

## ちとせグループが進める 藻類を基盤とした新産業の構築

CHITOSE BIO EVOLUTION PTE. LTD.  
Managing Director and CEO

藤田 朋宏



### なぜ光合成が必要なのか

ここ数百年、人類は過去の光合成産物である化石燃料を大量に採掘しそれを活用することで社会を構築してきた。石油や石炭の元となる植物は数十億年かけて光合成をした有機物であり、それをたった200年で一気に燃やしているのが今の地球の状況である。

過去の光合成産物を掘り返すことなく人類は今の豊かな生活を続けることができるだろうか？私はできると考えている。なぜなら、地球上に降り注ぐ太陽光のエネルギーは4000ゼータジュールであるが、人類が一年間に使っているエネルギーは0.6ゼータジュールである。つまり、地球上に降り注ぐ太陽光の0.015%を光合成に活用することができれば人類は過去の光合成産物を掘り返し、大気中の二酸化炭素を増やし続けることを止めることができる。

人類が活用できるエネルギーの中で太陽光のポテンシャルは圧倒的です。  
0.015%を活用できれば、化石資源や原子力に頼る必要はなくなります。



## なぜ微細藻類なのか

光合成を行う生物の内、単位面積あたりの光合成効率は微細藻類が植物を凌駕する。様々な研究やデータが存在するが、大豆や小麦のような大規模に栽培されている植物と比べて、数十倍の効率はあると言って問題ないだろう。

また、他の農業に比べて淡水を圧倒的に使わないこと、更に地球上の限られた資源である土壌を使わなくても大規模に生産できることなど、地球上の光合成量を増やす植物として微細藻類を活用することが人類にとっての活路であると言える。

藻類は、環境問題が多発している現在の社会構造そのものを変えることができます。

化石資源に代わり物質を作るのは光合成だけ

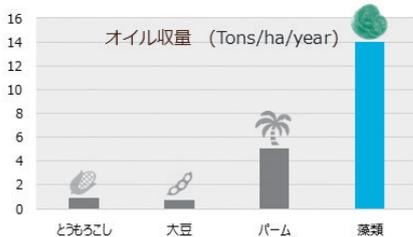


必要な水が少ない

たんぱく質 1kg 生産に必要な水量



光合成による物質生産効率No.1



耕作に適さない土地を活用できる



図：世界の土地利用の現状と展望 (Oldeman et al., 1991)

藻類の優位性 @2024 CHITOSE Group

## 藻類のポテンシャル

では、その藻類を大規模に栽培することで人類の諸問題はどれくらい解決するのか考えてみたい。比較としてトウモロコシを挙げるが、現代の人類はトウモロコシを約2億ヘクタール栽培している。(2億ヘクタールと言われてもピンとこないと思うがだいたいメキシコと同じくらいの面積だと言えばイメージがしやすいだろうか。)

もし、藻類の栽培面積をトウモロコシと同じくらいに広げることができると、人類が必要としているカロリーの約2.2倍、使っている油の約50%、人類が必要なタンパク質の約40倍を同時に得ることができ、その上さらに、日本国が一年に排出している二酸化炭素の約5倍の二酸化炭素を固定することができる。

## ちとせのターゲット

我々は、2050年までに1000万ヘクタールに藻類生産を広げること目標に掲げ、そのためには2030年までに、藻類生産の最小単位である2000ヘクタールのプラントを建設することを会社のミッションの一つにしている。藻類生産が経済収支もエネルギー収支も満たすためには2000ヘクタールは必要だと我々は見込んでいる。

2000ヘクタールの藻類プラントを建築・運営できれば生産コストが420億円で、年間の売上が840億円となるというプロジェクトである。最小単位が2000ヘクタール(4km×5km)と聞くと、多くの日本人はかなり大きいと感じると思うが、パームヤシのプランテーションが小さめでも1万ヘクタールであることを踏まえると、藻類生産のプラントは比較的小さくても成立すると言うことがわかる。

