

第140回 水素エネルギー協会定例研究会

2013/03/15

バイオエタノールより安価に生産できる 発酵水素生産

バイオ水素株式会社
株式会社バイオ水素技術研究所
谷生 重晴



講演の進め方

- メタン、エタノール、水素の効率比較
- 生産コスト比較
- 糖蜜－水素生産のコスト
- 沖縄でのパイロットプラント建設紹介
- 海藻－水素生産のコスト
- 海士町の例
- 煮汁－水素生産のコスト
- タケヤ味噌の例
- 水素発酵に適した原料
- バイオマス－水素発酵の実用化間近

バイオマスの燃料化技術

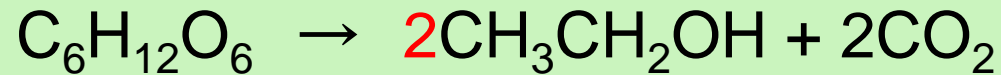
原料バイオマス	燃料化技術
木質系・草本系	高温ガス化
	液化 (BTL Biomass to Liquid)
資源系作物	バイオディーゼル (BDF Biodiesel Fuel)
ウェット系 (食品・農海産物・尿尿)	バイオエタノール (エタノール発酵)
	バイオメタン (メタン発酵)
	バイオ水素 (水素発酵)

バイオマスエネルギー変換における
水素変換の優位性

エタノール・メタン・水素変換の
比較

各種発酵エネルギー生産の理論変換効率

エタノール発酵



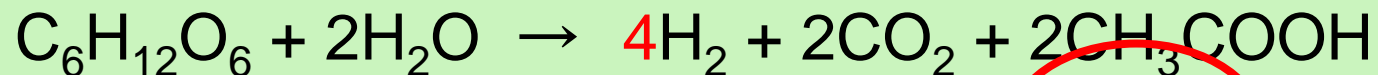
$$\eta_{\max} = (2 \times 1371.3) / 2817 \times 100 = 97.4 \%$$

メタン発酵



$$\eta_{\max} = (3 \times 882.4) / 2817 \times 100 = 94.0 \%$$

水素発酵



$$\eta_{\max} = (4 \times 285.9) / 2817 \times 100 = 40.6 \%$$

バイオマス/エネルギー変換の効率比較

最終エネルギー利用形態を電力とした場合

エタノール

原料 → 発酵 → 濃縮分離 → 火力発電 → 総合効率

メタン

原料 → 発酵 → 脱硫 → ディーゼル発電
→ 総合効率

水素

原料 → 発酵 → 脱硫 → 燃料電池発電 → 総合効率

総合効率は次の式で評価する。

$$\text{総合効率} = \text{理論発酵効率} \times (1 - \text{処理エネルギー}) \times \text{実効発電効率}$$

バイオマス-発酵のエネルギー変換効率比較

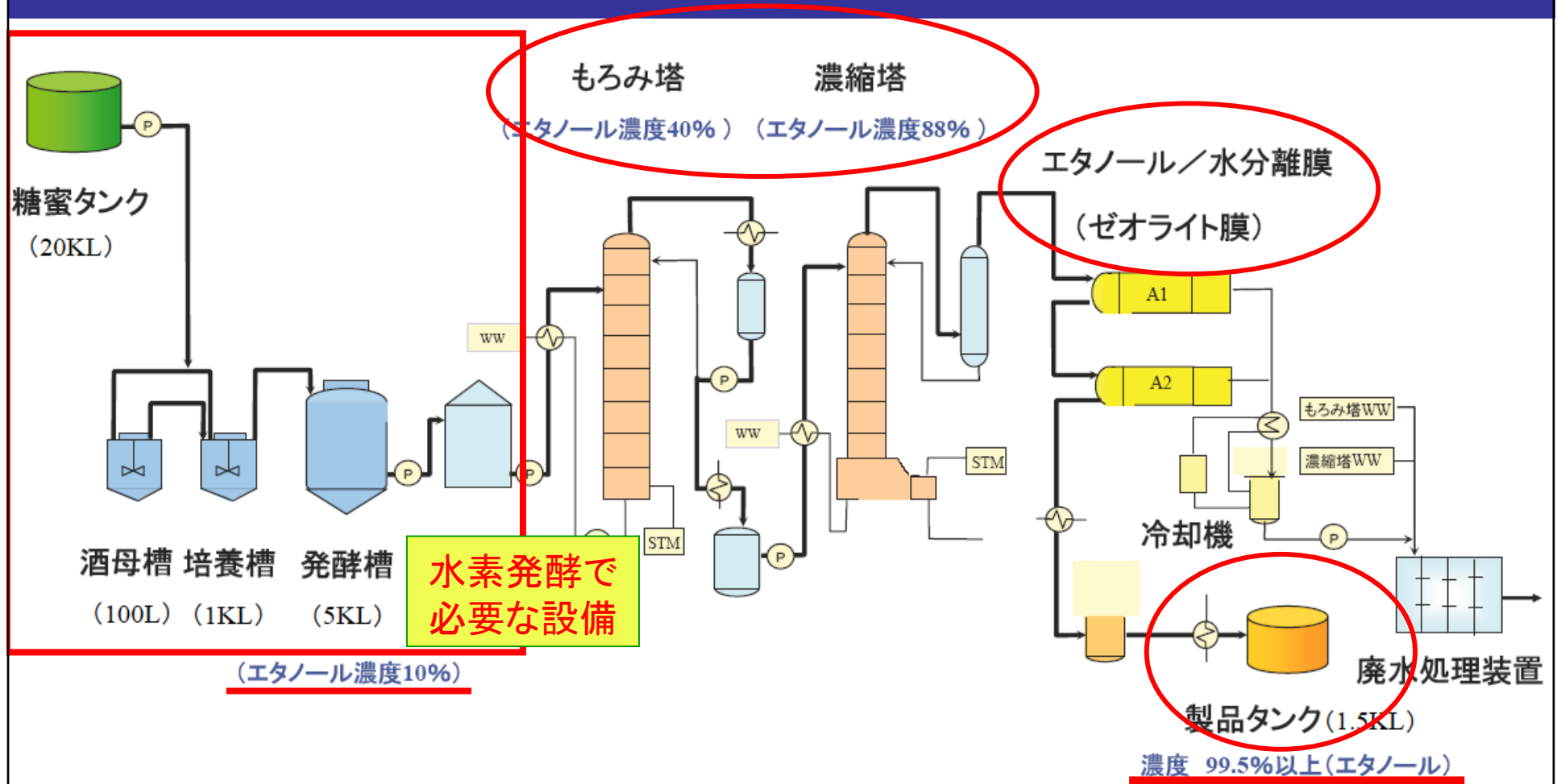
同じ原料から燃料を製造して同じ利用形態にしたときの効率の比較

- 理論効率： 発酵における目的物質のグルコースからの理論収率
- 処理エネルギー： 使用状態に加工するために必要なエネルギーの生産物が持つエネルギー量に対する割合
- 発電効率： それぞれに適した発電方法でを使用した時のエネルギー変換効率

総合効率 = (理論効率 × (1 - 処理エネルギー) × 発電効率) × 100

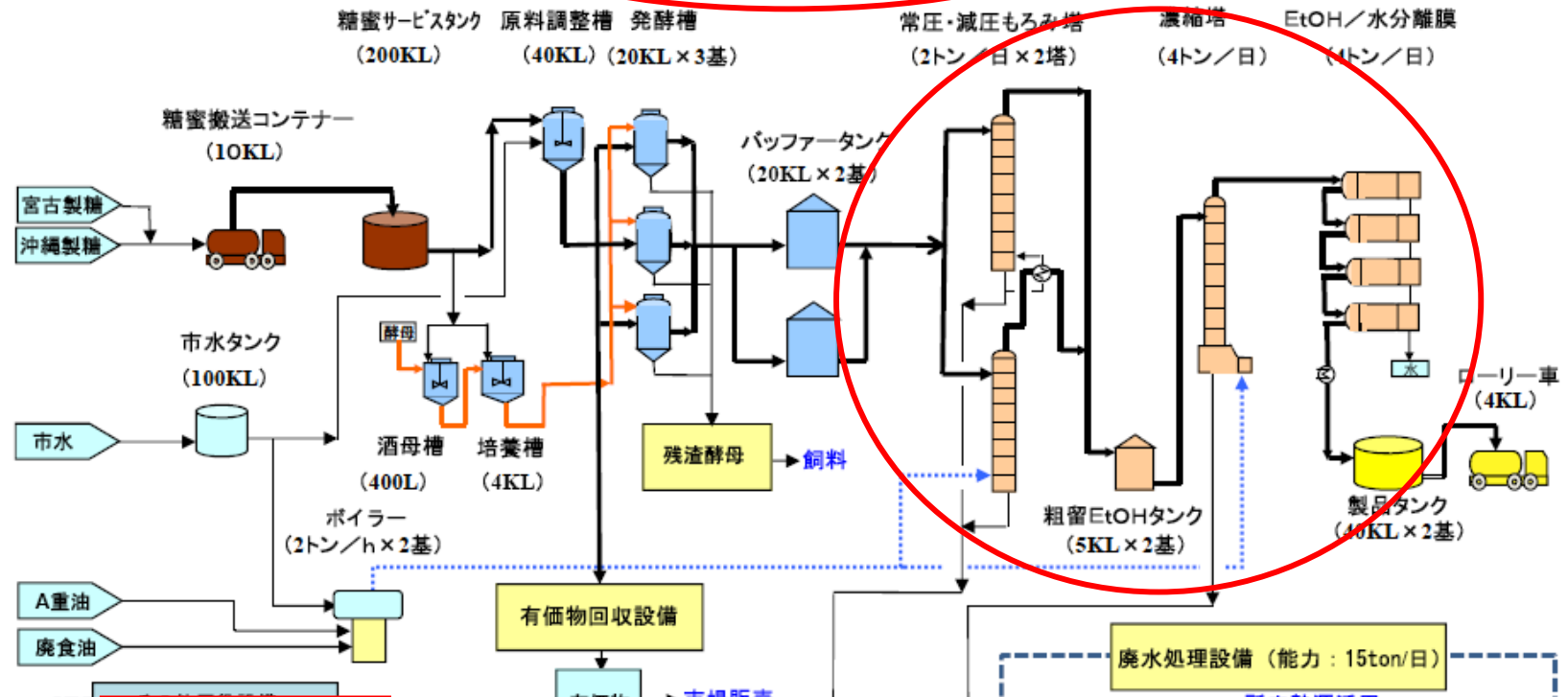
	理論変換効率 [%]	処理エネルギー [%]	発電効率 [%]	総合効率 [%]	発電方法
エタノール発酵	97.4	25	30	21.9	火力発電
メタン発酵	94.0	10	30	25.4	ディーゼル発電
水素発酵	40.6	10	60	21.9	燃料電池発電

宮古島のバイオエタノール生産設備の例



宮古島の新規バイオエタノール生産設備の概要

エコ燃料実用化地域システム実証事業設備の概要 (EtOH生産能力:4トン/日)



発酵後の処理に複雑なプロセスが必要！！

- 受電設備
- 空気圧縮機設備
- 太陽熱・太陽光利用設備

- 蒸留残渣液利用設備 (宮古島市資源リサイクルセンター)
- ・蒸留残渣液タンク (200KL×1基)
- ・トランシュ破砕機 (100KL)
- ・蒸留残渣液移動用設備 (10KL)
- ・蒸留残渣液散布設備

株式会社りゅうせき バイオエタノールプロジェクト推進室
 放流 処理水タンク (200KL)

6. バイオエタノール燃料実用化実証事業の実績と目標値(平成23年9月1日現在)

1. バイオエタノール燃料製造の熱収支評価

(1) 蒸留・脱水プロセスの熱収支

エタノール1L当たりの消費熱量5,000KJ / L以下を目標

⇒実用化生産設備にて4,000KJ / Lを確認した。

実用化生産設備で海外先進設備に比べ約30%省エネを確認した。

(2) バイオエタノール燃料製造のEPR(エネルギー収支比)評価

⇒実用化生産設備においてEPR=1.67(15回分発酵)を確認した。

⇒30回分発酵工程の達成により計算ではEPR=1.76の可能性はある。

2. LCA(Life Cycle Assessment)概算評価

(1) ガソリン燃料のCO2排出量の約53%(15回分発酵)を確認した。

⇒但しA重油70%+廃食油30%混焼

(2) 30回分発酵方式により約51%にまで試算ベースで改善が図れる。

(3) 将来製糖工場のパガス蒸気と電気連繋が可能となれば約36%の改善が図れる。

(糖蜜生産、蒸留残渣液処理、流通のエネルギー投入量は含まれていない)

3. バイオエタノール燃料製造コスト評価

(1) 実用化生産設備にて147円/L(15回分発酵)を確認(全島E3化規模試算)

(2) 30回分発酵の製造で146円/Lと試算。(全島E3化規模試算)

(3) エタノール生産量を年間1000KLに増産することで121円/Lの試算。

※但し設備の減価償却費(190円/L@750KL/年)は含まれていない。

メタン発酵の例

水素・メタン二段発酵に必要な設備仕様

食品残飯 10[t/d]、希釈水 10[t/d]、全20[t/d]のケース (NEDO報告書)

可溶化水素醗酵タンク(R1)

- ・ 全容量: 120 [m³]
- ・ 運転容量: 81 [m³]
- ・ L/D: 1.1 [m] / 5.0 [m]

水素発酵に
4日間使用

- ・ タービン翼
- ・ 翼板サイズ: W625 [mm] x H500 [mm]
- ・ 翼先端速度
- ・ 攪拌回転数
- ・ 攪拌動力: 34.29 [kW] (37 [kW])
(溶液を水相当とし、永田式による)

