

# 沖縄からはじまる海洋創成

海の恵みを地域環境の保全と  
未来の子供たちのために

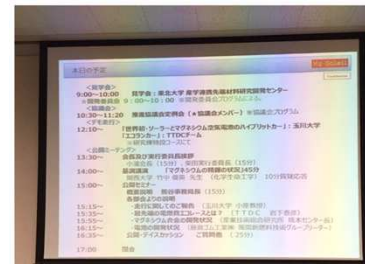
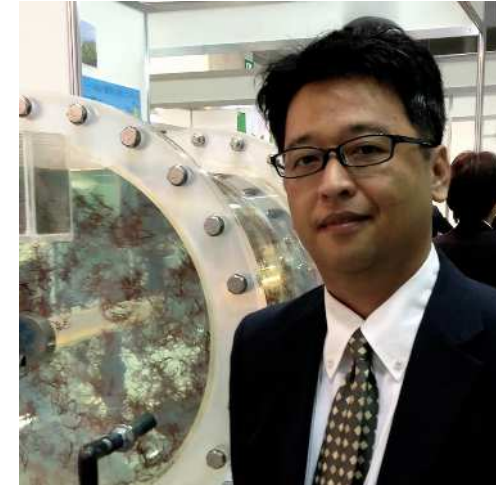
国立大学法人 琉球大学工学部  
瀬名波 出

# 自己紹介

自己紹介： 瀬名波 出（せなは いずる）

琉球大学工学部工学科  
エネルギー環境工学コース 教授

専門分野：機械工学・熱流体工学分野  
（熱と物質の移動に関する分野）



# 今日のお話し

## 1) 海洋バイオマス研究(炭素回生サイクル)

- モチベーション: 沖縄(地方)の学生就職状況
- 炭素回生サイクルとは
- 海藻の養殖
- 海洋創生を沖縄から

## 2) 久米島シュタットベルケプロジェクト

- 持続可能な島嶼モデル構築のために
- エネルギーベストミックス FS調査結果

## 3) マグネシウムソレイユプロジェクト in 久米島

- 海洋深層水と未利用エネルギー(余剰電力)によるMg生産
- 日本初、マグネシウム生産拠点に

# 研究のモチベーション

- ・ 沖縄県に工学部出身学生の受け皿がない

毎年、琉球大学工学部で約400名の学生が卒業、

- ・ 沖縄県は基本的に輸入型である

エネルギー・食料・物品等のほとんどが県外からの輸入による  
土地・水に限りがあるため、本土型の製造業は難しい  
生産がなく、消費だけの社会は成り立たないという危惧



**沖縄にあった製造業創出が必要**

# 沖縄にあった製造業とは？

- エネルギー，工業資源，水資源とぼしい
- 温暖な亜熱帯特性
- 世界に誇れるきれいな海



**持続可能な自然環境を壊さない新製造業**

# 自律持続可能な発展には？

- ・第一に，自然との調和
- ・第二に，物質の循環



エントロピー的価値で統合した  
「**炭素回生システム**」が良いのでは

# CO2は資源である・海の恵みを未来のために

## 海洋バイオマスによるCO2吸収・利活用システム



# 海洋バイオマスによるCO2吸収・利活用システムの開発





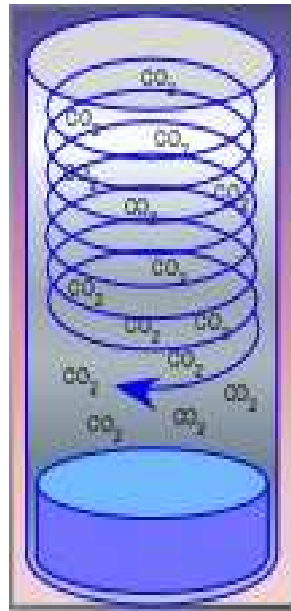
# 新規性・革新性①「CO<sub>2</sub>の溶解・回収新技術」

大型プラントからのCO<sub>2</sub>の効果的な溶解・回収技術開発:

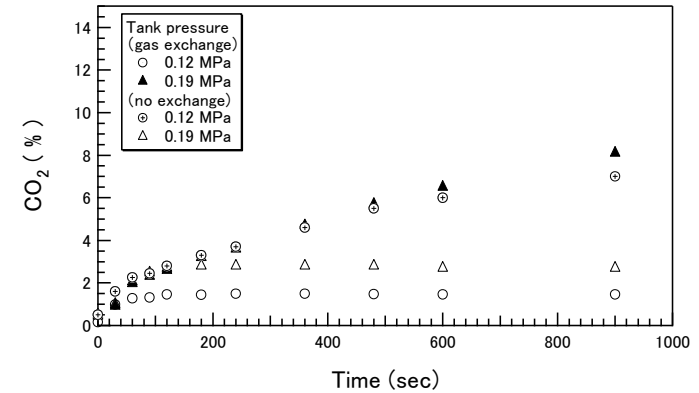
- ・従来のバブリング形式気体溶解とは逆の発想の気体溶解装置の開発
- ・これまでの取組み:

火力発電所排ガスからのCO<sub>2</sub>回収実証実験(沖縄電力)

浄化センターから発生する消化ガスからのCO<sub>2</sub>回収・利活用実証実験(沖縄ガス・糸満市)



排ガス引込口



消化ガス  
(メタンガス+CO<sub>2</sub>)