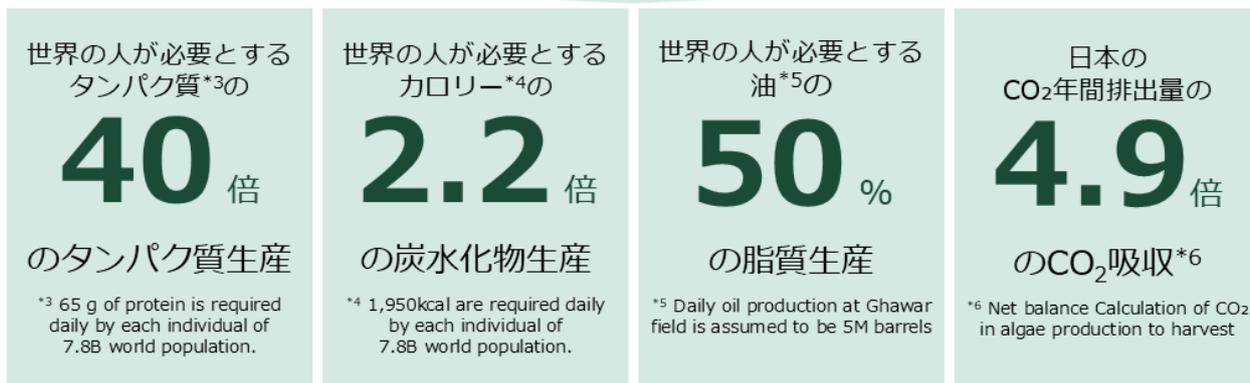
藻類の圧倒的な生産性を活かすことができれば、  
人類が直面する諸問題の多くを解決することができます。

## 世界のとうもろこし畑\*1と同じ面積の藻類畑\*2を作ることができたら

\*1 World total harvested area of maize was approximately 190,000,000 ha

\*2 Biomass productivity was assumed to be 70 ton<sub>dry</sub> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in which lipid, protein and carbohydrate contents were assumed to be 25, 55, and 15%, respectively.

これらを同時に、満たすことができます



化石資源代替としての藻類バイオマス生産のポテンシャル @2024 CHITOSE Group

### 現在の進捗

我々は2009年頃から本格的に微細藻類の研究開発を始めた。藻類の選抜や品種改良、様々な生産システムの開発、屋外で望まない藻類や雑菌の混入にも負けない生産方法の開発など様々な試行錯誤を繰り返し、2018年にマレーシアの気候下でも、屋外で0.1ヘクタールで安定的に高収率を継続できる培養システムの開発・運用に成功した。更に2023年には、こちらマレーシアで規模を50倍に広げた5ヘクタールの生産施設「CHITOSE Carbon Capture Central (C4)」の建設・運用に成功した。C4は隣接する火力発電所から出る二酸化炭素を使った藻類生産設備であることなど、規模だけでなく技術的にも生産効率的にも世界で類を見ない設備となっている。

更に同年、NEDOから580億円のプロジェクトを採択され、マレーシアで更に規模を20倍にあげた100ヘクタールの藻類生産施設を現在建設中である。

### 生産場所

我々も初期の屋外生産テストは日本国内で行っていたが、2018年に完成した0.1ヘクタールのプラント以降は、マレーシアのボルネオ島のサラワク州で規模の拡大を続けている。日本人に我々のプロジェクトを説明すると必ず「日本ではできないのか？」と問われる。答えは「できないことはないが、経済的なメリットを見いだしにくい。」ということになる。

藻類を安価に大規模に安定的に生産するためには、豊富な太陽エネルギー、一年を通じて安定した40度以下の高温、そして大量の二酸化炭素の3つの条件が必要になる。日本には季節があるため、冬場も藻類が高効率で増殖させ続けることは不可能である。

また、台風が存在が厄介で、マレーシアなどの赤道直下は、スコールはあっても台風は来ないため、藻類生産施設を安価に作る事ができる。日本のような台風が来る国の場合、台風にも耐えられるように藻類の生産プラントを作らなければならない、もともとの面積が広いことから設備投資コストが跳ね上がるため、わざわざ日本国内で行うことに経済的合理性がないという判断をせざるを得ないのである。



提供元：ちとせ研究所/NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）の施設

2050年

1000万 ha

世界のとうもろこし生産面積の1/20

- ・ 継続的な拡大
- ・ 商業安定稼働へ
- ・ 600兆円の経済規模
- ・ 14億トン/年のCO<sub>2</sub>吸収

2030年

2,000 ha

- ・ 各種藻類由来の製品の上市
- ・ 持続可能な航空機燃料
- ・ SAF義務化への対応
- ・ 28万トン/年のCO<sub>2</sub>吸収

2027年

100 ha

14,000トン/年のCO<sub>2</sub>吸収

2023年

世界最大級の大規模藻類生産開始

5 ha

2018年

生産実証開始

0.1ha

研究室スケールでの試験  
(約8年間)