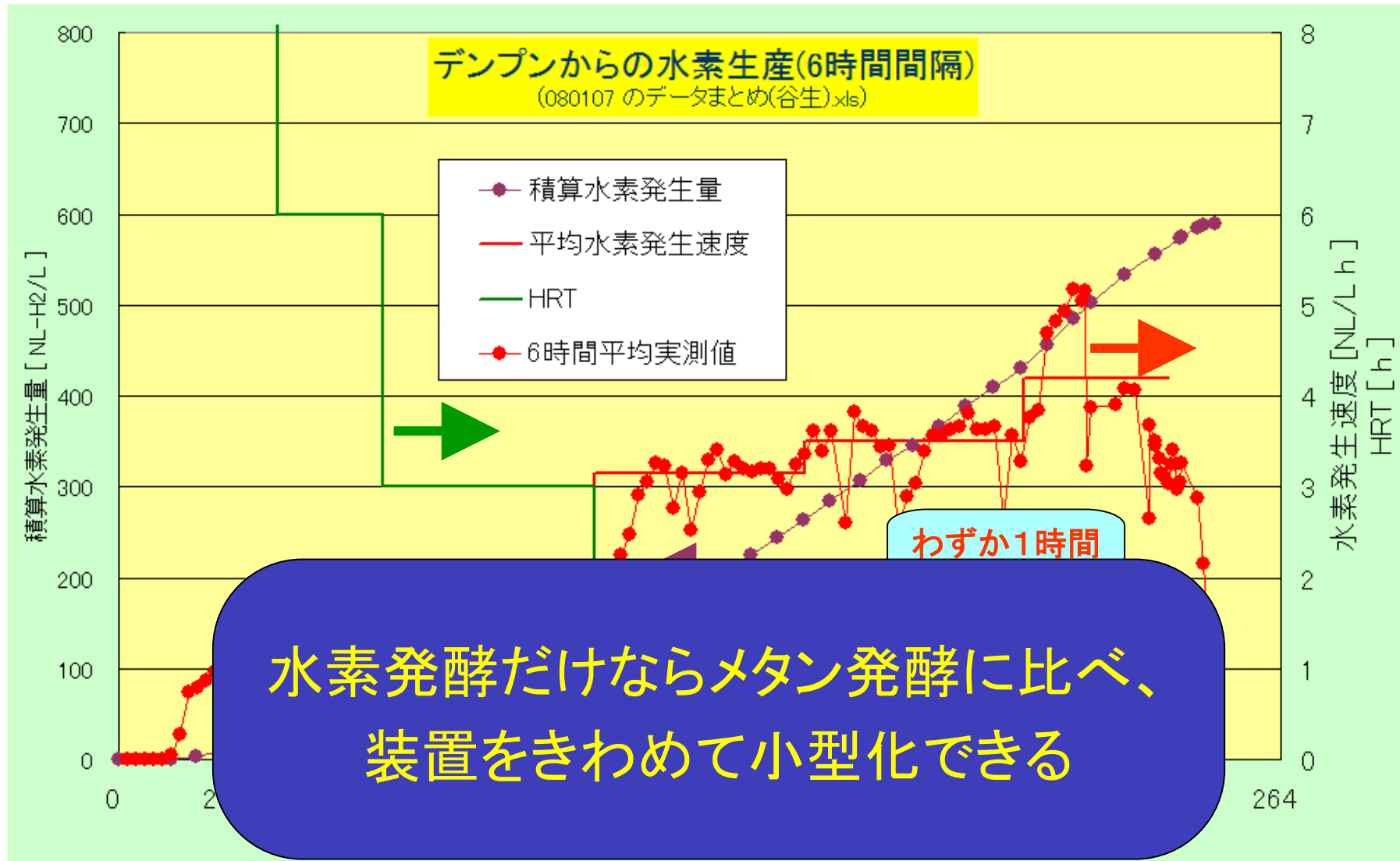
主メタン醗酵タンク(R2)

- ・ 全容量: 320 [m³]
- ・ 運転容量: 222 [m³]

二段発酵でも
メタン発酵に
11日間必要

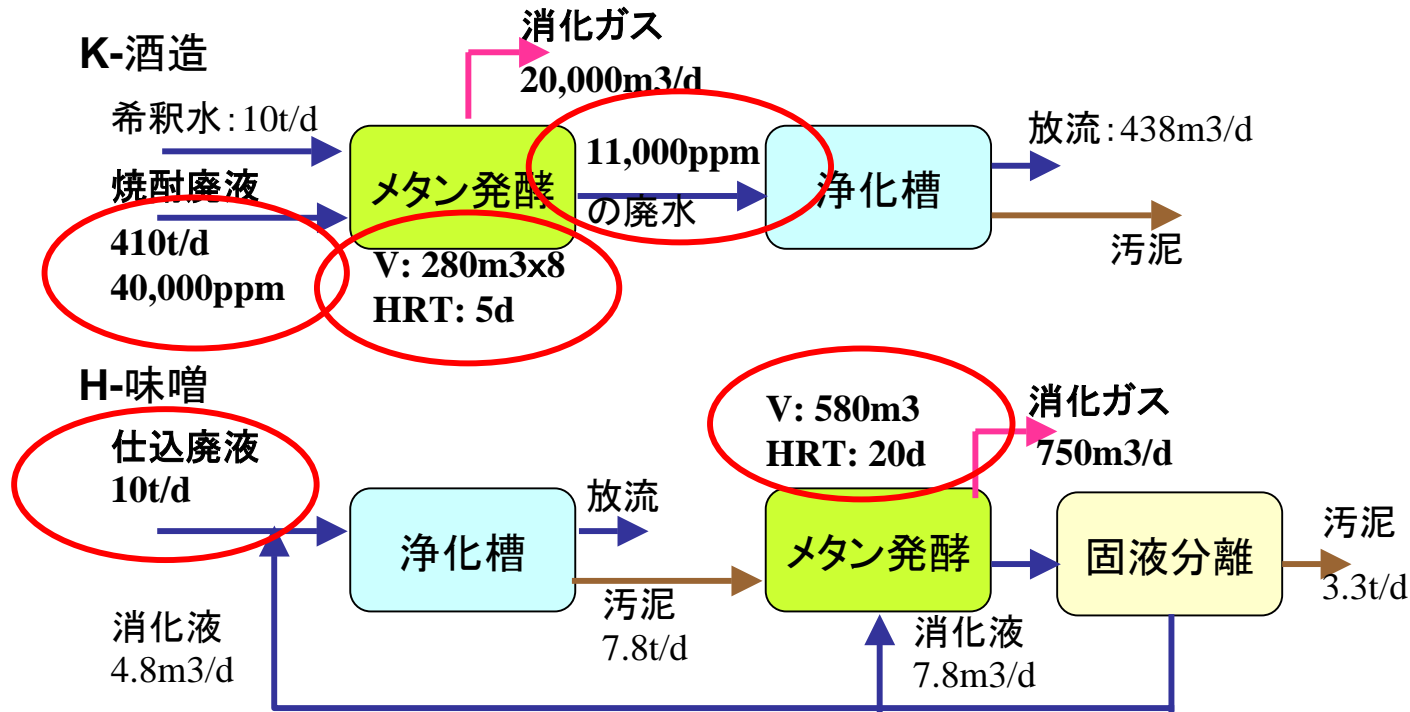
私の持つHN001菌なら、原料に依るが
HRT 2時間で十分

HN001株の水素発生とHRTの関係

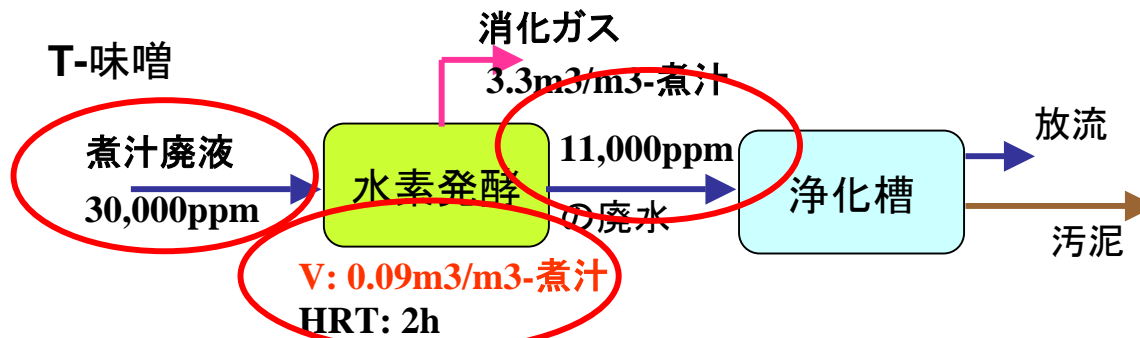


水素発酵・メタン発酵の処理能力比較

メタン発酵の例

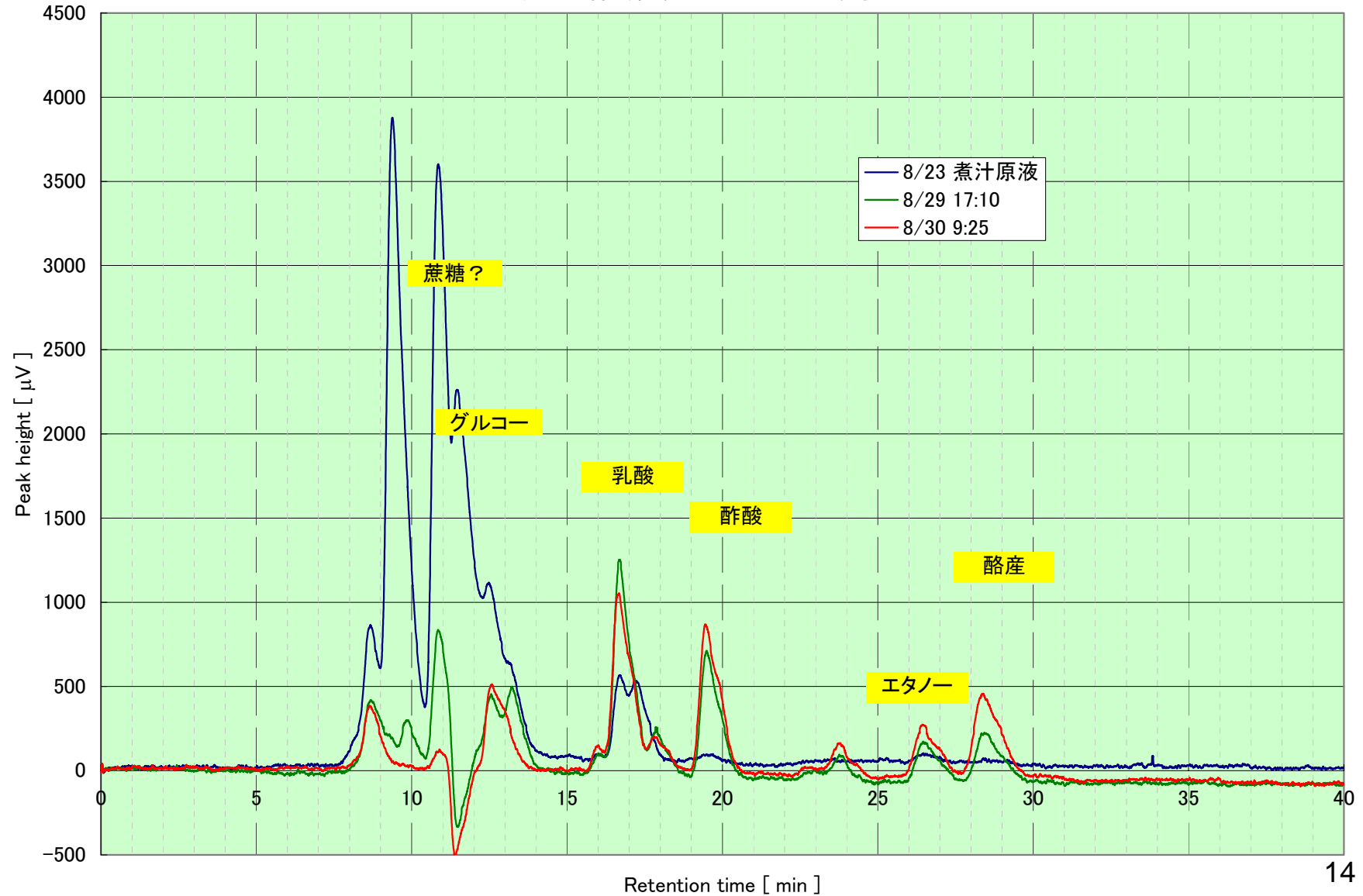


水素発酵の例(実験室段階)



植菌5時間10分後と23時間25分後の成分変化

8月23日持ち帰り煮汁のフェッドバッチ廃液



濃度計量証明書

バイオ水素 株式会社 殿

試料名: サンプル水 **煮汁原液**
 試料区分: 水
 受付年月日: 平成23年8月12日
 受付方法: 宅配便
 採取場所: -
 採取年月日: - 採取時刻: -
 天候: - 気温: - °C 水温: - °C
 採取者: -
 特記事項: 特になし
 適用法令: -

