

下水処理施設での微細藻類を利用した 分散型エネルギー資源の獲得に関する 研究について

鈴木石根

筑波大学

生命環境系



藻類バイオマス・エネルギーシステム開発研究センター

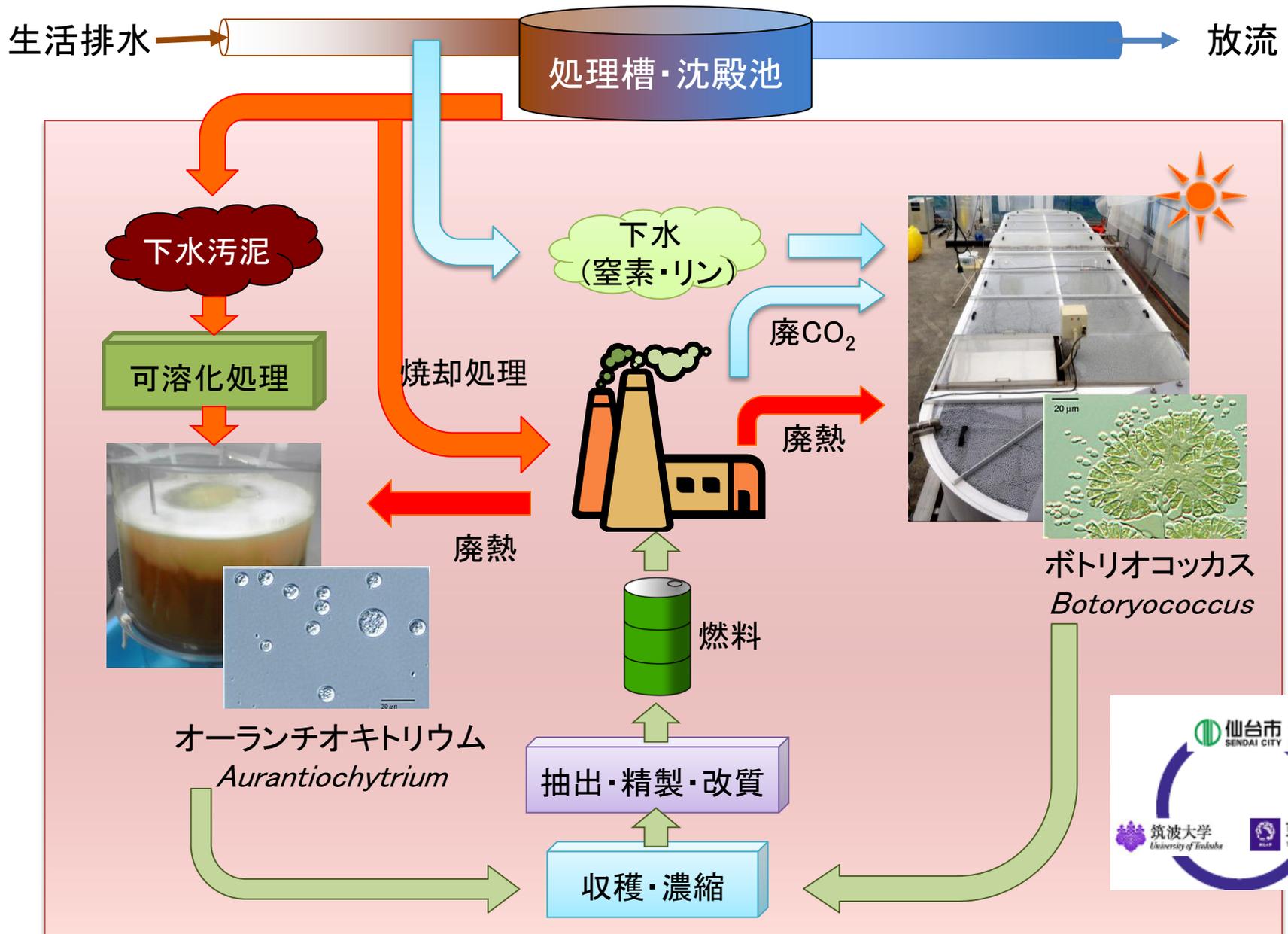


筑波大学生命環境系

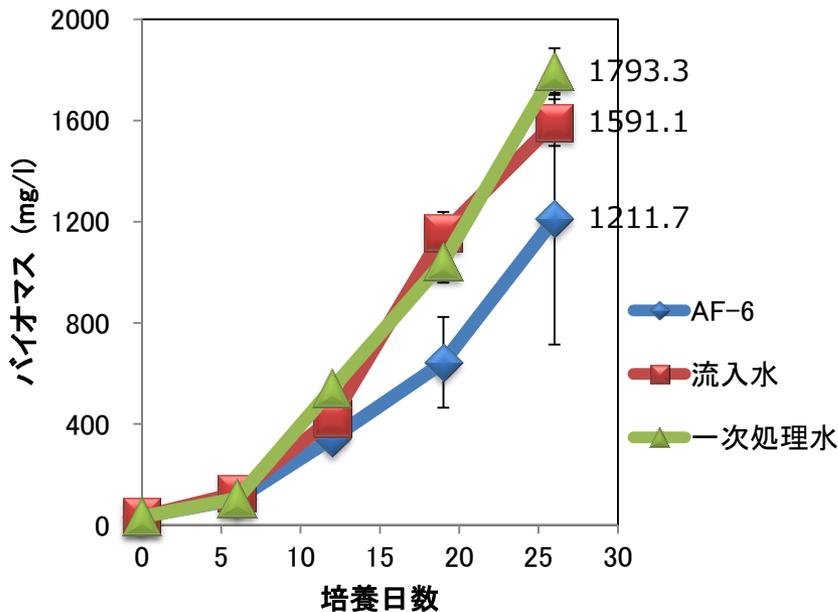


筑波大学
University of Tsukuba

排水中の有機物・無機物を利用した藻類培養



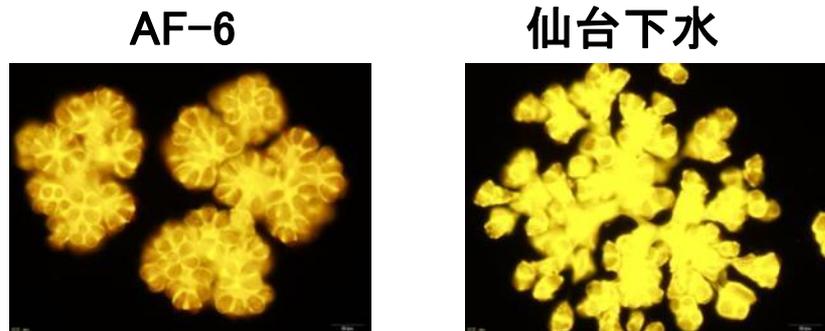
下水を利用したボトリオコッカスの増殖試験



AF-6と流入水の窒素源の比較

	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N
AF-6	25.7	4
流入水	<0.05	24

(単位 mg/l)