藻類生産規模のロードマップ ©2024 CHITOSE Group

## 世界のトップを独走し続ける藻類生産技術



CHITOSE Carbon Capture Central  
5 ha藻類生産施設@マレーシア サラワク州

NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務にて実施

5ha藻類生産施設 CHITOSE Carbon Capture Central ©2024 CHITOSE Group

藻類は何に使われるのか

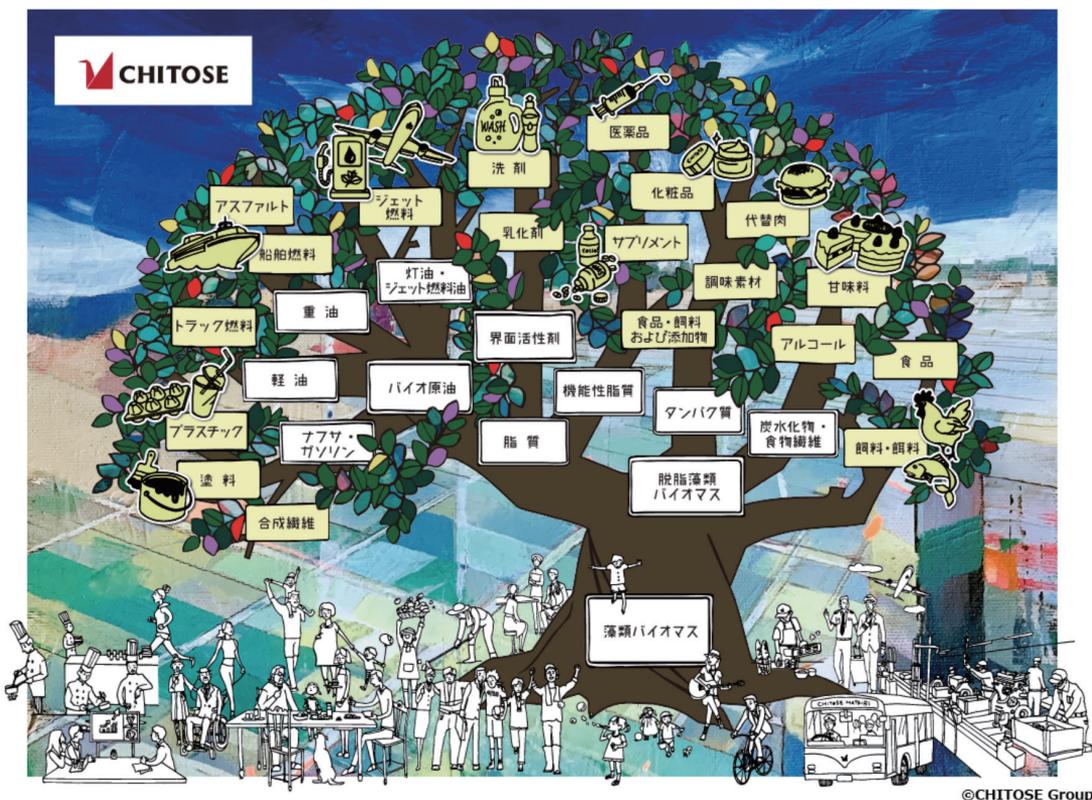
微細藻類を大量に生産したあと何が作れるのだろうか。単一の種類の藻類が世界を救うようなことはなく、目的に応じて様々な微細藻類をミックスして使うことを検討している。クラミドモナスという藻類は脂質（植物油）が約3割、タンパク質も約3割からなり食経験もあり、スピルリナは約7割がタンパク質であり、ポツリオコッカスは約6割が炭水素（重油と同じような油）が含まれる。これらの藻類を上手くミックスすることで、燃料、プラスチック・樹脂、ゴム、塗料、化粧品、食品など様々な物質を生産することができる。

実際、石油の約8割が燃料として、約2割が素材の原料として使われており、微細藻類を安価に大量に生産できれば、まずこの石油の約2割があてがわれている素材原料としての活用が期待できる。また、太陽光や風力のような他の再生エネルギーは電気しか作れないことを考えると、航空燃料（SAF）のように、電気ではなく燃料という物質が必要な分野も藻類の活用先として期待できる分野である。