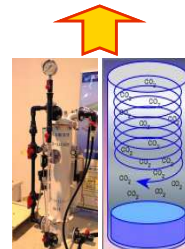


CO<sub>2</sub>



高品位  
メタンガス

二酸化炭素溶解装置  
気体中に液体を噴霧する  
新しい溶解方法を開発



海藻工場  
に使用

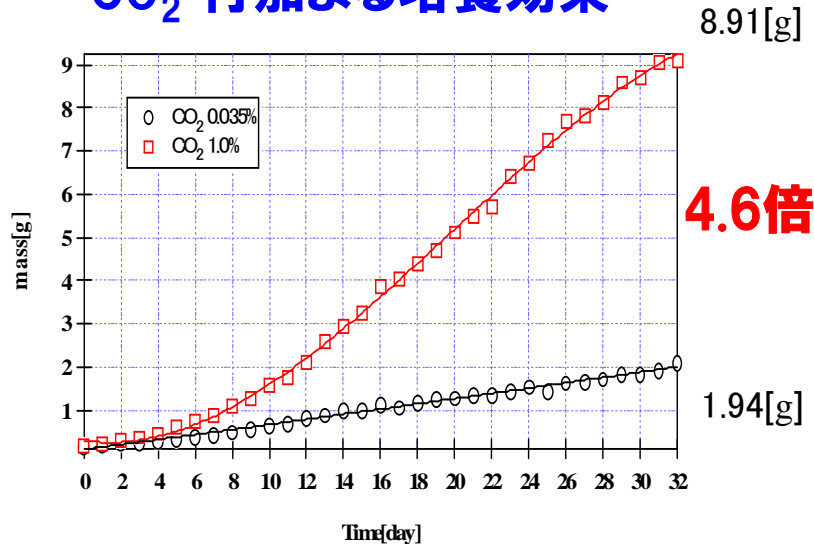


都市ガス  
に利用



# 新規性・革新性② 「CO<sub>2</sub>・流れによる海藻成長促進効果」

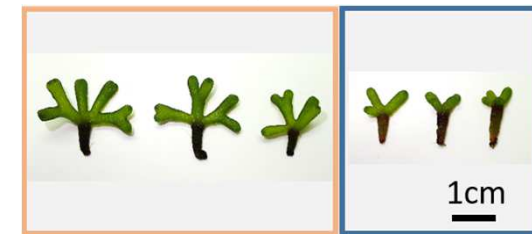
## CO<sub>2</sub> 付加による培養効果



Start

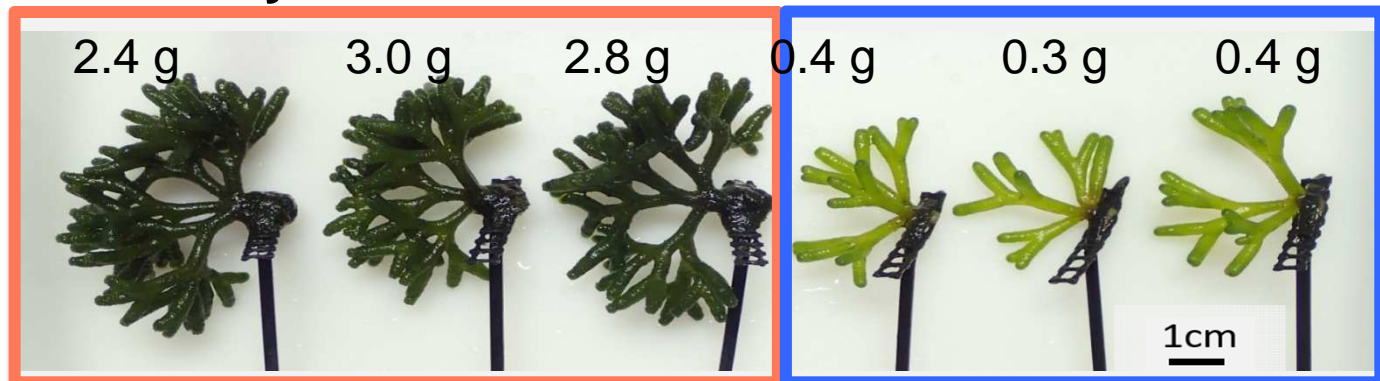


15 days after

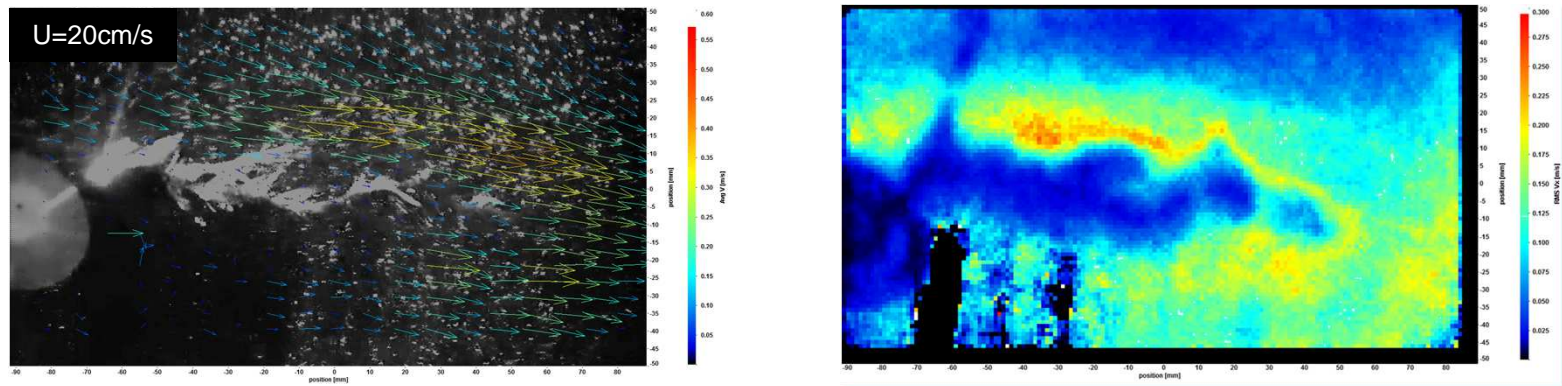


## 海藻周りの流れ速度変化による培養効果

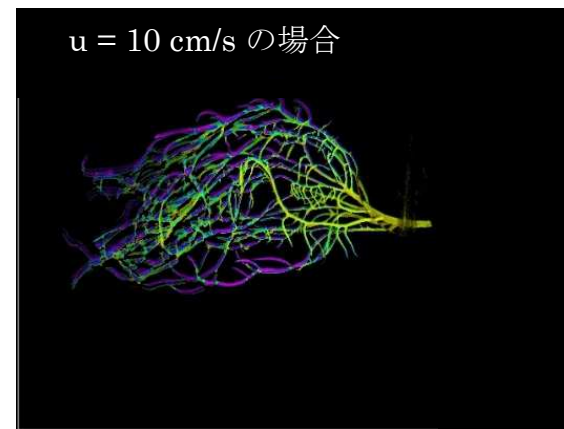
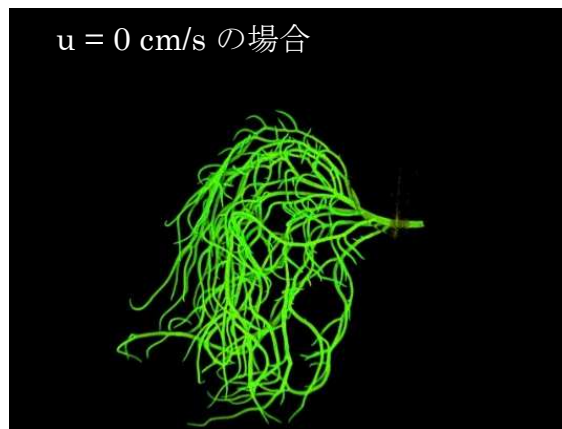
38 days after



# 新規性・革新性③ 「流れの状態・光合成活性の可視化技術」



海藻周りの流れ場計測(流れベクトル、乱れ分布)



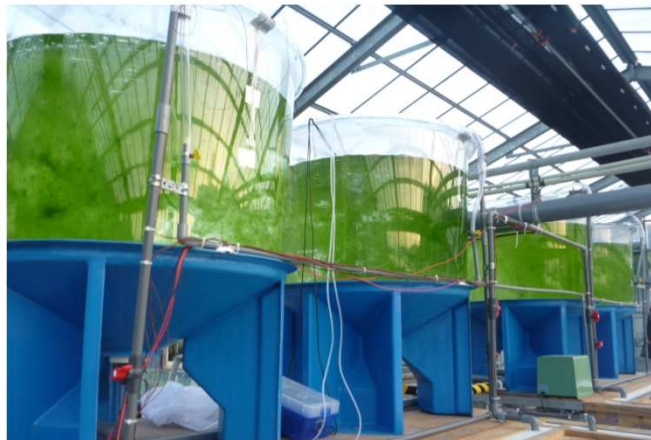
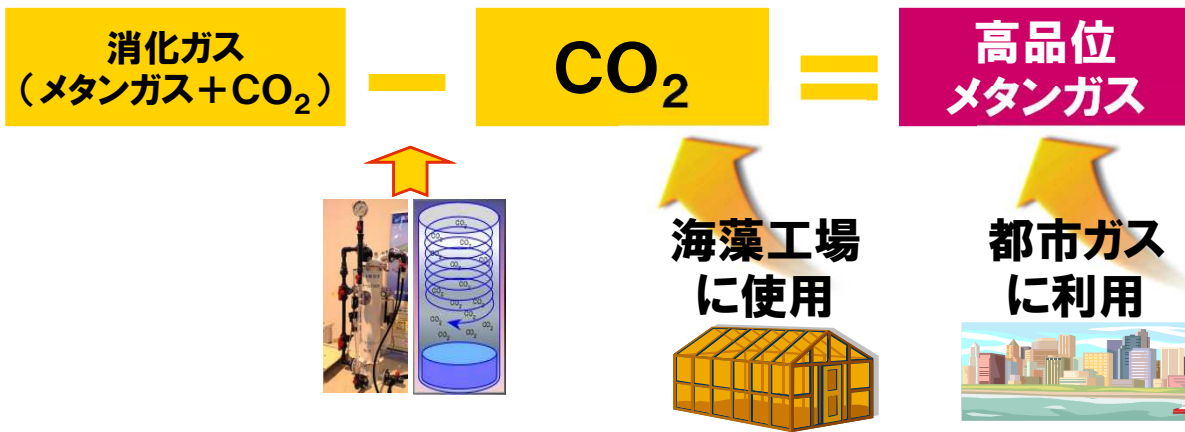
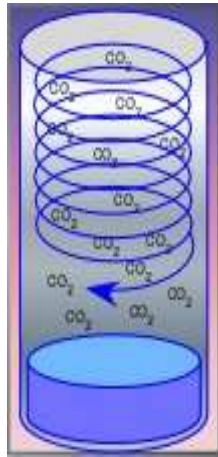
PAMによる異なる流れ速度におけるクロロフィル蛍光測定  
(光合成活性の測定)