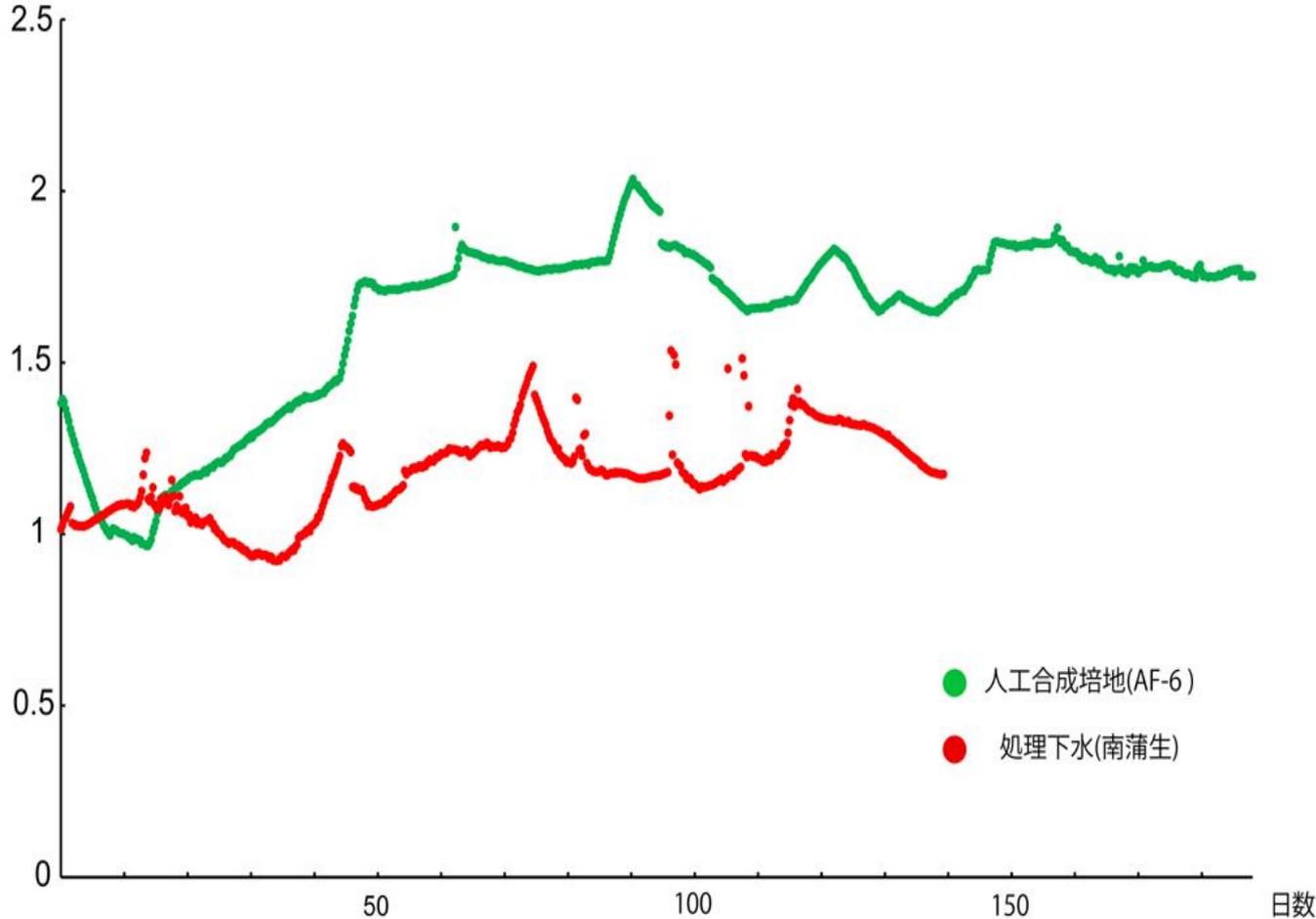
培養液中の溶存有機炭素・全窒素・全リン除去率

	TOC (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
AF-6	↑ 38.2 (1.3倍増)	↓ 34.9 (67%減)	↓ 9.5 (99%減)
流入水	↑ 55.4 (5.8倍増)	↓ 13.3 (94%減)	↓ 0.9 (93%減)
一次処理水	↑ 48.4 (6.5倍増)	↓ 15.3 (95%減)	↓ 1.7 (98%減)

・AF-6培地よりも下水(流入水)の方が増殖良好
 ⇒BOT-22はアンモニア態窒素を取り込みやすい?
 ⇒窒素源をアンモニア態にすることで増殖速くなる?

ボトリオコッカスBOT-22株の下水での培養

濁度(≒細胞密度)



・人工合成培地: 190日

炭化水素生産性:

平均 0.061 g/L/day

最大 0.078 g/L/day

・下水: 140日

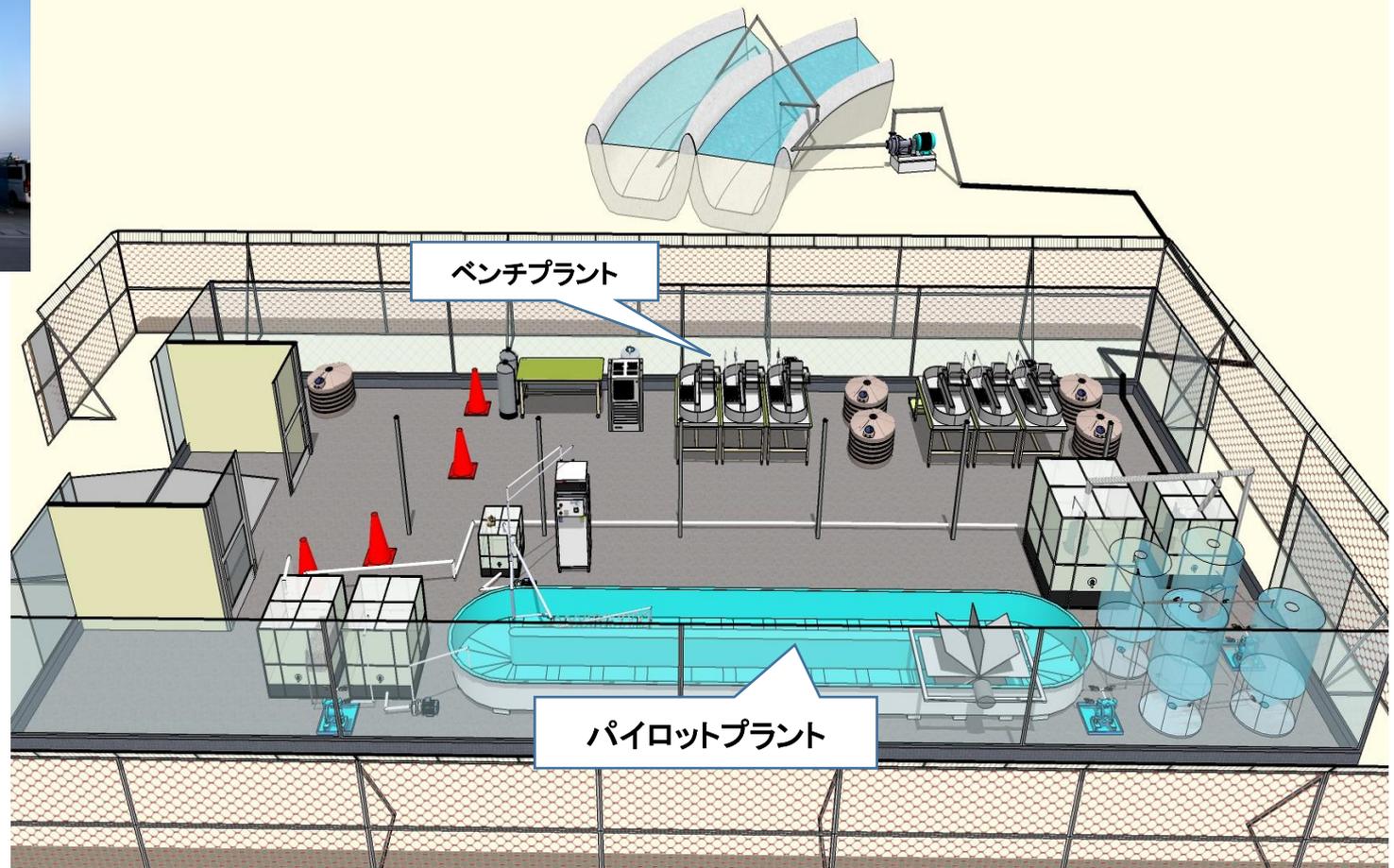
炭化水素生産性:

平均 0.033 g/L/day

最大 0.050 g/L/day

人工合成培地及び下水による連続培養における濁度
(細胞密度)変化

南蒲生浄化センター内のパイロットプラント



ベンチプラント:150 L レースウェイ×6

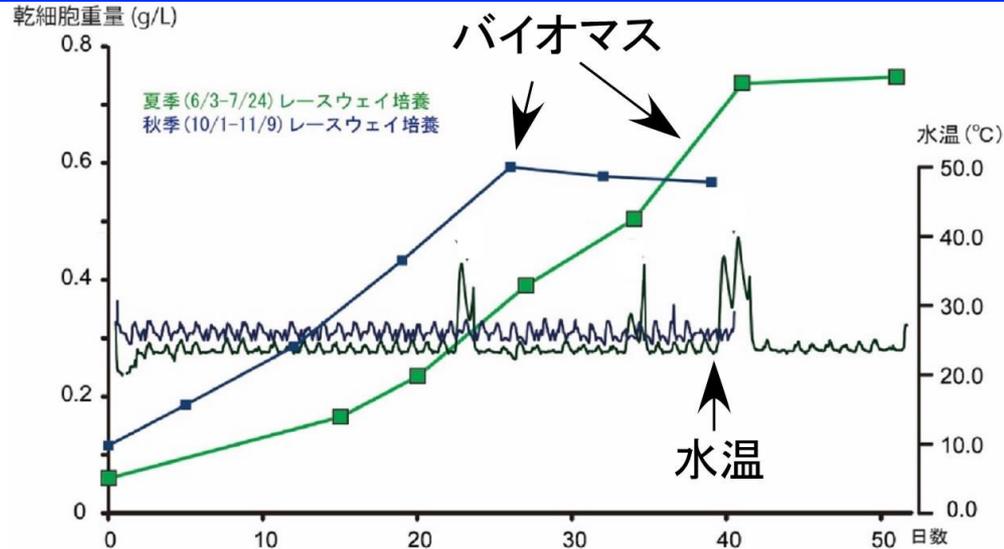
パイロットプラント:2.5 t レースウェイ

下水の濾過、レースウェイ連続培養、濃縮

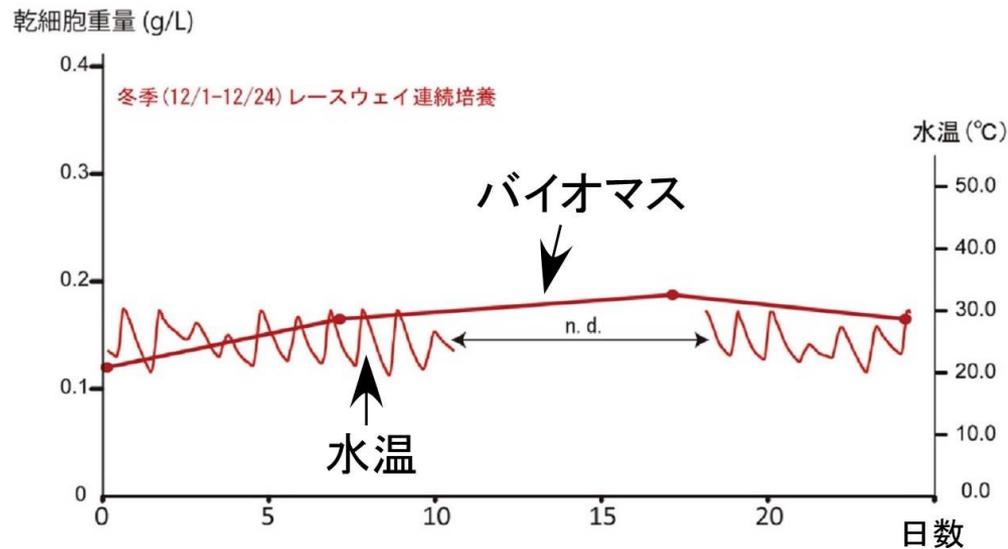
パイロットプラント全景



夏季・秋季のバッチ培養



冬季の連続培養



前処理法としてのビーズミルの可能性

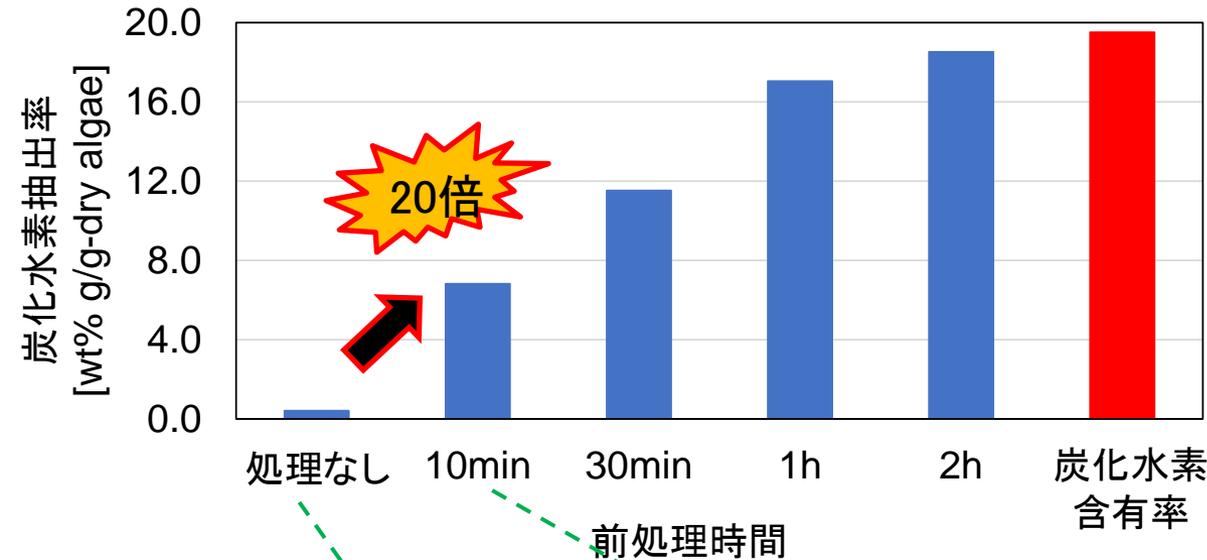
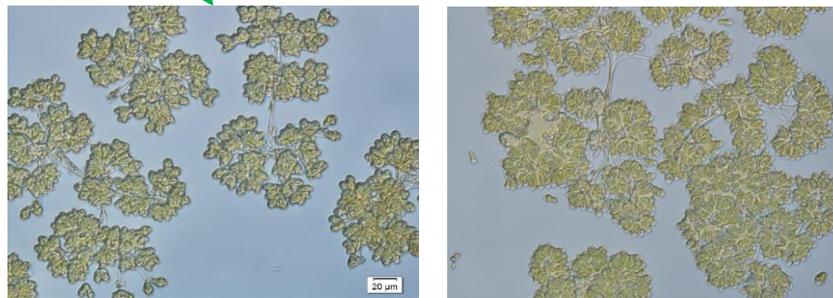


図1 抽出率のビーズミル処理時間依存性



処理なし 10 min処理
図2 前処理後の様子

・ラボビーズミル機

容量: 0.010 dm³

電力: 0.050 kW



○前処理を加えることで
抽出率**増大**

・処理時間10 min程度で
抽出率が約**20倍**向上

○処理時間10 minの細胞
・・・元の形状を保持

ミルキングにビーズミル処理を
加えることで**抽出率向上**を期待!