藻類産業コンソーシアムMATSURI

我々は、この藻類産業を生み出すためのコンソーシアムとしてMATSURI（Micro Algae Towards Sustainable & Resilient Industryの頭文字）を2021年に立ち上げた。

2024年9月現在で94機関が加入している。現在のところは日本企業が多く、ENEOS、出光のようなエネルギー企業から、三井化学、三菱ケミカル、旭化成のような化学企業、資生堂や花王のような化粧品・日用品企業、マルハニチロやキリンのような食品企業、ホンダやソニーのような最終製品を活用する立場の企業、三井住友銀行やみずほ銀行のような金融機関、さらに自社の技術を使って藻類プラントを展開するための日本ガイシや三菱重工など、日本を代表する企業郡に参加していただき、藻類産業の構築に向けて議論や技術開発を続けている。100ヘクタールの藻類プラントが完成したときには100万本の100%藻類由来ペットボトルを作るなど、MATSURIの中にいくつか目標を掲げて企業横断的に、いわゆるオープンイノベーションが進んでいることも日本では珍しい進め方となっている。



藻類産業ツリー

グリーンウォッシュとどう対峙するか

日本発のスタートアップ企業が、100社近い日本を代表する企業とアライアンスを組み、日本国との580億円のプロジェクトをマレーシアで推進しているという事実が、どういうわけか日本では全く知名度がない。我々が持っている資金はすべて研究開発に投じるため、広告宣伝には全く投資をしていないとは言え動いているプロジェクトの大きさと日本国内における知名度の乖離は大きい。現代の日本では、なぜこのようなことが起きるのだろうか。

我々は、藻類を光合成だけで増やしている。この培養方法は独立栄養方式と呼ばれ藻類が成長のために使うエネルギーは100%太陽光を活用している。当たり前聞こえるこの方法は、生産設備も見た目が質素に見えるため技術的にも簡単そうに見えてしまう。しかしながらこの独立栄養方式での藻類生産は、屋外の天候や環境の変化に対する適応や、他の藻類や雑菌の侵入を防ぐことができる高度な生産技術が必要となるため、今まで世界中のスタートアップがチャレンジし、そして失敗してきた。

**Our Mission : CULTIVATE THE EARTH!**

世界トップのバイオ生産技術を活用し、全ての産業のバイオ化(=バイオエコノミー)を推進します。

産業の種となる小さな生き物を活用し  
微生物 細胞 藻類

大規模に培養する技術と設備を駆使して  
藻類生産設備 AIIT生命生産メカニクス 藻類培養設備

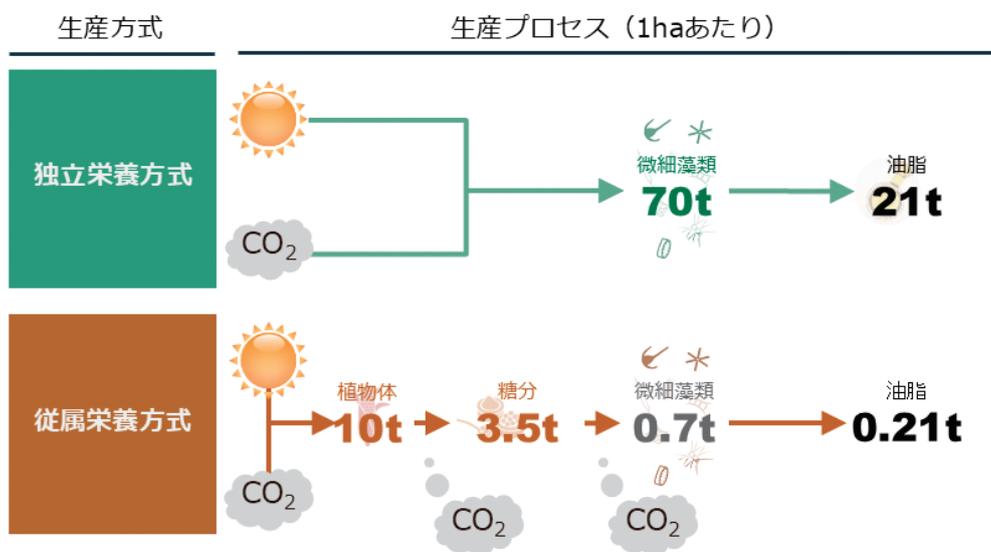
全ての産業のバイオ化を推進します。

バイオ燃料 食品 バイオ素材 バイオ化学品 バイオ医薬品

ちとせグループが推進するバイオエコノミー  
@2024 CHITOSE Group

一方で、藻類の生産には従属栄養方式という方法がある。これは糖分を買ってきて、タンクの中に糖分をいれると藻類が糖分のエネルギーを利用して増えるという培養方法である。この方法であれば天候や環境に左右されず閉じたタンクで培養することができるため、極めて簡単に藻類を培養することができる。健康食品を生産する際に従属栄養方式を活用するのは良いが、航空燃料やバイオプラスチックを生産する際にこの従属栄養方式を使っても全く意味