これらの技術により海藻の成長に**最適な環境**を見つけることが可能

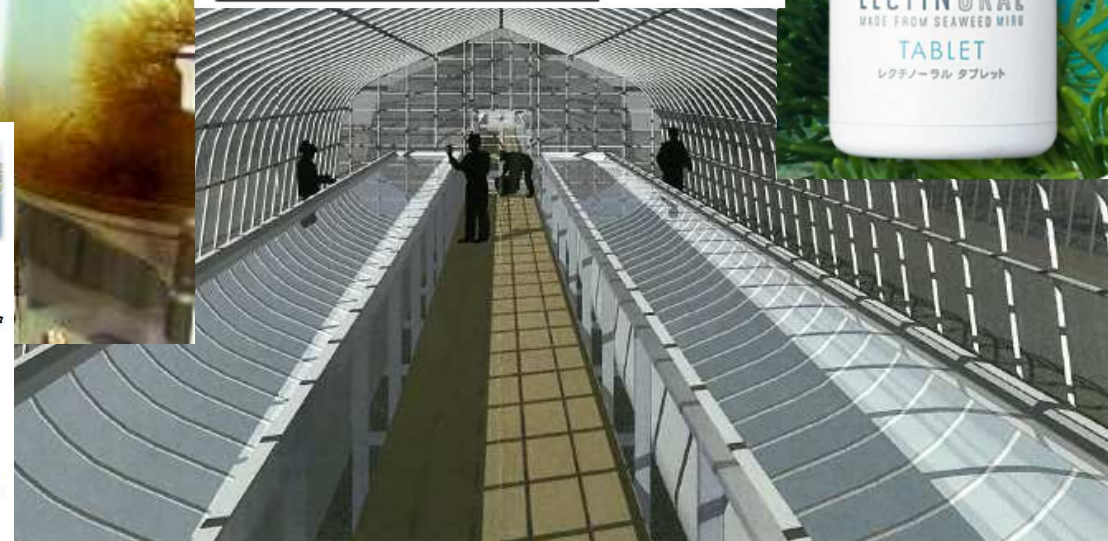
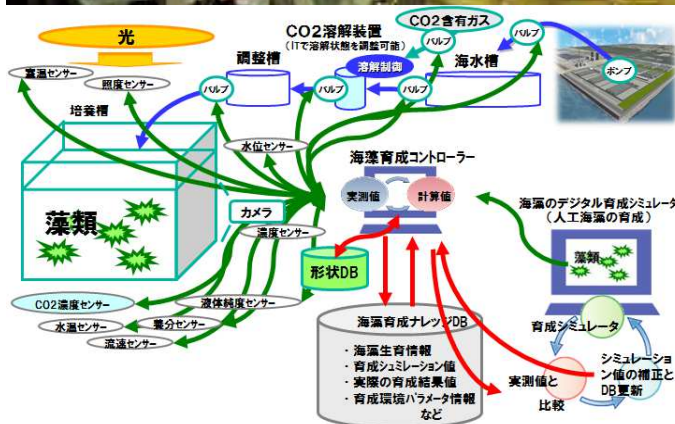
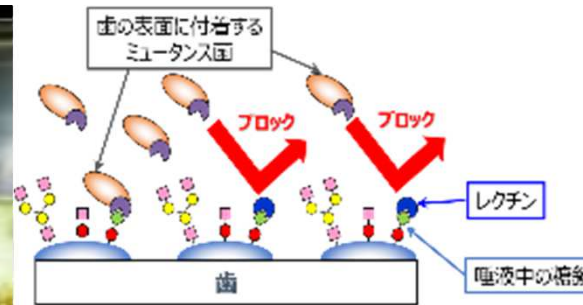
# 将来ビジョン 第1ステージ（～2020）

- CO<sub>2</sub>溶解技術活用による新たな海藻培養技術の確立  
（海ぶどう養殖の場合、既存の海ぶどう養殖に比べて約2倍以上の収益増見込み）  
（課題：基礎実験的にはほぼ確認済み。実証実験が課題（現在、取組み中）。）
- 現状の取組み：糸満市において海ブドウの培養実証実験PJ（2017.8～2018.2）



# 将来ビジョン 第2ステージ（～2025）

- ・海藻類を原材料とした医療・健康・美容等の化工製品(第2次産業)メーカー創出
- ・原材料である海藻の安定供給。  
（課題：IoT技術による海藻培養システム開発、パイロットプラントによる実証化）
- ・現状の取組み： 沖縄県イノベーション創出事業採択（2017.10～2020.3）

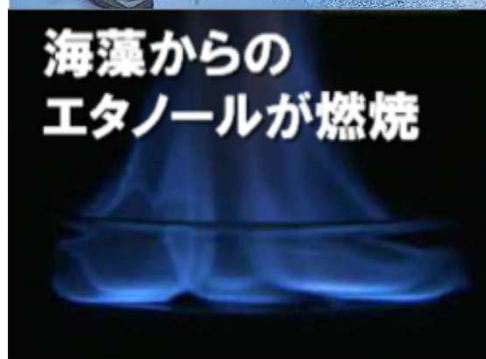


# 将来ビジョン 第3ステージ（～2032）

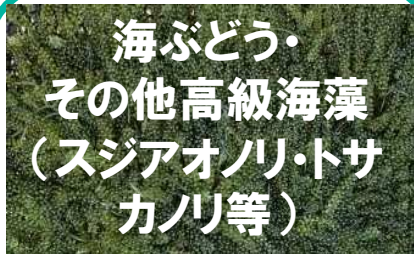
- ・エネルギー・環境・食料問題解決が可能な炭素回生システムを構築
- ・沖縄・日本発の技術として島嶼海洋地域における循環型社会構築に貢献  
（課題：大型プラントとの連携システム開発）



**海藻は島嶼海洋国の救世主。今後の発展に期待大。**



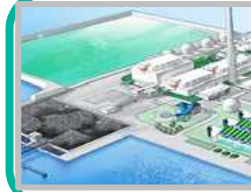
# 未来社会への波及効果（生産効率増大による）



海ぶどう・  
その他高級海藻  
(スジアオリ・トサ  
カリ等)  
例)海ブドウ年間約12億円  
×1.5=  
約18億円・・・6億円増収  
利益率2~3倍  
→2~3倍雇用促進可能



ミル  
(レクチン) アワビ・  
ウニ等  
(餌が課題)  
・健康食品、化粧品原料  
・アワビ、ウニ、小魚の餌  
・農業、畜産業に続く新たな  
食料生産産業の創出