貴御依頼による試料の濃度に関する計量の結果は下記のとおりであることを証明いたします。

計量の対象	単位	計量の結果	計量の方法
生物学的酸素要求量(BOD)	mg/l	15,000	JIS K 0102 21.及び32.3
以下余白			



平成23年8月17日

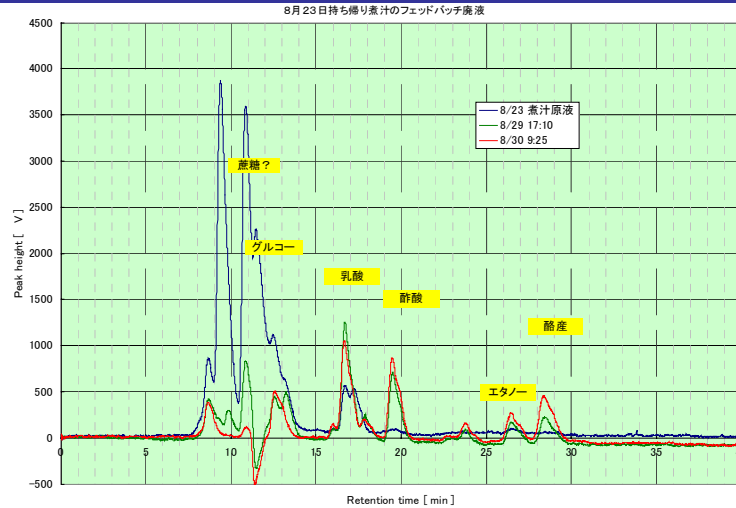
計量士 11A08150 号

〒359-0046 埼玉県川口市北野町2306番地の14

事業所
〒359-0021 埼玉県川口市東原町2丁目51-1

水素発酵はBOD低減
に効果がある

植菌5時間10分後と23時間25分後の成分変化



平成23年8月31日

計量士 11A08260 号

〒359-0046 埼玉県川口市北野町2306番地の14

株式会社 放技研

事業所 計量証明事業所 埼玉県 第540号

〒359-0021 埼玉県川口市東原町2丁目51-1

TEL 04-2945-0455

FAX 04-2945-0494

環境計量士 神林 光徳



BOD値

煮汁原液: 15,000ppm

発酵廃液: 5,400ppm

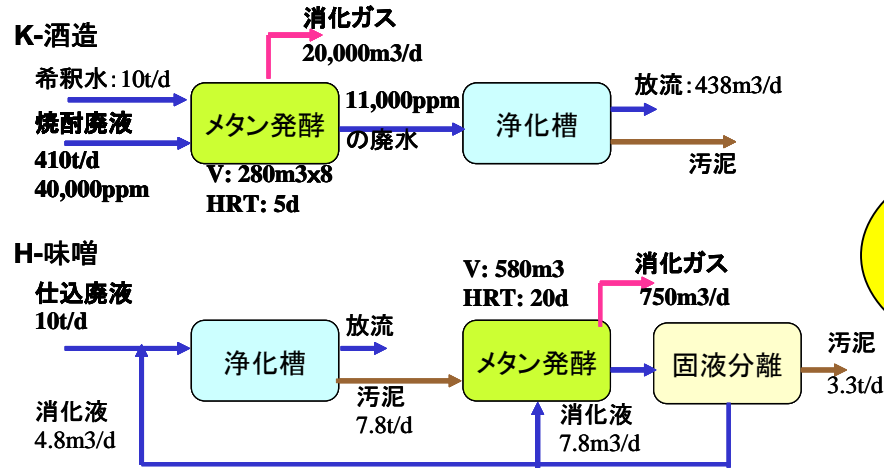
試料名: サンプル水(煮汁連続培養 8/25) **発酵廃液**
 試料区分: 水
 受付年月日: 平成23年8月26日
 受付方法: 宅配便
 採取場所: -
 採取年月日: - 採取時刻: -
 天候: - 気温: - °C 水温: - °C
 採取者: -
 特記事項: 特になし
 適用法令: -

貴御依頼による試料の濃度に関する計量の結果は下記のとおりであることを証明いたします。

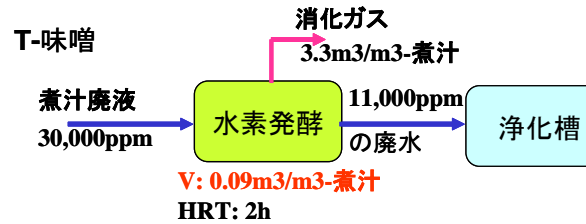
計量の対象	単位	計量の結果	計量の方法	定量下限値
生物学的酸素要求量(BOD)	mg/l	5,400	JIS K 0102 21.及び32.3	0.5
以下余白				

水素発酵・メタン発酵の処理能力比較

メタン発酵の例



水素発酵の例



1/50以下の発酵槽

ほぼ同等の消化力

	廃液 処理量 ton/day	発酵槽規模		発生 ガス量		BOD 改善度 入口/出口
		m ³	m ³ /t・d ^{*1}	m ³ /t・d ^{*3}	m ³ /m ³ -槽・d ^{*4}	
メタン発酵 K-酒造	410	2240	5.5	48.0	8.8	40,000 11,000
メタン発酵 H-味噌	10	580	58.0	75.0	1.3	-
水素発酵 T-味噌	1	0.1	0.1	3.3	33.0	30,000 11,000

- *1 処理量1トン/日あたりの発酵槽容積
- *2 水素発酵のトンあたり容積を1としたときの比容積
- *3 処理量1トン/日あたり発生する消化ガスの量
- *4 発酵槽容積あたり1日に発生する消化ガス発生量

霧島酒造のメタン発酵設備諸元と写真

項目	条件・実績
処理対象物	芋焼酎粕 400t/日 芋くず 10t/日
メタン発酵リアクタ設備	TDAPR方式 リアクタ容量：280m ³ × 8槽 HRT：5日
バイオガス発生量	20,000 N m ³ /日 (CH ₄ 60%, CO ₂ 40%)
排水処理設備	浸漬膜活性汚泥方式
脱臭設備	下部散水式生物脱臭方式
飼料化設備	気流乾燥方式 脱水ケーキ 60t/日 処理 乾燥製品量 10t/日

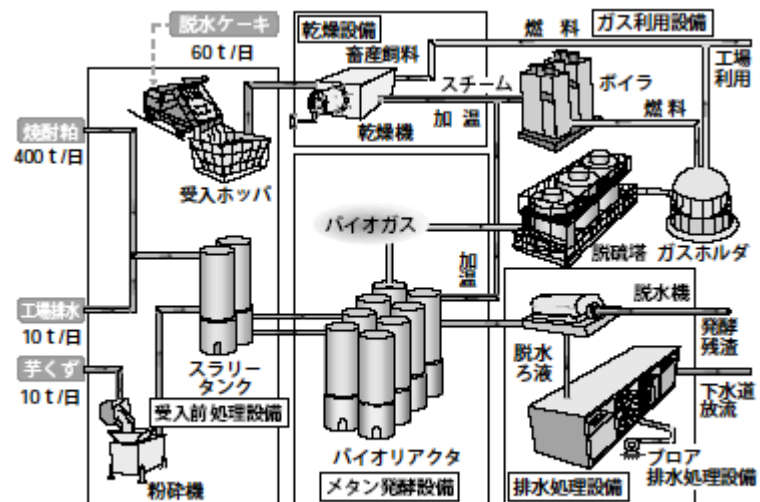


図-4 システムフロー図



写真-1 霧島酒造焼酎粕リサイクル施設全景

発酵エネルギー生産の優劣

1. バイオマスの三種の発酵エネルギー生産法は、**変換効率はほぼ同じ**である。
 2. エタノール生産は装置が複雑で**コストがかさむ**。
 3. メタン生産は水素生産より**装置が巨大**になる。
 4. 水素生産は**コンパクト**な装置で可能である。
- という理由で、**水素生産に優位性**がある。

水素生産で経済性が見込めるか？

現有バクテリアの実用性

発酵水素生産の経済性試算

2012年 HESS大会(広島)
予稿集に記載

沖縄の糖蜜による水素生産の採算性 1

糖蜜処理量・発酵槽容積と建設費

2010/11年期糖蜜	久米島製糖	大東糖業	沖縄製糖	宮古製糖	石垣島製糖	
糖蜜生産量	1,572	2,879	3,450	4,431	2,665	ton/yr
操業日数	300	300	300	300	300	day
糖蜜処理量	5	10	12	15	9	ton/d
含糖率	37	40	40	37	39	%
希釈倍率	9	10	10	9	10	times
発酵液体積	47	96	115	133	89	m ³ /d
平均滞留時間	2	2	2	2	2	hr
発酵槽体積	4	8	10	12	8	m ³
糖蜜売価	2,000	500	1,750	1,600	1,300	¥/ton

建設費と減価償却

処理規模	10	t/d
発酵装置(10 m ³)	50,000	k¥
脱硫、粗精製装置	2,000	k¥
燃料電池(60kW)	10,000	k¥
建設費*	62,000	k¥
稼働日数	300	day
償却費(10年)	6,200	k¥/yr

- 糖蜜は菓子、醸造用アルコールなどの原料になる。
- 糖蜜の価格は商社が決めている。
- 輸送費がかかるので1,500円/トン前後が商社買取価格？
- 糖濃度40%程度が引き取り条件？
- 沖縄の電気料金は25円/kWh(300kWh消費の時)

沖縄の糖蜜による水素生産の採算性 2

推算に使用した諸元

表1 . 発酵水素生産・電力供給システムの経済性の評価

2010/11 年期糖蜜の場合		大東糖業	沖縄製糖	石垣島製糖	
1	糖蜜年間生産量	2,879	3,450	2,665	ton/yr
2	糖蜜1日処理量	10	12	9	ton/d
3	糖蜜の含糖率(還元糖含む)	40	40	39	%
4	糖蜜希釈倍率	9	8	9	times
5	発酵液体積	86	92	80	m ³ /d
6	発酵液平均滞留時間	2	2	2	hr
7	必要な発酵槽体積	8	8	7	m ³
8	水素収率(グルコース)	2.5	2.5	2.5	mol/mol
9	燃料電池出力	1.5	1.5	1.5	kWh/m ³ -H ₂
10	自家消費動力	10	10	10	kWh/m ³ -fermenter
11	水素価格	59	59	59	¥/m ³ -H ₂
12	売電価格	39	39	39	¥/kWh
13	操業日数	300	300	300	day
14	水素生産量	358,276	429,333	323,353	m ³ /yr
15	発電量	537,413	644,000	485,030	kWh/yr
16	消費動力	80	80	70	kWh/d
17	売電可能量	513,413	620,000	464,030	kWh/yr

沖縄の糖蜜による水素生産の採算性 3

諸コストと利益

2010/11 年期糖蜜の場合		大東糖業	沖縄製糖	石垣島製糖	
14	水素生産量	358,276	429,333	323,353	m ³ /yr
15	発電量	537,413	644,000	485,030	kWh/yr
16	消費動力	80	80	70	kWh/d
17	売電可能量	513,413	620,000	464,030	kWh/yr
18	売電収入	20,023	24,180	18,097	k¥/yr
19	償却費(10m ³ 装置)	6,200	6,200	6,200	k¥/yr
20	保守費(3%)	1,860	1,860	1,860	k¥/yr
21	プラント人件費	3,000	3,000	3,000	k¥/yr
22	糖蜜購入費 (単価)	1,440 (0.5)	6,038 (1.75)	3,465 (1.3)	k¥/yr (k¥/ton)
23	総支出	12,500	17,098	14,525	k¥/yr
24	CO ₂ 削減量	508	609	459	ton-CO ₂ /yr
25	クレジット収入	2,034	2,437	1,835	k¥/yr
26	利益(償却費含む)	9,557	9,519	5,408	k¥/yr
27	利益(償却費含まず)	15,757	15,719	11,608	k¥/yr

売電価格
39¥/kWh

沖縄の糖蜜による水素生産の採算性 4

大東糖業が売電すれば原料代が不要なので1,242千円の黒字！！

売電価格の損益分岐点(たばこ) (クレジット償却費を含む)

28	売電価格[¥/kWh]	大東糖業	沖縄製糖	石垣島製糖	
29	20	-198	-2,261	-3,409	k¥/yr
30	25	2,369	839	-1,088	k¥/yr
31	30	4,936	3,939	1,232	k¥/yr
32	39	9,557	9,519	5,408	k¥/yr

水素製造コスト算出

33	ton 当たり水素生産量	124	124	121	m ³ /ton
34	水素製造コスト	16.2	13.5	17.6	¥/m ³ -H ₂
35	原料コスト(1500¥/ton)	12.1	12.1	12.4	¥/m ³ -H ₂
36	総コスト(原料費含む)	28.2	25.6	29.9	¥/m ³ -H ₂