ミルクキングのフローチャートと培養実験

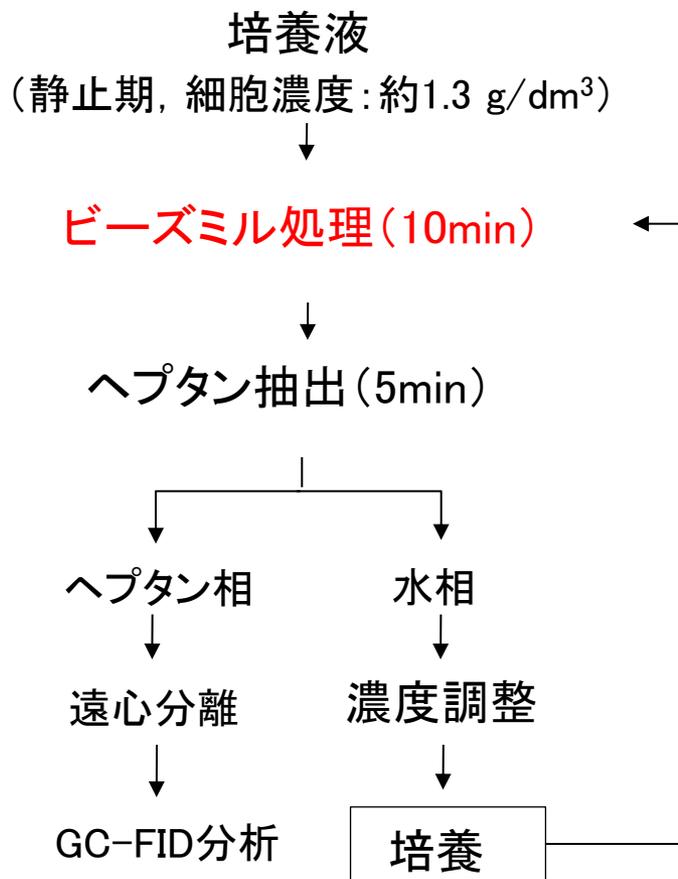
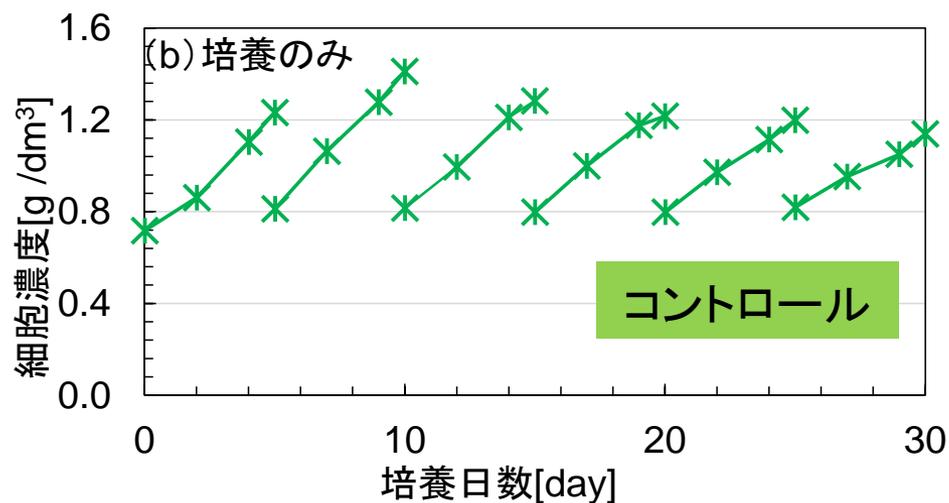
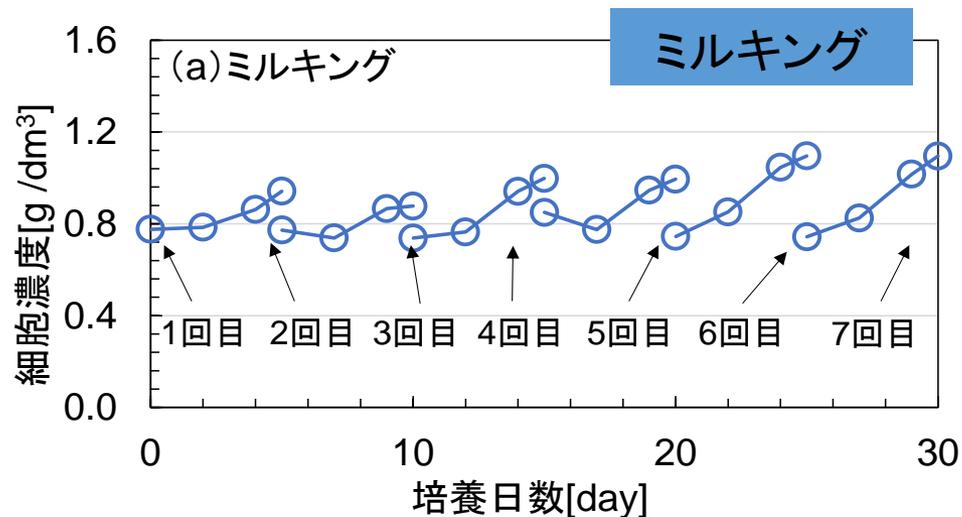
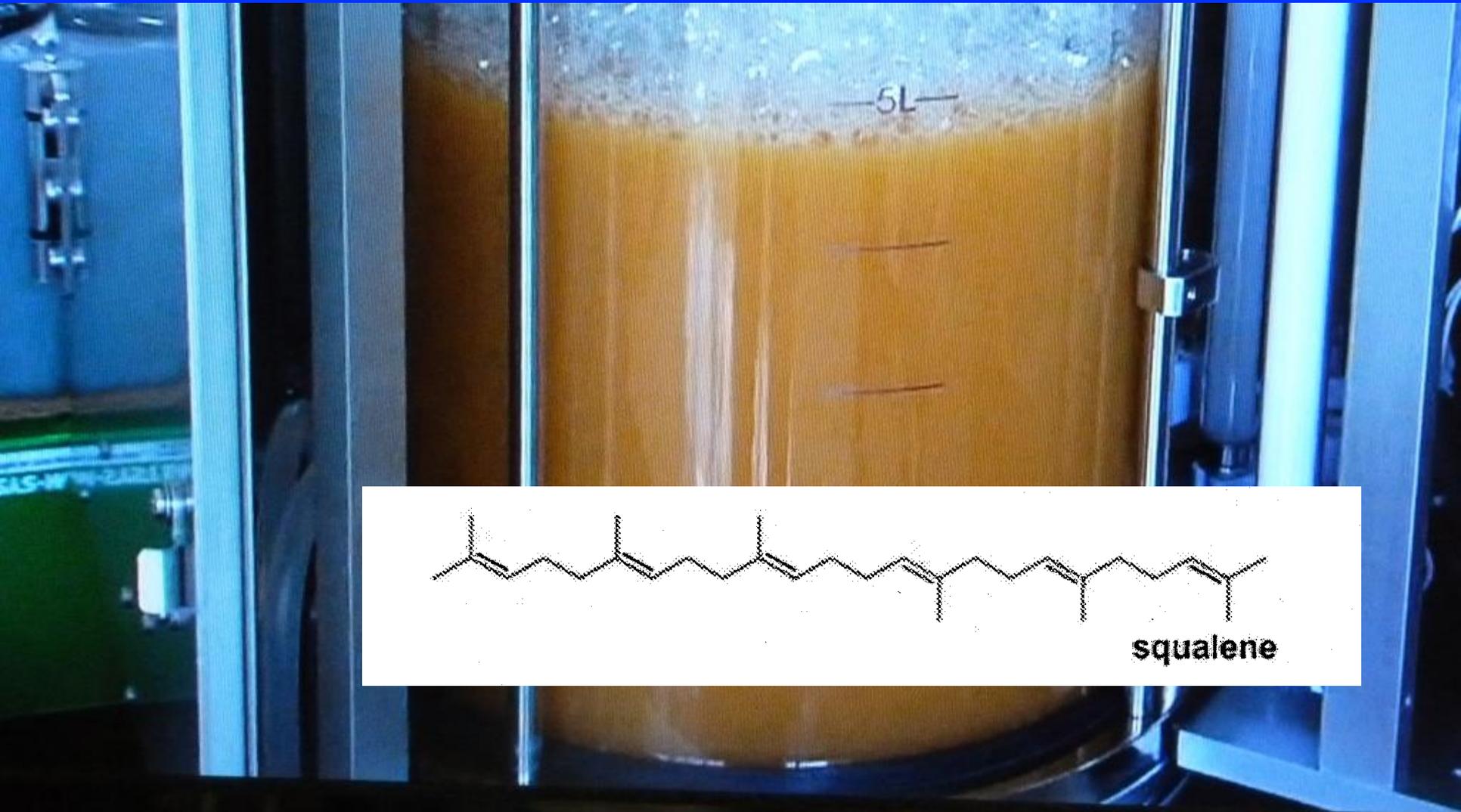


