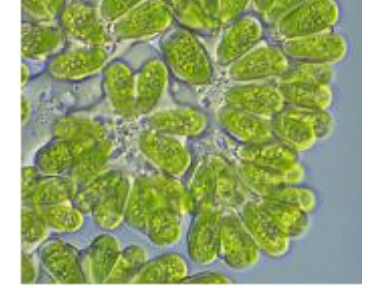
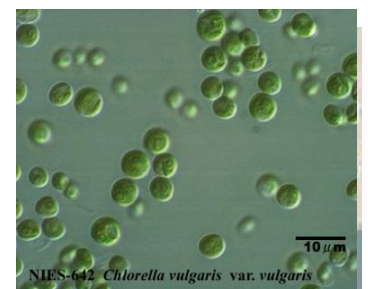
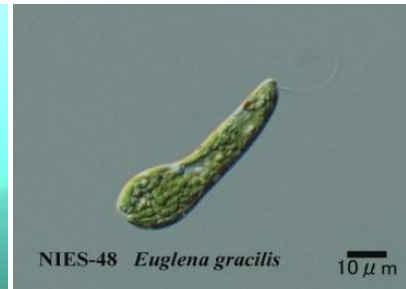


**IMAGINE  
THE  
FUTURE.**



# 藻類バイオマス利用の研究開発

平成24年11月5日  
筑波大学 渡邊信



## 藻類とは

- ✚ 光合成をおこなうが、根、茎、葉といった明確な分化がみられない植物の総称
- ✚ 約4万種が記載。未記載種のものを含めると、30万種～1000万種と算定。
- ✚ コンブ、ワカメなどのような大型の種類が存在するが、圧倒的に多いのは微細な種。

# 再生可能エネルギー

電気としてはさまざまな供給源がある：水力、天然ガス、太陽電池、風力、地熱、バイオマス

しかし、大規模輸送には、**液体燃料**が必須  
(電気では飛行機は飛ばない)

液体燃料を提供できるのはバイオマスだけ



石油価格の高騰

➔ バイオマス燃料にシフト

エネルギーと  
食料の競合が  
経済問題を誘起！



世界が新たに注目

食料と競合しないバイオマス：

**藻類と微生物の活用**

# 「石油化学に替わる新たな化学」創出の必要性

現在

石油化学

石油



身近な化学製品  
の大半を石油から  
生産

ビニール  
プラスチックなど

近未来

石油が枯渇



石油化学の終焉?

未来

産業構造の転換が必須

石油から藻類へシフト  
石油 petroleum から  
生物油 bioleum へ!

石油を完全代替

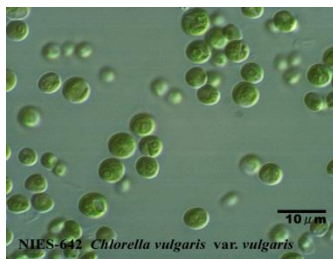
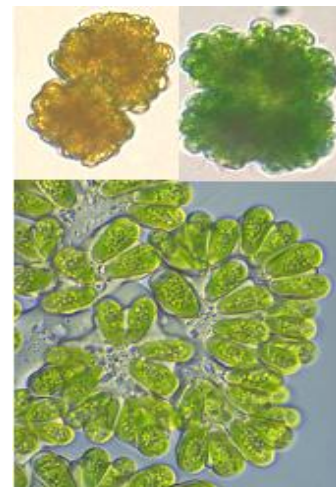
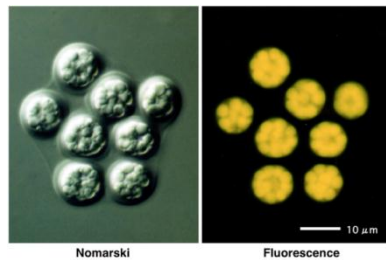
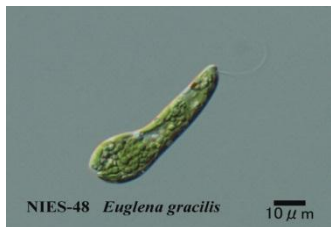
「藻類オイル」および「食料  
と競合しないバイオマス」を  
基盤とする化学工業の創出

「バイオリウム」化学工業

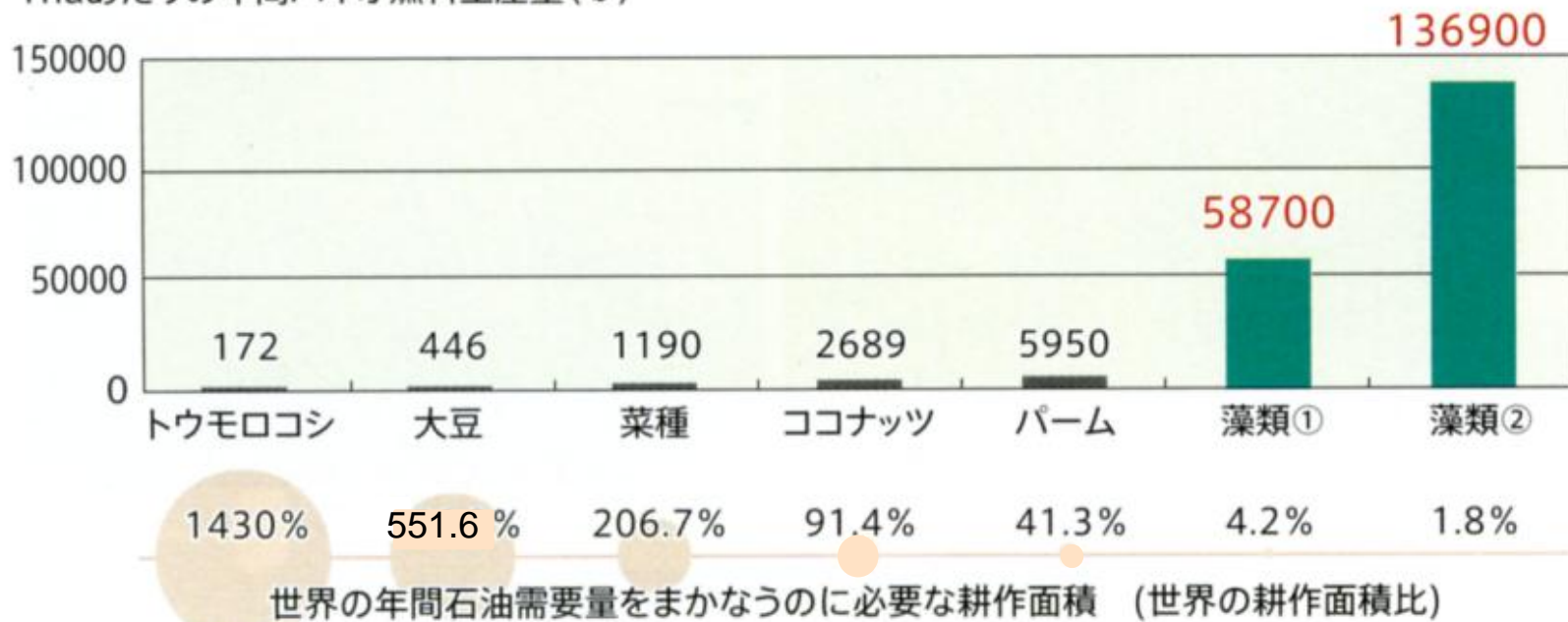
各種化学工業製品

石油化学製品  
社会に不可欠!