・海藻植物工場  
・バイオ燃料  
・CO2削減環境産業創出  
・海外への技術貢献

海洋生産社会の到来 ~2032

新・海藻基盤産業 ~2025

海藻産業振興 ~2020

2倍

3倍

10倍以上

現状

海藻産業創出がエネルギー・環境・食料問題解決可能な未来社会を創る。

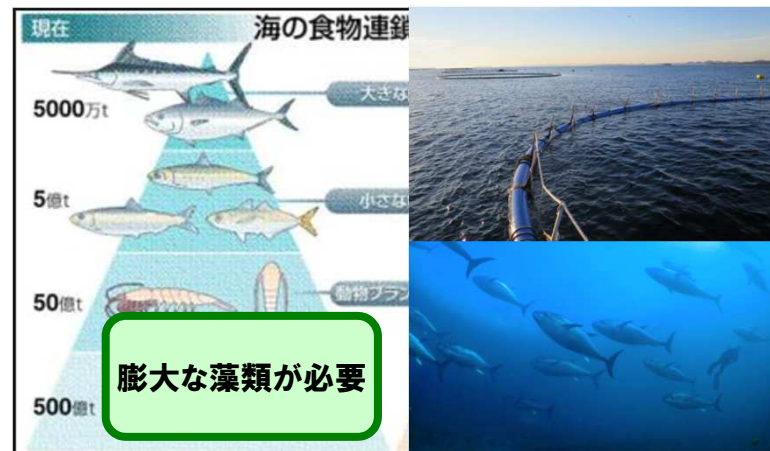
1

# 海洋バイオマスPJで何をを目指すのか？

- ・働く場の創出
- ・地産地消社会の実現
- ・食料問題の解決



- ・海外への拡大
- ・新たな価値の創出

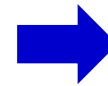


→ 持続可能な社会の創出



# 2019年に大学発ベンチャーを起業予定！

- IoT & AI技術による海藻培養システム開発
- 海水流れの最適化



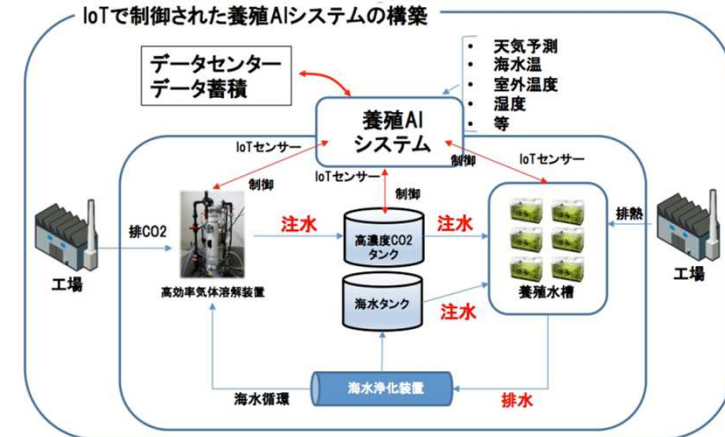
第1ステージ：海藻新培養技術  
第2ステージ：海藻利用産業化の達成！

現状の取組み：

- テストプラントによる実証化
- 海藻培養センサー開発
- 海ブドウの生産量1.5倍以上、日持ち2倍以上



QABテレビ「Qビズ」で放送（2018年8月7日）



海藻植物工場コンテナイメージ（イオンライカム植物工場概観参照）

# 沖縄県久米島町における「沖縄初、沖縄離島シュタットベルケ 島嶼型スマートマイクロコミュニティ構想」の事業化可能性調査 (事業化可能性調査)

低炭素促進機構 (GIO)

平成30年度 地域の特性を活かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金  
(分散型エネルギーシステム構築支援事業のうち構想普及支援事業)

事業者: りんかい日産建設株式会社  
          有限会社朝電気

株式会社環境開発公社

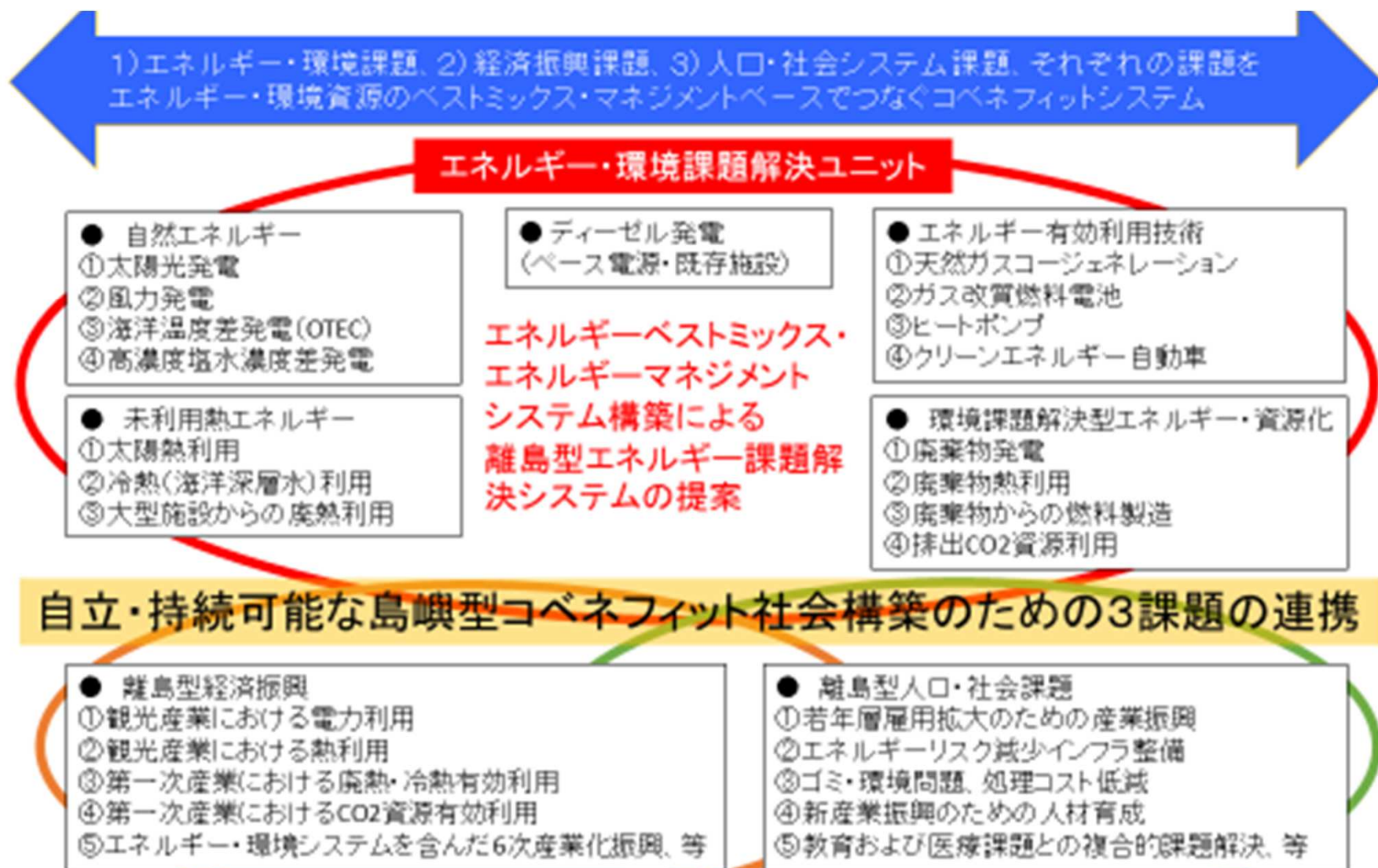
# 補助事業の目的

- 久米島での「島嶼地域における自立・持続可能型エネルギーベストミックス・マネジメントシステム」のビジネスモデルを確立し、地域エネルギー計画がもたらす多様なコベネフィットによる「沖縄初、沖縄離島のシュタットベルケスマートマイクログコミュニティ構想」の事業化可能性調査を実施する。
- 離島においては、そのほとんどがディーゼル発電である。そのため燃料コスト、燃料輸送等によるリスクも併せて有する状況にある。
- また多くの離島におけるそのコスト負担の平準化を沖縄県全域で行うため、沖縄県における電力価格は県外他地域に比べて割高である。
- この問題解決のための再生可能エネルギーを併合したエネルギーベストミックス化、ならびに効果的な分散型エネルギーマネジメントシステムの構築にむけた検討を行う。