図1 ミルキングフローチャート



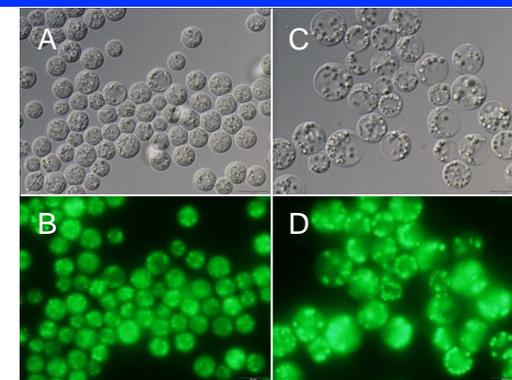
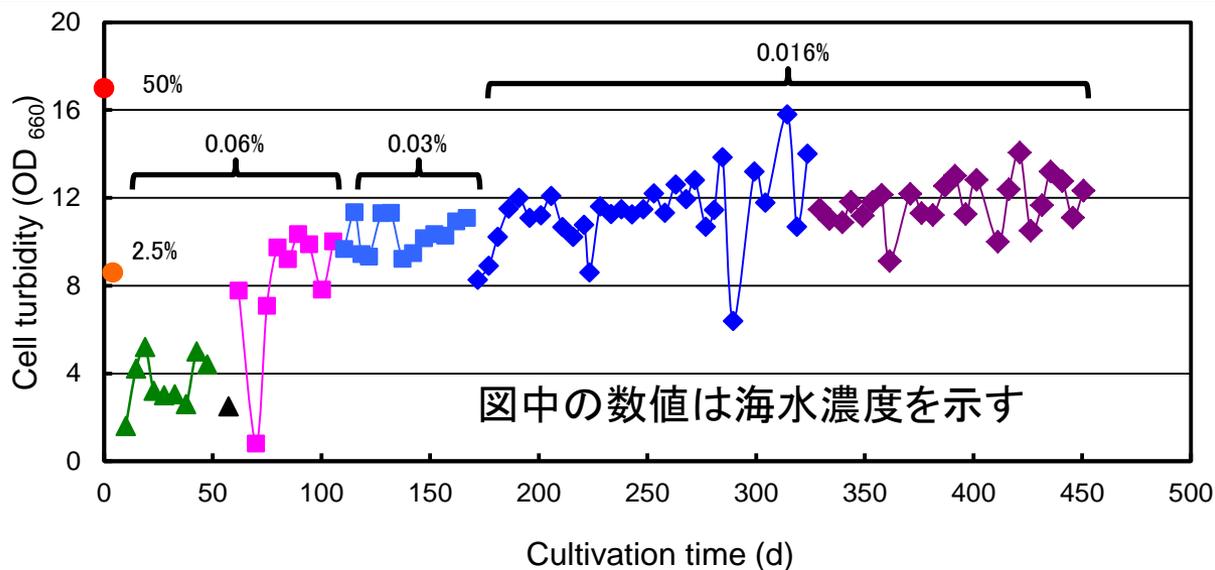
1ヶ月間に7回のミルクキングに成功

従属性のオイル産生生物オーランチオキトリウム



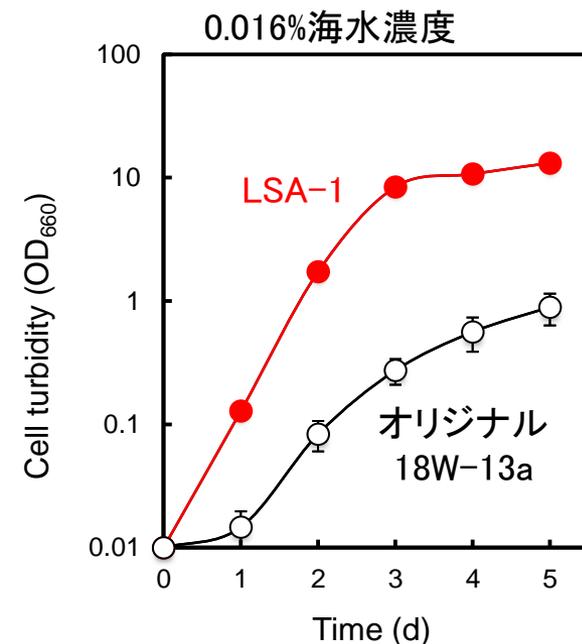
従属栄養性: 光合成は行わず、有機物を分解してオイルを生産する
ボトリオコックスと栄養様式で補完的!

低塩濃度適応株 LSA-1の確立



顕微鏡写真 10 mm

Symbols	●	○	▲	▲	■	◆	◆
Seawater concentration (%)	50	2.5	0.06	0.06	0.06	0.03	0.016
Glucose (%)	2	2	2	1.6	1.4	2	2
Tryptone (%)	1	1	1	0.8	0.7	1	1
Yeast extract (%)	0.5	0.5	0.5	0.4	0.35	0.5	0.5
Shaking speed (rpm)	120	120	120	120	120	120	96
Acclimation period (d)	4	5	47	5	50	60	121



低塩濃度下におけるLSA-1株の生育

培地作製方法

下水汚泥	2 g
96% H ₂ SO ₄	9 ml
蒸留水	3 ml

↓
1 h incubate

↓ 加水 38 mL
(終濃度4%硫酸)

↓ 加熱 120°C 1h

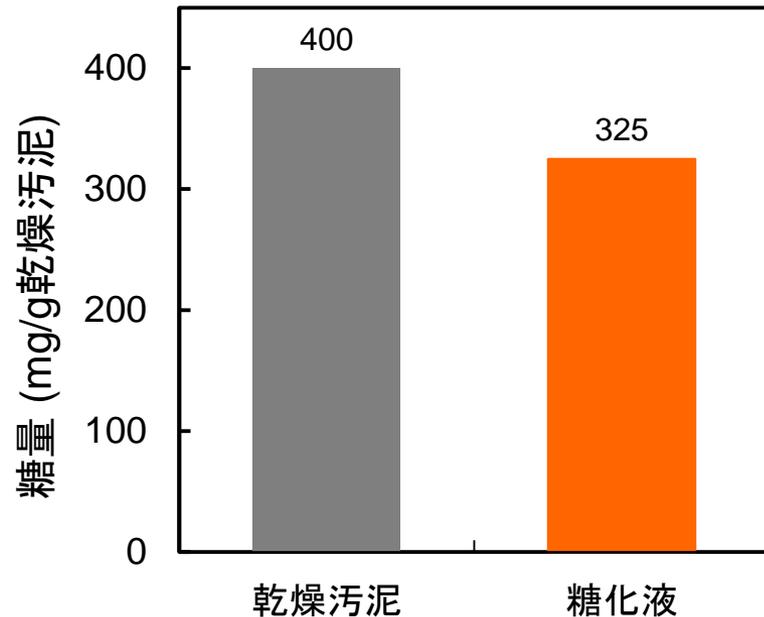
↓ 添加 Ca(OH)₂ 16.8 g

↓ 生成 CaSO₄ 22.8 g

↓ 濾過・脱水

↓ 糖定量
(フェノール硫酸法)

- ✓ □ 希釈せずに熱処理 (糖化液の濃度向上)
- ✓ □ CaSO₄ (副産物) の軽減
- ✓ □ Ca(OH)₂ 使用により CO₂ 発生を回避 (88% の CO₂ 削減効果)

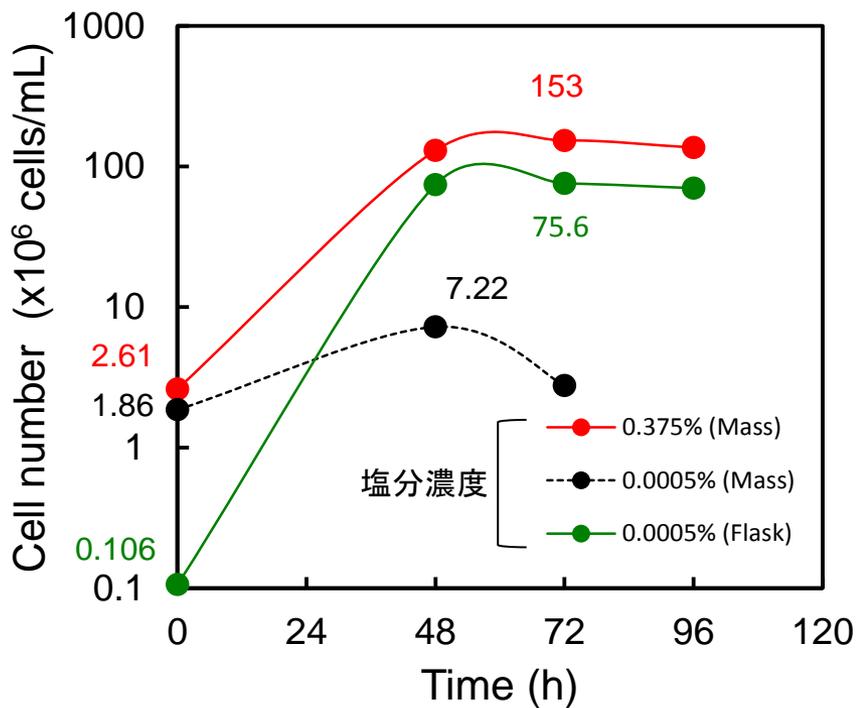


80%以上の糖を
汚泥から回収出来
た。

最終的な糖濃度は
13 g/L

参考: GTY 20g/L

30 L簡易培養槽での培養



DCW
(g/L)