# 藻類のオイル生産効率は陸上の油脂植物の数十倍～数百倍



1haあたりの年間バイオ燃料生産量 (ℓ)



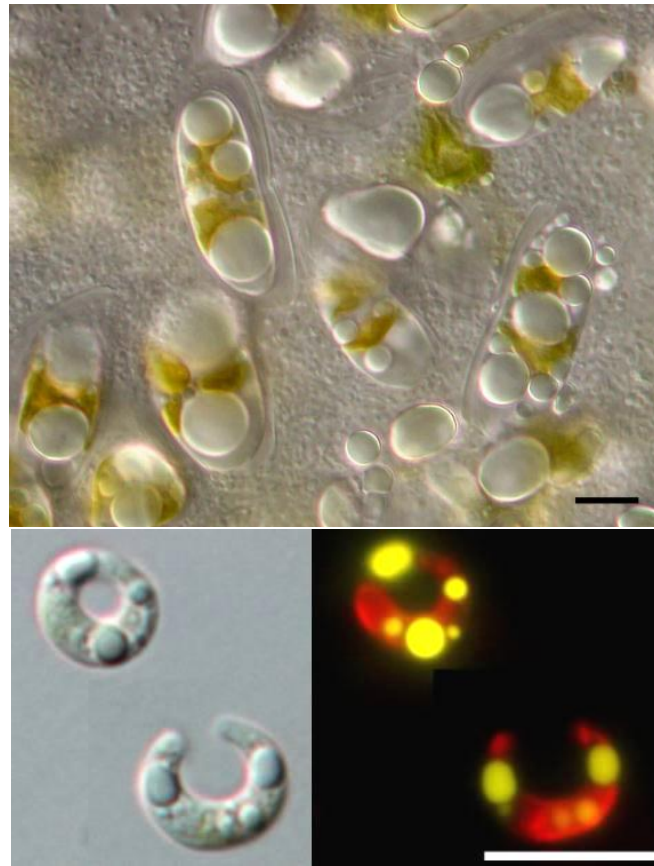
# 藻類に注目する理由

-  藻類のオイル生産能力は、陸生油脂植物の数十～数百倍
-  生産に要する面積が少ない
-  食料と競合しない
-  生産に耕作地を必要としない（休耕地は活用）



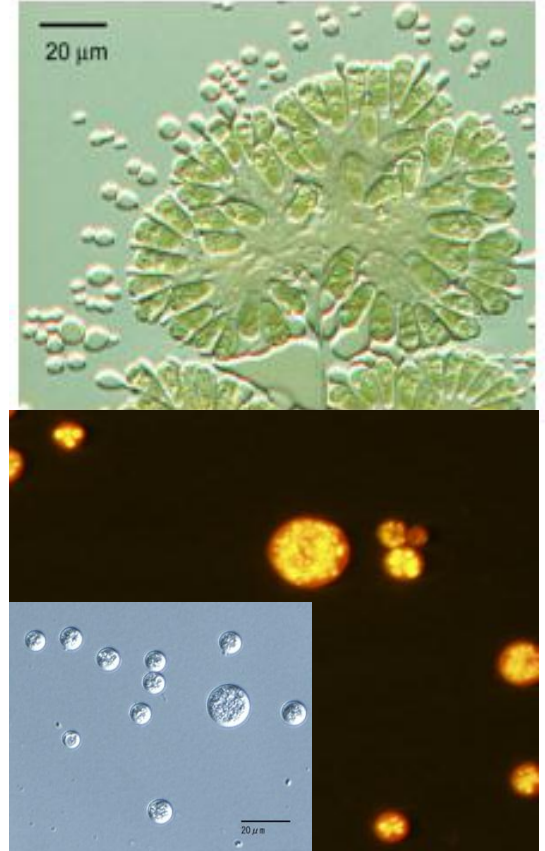
**海藻類**

炭水化物  
⇒アルコール



**殆どの微細藻類**

トリグリセリド  
⇒バイオディーゼル(FAME)  
バイオ軽油(HiBD)



**ボトリオコッカス  
オーランチオキトリウム**

炭化水素(バイオ重油)  
⇒現運輸燃料

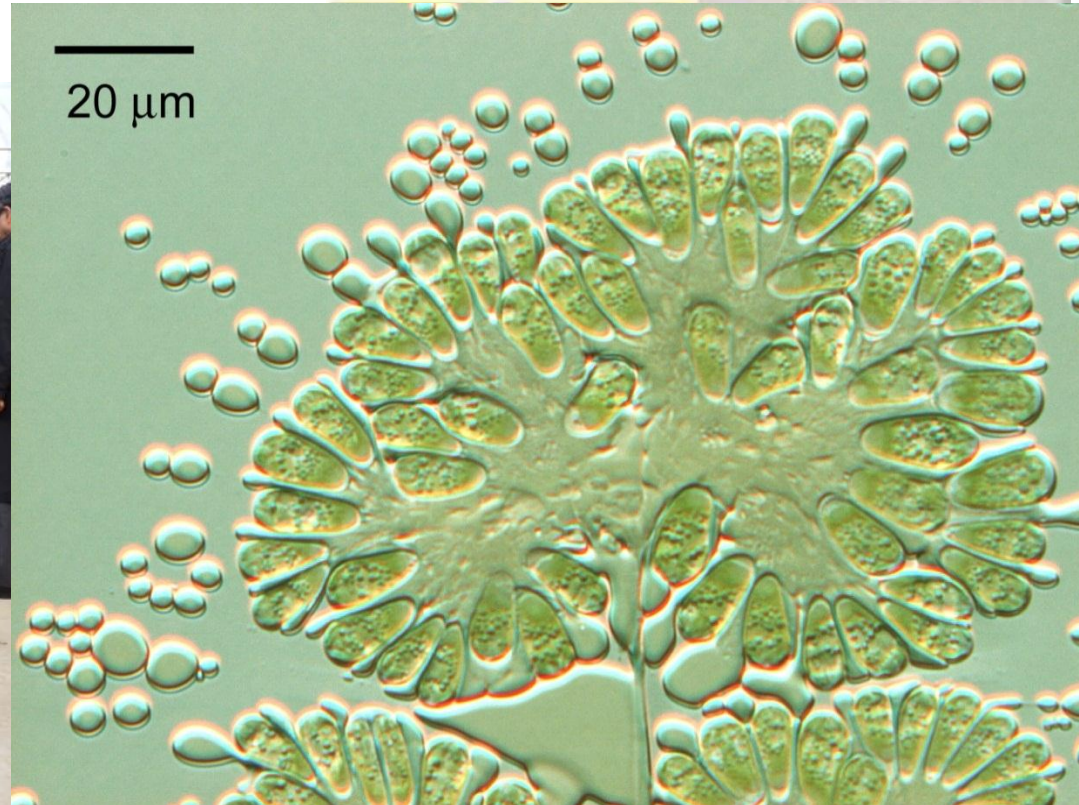
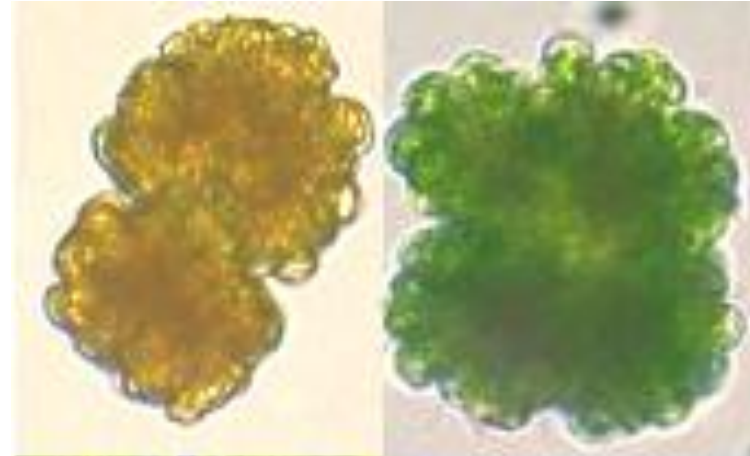
# 各種バイオ燃料の特徴と問題点