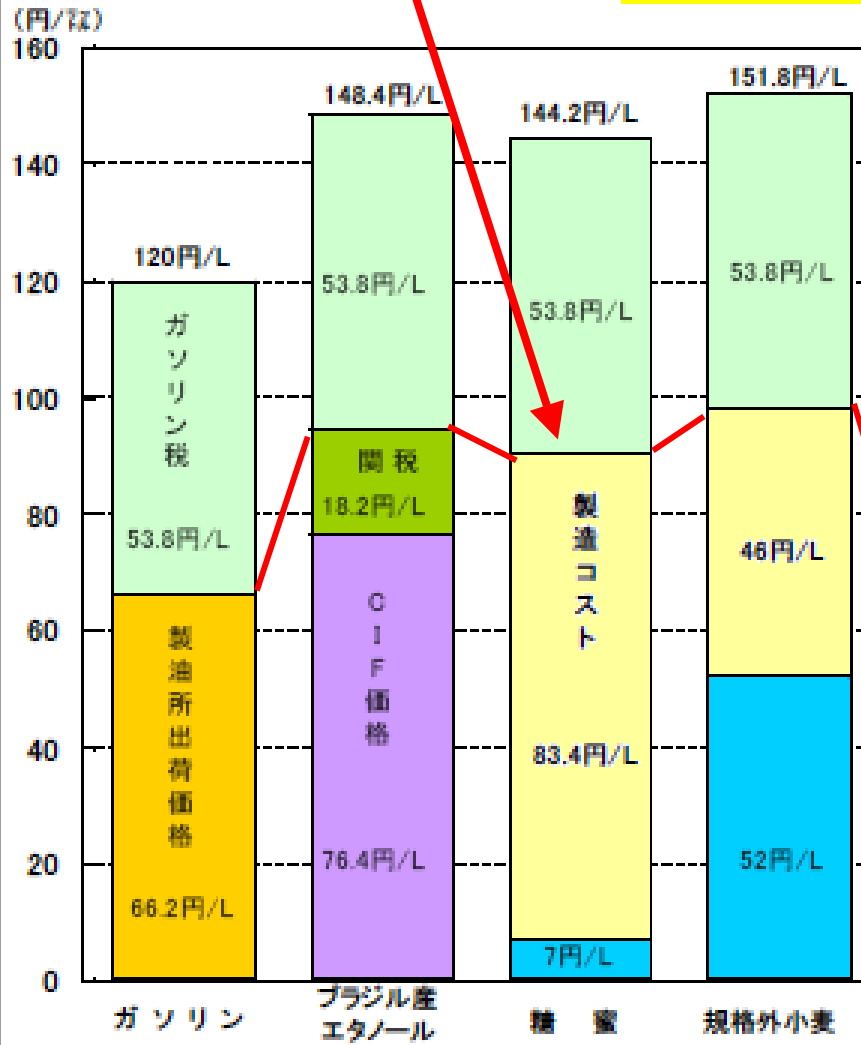
1. 糖蜜は製糖工場ごとに買い取り価格が異なっており、平成 23 年沖縄県農林水産部の報告書によると、トンあたり大東糖業では 500 円、沖縄製糖では 1,750 円、石垣島製糖では 1,300 円である。
- 一般社団法人低炭素投資促進機構が平成 24 年 6 月より公募を開始する炭素クレジットの買い取り価格は 4,000 円/ton であるから、クレジット収入計算にはこの価格を使用した。

水素製造コストは
30円/m³以下！

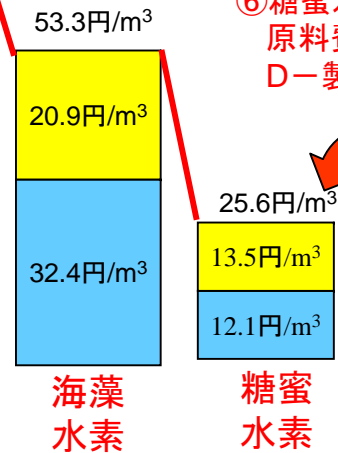
ガソリン・エタノール・発酵水素の製造コスト比較

究極目標？

宮古島は120円/L以下が目標(償却費含まず)

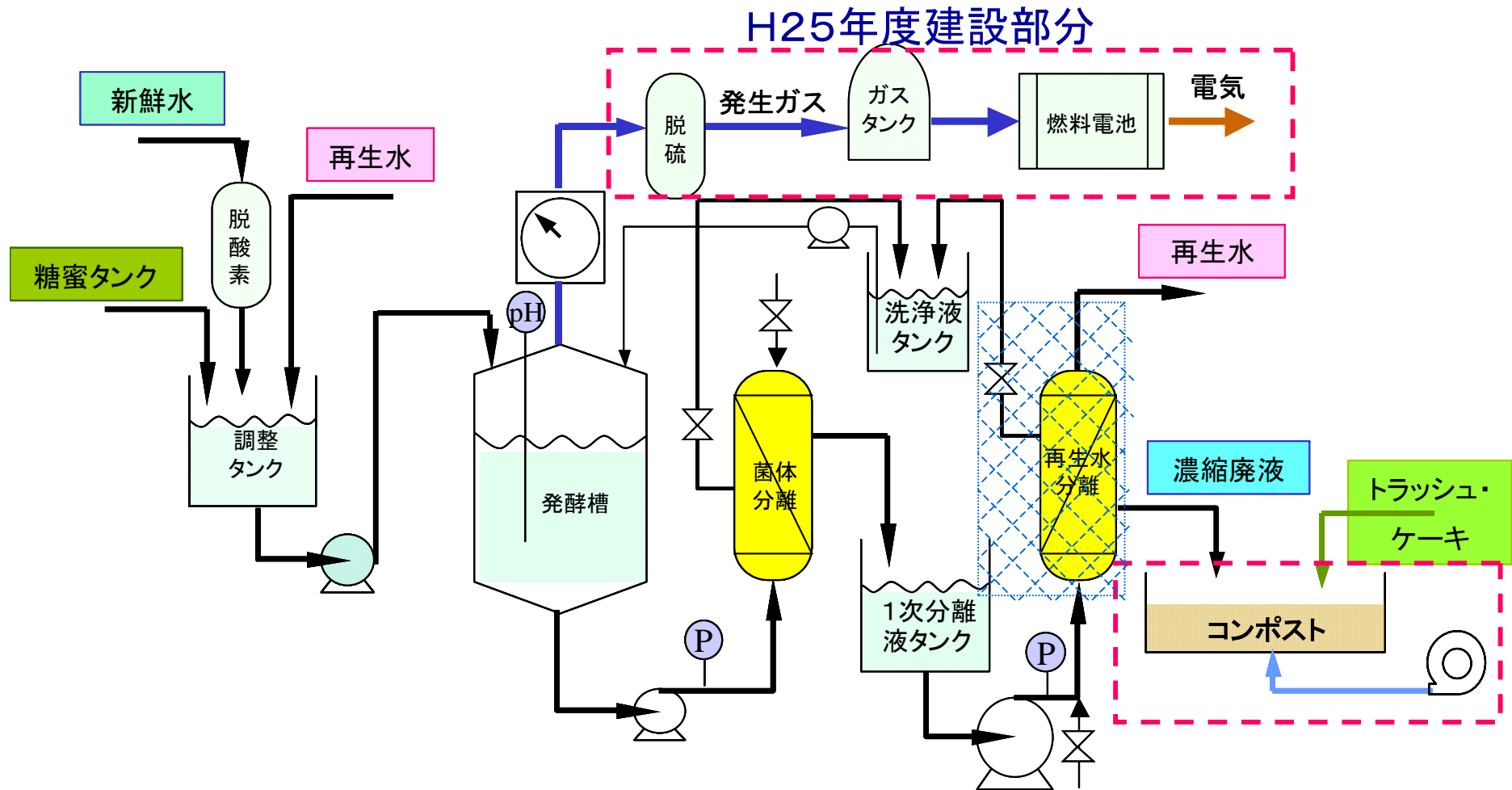


- ①ガソリン
18年5月1日現在の卸売価格(出典:石油専門商社)
- ②ブラジル産タノール
CIF価格18年3月現在(出典:経済産業省)
関税23.8%
- ③糖蜜
原料費:糖蜜2000円/トン(環境政策課試算)
=エタノール原料7円/L
(2200トンの糖蜜から720KLのエタノールを製造)
- ④規格外小麦
(財)十勝振興機構試算:小麦22円/kg
=エタノール原料52円/L
(27万トンの小麦から11600KLのエタノールを製造)
(注1)各製造コストには施設の設置コスト及びランニングコストを含む。
(注2)小売価格は、これに流通経費、消費税がかかる。
- ⑤海藻水素
現有のバクテリアを使用
(Man 8%, Alg 7%, Man 2.5, Alg 0.7)
- ⑥糖蜜水素
原料費:糖蜜1,500円/トン(商社買入価格)
D-製糖、償却費含まず



糖蜜からの水素製造はきわめて低コスト!!

スケールアップ問題の洗出しを目指して建設する 糖蜜を原料にしたプラントのフロー図



糖蜜に含まれる各種イオン化物濃度が、膜分離に適さないほど濃いので、膜分離は省いた。

沖縄県産業振興公社のプロジェクト 完成間近の160Lパイロットプラント



沖縄県産業振興公社のプロジェクト 完成間近の160Lパイロットプラント2



沖縄県産業振興公社のプロジェクト 完成間近の160Lパイロットプラント3



現在の状況

- 沖縄の製糖工場で**実証プラント建設を検討中**。
- 味噌工場の煮汁を原料にエネルギー生産と水処理をかねた**プラントの引き合い**が来ている。
- 島根県海士町で、栽培海藻、自生海藻を原料にした**海藻水素発酵の教育用プラント**の建設計画が進行中。
- 経済性をさらに高めるために、収率の高い新規バクテリアの**探索**を続ける。

栽培海藻を使用した水素生産の経済性試算

コンブを100ton/dayで処理するバッチ発酵装置での試算

建設費と減価償却

処理規模	10	100	t/d
発酵装置(10t/d)	30,000	119,432	k¥
脱硫、租精製装置	2,000	7,962	k¥
燃料電池(60kW)	4,000	15,924	k¥
建設費*	36,000	143,319	k¥
稼働日数	300	300	day
償却費(10年)	3,600	14,332	k¥/yr

*建設費の増加は基準建設費(10t/d)の0.6乗に比例すると仮定

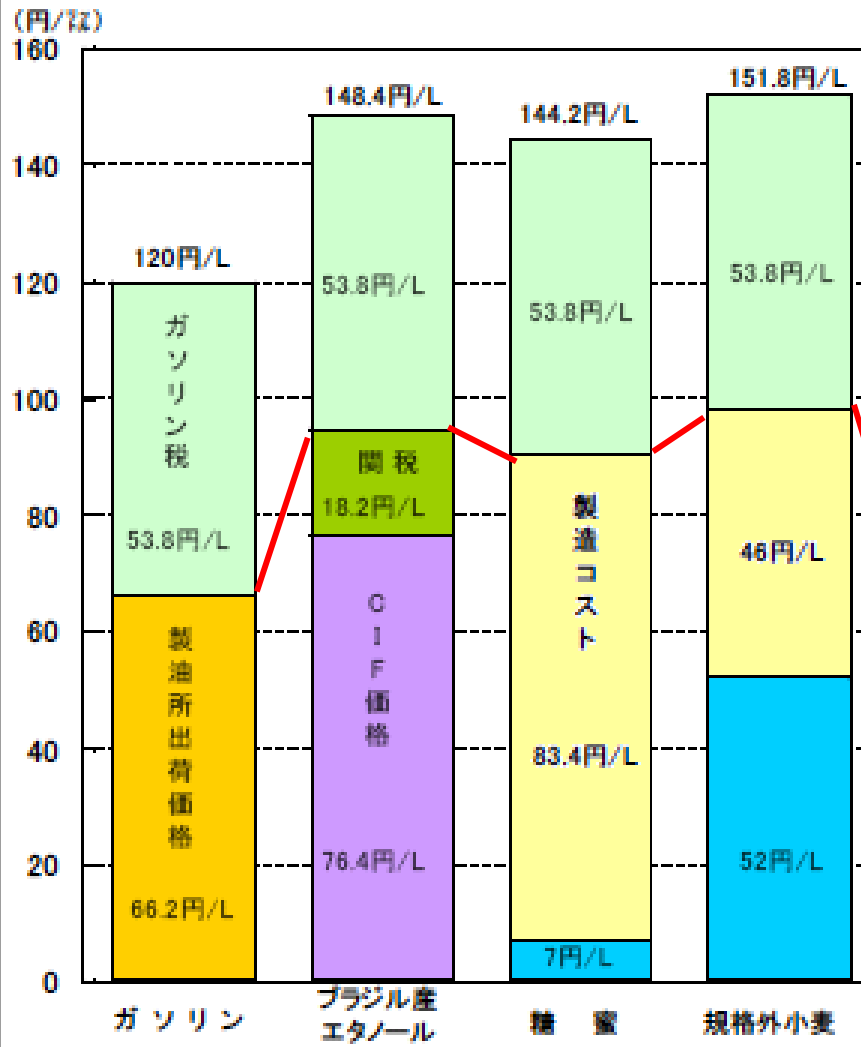
海藻栽培の経費と栽培者利益(100t/d)

アンカー・ロープ	140	k¥/km
ロープ間隔	2	m
ロープ総延長	5,100	m
アンカー・ロープ	700	k¥/ha
償却費(10年)	70	k¥/ha・yr
海藻生産量(コンブ)	600	ton/ha
海藻生産量(ワカメ)	-	ton/ha
海藻生産量(その他)	-	ton/ha
必要栽培面積	50	ha/yr
海藻単価	1.5	k¥/ton
海藻売価	45,000	k¥/yr
海藻栽培純益	41,500	k¥/yr

(鳴門漁協のデータを参考にした)

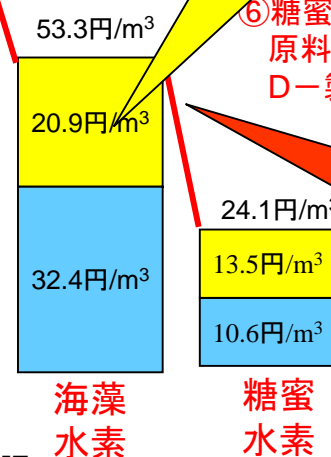
コンブの場合	現状の収率	収率改善	収率・収量改善	
海藻処理量	100	100	100	ton-algae/d
マンニトール含率	8	8	14	%-mannitol
アルギン酸含率	7	7	7	%-alginate
水素収率(Mannitol)	2.5	3.5	3.5	mol/mol
水素収率(Alginate)	0.7	0.7	0.7	mol/mol
燃料電池出力	1.7	1.7	1.7	kWh/m ³ -H ₂
自家消費動力	10	10	10	kWh/ton-algae
水素価格	51	51	43	¥/m ³ -H ₂
売電価格	30	30	25	¥/kWh
操業日数	300	300	300	day
水素生産量	925,552	1,220,937	1,996,322	m ³ /yr
発電量	1,573,439	2,075,593	3,393,747	kWh/yr
消費動力	1,000	1,000	1,000	kWh/d
売電可能量	1,273,439	1,775,593	3,093,747	kWh/yr
売電収入	38,203	53,268	77,344	k¥/yr
保守費(3%)	4,300	4,300	4,300	k¥/yr
プラント人件費	3,000	3,000	3,000	k¥/yr
海藻単価	1,000	1,500	2,000	¥/ton
海藻購入費	30,000	45,000	60,000	k¥/yr
総支出	37,300	52,300	67,300	k¥/yr
CO ₂ 削減量	1,390	1,833	2,998	ton-CO ₂ /yr
クレジット収入	2,085	2,750	4,497	k¥/yr
年間売上利益	2,988	3,718	14,541	k¥/yr

ガソリン・エタノール・発酵水素の製造コスト比較



- ①ガソリン
18年5月1日現在の卸売価格(出典:石油専門商社)
 - ②ブラジル産タノール
CIF価格18年3月現在(出典:経済産業省)
関税23.8%
 - ③糖蜜
原料費:糖蜜2000円/トン(環境政策課試算)
=エタノール原料7円/L
(2200トンの糖蜜から720KLのエタノールを製造)
 - ④規格外小麦
(財)十勝振興機構試算:小麦22円/kg
=エタノール原料52円/L
(27万トンの小麦から11600KLのエタノールを製造)
- (注1)各製造コストには施設の設置コスト及びランニングコストを含む。

23.4円/m³
償却費含む



テリアを使用
Alg 7%, Man 2.5, Alg 0.7)

- ⑥糖蜜水素
原料費:糖蜜1,500円/トン(商社買入価格)
D-製糖、償却費含まず

海藻からでも
水素製造はきわめて
低コスト!!

