平成23年5月31日

耕作放棄地での微細藻培養技術の確立と事業化
～藻から石油とオメガ3～

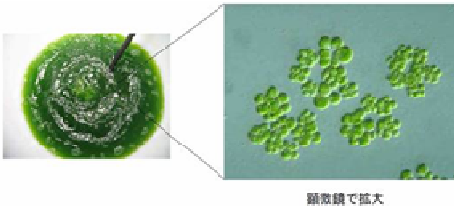
スメーブジャパン株式会社
株式会社循環社会研究所
ジェイフェニックスリサーチ株式会社

●事業化の背景

○ 世界のエネルギー需給

- 世界のエネルギー需給状況は厳しくなってきています。
  - o 化石燃料の枯渇
  - o 原油価格の高騰
  - o 地球温暖化と二酸化炭素の排出規制
  - o フクシマ原子力発電所事故
- 世界は「低炭素社会」実現へのシフトが起こっています。
- 「再生可能エネルギー」の開発・普及が急務となっています。
  - o 太陽光・風力・地熱・波力・バイオマスなど

栽培植物



顕微鏡で拡大

微細藻

○ バイオ燃料への期待

- バイオ燃料では、特に植物由来のものが注目されています。
  - o 光合成による二酸化炭素の吸収

油分収量の比較 (Chisti 2007)

品目	油分収量（L/ha/year）
トウモロコシ	172
ダイズ	446
ナタネ	1,190
ナンヨウアブラギリ	1,892
ココナツ	2,689
アブラヤシ	5,950
低油分微細藻	58,700
高油分微細藻	136,900

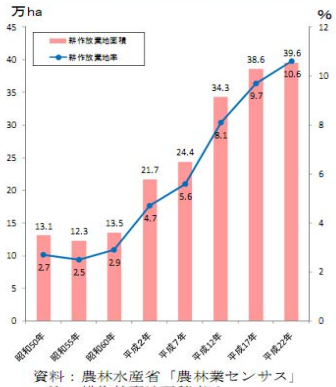
○ なぜ藻が注目されているか？

- トウモロコシやサトウキビなどの利用には問題が指摘されています。
  - o 食料供給との競合と価格高騰
  - o 増産による自然破壊
- 新しいバイオ燃料としての微細藻の特長は
  - o 食料との競合がない
  - o 単位面積あたりの高い油分収量
  - o 耕作放棄地・耕作不適地の活用
  - o 機能性成分のサプリメントとしての利用

○ 耕作放棄地･耕作不適地の利用に

- わが国の耕作放棄地は約 40 万ヘクタールに達しています。
  - o 埼玉県にほぼ相当する面積
- 藻類培養には、耕作放棄地や耕作不適地を有効に活用することが出来ます。

耕作放棄地面積の推移

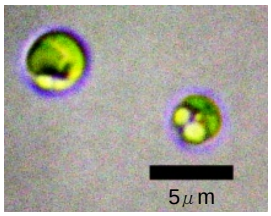


資料：農林水産省「農林業センサス」
注：耕作放棄地面積率は、耕作放棄地面積÷（経営耕地面積＋耕作放棄地面積）×100

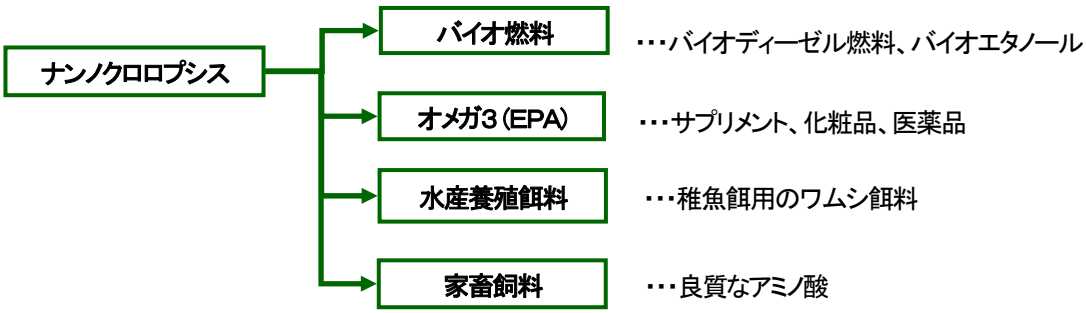
●微細藻の有用性

○ 微細藻ナンノクロロプシス

● 真正眼点藻ナンノクロロプシスとは
- o 海産性微細藻類
- o 豊富な油分、特にオメガ 3 (EPA)
- o 冷水域 (8℃～18℃) でより多く油分を蓄積
  - ➢ 宮城県沿岸などでの効率的な事業展開