燃料	原料	燃料の特徴・問題点
アルコール	炭水化物(糖類等)	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ エネルギー密度が低い</li><li>➤ ゴム、プラスチックの腐食</li></ul>
バイオディーゼル(FAME))	トリグリセリドを脂肪酸メチルエステルに変換	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ エネルギー密度高い。</li><li>➤ 燃焼による品質劣化(酸、スラッジの発生)、ゴム、プラスチックの劣化、低温凝固。</li><li>➤ 3-5%程度に混合して利用</li></ul>
バイオ軽油(HiBD)	トリグリセリドを高温・常圧下で <b>炭化水素</b> に触媒変換	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ エネルギー密度高い。</li><li>➤ -25°Cで凝固</li></ul>
軽油、ジェット燃料、ガソリン	B重油相当の <b>炭化水素</b> 現在の精製技術で軽油、ジェット燃料、ガソリン変換が可	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ エネルギー密度高い。</li><li>➤ -60°Cでも液状。</li><li>➤ 石油系燃料と同等に利用。</li></ul>



# *Botryococcus* (ボトリオコッカス)

- 淡水に生息する藻類
- 緑～赤色で30-500  $\mu\text{m}$ のコロニーを形成
- 二酸化炭素を固定し、**炭化水素**を生産
- 炭化水素は完全な石油代替資源
- 細胞内及び、コロニー内部に炭化水素を蓄積  
(乾燥重量の20-75%)





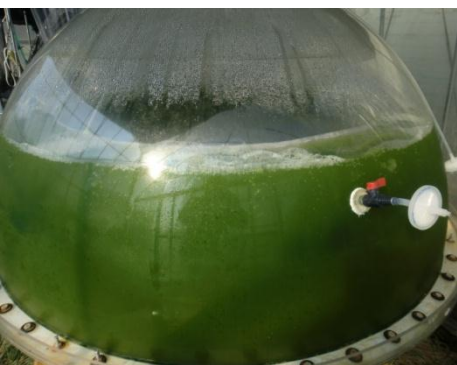
10L培養



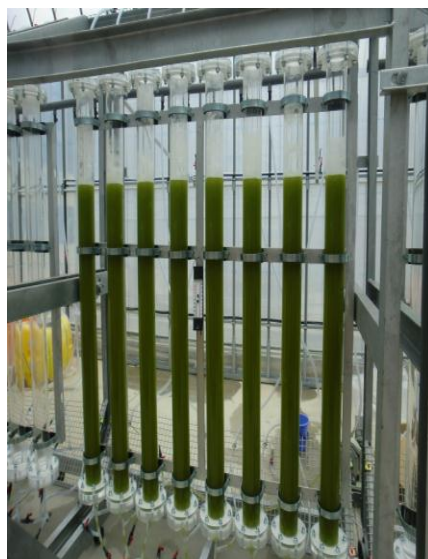
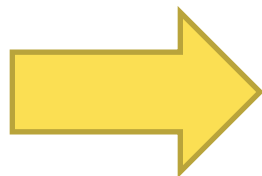
ソフトタンク培養



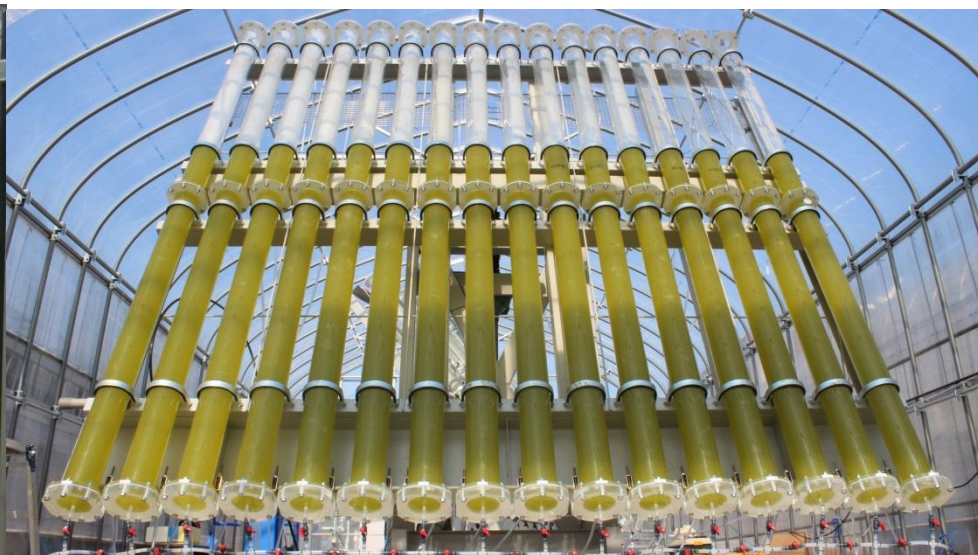
30L培養



300Lドーム培養



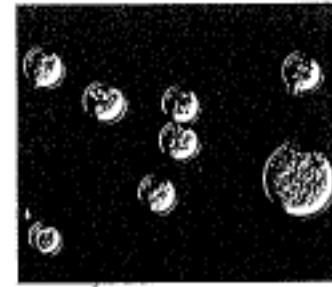
チューブリアクタ  
12Lx40本



パイプリアクタ  
120Lx16本

# 優れたオイル産生能をもつ微細藻類の発見

高価値炭化水素スクアレンを作る  
従属栄養性藻類 *Aurantiochytrium* sp  
(オーランチオキトリウム)