なぜ海藻バイオマスー水素利用か！

- 日本の**自前のエネルギー**を確保する
- 日本は海洋国家、専管水域は**国土の12倍**
- 海藻バイオマスを栽培する面積が十分ある
- バイオマスは大気中の**CO₂を集めて**太陽エネルギーを蓄積
- バイオマスはCO₂ニュートラルエネルギー
- 水素変換時にCO₂を分離回収・貯留(CCS)すれば、大気中の**CO₂濃度を減ずる**ことも可能
- CO₂濃度減量は**太陽発電、風力発電には無い強力な利点**
- 水素は燃料電池の原料、近未来のエネルギー源
- 当今の電気自動車のエネルギーに使えば、本当の意味でCO₂排出削減
- **離島のエネルギー**として最適

能登谷先生の栽培試験

実験用種苗ロープ (2011/07/09発表 依田欣文らのデータから)

海面栽培期間: 2月~7月

5mのロープにコンブの種糸を20cm間隔で25カ所差し込み種苗ロープとし、結びしろに1mを追加した。

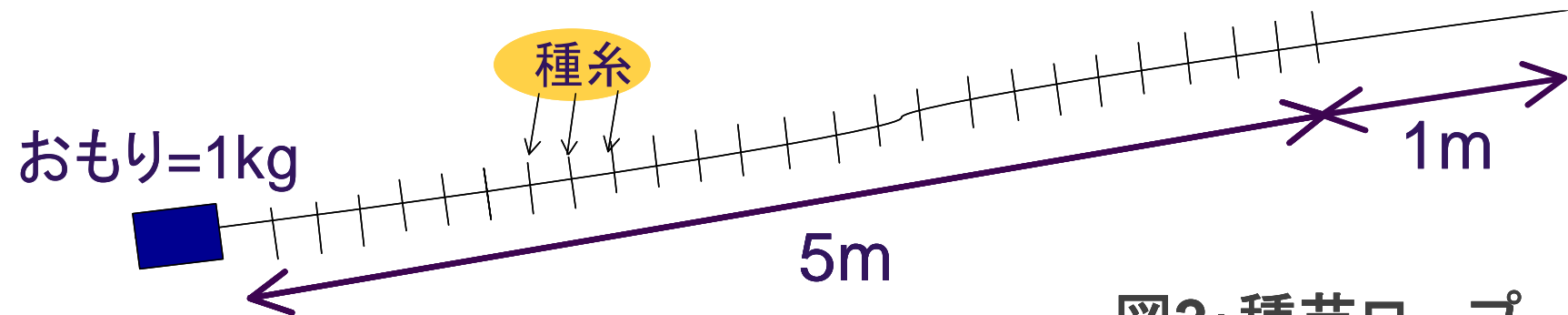
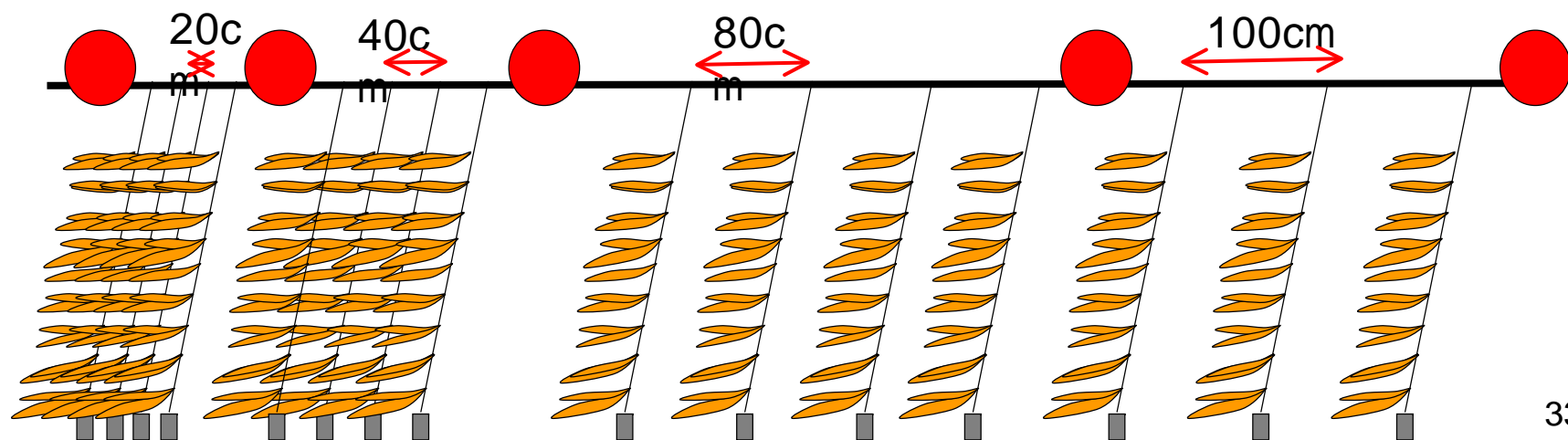


図2: 種苗ロープ



能登谷先生の栽培試験

種苗ロープで成長したマコンブ (2011/07/09発表 依田欣文らのデータから)



一節の種糸から成長したマコンブ



海士町潮早にて養殖したマコンブ
沖出しから133日経過した状態2011年6月9日撮影

コンブは陸生バイオマスより遙かに生産性が高い！

植物名	測定地	固定系	純生産量 [t/ha/yr]
ネピアグラス	プエルトリコ	C4	85.9
サトウキビ	ハワイ	C4	67.3
ソルガム	カリフォルニア	C4	46.6
トウモロコシ	イタリア	C4	34.0
トウモロコシ	塩尻	C4	26.0
キャッサバ	ジャマカ	C4	41.0
テンサイ	カリフォルニア	C4	42.4
テンサイ	札幌	C4	22.9
コンブ*	北海道羅臼	-	149
マコンブ	島根県海士町	-	600~1,000

水分を含む重量

70%
約20t

栽培期間
12ヶ月

食用でなければ
10倍近い生産性が期待できる

80%
約150t

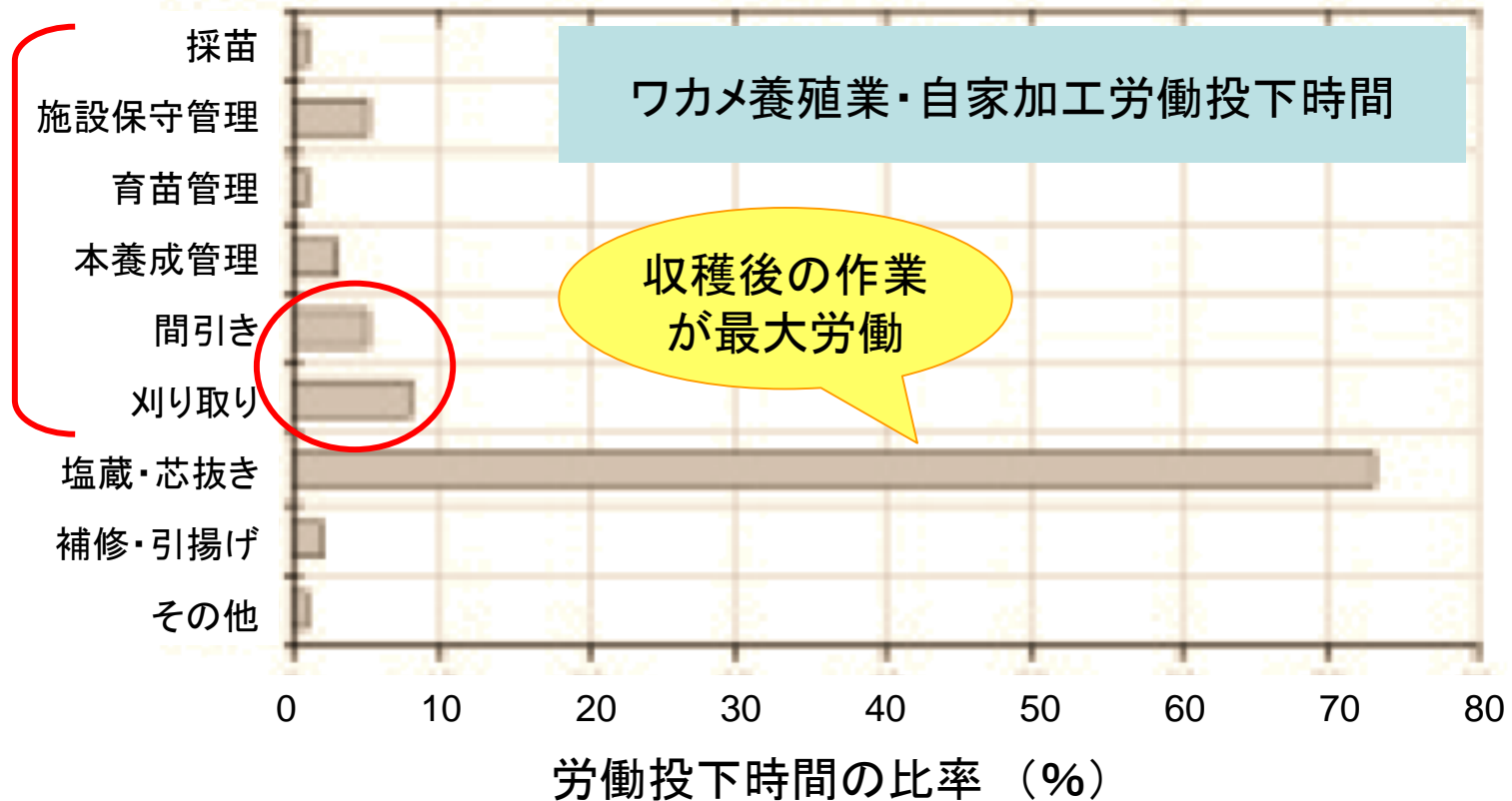
栽培期間
6~7ヶ月

2011年7月9日
応用藻類学会春季大会
発表者: 依田、能登谷
から計算

船上のワカメの状態と陸揚げ作業、切り落とし、 刮ぎ落とし作業



ワカメ栽培と自家加工における労働投下比率



自家加工では、養殖管理、摘菜にかかる時間より、加工にかかる時間の方が極めて大きい。

→ 刈り取りを機械化すれば、栽培作業は非常に楽になる！

1,500円/tonの買い取り価格でも労働意欲を殺ぐことはない。

発酵水素生産のまとめ

- 発酵槽体積はメタン発酵の1/50~1/500
- 製造コストはエタノール発酵の1/4~1/7
- 浄化槽のBOD負荷を1/3以下に減らせる
- 糖蜜なら売電価格が20円/kWhでも採算性がある
- マコンブの収穫量はサトウキビの5~10倍
- 栽培海藻が原料でも採算性が見込める
- 離島のエネルギー生産として最適
- 日本の自前のエネルギーを確保できる
- CCSの活用で大気中のCO₂濃度を減らせる
- CCSが活用できることは太陽発電、風力発電には無い強力な利点