ナンノクロロプシス

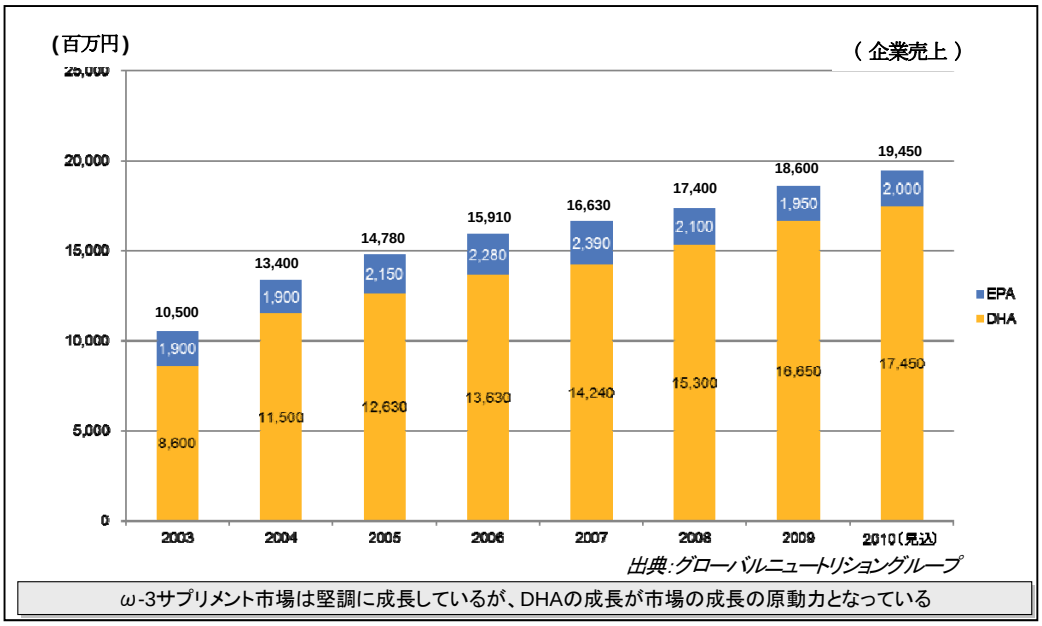


○ 機能性成分 オメガ3

● エイコサペンタエン酸 (EPA) とは
- o ナンノクロロプシスに豊富に含まれる不飽和脂肪酸
  - ➢ 藻類由来で安全な品質
- o 動脈硬化・高脂血症・認知症等の予防や改善に効果
- o 厚生労働省「日本人の食事摂取基準 2010 年版」
  - ➢ EPA・DHA の一日 1g 以上の摂取を奨励

● 藻から生産される EPA の製品が望まれています。
- o オメガ 3 の市場は年々拡大
  - ➢ ドコサヘキサエン酸 (DHA) の市場規模拡大が顕著
  - ➢ EPA の市場開拓余地は大
- o イワシなどの青魚の枯渇と価格の高騰
  - ➢ 藻由来の DHA 市場の拡大が顕著（米社が市場を独占）
  - ➢ 藻由来の EPA の安定供給が可能（いまだ流通していない）

脂肪酸	含有率（％）
14:0 ミリスチン酸	3.7
16:0 パルミチン酸	20.1
16:1 パルミトレイン酸	26.2
18:0 ステアリン酸	0.4
18:1 オレイン酸	3.6
18:2 リノール酸	2.1
20:4 アラキドン酸	6.3
20:5 エイコサペンタエン酸	26.9