藻類に「石油」を作らせる  
研究で、筑波大のチームが従

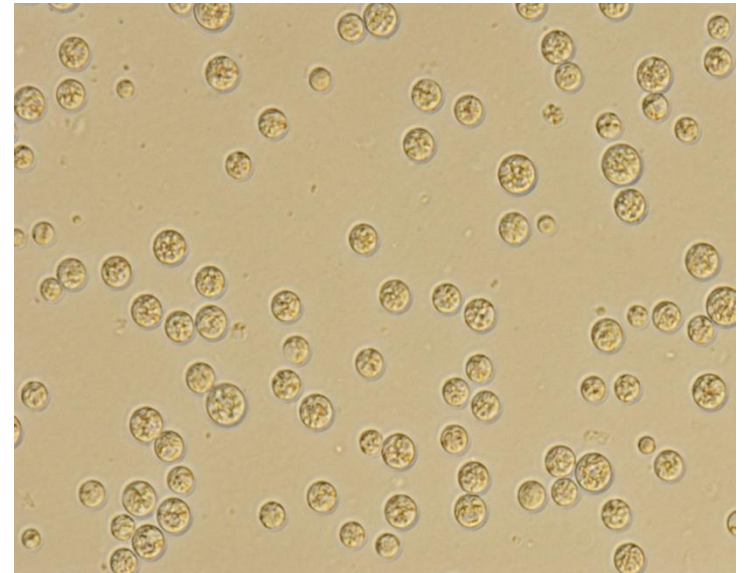
## 石油つくる藻類 沖縄に「有望株」

### 生産能力、従来の10倍超

来より10倍以上の油の生産能力が高いタイプを沖縄の海で発見した。チームは工業利用に向けて特許を申請している。将来は燃料油としての利用が期待され、資源小国の日本にとって朗報となりそうだ。茨城県で開かれた国際会議で14日に発表された。

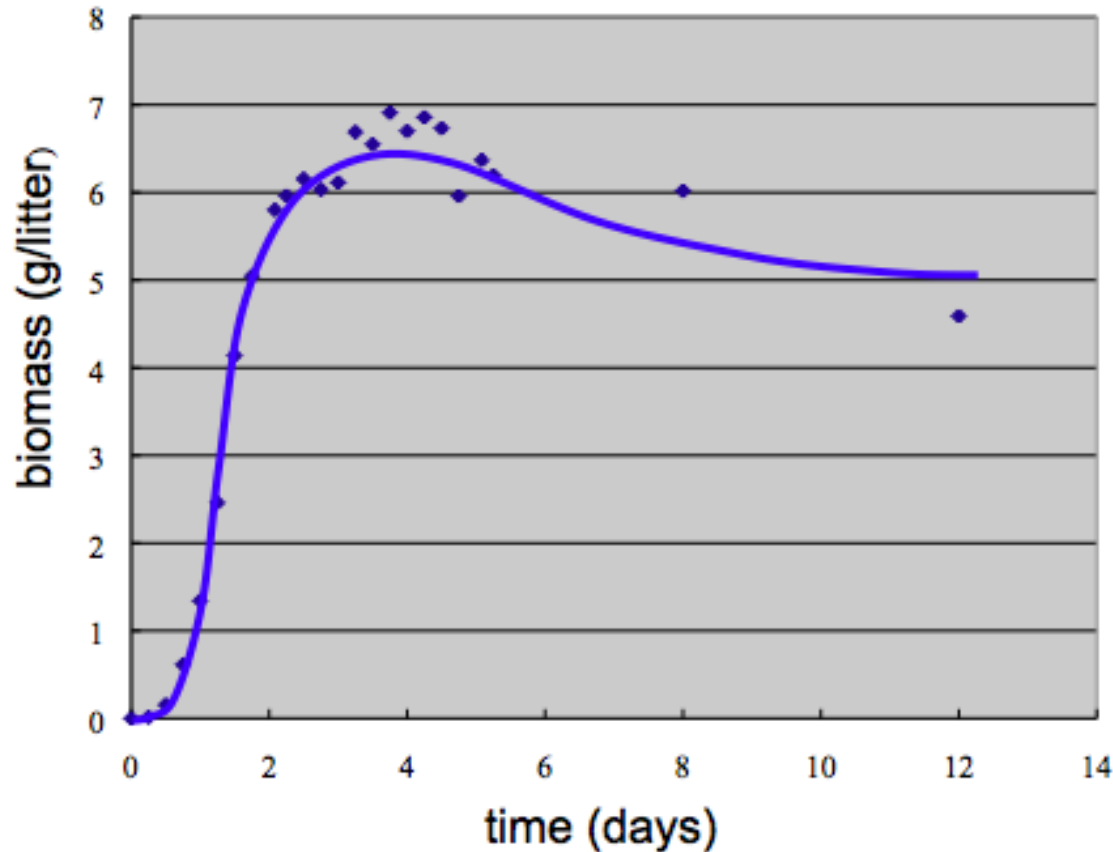
藻類「オーランチオキトリウム」の沖縄株 筑波大提供

平成22年12月14日(火)朝日新聞(夕刊)

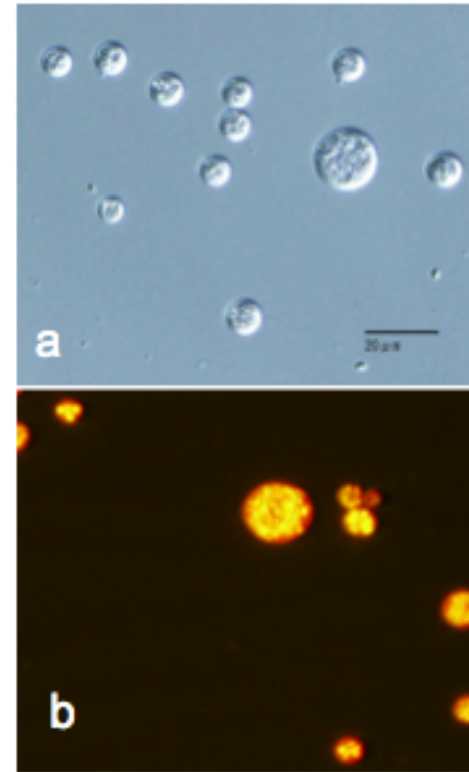


# *Aurantiochytrium* (オーランチオキトリウム) 18W-13a株

増殖曲線: 増殖は速く、4日目で静止期に入る。バイオマス量、炭化水素含量の双方で最も高くなる





Growth curve of *Aurantiochytrium* sp. strain 18W-13a.  
Cells were grown in GPY medium (2% glucose) at 25°C



a: *A. sp.* 18W-13a

b: Nile Red stain of the strain.  
(None polar lipids including squalene are stained to fluorescent yellow)



4日間で 1.3 g/L (1.3kg/m<sup>3</sup>) のオイル量がとれるので、1ha x 1.5mのリアクターで、4日毎に収穫していくと、年間haあたり1,000トン以上の炭化水素がとれることとなる。