今後の課題

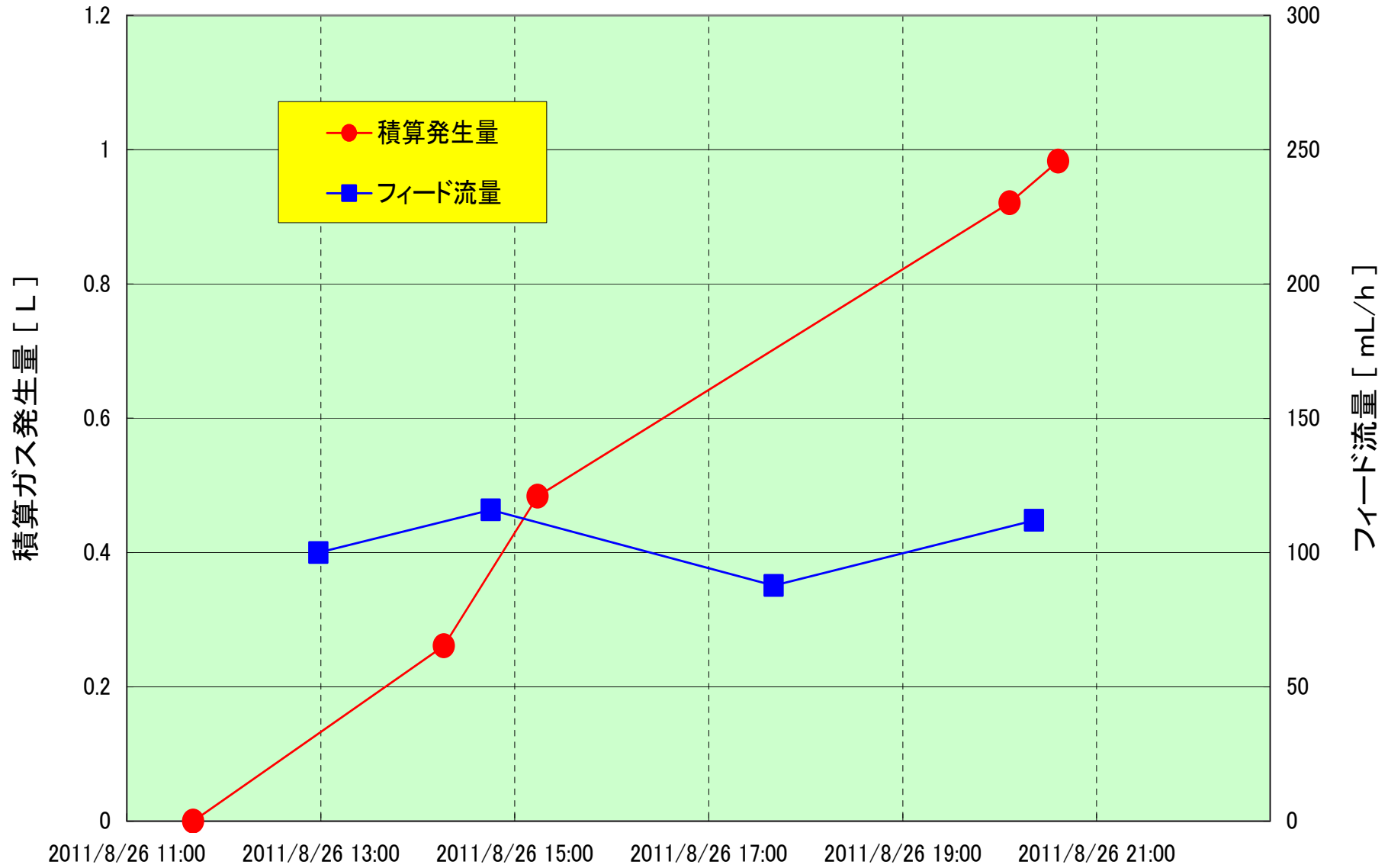
- 200L規模のパイロットプラントでスケールアップ問題を調べる。
- 計算通りの水素が生産できることを確かめたあと商用スケールのプラントを建設する。
- バイオマス原料を確保するために、ソルガム、マコンブなどの栽培気運を高める。
- 経済性をさらに高めるために、収率の高い新規バクテリアの探索を続ける。