# 具体的な検討項目

- 1 太陽光発電
- 2 風力発電(可倒式の中型風力)
- 3 バイオマス(一般廃棄物を燃料化し発電)
- 4 高濃度塩水による濃度差発電
- 5 天然ガスコージェネレーション
- 6 蓄電池
- 7 クリーンエネルギー自動車
- 8 久米島島内のエネルギー需要施設における、熱電割合を含めたエネルギー調査
- 9 久米島島内の建物・敷地面積・敷地特性・地域産業の特性に合わせた最適な供給設備の検討
- 10 LNG サテライトの利用による緊急防災時の安定電源の確保と総合的なシステムバランスの検討
- 11 久米島シュタットベルケ地域エネルギー計画における需要家メリットおよび環境・エネルギー対策がもたらすコベネフィット
- 12 上記を踏まえた総合的なエネルギーベストミックス化の検討

# 目指す全体像



# エネルギーとは？

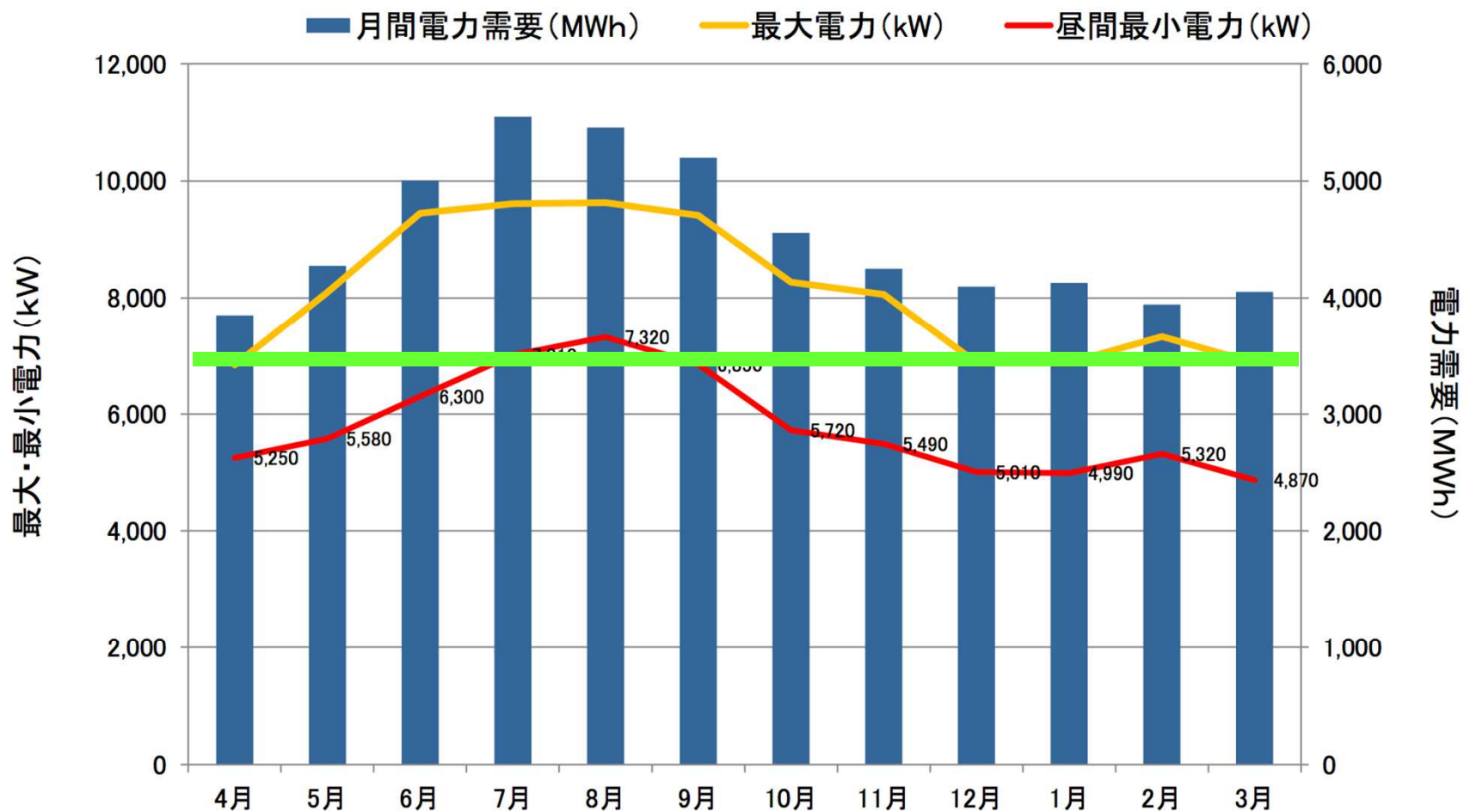
そもそもエネルギーとは？

エネルギー = 仕事をする能力

そして、仕事とは、生活や産業をより楽に、より発展させるために行われている行動。

いかに豊富に、かつ安価に“エネルギー”を確保できるかが大事。

# 久米島電力需要(平成23年度)



平成23年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
最大電力(kW)	6,840	8,100	9,450	9,610	9,630	9,410	8,270	8,060	6,880	6,880	7,330	6,880
昼間最小電力(kW)	5,250	5,580	6,300	7,010	7,320	6,850	5,720	5,490	5,010	4,990	5,320	4,870