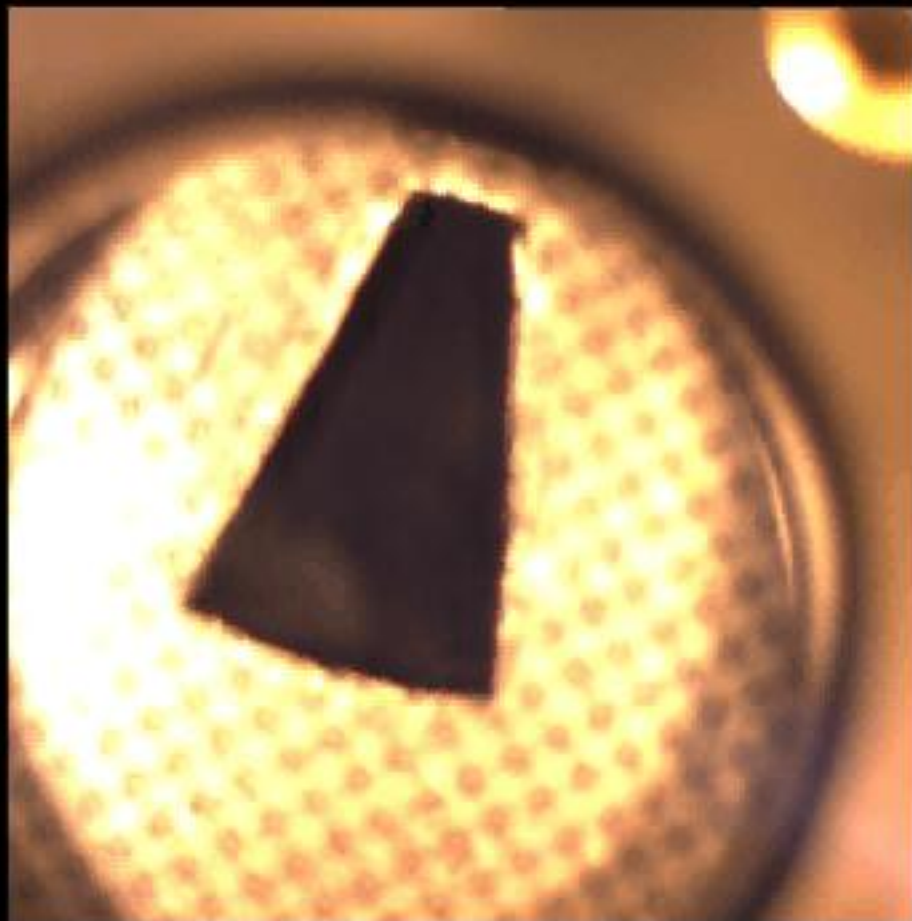


光合成藻類は年間haあたり58～138トン程度

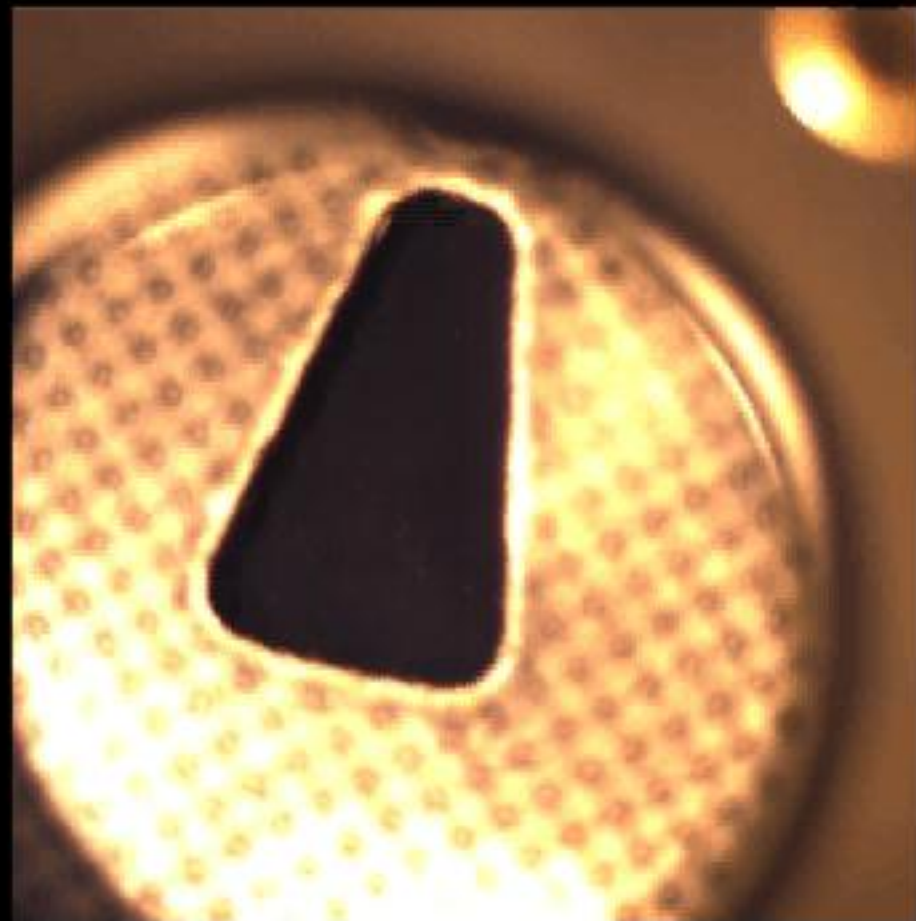
# 各種オイルの燃料としての物性比較

炭化水素燃料	密度 ( $10^3\text{kg/m}^3$ )	表面張力 ( $\times 10^{-3}\text{N/m}$ )	動粘度(cSt)
Botryococcus ボトリオコッセン $\text{C}_{34}\text{H}_{58}$	0.825	29.7	58.1
Aurantiochytrium スクアレン $\text{C}_{30}\text{H}_{50}$	0.852	32.9	15.3
c重油 (IFO380) 大型船舶用	0.983	32.0	1,940
b重油	0.89~0.91	27~30	24~28
軽油	0.862	28.2	3.5