ご静聴ありがとうございました



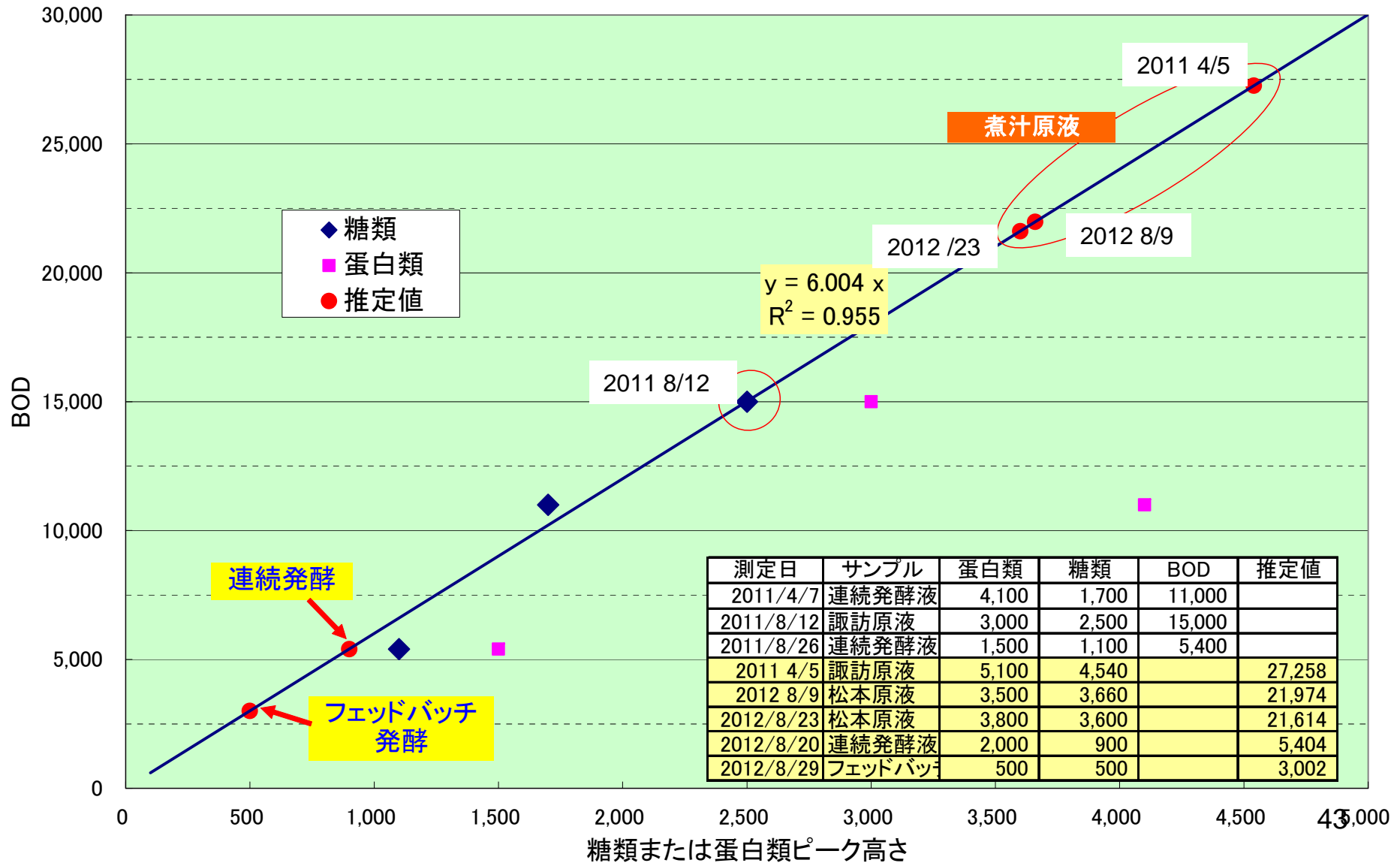
煮汁からの連続ガス発生データ

発酵液体積: 400mL、 HRT: 4hr、 Feed BOD: 15,000ppm



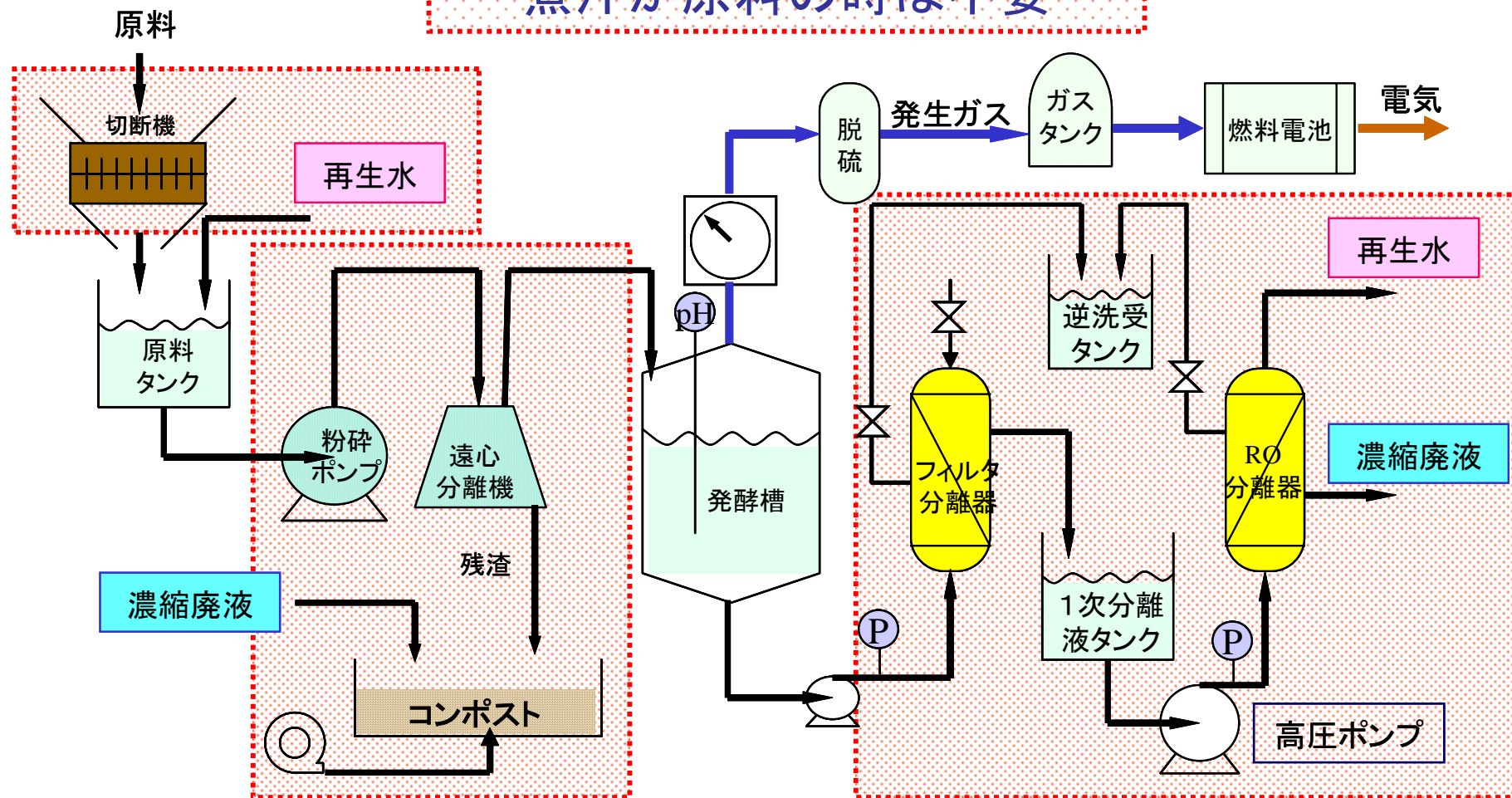
2012年8月実験の煮汁のBOD推定値

BOD値に相関する成分



バイオマスを原料にしたJSTプラントのフロー図

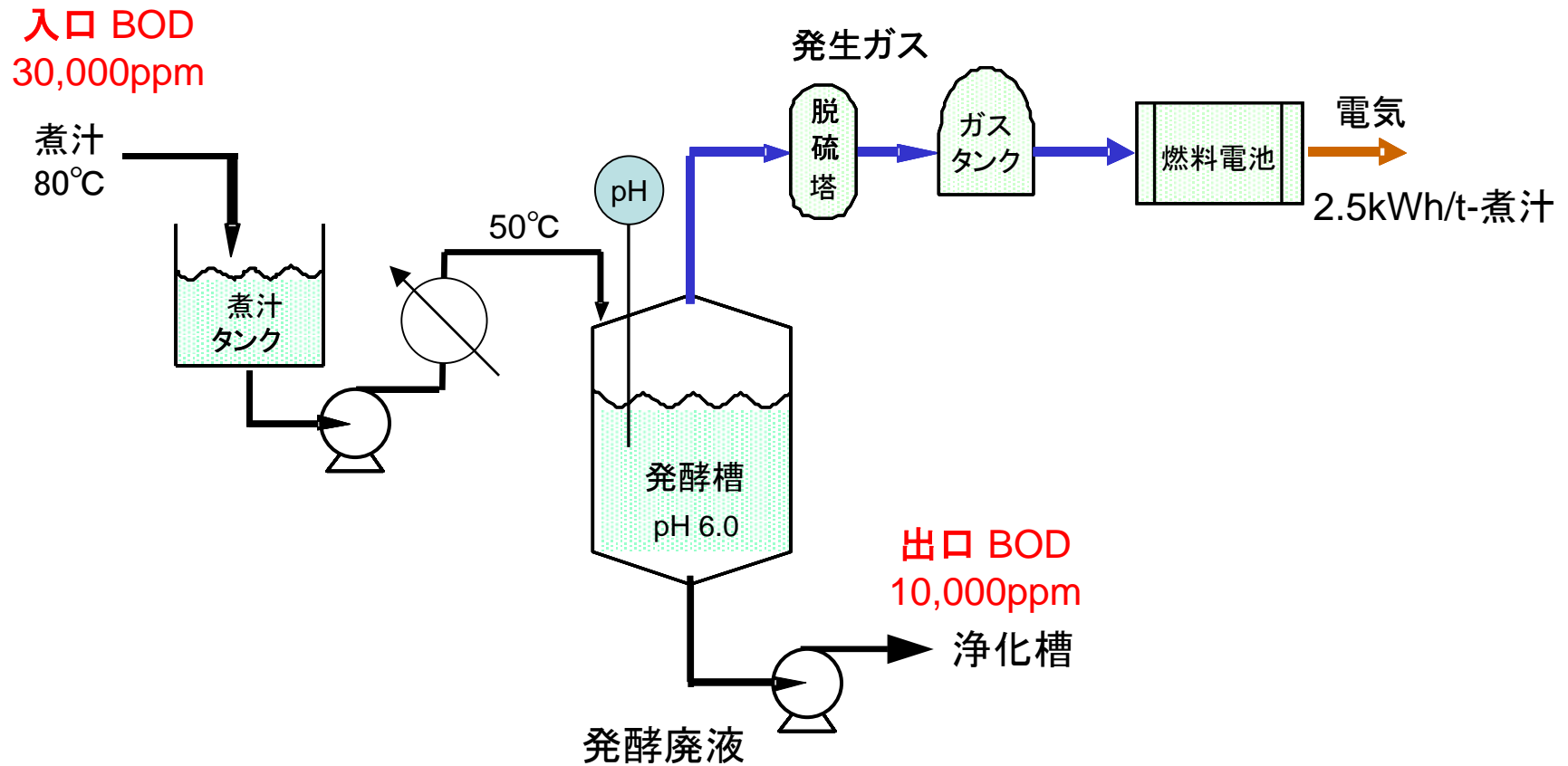
赤枠部分は
煮汁が原料の時は不要



煮汁を原料とした時の水素発酵フロー図

処理液の滞留時間HRTは2時間以下

発酵槽体積はメタン発酵の1/50~1/200で十分



糖蜜を原料にした発酵水素生産による 電力供給システムの研究開発

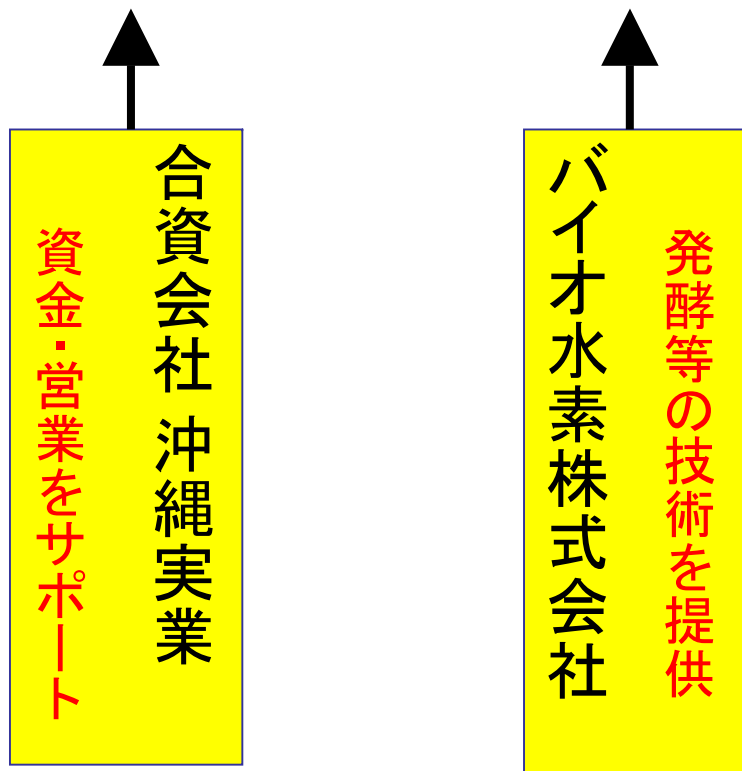
株式会社 バイオ水素技術研究所



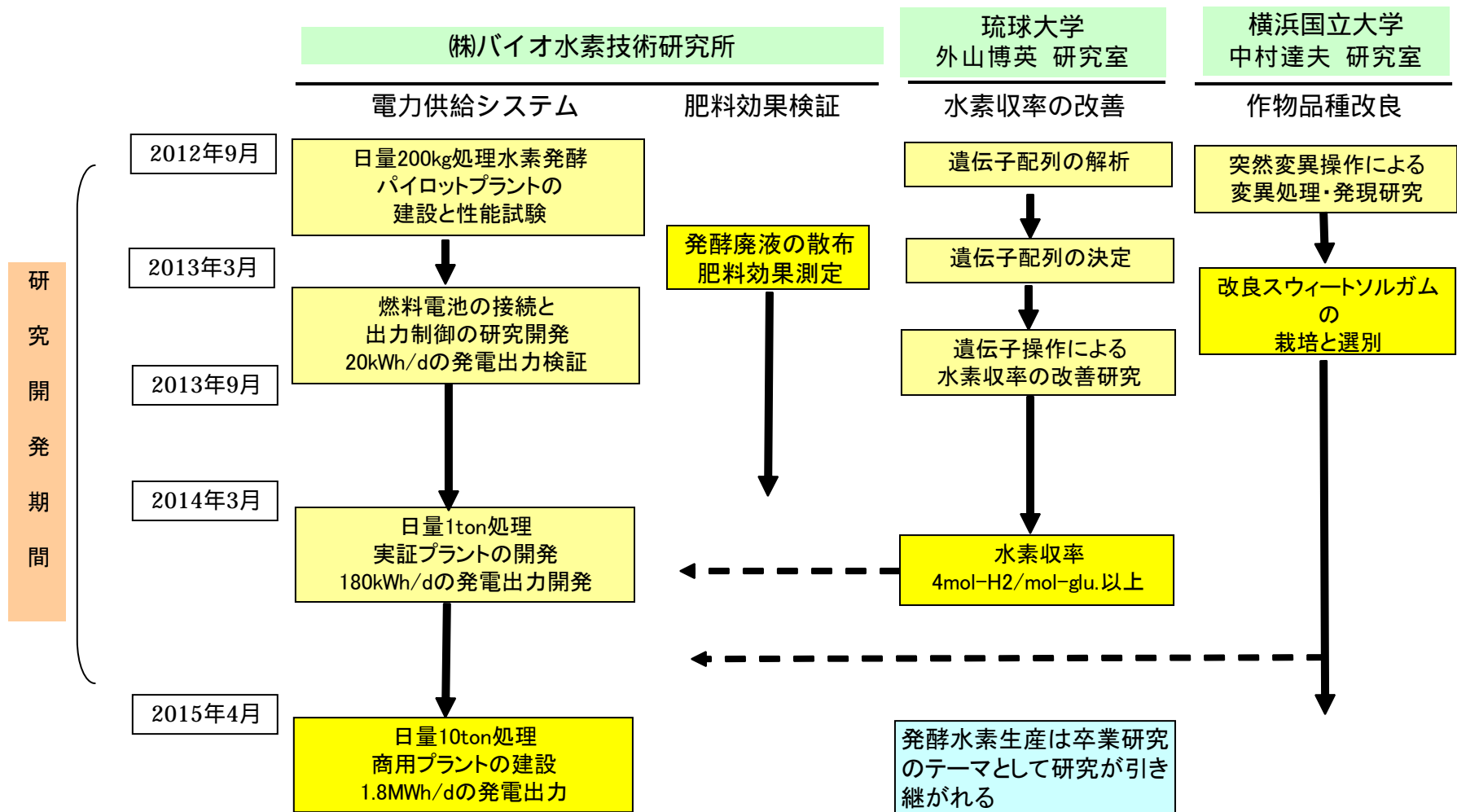
株式会社 バイオ水素技術研究所

再生可能エネルギーの研究開発・エンジニアリング・人材育成を事業の主な目的

2012年7月 那覇市に設立



プロジェクト推進組織と役割分担



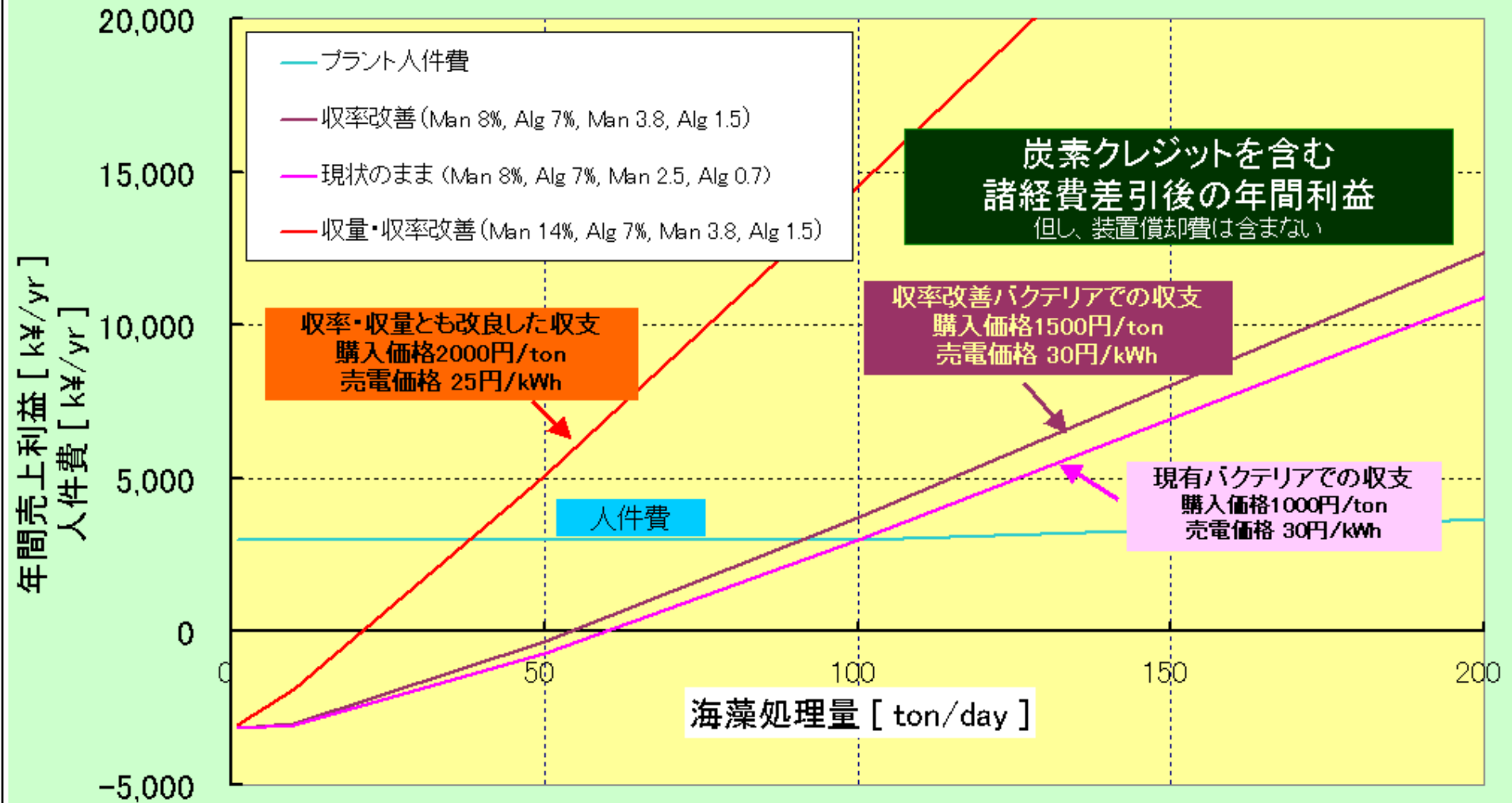
海藻を原料にした発酵水素製造 パイロットプラントの仕様

- 栽培海藻や漁港近辺に自生する海藻などを原料
- 発酵で製造した水素による燃料電池発電の規模・構造・経済性等を検証

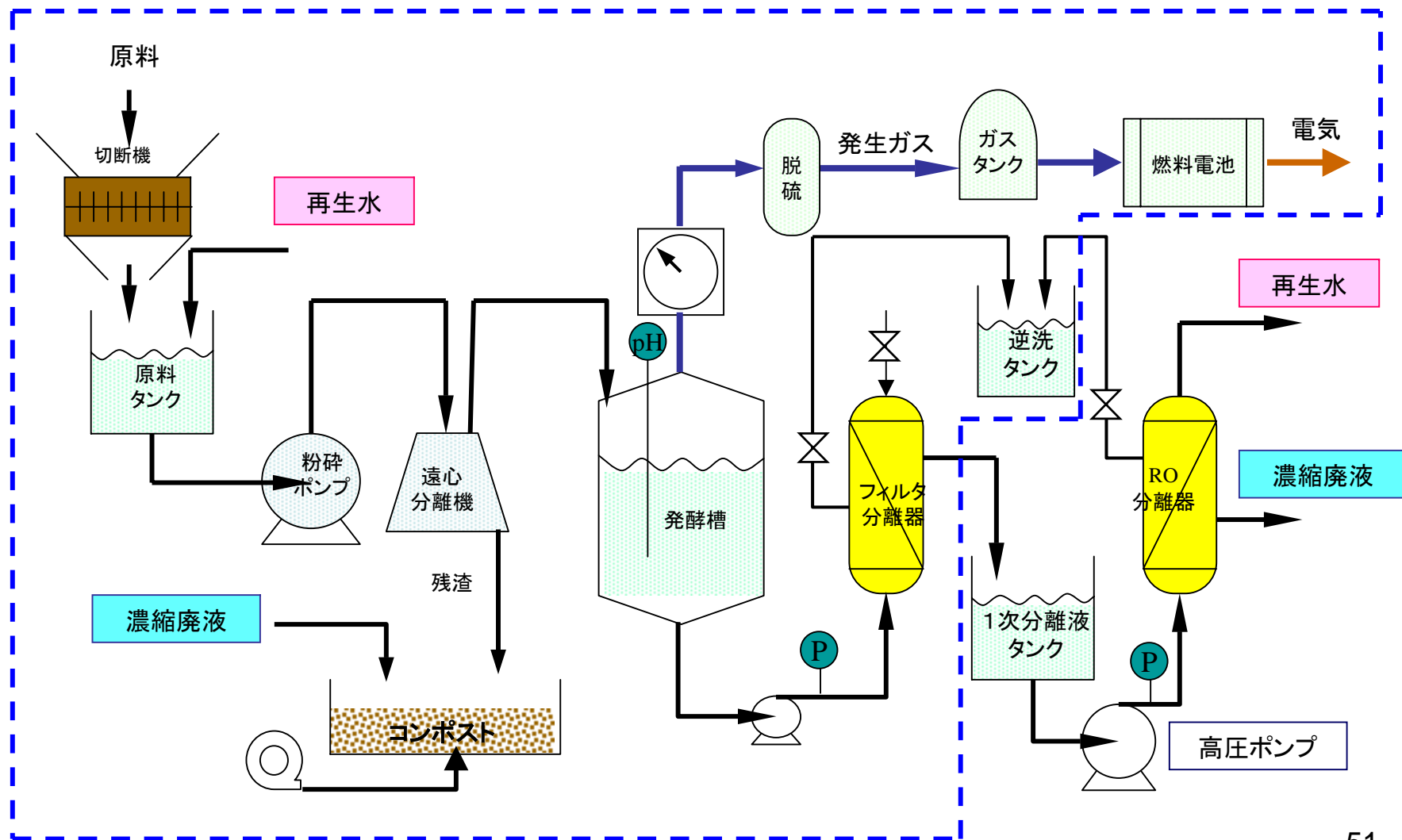
コンブの場合	現状の収率	海士町の海藻	
海藻	0.1	0.1	ton-algae/d
マンニトール含率	8	4	%-mannitol
アルギン酸含率	0	0	%-alginate
燃料電池出力	0.7	0.7	m ³ -H ₂ /kWh
自家消費動力	10	10	kWh/ton-algae
水素収率(Mannitol)	2.5	2.5	mol/mol
水素収率(Alginate)	0.0	0.0	mol/mol
水素生産量	2.5	1.2	m ³ /d
発電量	3.5	1.8	kWh/d