0.11

5.3

6.8

5.8

Bright field

0 h

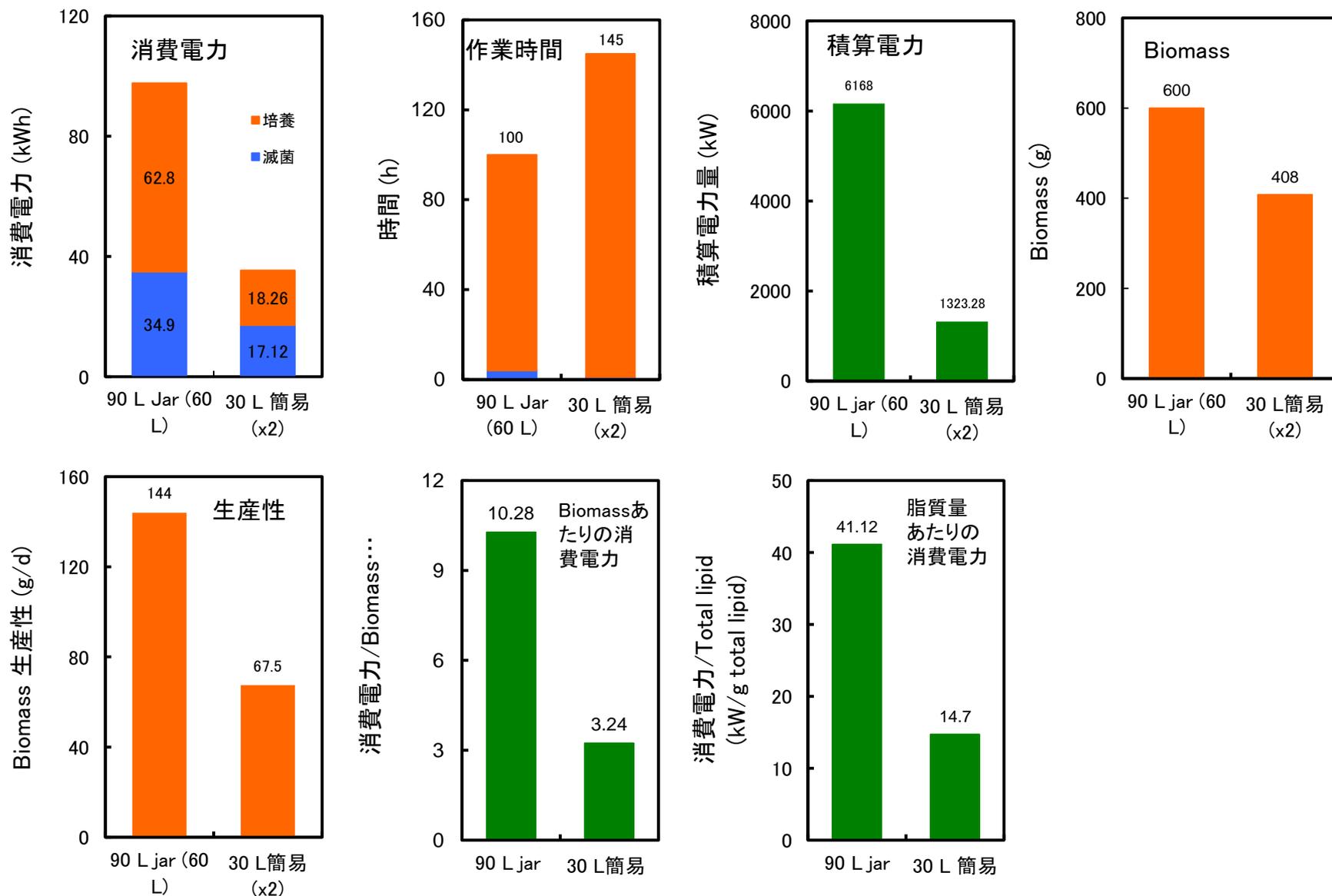
48 h

72 h

96 h

Nile red

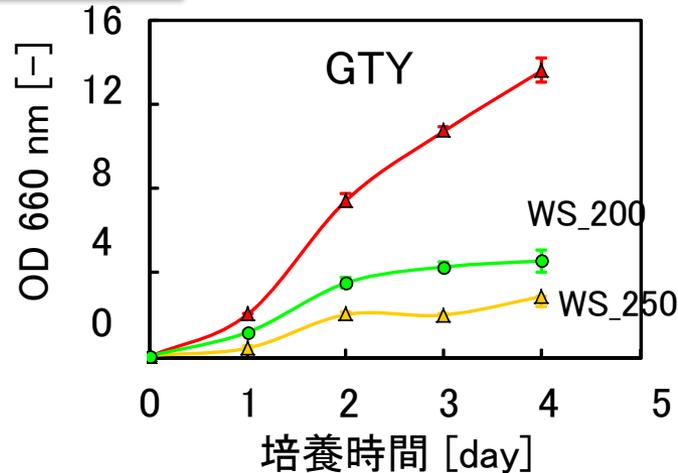
Jar fermenterと簡易培養槽の比較



(90 L jarの仕込み量は60 L)

脂質抽出残渣によるオーランチオキトリウムの培養

培養実験



成分分析

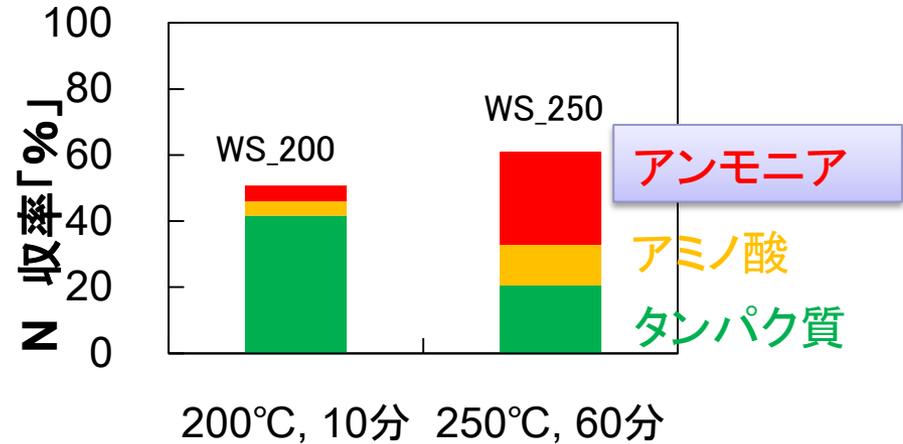


図1 可溶化液を用いたオーランチオキトリウム培養結果 (筑波大学 田辺雄彦)

図2 可溶化液中の形態別窒素収率

◎ オーランチオキトリウム脂質抽出残渣の可溶化液
→ 培地の窒素源として使用可能

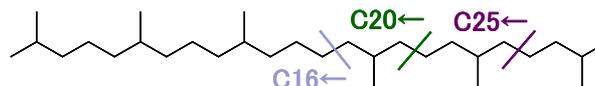
可溶化液の形態別窒素……アンモニアによる生育の障害が示唆

アンモニア生成の抑制が望まれる

スクアランのRu触媒による改質

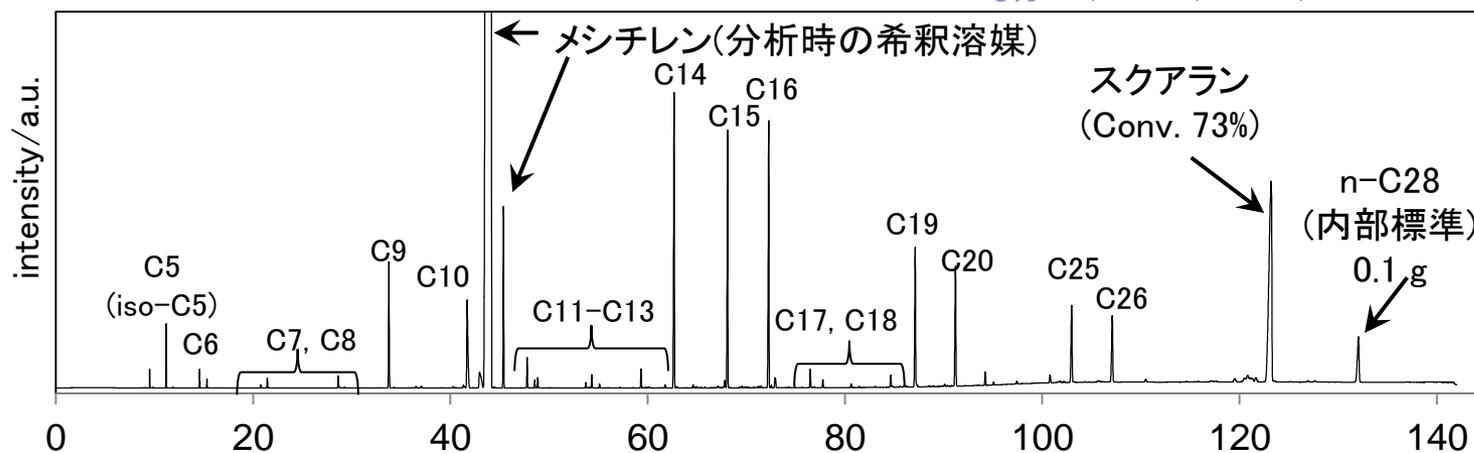
Ru/CeO₂触媒: スクアラン(スクアレンの水素化物)の水素化分解において、分岐が少ない位置の選択的切断に有効な触媒であることを発見(2012年)