ボトリオ



軽油



# 70%でマツダCX-5の走行に成功





# 藻類バイオマスの4つの可能性

## 1. 燃料利用モデル

乗用車、農業用機械、船舶の燃料としての利用

## 2. エネルギー源モデル

発電用燃料、熱源としての利用

## 3. 健康産業モデル

化粧品、健康食品としての利用

## 4. 化学産業モデル

プラスチック等化学製品としての利用

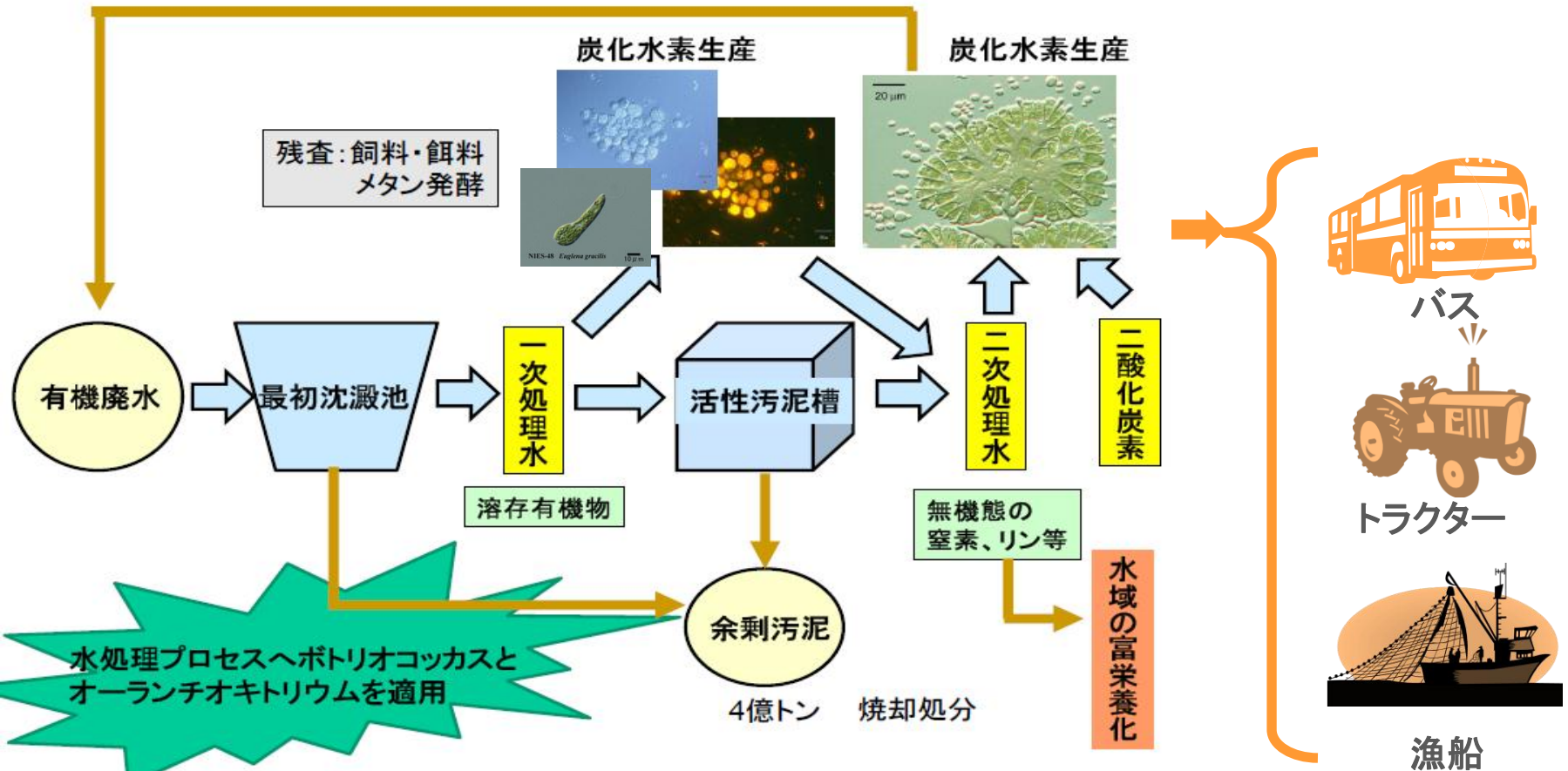


地元の資源と藻類バイオマスの可能性を最大限に活かし、環境に優しく、エネルギー、健康の分野で貢献する新産業(6次産業)を創出

# 1. 燃料利用モデル

水浄化システムの一環として、藻類バイオマス生産を排水処理のプロセスに組み込み、生産された炭化水素を内燃機関の燃料として利用する。

自動車用燃料、船舶用燃料としての利用可能性については、地元関係機関や企業の協力を得て、実証を進め、世界へ発信する。





# 南蒲生浄化センターの特徴

- 約300,000m<sup>3</sup>の廃水処理  
豊富な栄養源を提供：藻類生産に利用
- 余剰活性汚泥等を焼却する焼却場が付随  
CO<sub>2</sub>を供給
  - ➡ 藻類の光合成に利用
- 一日に7,000m<sup>3</sup>の温排水(50°C)を供給
  - ➡ 寒期：藻類増殖に適した温度に制御
  - ➡ 温風乾燥に活用

# 東北復興のためのクリーンエネルギー研究開発の推進

東北地方の復興と我が国のエネルギー問題を克服するため、先進的なエネルギー技術の研究開発を推進する。

南蒲生で水処理プロセスと一体化した藻類燃料生産モデル(仙台モデル)を確立

コンソーシアム

中核機関  
(東北大学)