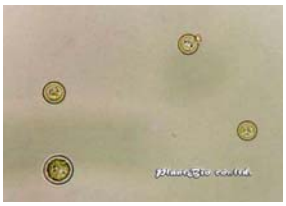


ω-3サプリメント市場は堅調に成長しているが、DHAの成長が市場の成長の原動力となっている

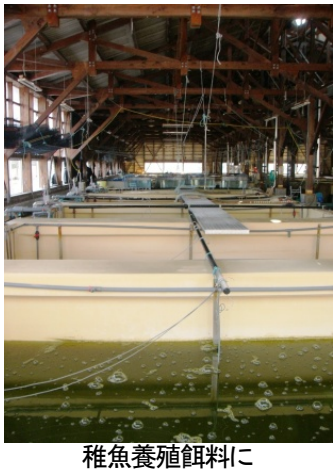
●水産養殖事業への展開

- ナンノクロロプシスはワムシの餌として古くから利用されています。
  - o ナンノクロロプシス
    - ➢ 今までは、安定供給が困難
    - ➢ オメガ3含有　→　高品質餌料
    - ➢ 海産性で水質浄化能力を持つ
    - ➢ 色素による遮光効果が稚魚育成に有効
    - ➢ 事業化により安定供給可能に
  - o 淡水クロレラ
    - ➢ 安定供給可能で現在の主要餌料
    - ➢ 海水で死滅　→　水質悪化
    - ➢ オメガ3欠如　→　別途栄養強化が必要
- ワムシとは
  - o 動物プランクトン
  - o 海産魚の種苗生産の初期餌料
  - o 大きさは80～220μm

シオミズツボワムシ



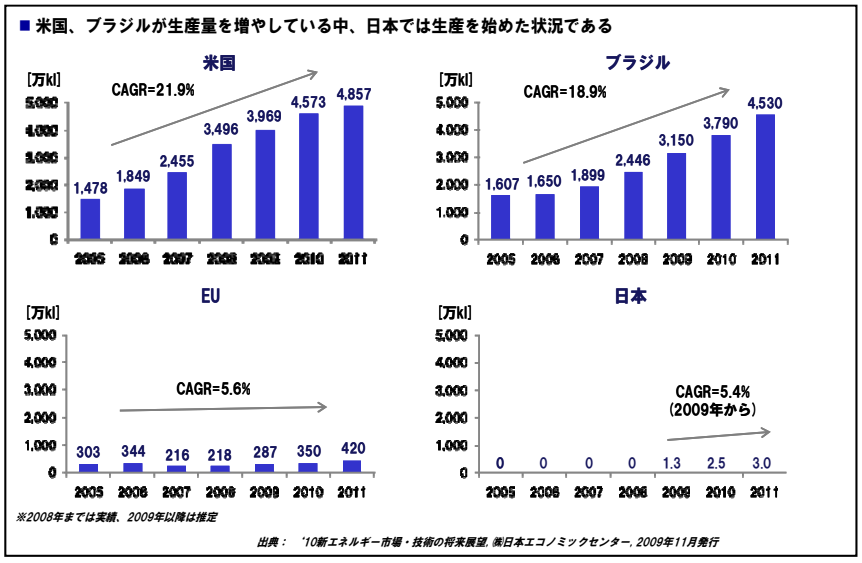
淡水クロレラ



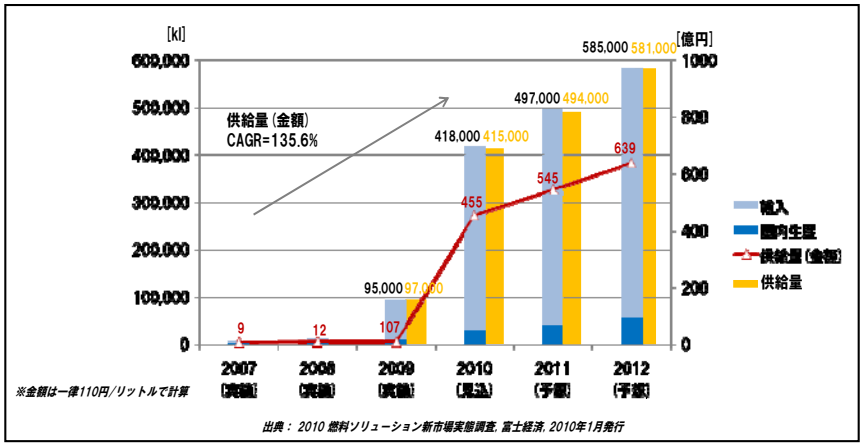
稚魚養殖餌料に

○ バイオ燃料への利用検討

- 主要国のバイオ燃料生産状況は図の通りです。
- わが国の対応は進んでいません。
  - o 2010年:原油換算で50万kl(ｴﾀﾉｰﾙ換算で約86万kl)を目標
  - o 主としてブラジルからバイオエタノールを輸入
  - o 建築廃材・木くず・剪定枝等からエタノールを製造
  - o 原料供給が不安定
- 微細藻を原料としたバイオ燃料化技術の開発が急がれます。
  - o 大量培養による安定した低価格原料の供給
    - ➢ 火力発電から排出されるCO_2の活用
  - o 効率的な油分抽出技術の開発
  - o バイオ燃料への変換技術の開発