ChemSusChem 2015, 8, 2472 で発表



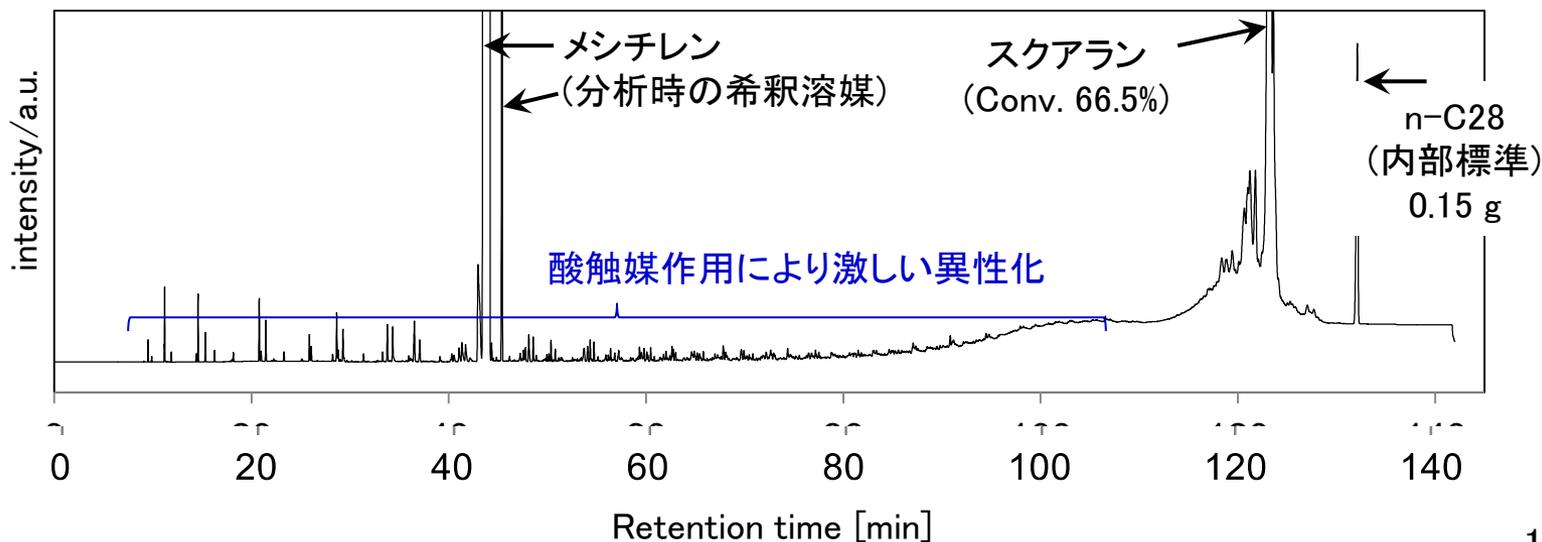
触媒:
Ru/CeO₂
(反応時間96 h)

新開発触媒



触媒:
Pt/H-USY
(反応時間3 h)

一般的な
接触分解
触媒



LCAの考え方

栄養豊富な一次処理水を抽出し
→ B藻(ボトリオコッカス)培養(温室)

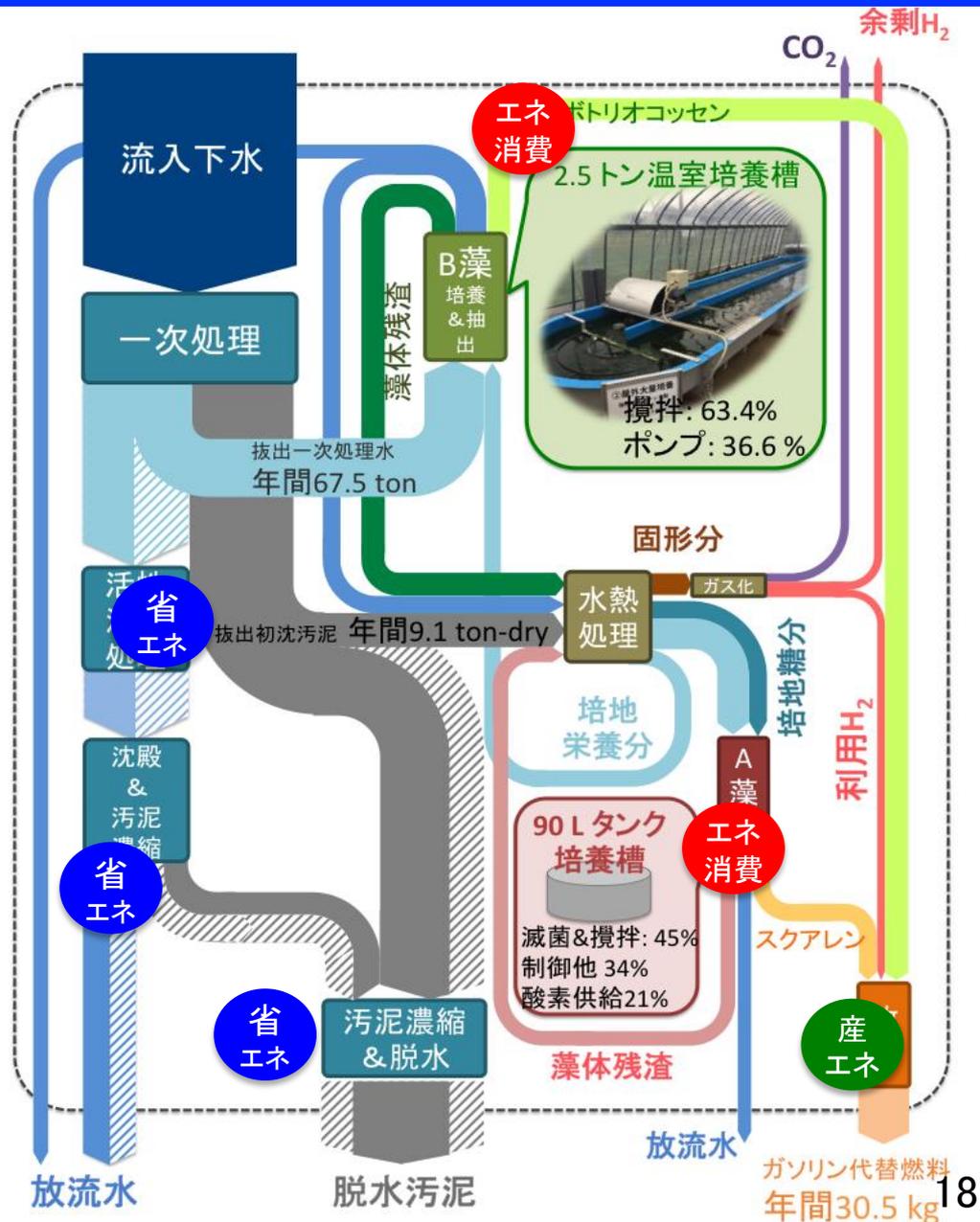
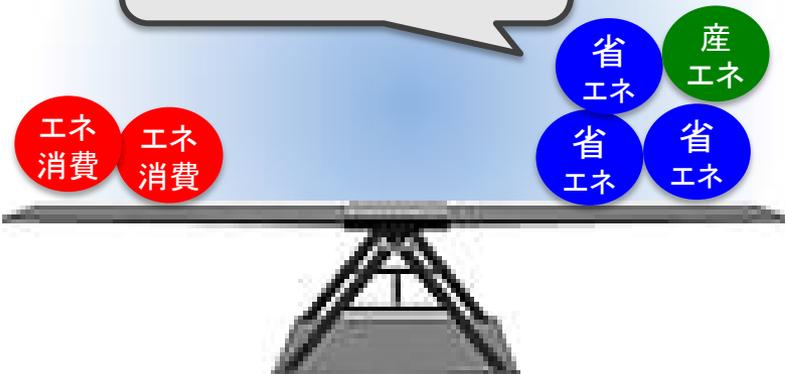
- 省エネ:
 - 活性汚泥処理(曝気), 沈殿
 - 汚泥脱水
- 産エネ: 炭化水素 → ガソリン