仙台モデルの全国展開、国際展開

課題1: 三陸沿岸において活用が期待される波力など海洋再生可能エネルギー

《課題代表機関》



《連携自治体》

岩手県久慈市  
宮城県塩竈市

関連企業

課題2: 微細藻類のエネルギー利用

《課題代表機関》



東北大学

《連携自治体》

宮城県仙台市

関連企業

課題3: 再生可能エネルギーを中心とし、人・車等のモビリティ(移動体)の視点を加えた都市の総合的なエネルギー管理

《課題代表機関》



東京大学

石巻専修大学

岩手大学

秋田県立大学

《連携自治体》

宮城県石巻市・大崎市

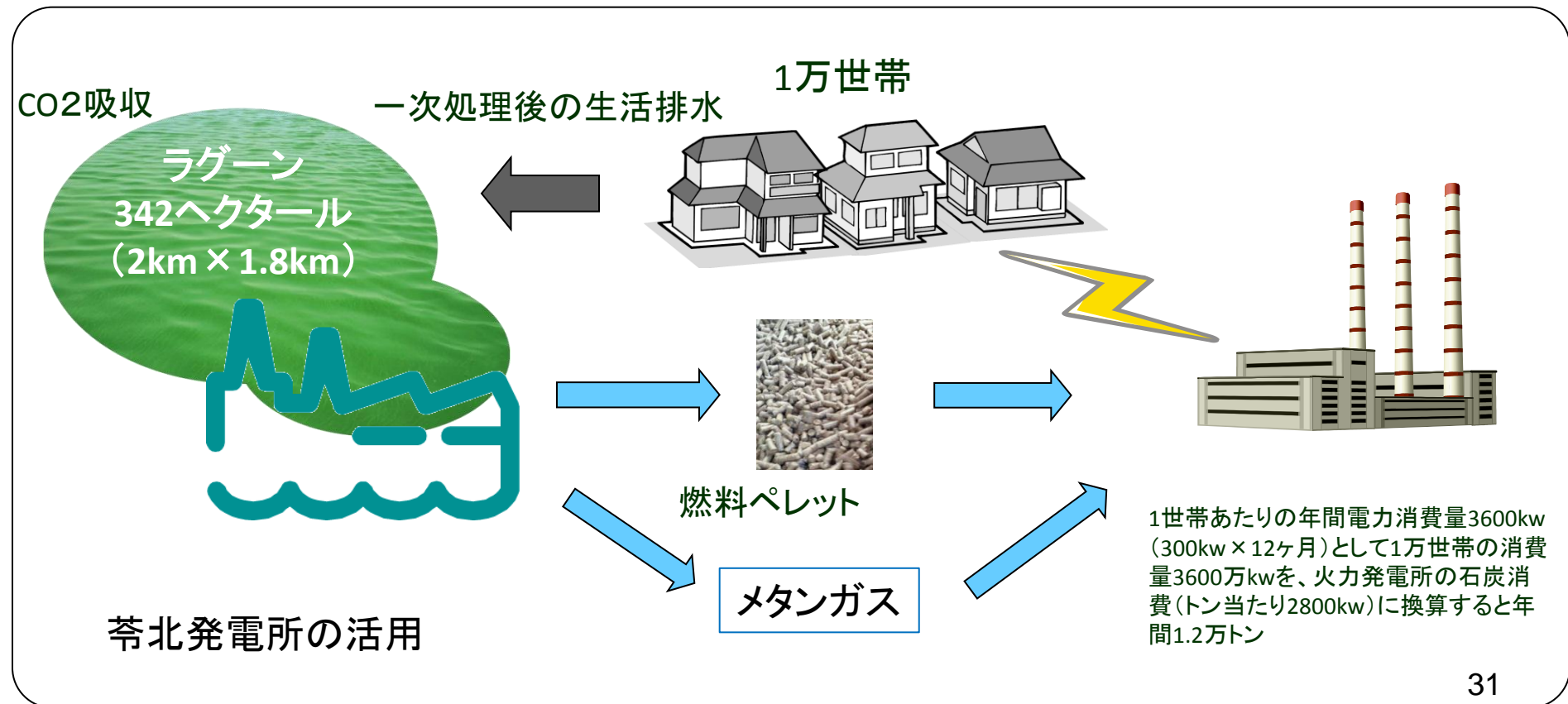
関連企業

## 2. エネルギー源モデル

### (2) 発電用燃料、熱源としての利用

耕作放棄地等に水を貯め浅い塩湖をつくり、そこで、適合能力のある藻類自然発生集団をCO<sub>2</sub>や廃水を添加し、増殖させ、発電用燃料ペレットとして生産するモデル。

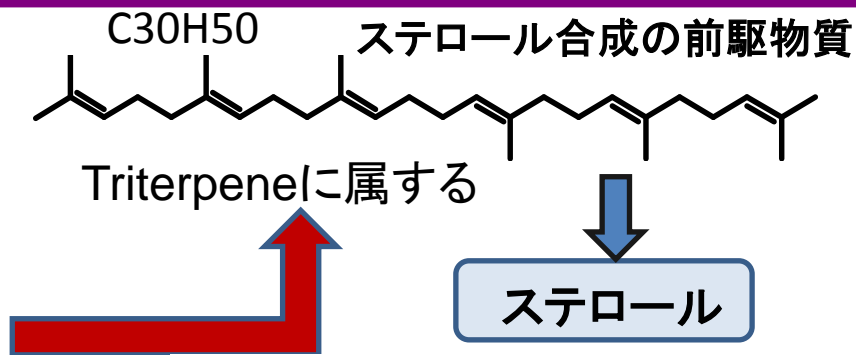
約4キロ平米(19ヘクタールを18セット)のラグーンを構築すると、年間2000トンの燃料ペレットを生産することが可能。これは火力発電所で消費する石炭に換算した場合の、1万世帯の年間利用電気量の約16%分のエネルギー量を補うことができる。



# 3. 健康産業モデル

オーランチオキトリウムが産生するスクアレンの展開可能性

## スクアレン

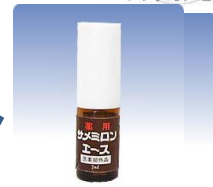


抗酸化作用、鎮痛作用  
免疫促進作用、殺菌作用  
浸透作用、細胞賦活作用  
保湿効果



健康サプリメント

スッキリや健康をサポート



医薬部外品

はだあれ、にきび、しもやけ等治療



インフルエンザワクチン

ワクチン効果を増進



化粧品

美肌効果

# 4. 化学産業モデル

## 化学製品開発

炭化水素

変換

高分子材料

バイオプラスチック等

高級塗料品

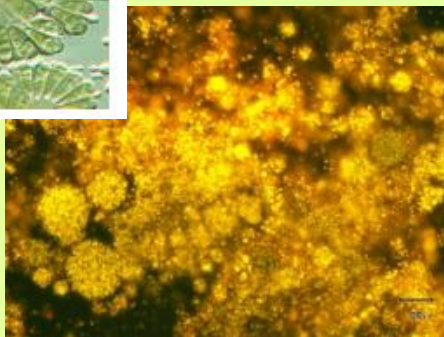
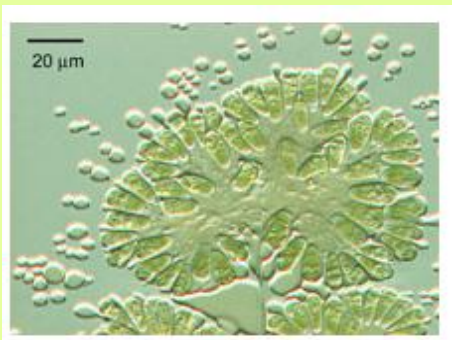
ウルシ代替

ナフサ

石油化学製品

その他

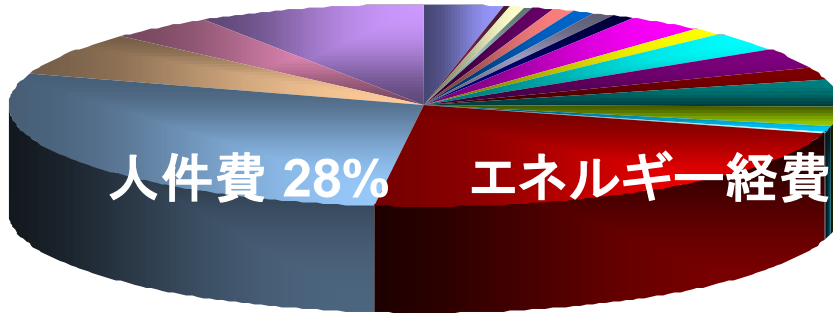
潤滑油、界面活性剤等





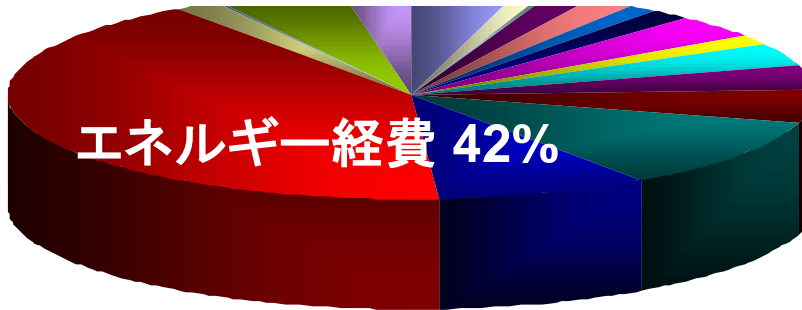
# 藻類バイオマス生産コスト(Wijfels 2009)