主要国におけるバイオエタノールの生産量予想



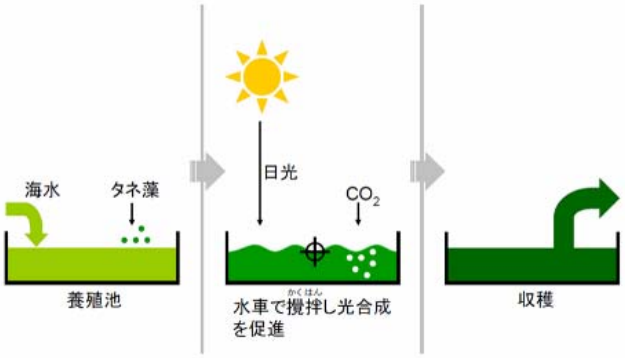
国内バイオエタノール輸入、生産、供給量予想

●事業化へのコア技術

○ イスラエルの屋外大量培養技術の応用

- イスラエルのシームビオテック社は、世界最先端の微細藻の培養技術を持っています。
  - o 火力発電施設から排出される二酸化炭素を利用し屋外での大量培養を実現
  - o NASA の流体力学を応用した光合成の効率化
  - o 養殖池の海水への CO_2 注入技術
  - o 養殖池内壁面の付着藻除去システム
  - o 1億5千万 cells / ml を実現 (通常 2 千万～3 千万 cells / ml)
- 日本の環境に適応した独自の培養技術を確立します。

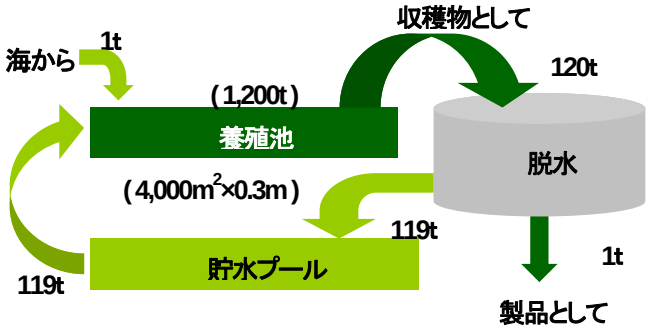
イスラエル・シームビオテック社の屋外培養施設



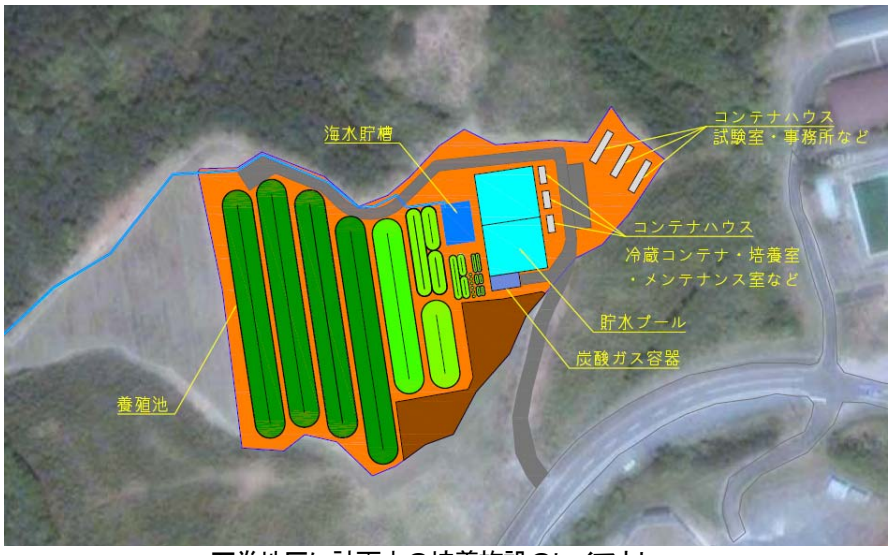
屋外培養システムのフロー

○ 海水の循環利用

- 海水を再利用するシステムを開発します。
  - o 海水の取水・排水に係わるコストの削減
  - o 99%を再利用
  - o １%の新鮮な海水を補充
    - ➢ 運搬コストの削減
    - ➢ 内陸部での事業展開も可能