- 漁港サイドに海藻水素発電所を建設、
- 発電量の実測値を収集して可能性を実証する。
- 電気自動車等の導入を進めるにあたっての課題を検討する。

1日あたりの海藻処理規模と経済性の関係



二段膜分離式廃液再生利用水素製造プラント



微細藻類の培養とバイオディーゼルの生産の課題

- 太陽エネルギー
- 栄養塩類
- 多量の水
- 適した温度
- 広大な土地
- 攪拌動力
- CO₂ の供給
- 他の微生物の侵入防止
- 細胞の回収
- 油分の抽出
- 抽出油の改質(メタノール)
- 抽出残渣さの処理
- 投入栄養類の回収と再利用など

多岐にわたるコスト上昇要因が絡み合って、
現状では微細藻類の栽培は経済性が見込めない。

施設作成作業風景（海上・海中設置作業）



外枠の設置



養成枠の設置



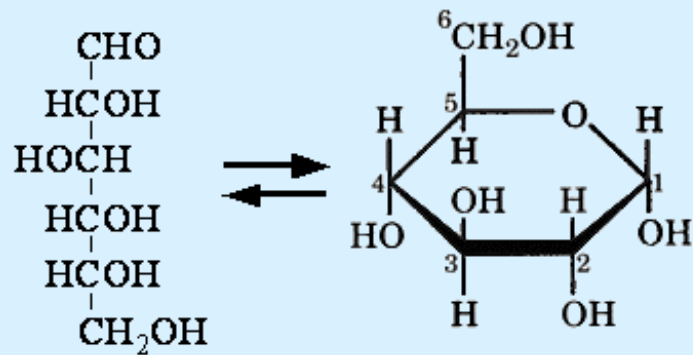
ダイバーによる設置作業



施設の全景

発酵水素製造に利用できるバイオマス

グルコース、スクロース、デンプン、セルロースの構造



直鎖型

ピラノース型

図1. グルコースの構造

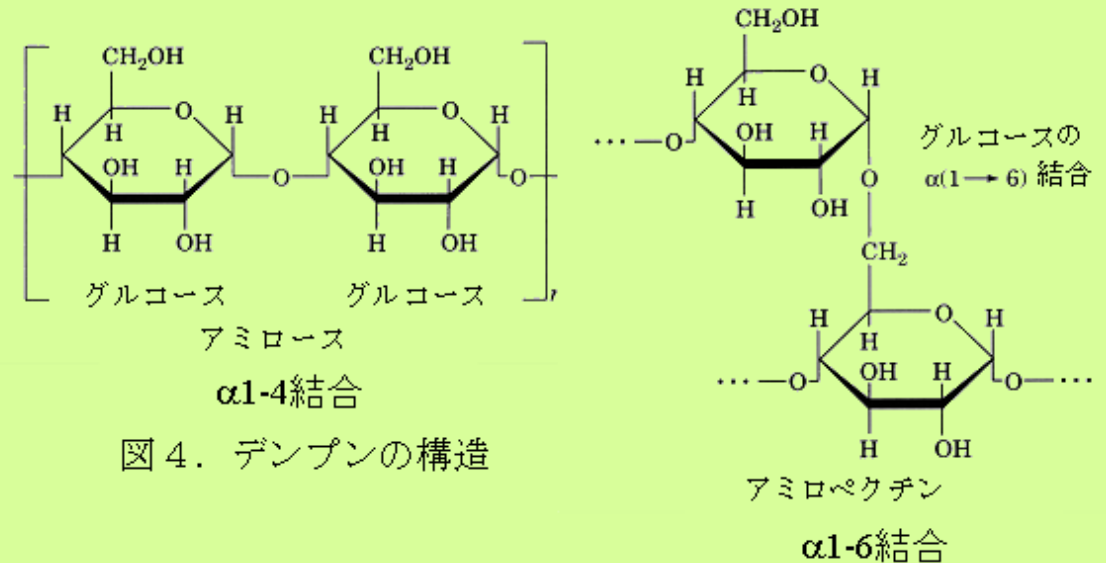
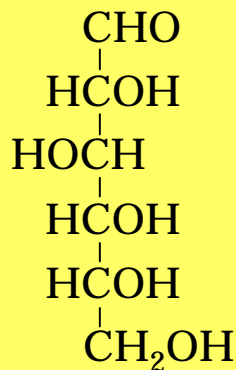
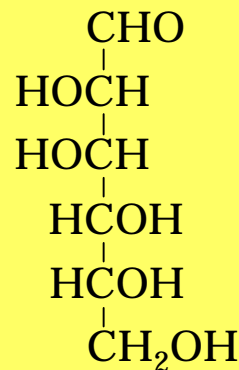


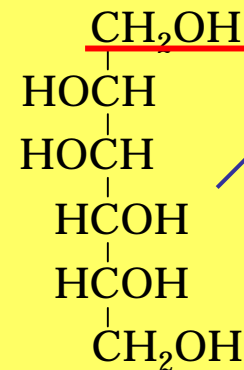
図4. デンプンの構造



D-グルコース



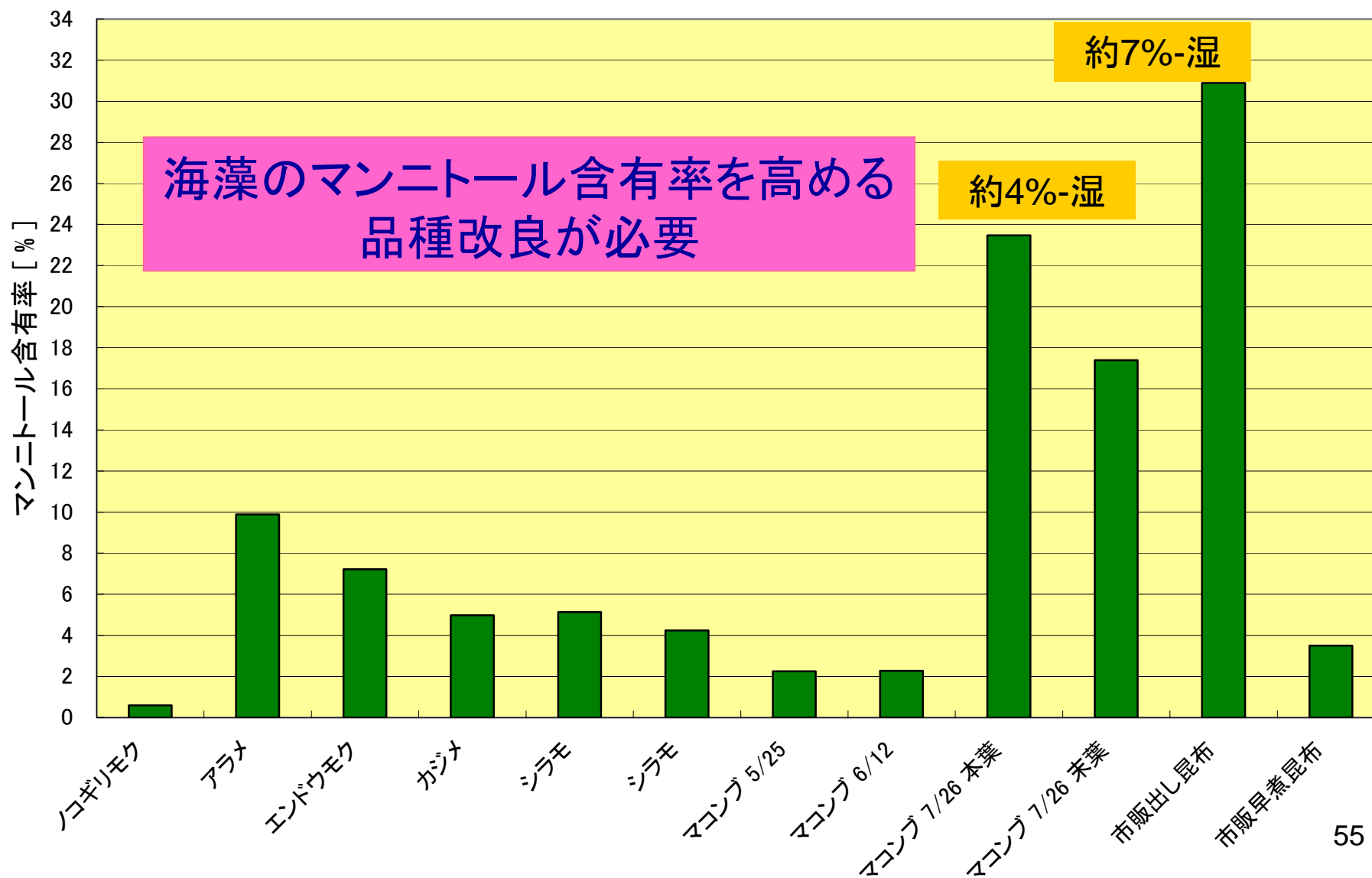
D-マンノース



D-マンニトール

コンブの主成分

各種海藻のマンニトール含有率 (乾燥重量当たり)



海士町で必要な栽培面積

隠岐海士町水素エネルギー町構想

人口	2,500	
世帯	1,000	
必要電力	3,650,000	kWh
必要栽培面積	1.0	km ²

* マンニトールのみ基質に使用



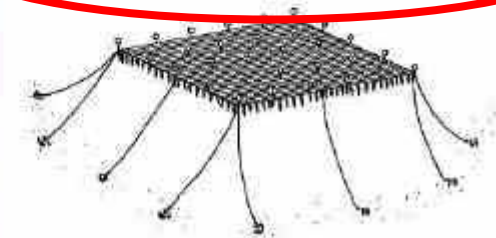
● 鳴門わかめの養殖ロープ 全部つなげると四国一周

鳴門わかめが養殖されている養殖ロープを全部つなげると1,048km！
なんと、四国をぐるり一周してしまうくらい長いんです！



マコンブとは
重ならない

海面栽培期間：10月～3月



徳島県水産課

徳島県水産研究所

鳴門わかめ養殖風景

養殖セット

平成17年の統計による

水素生産にふさわしい バイオマス原料

微細藻類の生産性

「藻類からのバイオ燃料生産」山崎博から www.sce-net.jp/engypdf/bioalga.pdf

原料の種類	面積収量 (kl/ha/yr)	出典
大豆	0.4	1)
小麦	0.7	1)
大麦	0.9	1)
ひまわり	1.0	2)
菜種	1.2	2)
グレインソルガム	1.3	1)
米	1.6	1)
ソルガム (300ton/ha/4ヶ月) 10~12 (株)アースノート報告書		
とうもろこし	2.1	1)
ジャガイモ	2.8	1)
サトウキビ	3.9	1)
サトウキビ	5.2	1)
サトウキビ	5.9	2)
藻 (10 g/m ² /day at 15% TAG)	11.2	2)
藻 (50 g/m ² /day at 50% TAG)	93.5	2)

60ton/ha/4ヶ月
180ton/ha/yr

1) U.S. Department of Agriculture(2002), "USDA's 1998 Ethanol Cost-of-Production

2) National Renewable Energy Laboratory (John Sheehan et al July 1998) NREL/TP-580-24190

"A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae"

(TAGs) : 藻のオイル分はtriacylglycerolsの形態をなし、重量比60%の高TAGの藻がNRELの研究で見出されている。

コンブは陸生バイオマスより遙かに生産性が高い！

植物名	測定地	固定系	純生産量 [t/ha/yr]
ネピアグラス	プエルトリコ	C4	85.9
サトウキビ	ハワイ	C4	67.3
ソルガム	カリフォルニア	C4	46.6
トウモロコシ	イタリア	C4	34.0
トウモロコシ	品種改良が 進んでいる	C4	
キャッサバ		C3	
テンサイ	カリフォルニア		12
テンサイ	札幌		22
ソルガム	沖縄	C4	300
マコンブ	島根県海士町	—	600~1,000

2011年7月9日
応用藻類学会春季大会
発表者: 依田、能登谷
から計算

食用でなければ
10倍近い生産性
が期待できる