1 ha



1,300円 / kg バイマス

100 ha



492円 / kg バイオマス



89% 減少

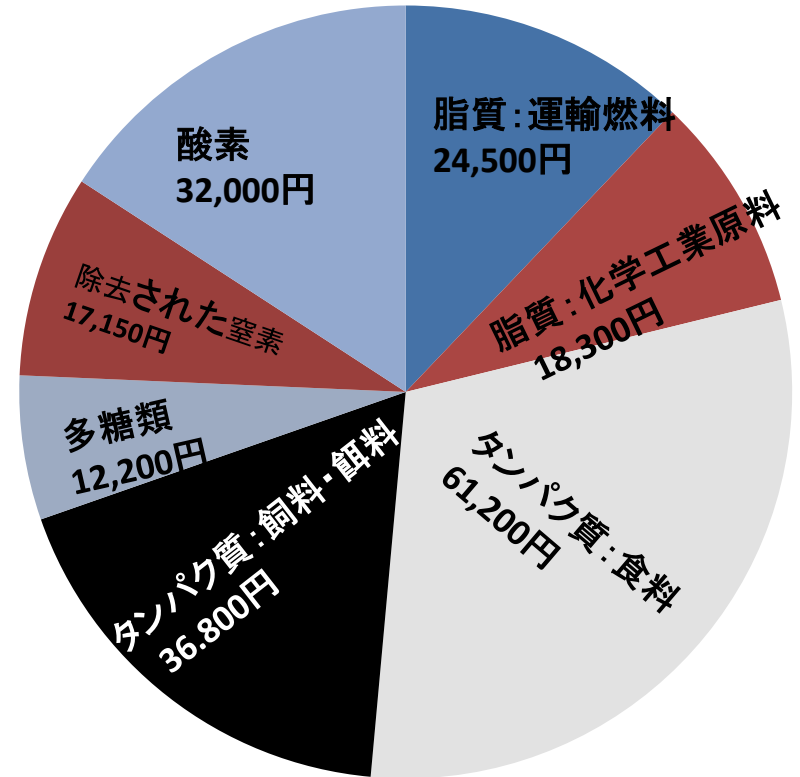
49円 / kg バイオマス

潜在力

- Centrifuge westfalia separator AG
- Centrifuge Feed Pump
- Medium Filter Unit
- Medium Feed pump
- Medium preparation tank
- Harvest broth storage tank
- Seawater pump station
- Automatic Weighing Station with Silos
- Culture circulation pump
- Installations costs
- Instrumentation and control
- Piping
- Buildings
- Polyethylene tubes Photobioreactor
- Culture medium
- Carbon dioxide
- Media Filters
- Air filters
- Power
- Labor
- Payroll charges
- Maintenance
- General plant overheads

# 微細藻類1,000 kg での化学品および燃料 (オランダワイフェルズ教授)

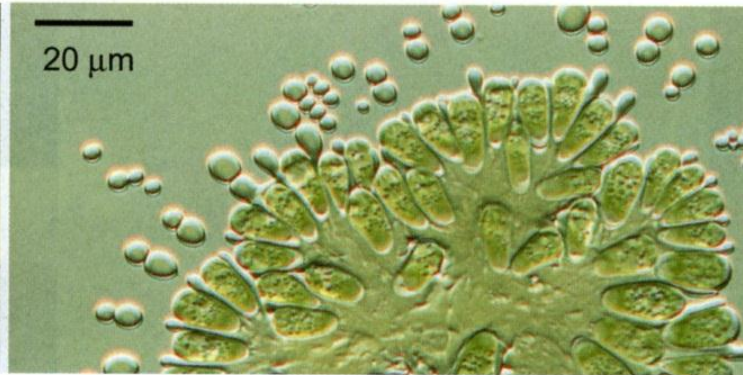
- 400 kg 脂質
  - 化学工業の原料100 kg : 245円 /kg 脂質
  - 運輸燃料300 kg : 61円/kg 脂質
- 500 kg タンパク質
  - 食糧100 kg : 612円/kg タンパク質
  - 飼料・餌料400 kg : 92円/kg タンパク質)
- 100 kg 多糖類
  - 122円/kg 多糖類
- 除去された窒素70 kg
  - 245円/kg 窒素
- 生産された酸素1,600 kg : 20円/kg 酸素
- 生産コスト: 49円/kg 藻類バイオマス
- 価値: 202円/kg 藻類バイオマス



回収されるリン酸50kg: 500円/kg  
これをいれると227円/kgとなる

# 高付加価値物質

- レクチン(渦鞭毛藻、ラン藻類、珪藻、ラフィド藻)  
各種細胞の凝集作用、リンパ球分裂促進作用、  
腫瘍細胞の増殖抑制作用、血小板凝集阻害作用、  
抗菌作用、抗ウイルス作用等
- カロテノイド(すべての藻類)  
抗酸化活性、脂質代謝改善作用、抗ガン作用、抗  
肥満作用、抗糖尿病作用
- DHA, EPA(ラビリンチュラ、珪藻)  
動脈効果、高血圧、ガン等の生活習慣病予防
- フコース  
抗がん作用
- ガラクトン酸  
悪玉コレステロールを減少



# ご清聴ありがとうございました。

UNIVERSITY OF TSUKUBA, GRADUATE SCHOOL OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

## A pioneer of the new algae economy

**J**apan leads the world in interdisciplinary research aimed at establishing algae-based hydrocarbon production as a core component of a future low-carbon society.

Tsukuba is home to a unique research project aimed at establishing algal fuel technology as a replacement for conventional fossil fuels. This Japan-led international research collaboration has already sparked intensive interdisciplinary research in biology, chemistry and engineering.

Microalgae are microscopic photosynthesizing organisms that are ubiquitous in freshwater and marine environments. They are thought to



**Leaders of the microalgae project. Clockwise from bottom left: Makoto M. Watanabe, Yoshihiro Shiraiwa, Kunimitsu Kaya, Makoto Shiho and Isao Inouye**

by an order of magnitude. The project team is composed of biology, chemistry and engineering research groups that work in close collaboration. The biology group, under the leadership of Yoshihiro Shiraiwa, is investigating how to increase hydrocarbon production by screening for other strains and species and by genetic engineering. The chemistry group led by Kunimitsu Kaya is developing low-cost, energy-conservative extraction and refinement methods for the hydrocarbons and other metabolites, as well as investigating the use of the products in society. The engineering group, led by Makoto Shiho, is carrying out detailed life-cycle assessments involving outdoor test plants