# エネルギー需要地域(主に2箇所に分かれる)

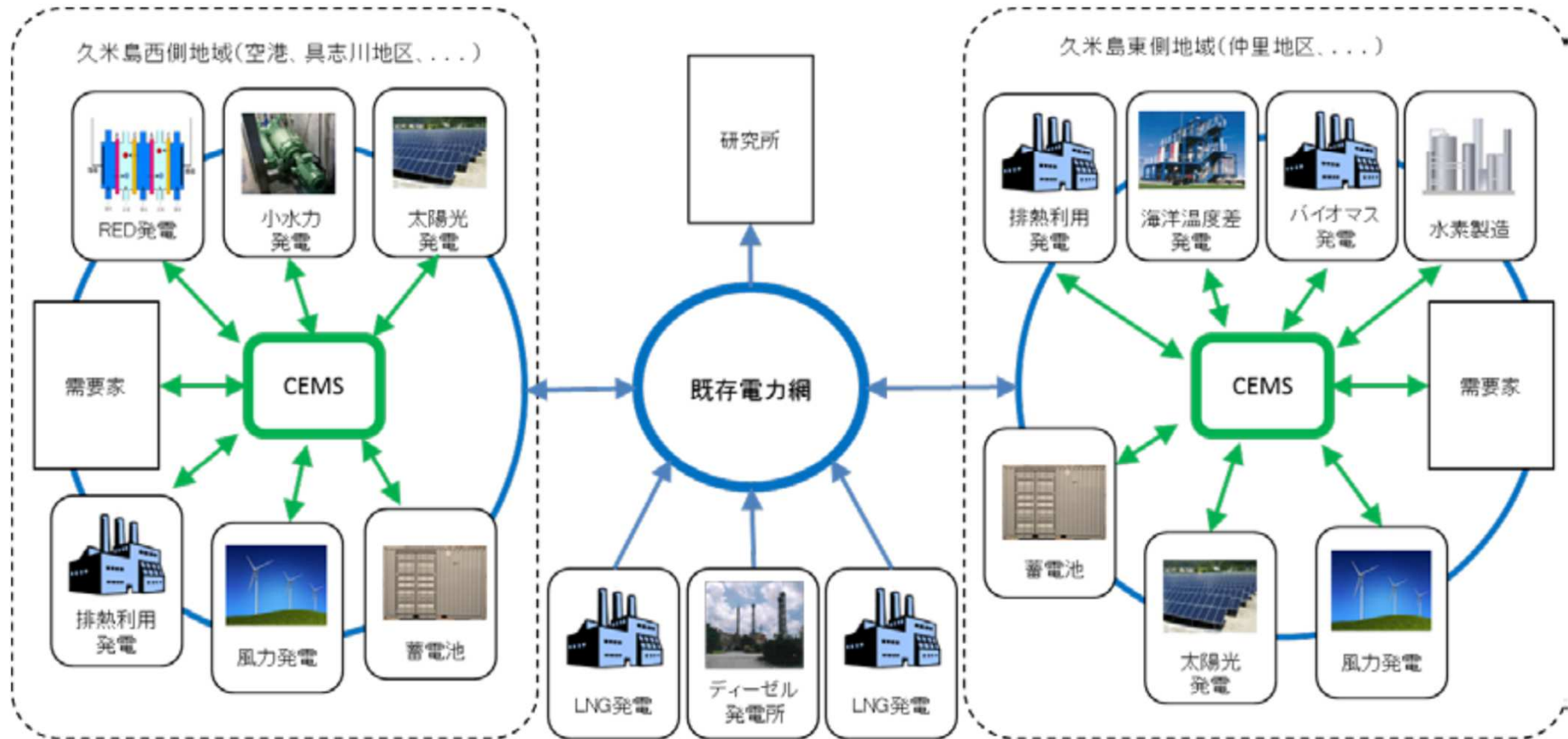
- 1 久米島西側地域:住宅地域、現発電所
- 2 久米島東側地域:リゾート地域(ホテル、久米島町役場、海洋深層水利用地域)





# コミュニティグリッド内の需要量以上のコージェネ発電を導入する場合のイメージ

LNG 発電を既存電力網に接続するケース



# メガソーラー導入調査(1MW+1MW)

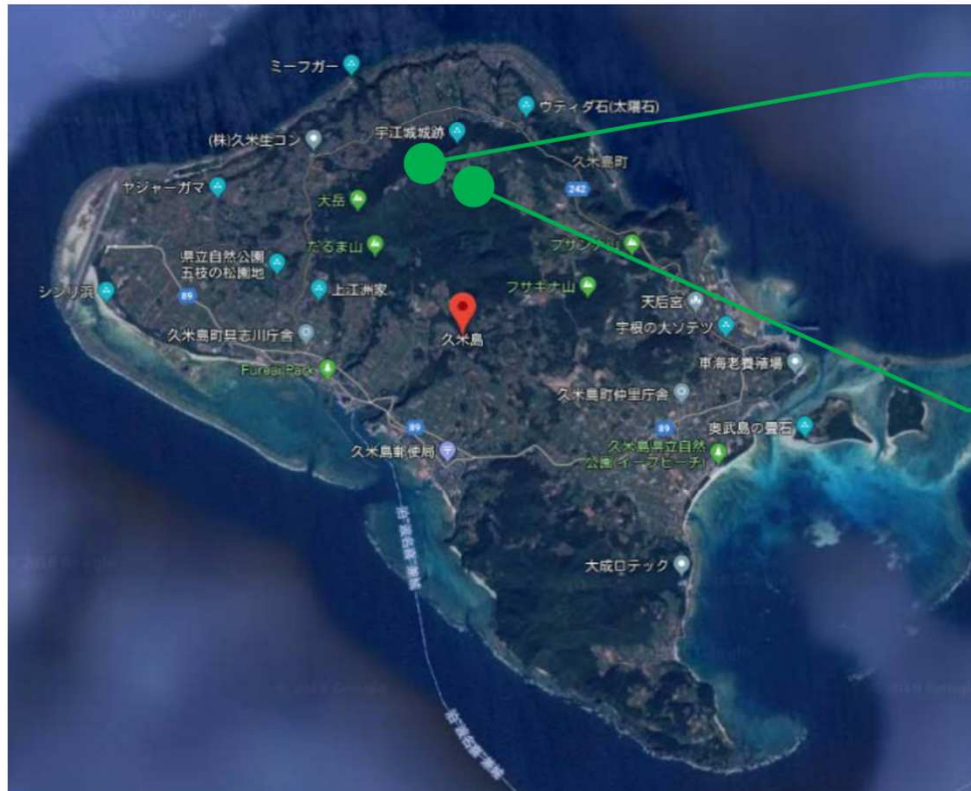
◇メガソーラー導入箇所  
候補地は以下2地域である。



# 風力発電導入検討(275kW×2機)

◇導入箇所

☆島全体



候補地-風車 1  
(宇江城城跡周辺)

候補地-風車 2  
(登武那覇城跡公園)

# メタンバイオガス発電検討

◇仕 様

50kW 小型バイオマス発電（半乾式）

- ・ エネルゴン社（スイス）製
- ・ 食品残渣や糞などを入れ発酵させてメタンガスを採取する  
家畜糞や食品残渣などの島内未利用エネルギーの活用
- ・ 小型で、45kW から 75kW の発電設備を選択可能
- ・ 使用済み原料は堆肥に使用できる



# 海洋温度差発電(OTEC)

100kW (実証試験) (将来 1MW の導入計画あり)

取水量 1.3 万 $\text{m}^3$ /日

水深 612m(水温8~9° C) 取水管 0.28m 径×2本



# 蓄電池：再生可能エネルギーの変動吸収を行い電力品質の安定化目的に“出力制御 用蓄電設備”

## ☆蓄電池システム概要

全体構成 :4MW (1MW × 4コンテナ)