「藻」と言っても、環境に優しくない「藻」の育て方の方が、培養技術としては遥かに簡単ですが、それでは意味がありません。光合成によって藻が増えることが重要です。



藻類の培養方法 ©2024 CHITOSE Group

がないのは言うまでもない。ましてや外国から輸入してきた安価な糖분을餌として与えて藻類を増やして、それを「国産燃料だ」と言うやり方は、現在の日本の法的には問題なくても、科学者として許されることだと私は思わない。

藻類の生産規模と糖分を作るための畑の生産規模で比べると、これら2つの方式で最終的に得られる油の量は少なめに見て100倍、実際は1000倍くらいの差がある。

現在、糖分はタイなどで安価に大規模に生産しているため安価に購入できるとはいえ、従属栄養方式で増やした微細藻類から油を抽出しても投入した糖分の10分の1の油も得られないわけで、人間の食料にできる糖分を藻類に食べさせて極微量の油に変換し、それを燃料として使うことは環境にも経済的にも全く良いことはない。

こういったグリーンウォッシュと言えるプロジェクトに投じた資金は、最終的には無駄になってしまふのを、わかっているのに横で見ているのは結構精神的に辛い。だからといって同じプレイヤーである私がどれがグリーンウォッシュでどれが科学的に認められている取り組みだと説明するわけにもいかないというのが現在の状況である。

今回の執筆の条件に、グリーンウォッシュの見分け方を入れて欲しいと頼まれているのだが、専門家から見ると巧妙でもない見え見えのやり口に多くの人が騙されているのを見ると、グリーンウォッシュ勢からの資金提供を受けていないアカデミアの先生に本音で聞くしかないのだろうと感じている。

## 終わりに

この文章を読んでいるほとんどの方は、シンガポールにお住まいだと聞いている。ちとせの名前はシンガポールやクアラルンプールでは、イチゴやミニトマトの企業としてご存知の方も少なくないと思われる。イチゴを作ったり藻を作ったりと一体ちとせはなんの会社なのだと思われると思うが、我々は「微生物を育種し、大規模にManageする会社」である。

ここで言う微生物とは、大腸菌や酵母のような微

生物だけでなく、前述のクラミドモナスのような藻類、はたまた医薬品を生産するためのハムスターや人間の細胞まで含まれる。

現在社会において、こういった顕微鏡でなければ見えない小さな生き物が、食品だけでなく、医薬品や化学品を生産していることはあまり知られていない。さらに我々の体調を司る腸内細菌や、農業そのものと言って良い土壌も微生物の複雑な働きで行われているため、微生物のManageをしている結果、燃料、化学品、食品から医薬品まで生産し、さらに水処理や堆肥を作り農業まで行い、腸内細菌のデータベースの解析まで行う企業に成長した。

今後も、安易なビジネスのし易さを追うことで科学的な正しさを失わず、時間がかかっても科学的に正しいことを追求する企業こそが、これからの世界で求められているのだという信念を日本、そして東南アジアから世界に発信していきたいと考えている。

### 執筆者氏名

藤田 朋宏 (ふじた ともひろ) Ph.D.

### 経歴

ちとせグループ 創業者 兼 CEO

内閣官房 イノベーション政策強化推進のための有識者会議 バイオエコノミー戦略有識者

東京大学農学部卒業、東京大学大学院農学生命科学研究科修了。外資系コンサルティング企業を経て、2008年ちとせ研究所の代表取締役役に就任、2013年にちとせグループとして再編。国内外にバイオ関連企業を設立し、日本の研究開発の成果を東南アジアや中東をはじめ各国で事業として展開している。2019年、内閣官房イノベーション政策強化推進のための有識者会議バイオエコノミー戦略有識者に就任。産官学のそれぞれの立場から、日本が世界のバイオエコノミーを牽引するために尽力している。contact@chitose-bio.com