+

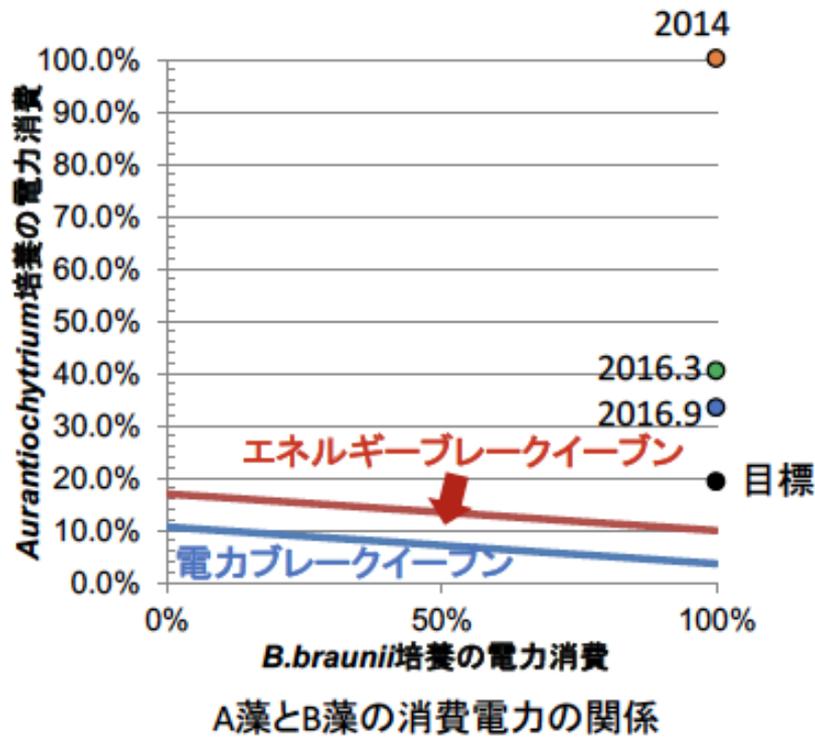
初沈汚泥を抽出し糖化
→ A藻(オーランチトリウム)培養(タンク)

- 省エネ: 汚泥脱水
- 産エネ: 炭化水素 → ガソリン

下水減容による省エネ効果を見込める



ジャーファメンターの消費電力の推移



2014

全自動ジャーファメンター

- ・滅菌消費電力32 %,
- ・温度管理消費電力49 %

目標値

全自動ジャーファメンターのうち

- ・滅菌消費電力
- ・温度管理消費電力

を削減することを目標(81%減)

2016.3

簡易型培養槽に変更

消費電力が

- ・クリーンブース送風
 - ・培養槽の攪拌のための通気
 - ・オートクレーブ
- のみに

2016.9

クリーンブース送風なし

(薬剤添加)

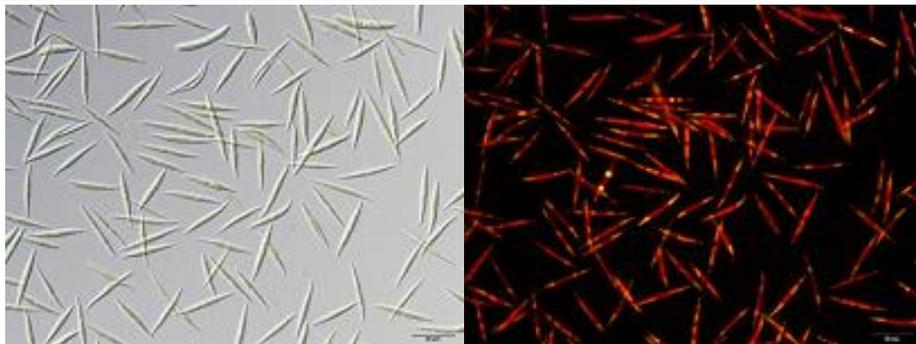
高濃度でのオートクレーブの利用

このエネルギーブレークイーブンは
一次エネルギー換算になっていない
→計算中

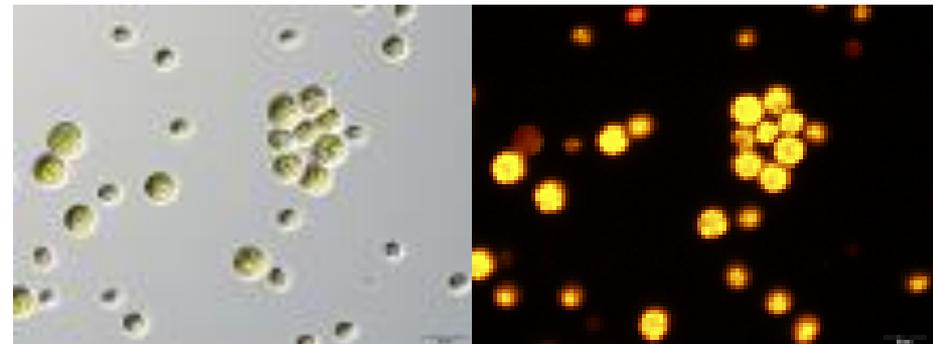
下水での培養に適した株の単離

産地・由来		確立株数	有望株数	脂肪酸組成分析終了 (有望株数)
仙台市	南蒲生センター下水	335	31	19
	非下水	124	51	20
仙台市以外	福島、栃木、茨城、千葉、岡山、長崎、沖縄県	450	63	39
合計		909	145	78

A11株 (ランク AAA) *Monoraphidium neglectum*



TDR1株 (ランク AAB) *Chlorococcum* sp.



優良株A11株の生育

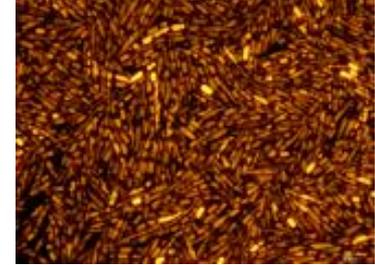
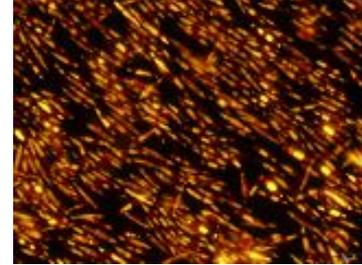
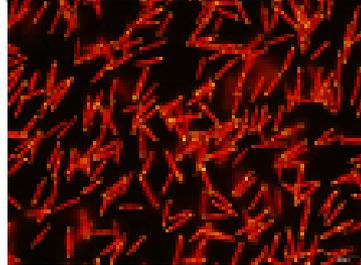
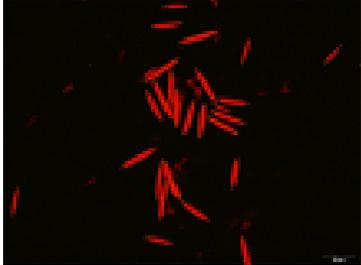
4日後

8日後

16日後

24日後

32日後



0.211
16.1%

0.486
20.6%

0.982
21.8%

1.250
35.8%

1.464
35.8%

上段:細胞乾燥重量 g/L、下段:脂質含量

復興への貢献と今後の取り組み



G7財務大臣・中央銀行総裁会議(H28.5)



第3回国連防災世界会議
スタディーツアー(H27.3)



実験施設視察の様子



小学生対象の
藻類実験教室
(H28.10、仙台市科学館)

- ・民間企業の参画による**新産業(バイオマス)の振興、研究開発の促進**
- ・仙台市が掲げる防災環境都市の推進に繋がる**新たな分散型エネルギーの創出**
- ・エネルギーを大量に消費する**下水処理場から下水の有効活用によりエネルギーを産出**

復興への貢献と今後の取り組み