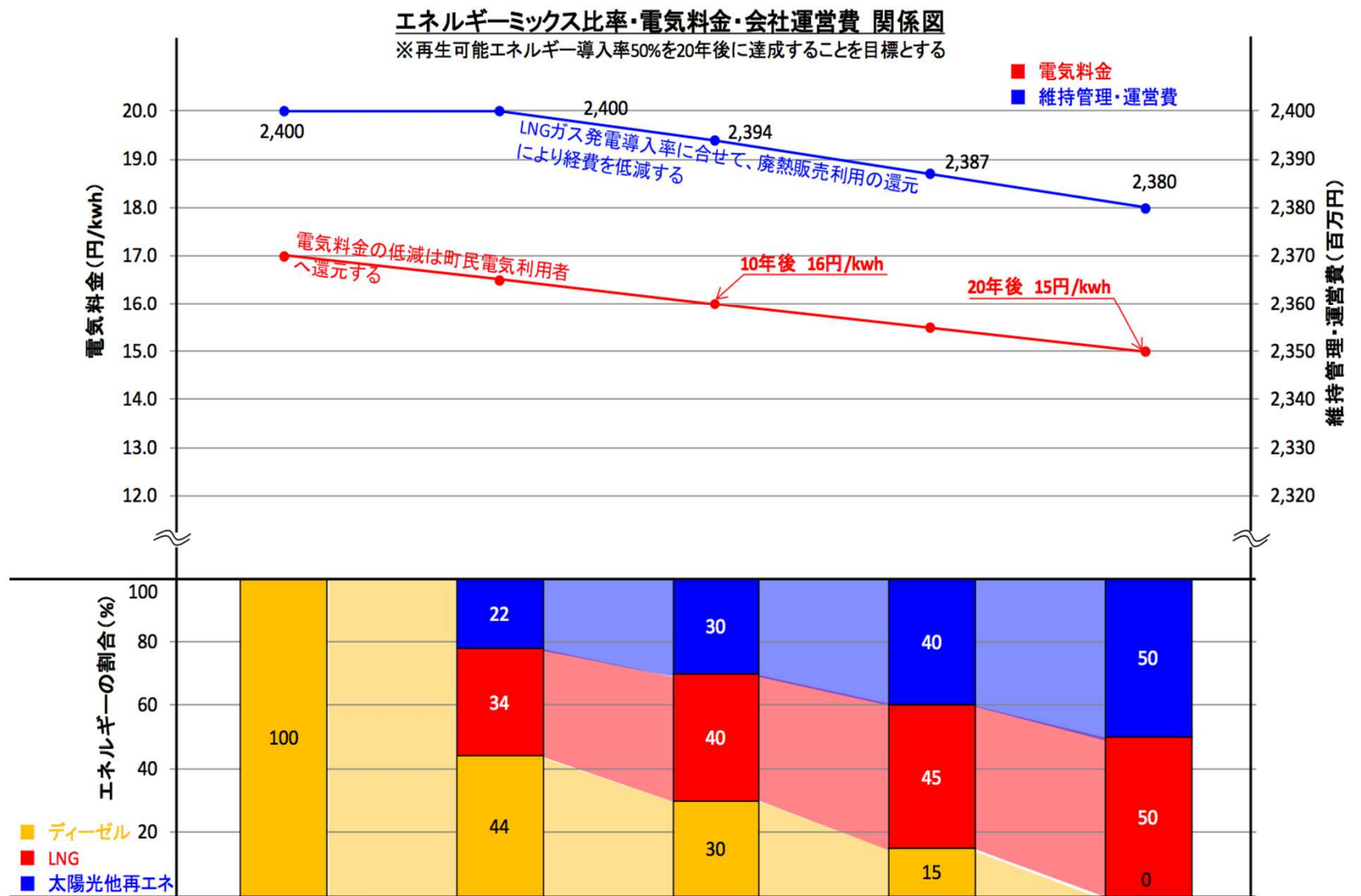
システム構成:蓄電池とBMU(Battery Monitoring Unit)

## 1MWh蓄電池システムのパッケージ品



# エネルギーミックス比率 提案

114



沖縄県久米島町における「沖縄初、沖縄離島シュタットベルケ島嶼型スマートマイクロコミュニティ構想」の事業化可能性調査

事業者名：りんかい日産建設株式会社  
 有限会社朝電気  
 株式会社環境開発公社  
 対象地域：沖縄県島尻郡久米島町（久米島）  
 実施期間：平成30年7月～平成31年2月

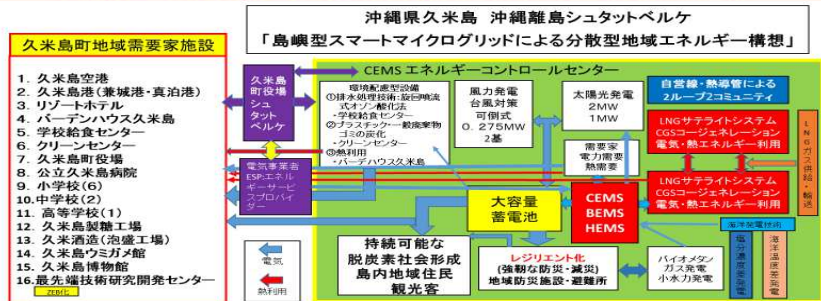
1. 事業の背景・目的

離島における発電供給システムは、殆どがディーゼル発電によるものであり、燃料や輸送等におけるコスト高を構造的に抱えている。その為、沖縄県における電力価格は県外他地域に比べて割高である。また、発電供給システムを島内の一つの発電所一つに頼っており、エネルギー資源・設備の両方の観点から現在及び将来にわたってエネルギーセキュリティ面のリスクも有している。

このような離島特有のエネルギー課題解決のために、久米島町が計画している「久米島町地域新エネルギー推進策」をもとに太陽光や風力、コージェネレーションなどの新エネルギー構築可能性を調査し評価を行う。さらに島内の産業振興に寄与する新たな計画「沖縄離島シュタットベルケ 島嶼型スマートマイクロコミュニティ構想」の事業化可能性調査を行うことを目的とする。

2. 補助事業の概要

地域の特性を活かしたエネルギーの構築に向けた再生可能エネルギー等のベストミックスによる地域分散型エネルギー供給管理システム エネルギーマネジメントシステム図(電気事業・熱供給事業・環境配慮事業)



久米島町のエネルギー供給システムに係る諸問題解決のために、再生可能エネルギーの導入と分散型エネルギーマネジメントシステムの構築に向けた検討を行う。具体的にはエネルギー消費の大きい2地域にて、スマートマイクロコミュニティを構築し、久米島地域がもつ再生可能エネルギーポテンシャルを最大限に活かしながら、既存の電力供給より経済性と安全性向上の電力供給事業を提案する。また、これまで島内にはなかった熱供給事業の検討も行う。更に環境配慮事業を組み合わせることで地域に貢献をする。

3. 調査の結果

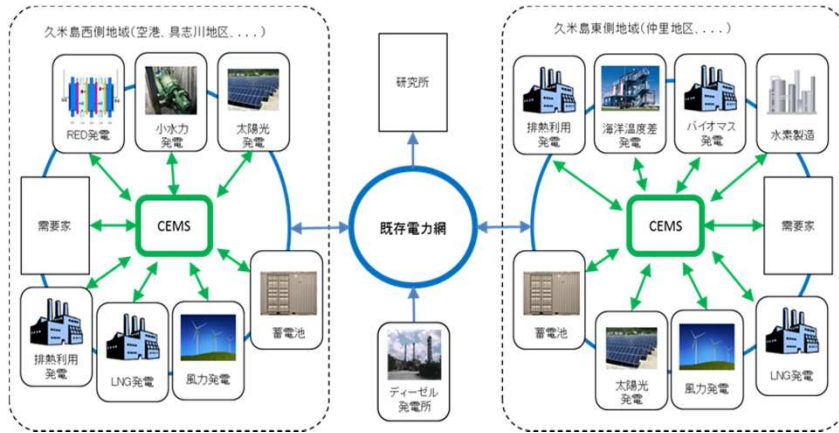
事業化可否の結論：事業化が可能である。事業化予定時期：2024年度  
 LNGコージェネレーションをベースの事業とし、再生可能エネルギーや未利用エネルギーの導入を進める。投資回収年が3年以内のため可