- 第１号プラント建設予定地である石巻地区にてこれらの技術を実証していきます。



石巻地区に計画中の培養施設のレイアウト

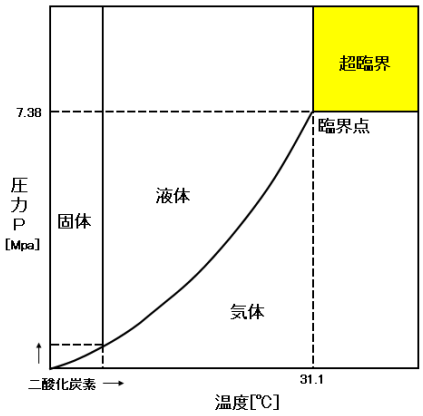
●油分抽出・バイオ燃料変換技術の開発

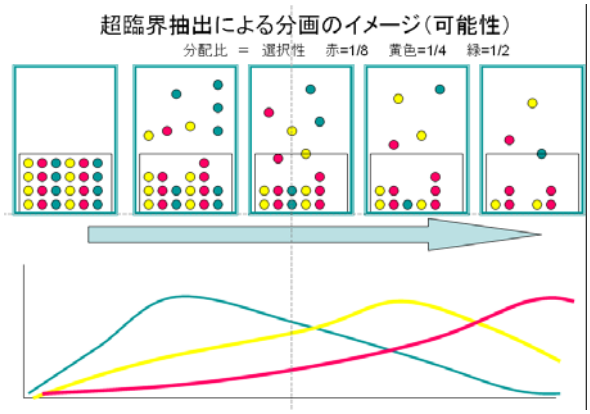
○ バイオ燃料生産への油分抽出技術

- 既存技術による油分抽出には次のようなものがあります。
  - o 細胞壁破壊 (ミリング，ホモジナイザーなど)
  - o 有機溶媒による抽出
- わが国でも油分抽出・バイオ燃料変換技術の開発は急速に研究が進んでいます。
  - o 財団法人電力中央研究所が開発したジメチルエーテル(DME) を利用した技術
    - ➢ 脱水工程を経ずに直接油分抽出が可能
  - o マイクロ波環境化学株式会社による、マイクロ波を利用した高効率・低コストの革新的技術など

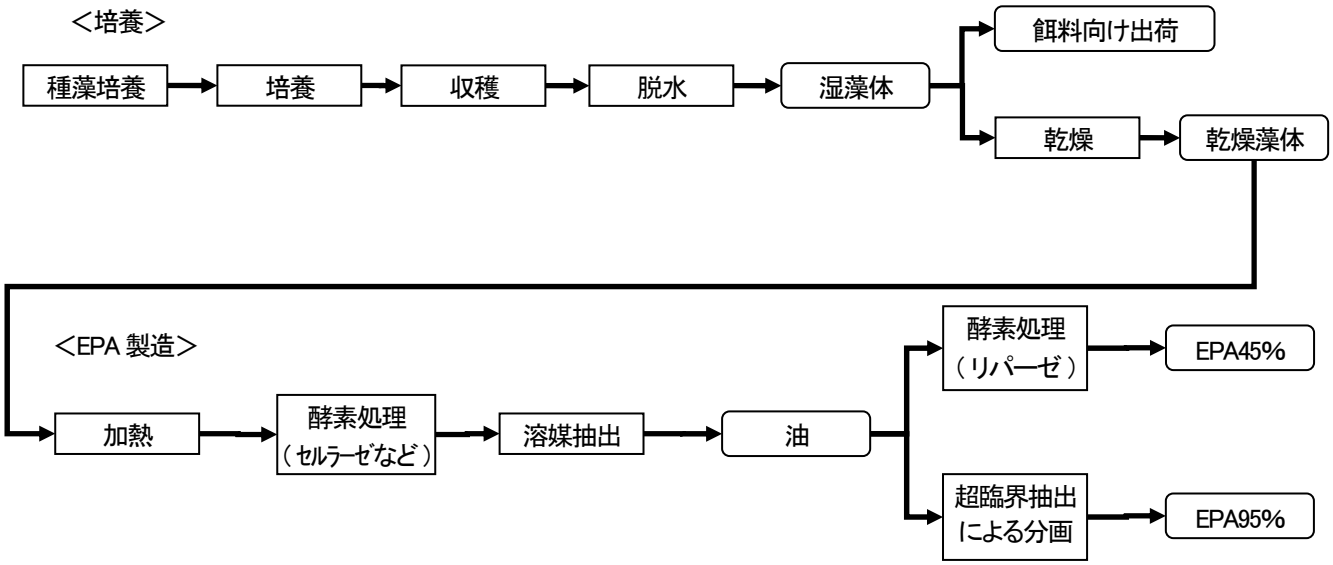
○ 超臨界二酸化炭素によるオメガ3の抽出分離技術

- 超臨界とは、気体と液体が共存できる限界の温度･圧力 (臨界点) を超えた状態のものを指します。
- 気体と液体の性質を併せ持ち、物性を連続して変化させることが可能です。
  - ➢ 有機溶媒に代わる抽出分離技術として注目
- サプリメント用オメガ３の抽出法として、東北大学と研究開発を推進中です。





●培養からEPA製造までの製造工程の一例



●事業化にむけて

○ ビジネスモデルの提案と展開

- 臨海地の耕作放棄地を利用します。
  - o 食品グレード CO_2 による培養
  - o 高品質オメガ 3 商品への展開
  - o 水産養殖事業用の餌料
- 内陸地の耕作不適地も利用できます。
  - o 循環培養システムによる広域展開
  - o タンクローリーによる海水運搬
- 火力発電施設に隣接してバイオ燃料の生産を目指します。
  - o 火力発電設備からの排出 CO_2 を利用した低コスト化

火力発電所からの排出 CO_2 利用で低コスト化が可能に

○ 耕作放棄地対象エリアの選定

海水循環システムを導入した場合、新たな海水を運ぶために可能な運搬距離は沿岸部から 45km と推定できます。これは概ね、宮城県内の主な水田地帯をカバーする範囲です。

■対象エリアの選定

○ 事業性の検討

EPA45%製品の生産販売ベースでみると、面積 10a 当たりの収入は 1,815 千円を見込むことができます（集荷販売等経費を除く）。一方、平成 18 年度の品目別農業所得の推移では、米作（0.5－1ha）での農業所得は 111 千円/10a（農村基本計画 2010 版）となっています。培養事業による生産性の高さが伺われます。

培養事業による土地生産性 (培養槽 4,000m^2)

培養面積	4,000 ㎡
年間収益	18,150 千円/年
必要用地面積	10,000 ㎡
10a 当たりの収入	1,815 千円/10a

[1a = 100m^2]

○ 事業収支の検討

培養事業の事業収支計画を、4,000m^{2}と 40,000m^{2}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	㎡	4,000	40,000	
	生産性	g/m2/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	
	養殖プール総容積	m3	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
	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CO2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N2必要量	kg/m3・月	1.0	1.0	1か月当たり水槽1m3に必要な窒素量
	必要N2量	kg/年	14,400	144,000	養殖プール総容積×単位N2必要量×12カ月
	単価	円/kg	130.0	130.0	
	リン	千円/年	864	4,330	
	単位P必要量	kg/m3・月	0.1	0.1	1か月当たり水槽1m3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/m2・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	m3/m2・日	0.003	0.003	
	必要水量	m3/年	4,320	43,200	
	単価	円/m3	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	
	現場作業者	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・ロイヤリティー		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	