検討項目	実施方法	検討結果
① EMSの構成	2つの需要地域と再エネ・未利用エネ、CGS、蓄電池を監視・制御するEMSと自営線によるスマートマイクロコミュニティの検討を行う。	久米島需要のうちコージェネ35%、再エネ30%の活用ポテンシャルを見出した。
② EMSの効果	久米島地域性と産業や業務の部門に適用し、再エネと新エネを積極的導入が行えるEMSの検討を行う。	まず大口需要家選定とCGS、再エネ、未利用エネの選定を行い、それらを活用できるEMS構築が見込めた。
③再生可能エネルギーに関する調査(任意)	地域特性を調査し、各種再エネと未利用エネの可能性調査を行う。	種類と量を決め、システムバランスが見込めた。 CGS 合計 7,350kW 太陽光 合計 4,200kW 風力 合計 550kW バイオマス 合計 14kW 小水力 合計 100kW メタンバイオマス 合計 95kW 温度差発電 1MW
④事業実施体制・事業スキーム・スケジュール	スマートマイクロコミュニティを実現するためのハードとソフト面を検討し、各要素の諸条件や各事業の特徴を整理し、サービス需給者の久米島町メリットも踏まえ検討を進める。	再エネと未利用エネを事業として成立するために、効果的なCGSとEMS活用が必要なことと、事業の付加サービスとして環境配慮型事業を行い、事業の安定性にも努める。
⑤事業採算性評価	エネルギーミックス比率、電気料金、会社運営費について、補助金の活用を前提に試算し評価を行う。	LNG発電 (CGS) 導入を推進し、熱供給事業の還元により、事業経費を低減していく。
⑥他地域への展開	離島の諸課題を整理することにより、沖縄県内の離島および国内の離島、東南アジア諸国の離島地域への検討も整理した。	離島における諸課題 (コスト高・エネルギーセキュリティ、事業性など) は、同様であり他地域への展開可能性はある。
⑦今後の展望・課題・対策	地域特性を把握し、各種技術の最適化をしながら、調査を行う。	離島保全・温室効果ガス大幅削減対策として、更に発展的事業が何か整理し検討した。



## 4. 分散型エネルギーシステムの概要

【各種制御対象との関係】



久米島における大きなエネルギー消費地である2地域を中心に、地域でエネルギーを地産地消するシステム構築を目的にスマートマイクロコミュニティグリッドを形成する。さらに、それら両方のスマートマイクロコミュニティグリッドを包括したCEMS (Community EMS) を計画する。

CEMSはエネルギーの地産地消を実現できるように、地域全体の需給バランスを取るための制御を行う。地域内で電力が余った場合は、CEMSが制御する発電量を削減するとともに、蓄電池に電力を蓄える。地域内で電力が足りない場合には、CEMSの制御する発電量を増やすとともに蓄電池から電力を放出し、必要に応じて各エネルギー消費者に電力抑制の要請を行う。

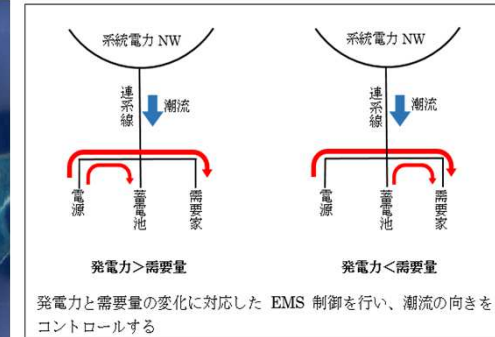
【エネルギーマネジメントシステムの構成】

設備概要 (出力、容量、用途、台数等)			導入予定時期 (既設or新設)
対象需要	エネルギー消費の大きな2地域		
EMSシステム	対象：各電源と需要家 機能：監視機能、制御監視、警報メッセージ、負荷予測、スケジュール、記録、統計、メンテナンス機能		新設 2028年
電源・熱源	太陽光	スマートマイクロコミュニティの発電設備 約2MW×1箇所、1MW以下×14箇所 (合計約2.2MW)	新設 2028年
	風力	スマートマイクロコミュニティの発電設備 275kW×2基	新設 2028年
	バイオマス	スマートマイクロコミュニティの発電設備 炭化物：7kW×2システム、メタンガス：50kW×1箇所・45kW×1箇所	新設 2031年
	水力	スマートマイクロコミュニティの発電設備 50kW×2基	新設 2028年、2030年
	海洋深層水温度差	スマートマイクロコミュニティの発電設備 1,000kW×1箇所	新設
	コージェネ等	スマートマイクロコミュニティの発電設備 4,200kWステーション、3,150kWステーション	新設 2027年
蓄電池	スマートマイクロコミュニティ内の出力制御用蓄電設備 3,700kW (4MWh)	新設 2028年	
その他	自営線 1ループ3km×2ループ	新設 2028年	

【電力および熱供給範囲】  
主な対象は、久米島の西側地域と東側地域



【EMS機能の一例】  
潮流の向きをコントロールする



【EMSの効果】

効果の大きな2点

- ①再生可能エネルギーの有効利用
- ②需要と供給の協調機能を活用し、予備力の低減を図れる。

その他、見込める可能性のある効果

- ③消費量の見える化による消費量の削減
- ④地域全体のエネルギー供給量と利用量の平準化
- ⑤分散型電源の最適な運用制御が可能
- ⑥長期的な省エネが可能
- ⑦ピークカット、ピークシフトの実行が可能
- ⑧地域間エネルギー融通の推進
- ⑨PCやスマートフォンなどで、エネルギー利用状況の見える化が可能
- ⑩停電時に自立運転が可能

# Mg·Soleil Project

Mg-Day in KUMEJIMAにおきましては



「離島力の向上、ダイヤモンドのように輝く離島のカ」。



久米島マスコットキャラクター

く〜みん

久米島町の再生エネルギーと海洋深層水からの材料で、マグネシウム循環システムの構築を実現し、グリーンな製錬で国内のエネルギー自給促進に寄与し、それを新たな産業の育成のために活用し、世界に先立つ成功モデル目指す。

# 海水由来のMgO製造



- Mg還元**
- ・マイクロ波ピジョン法
  - ・電解法
  - ・熱還元法
  - ・太陽炉
  - ・再生可能エネルギーなど



①マイクロ波ピジョン法・Mg製錬装置：「還元は石灰窒素を用いた方法と炭素を用いた方法を開発推進」

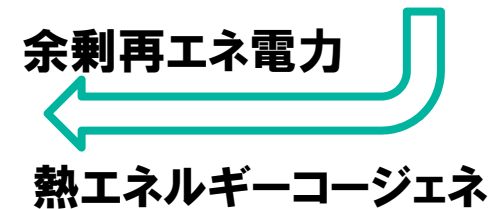
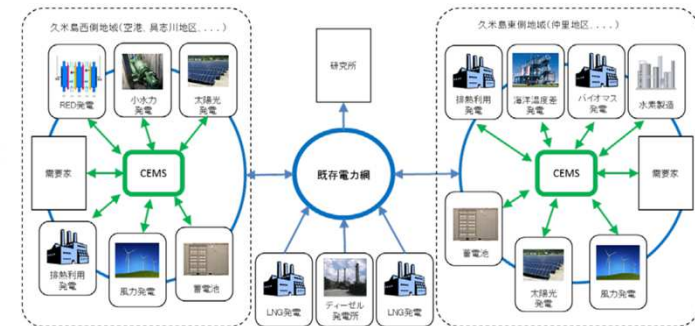
②電解法：「還元剤不使用」方式、電解法では水相槽設備を開発推進

# Mgソレイユプロジェクトin 久米島

- 1) 国内初のマグネシウム生産拠点
- 2) マグネシウムの輸出(国内)、Mg空気電池工場の誘致
- 3) 未利用エネルギー利用によるMg生産事例の他地域への展開



LNG 発電を既存電力網に接続するケース



# Mgソレイユプロジェクトin 久米島 提案

## ファーストステップ:提案

### ■ 1) 国内初のマグネシウム生産拠点



海洋深層水発電所(OTEC):  
発電量100kW  
取水量 1.3 万m<sup>3</sup>/日

**稼働中!**



OTECからの発電エネルギーを使った「小規模 電解法」による  
国内初マグネシウム生産実証