培養事業の事業収支結果（収支結果）

●ワムシ餌料／サプリメント原料の販売

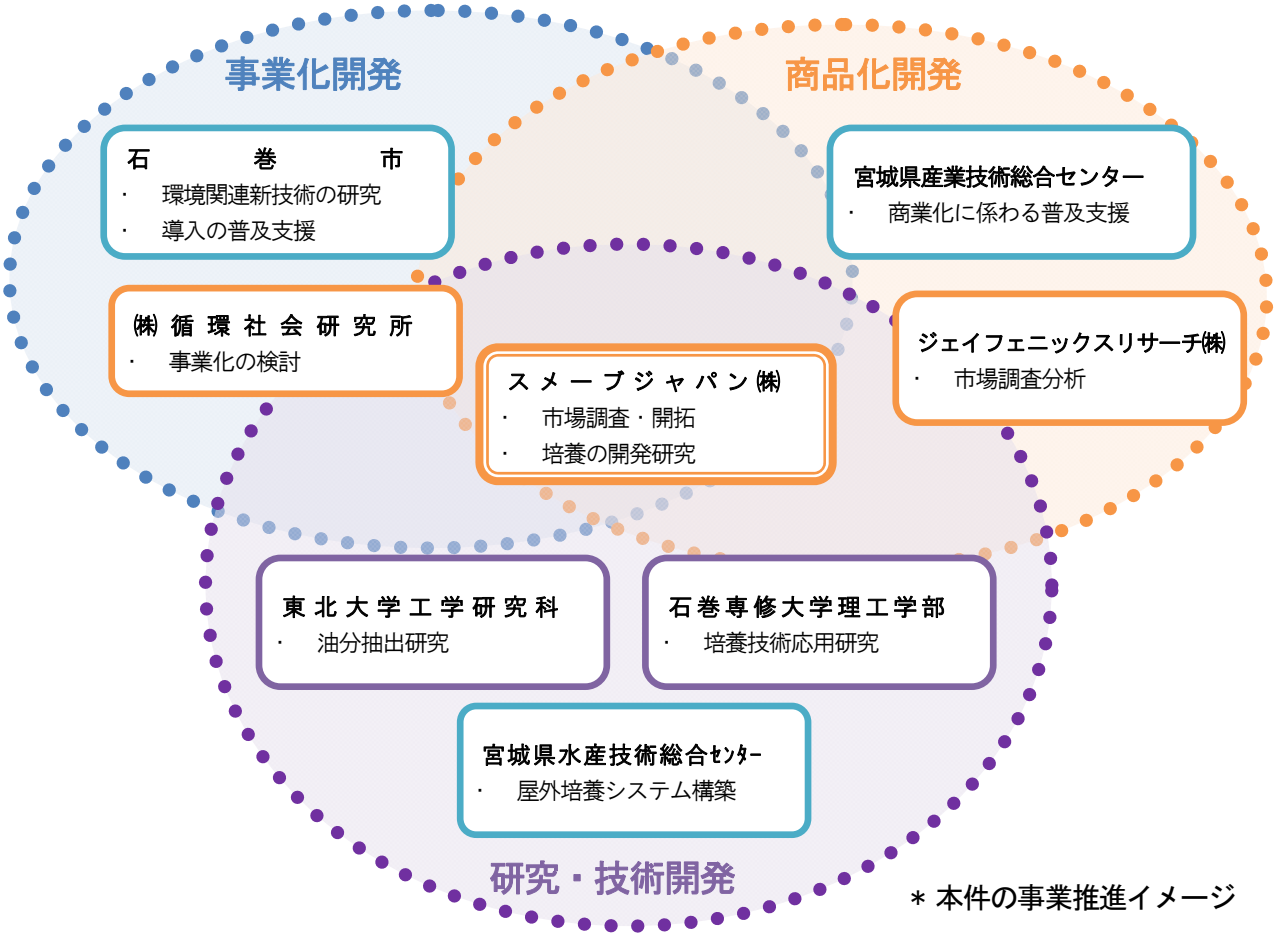
施設規模	培養槽面積	㎡	4,000	40,000	
支出	培養コスト	千円/年	60,962	266,332	
	本社費・ロイヤリティー	千円/年	21,600	216,000	
	合計	千円/年	82,562	482,332	*サプリメント原料の乾燥粉末化費用が別途必要
収入	販売額	千円/年	216,000	2,160,000	
	販売単価	円/kg	5,000	5,000	
	合計	千円/年	216,000	2,160,000	
収支		千円/年	133,438	1,677,668	

●EPA45%の製造

施設規模	培養槽面積	㎡	4,000	40,000	
支出	精製コスト	千円/年	5,301	53,006	
	精製コスト	円/kg	2,000	2,000	EPA45製品1kg を精製するのに必要なコスト
	培養コスト	千円/年	60,962	266,332	
	本社費・ロイヤリティー	千円/年	21,600	216,000	
	合計	千円/年	87,862	535,338	
収入	EPA45販売単価	円/kg	40,000	40,000	
	EPA45精製原単位	kg/製品kg	16.3	16.3	藻体のEPA含有量から算出
	EPA45販売数量	kg/年	2,650	26,503	
	合計	千円/年	106,012	1,060,123	
収支		千円/年	18,150	524,785	

●推進体制

産学官の連携により、宮城県石巻地区で事業の推進を図ります。



＊本件の事業推進イメージ