

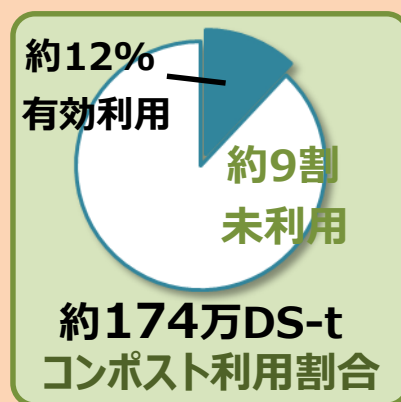
下水道資源・エネルギーを利活用した植物栽培



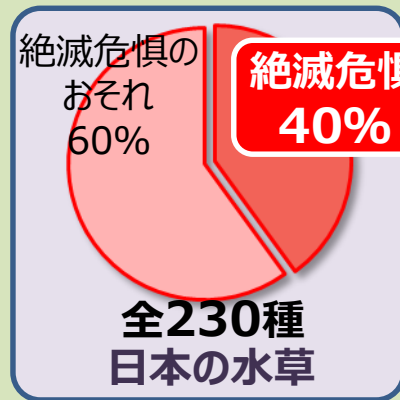
新潟県土木部都市局下水道課
新潟県立植物園
新潟県園芸研究センター

長岡技術科学大学
株式会社大原鉄工所
積水化学工業株式会社
高砂熱学工業株式会社
東亜グラウト工業株式会社

下水道の有するポテンシャル



希少水草の現状



三大栽培困難水草

- 梅花藻の仲間(3種)
- カワゴケソウ科(8種)
- 海草(10種)

国内保有数が0

梅花藻に必要な栽培環境(諸説)

- ▶ 冷たい急流の水
- ▶ 豊富なCO₂
- ▶ 十分な栄養塩



他の藻類と混合しないこと
水温等の管理が重要

下水道が有する資源エネルギーの可能性を追求

エネルギー生産

希少植物の保全

都市部の空調利用の課題

- ・集中管理的空調から個別管理空調（エアコン）
- ・未処理下水による熱交換器等への汚れの付着

地方都市の下水処理場での熱利用の課題

- ・下水処理場の周辺に熱需要家が見つからない

- ・地域の下水が**集約**された**下水処理場**で、**処理済み**の放流水から**大量**の熱を回収
- ・**地域**に根差した**植物生産**への**熱**利用

下水道資源・エネルギーを用いた 植物生産による新たな価値の創出

新潟県

下水道課

- ▶ フィールドの提供
- ▶ 絶滅種の保全に貢献

新潟県立植物園

- ▶ 希少植物の栽培技術
- ▶ 絶滅種の保全に貢献

農業総合研究所園

芸研究センター

- ▶ 新潟産イチゴ『越後姫』
の栽培技術指導

連携

長岡技術科学大学

東亜グラウド工業株式会社

- ▶ 下水熱による温冷熱回収

積水化学工業株式会社

- ▶ 環境制御型ハウスの構築

株式会社大原鉄工所

- ▶ 発電機からの熱・CO₂供給

高砂熱学工業株式会社

- ▶ 植物栽培環境のエネルギー評価

概要 (H27年度末)

供用開始 平成14年9月1日

処理区域面積 2,477.5ha (6,044.3ha)

処理区域人口 96,884人 (155,140人)

処理能力 36,000m³/日 (84,000m³/日)

管きよ延長 約76km

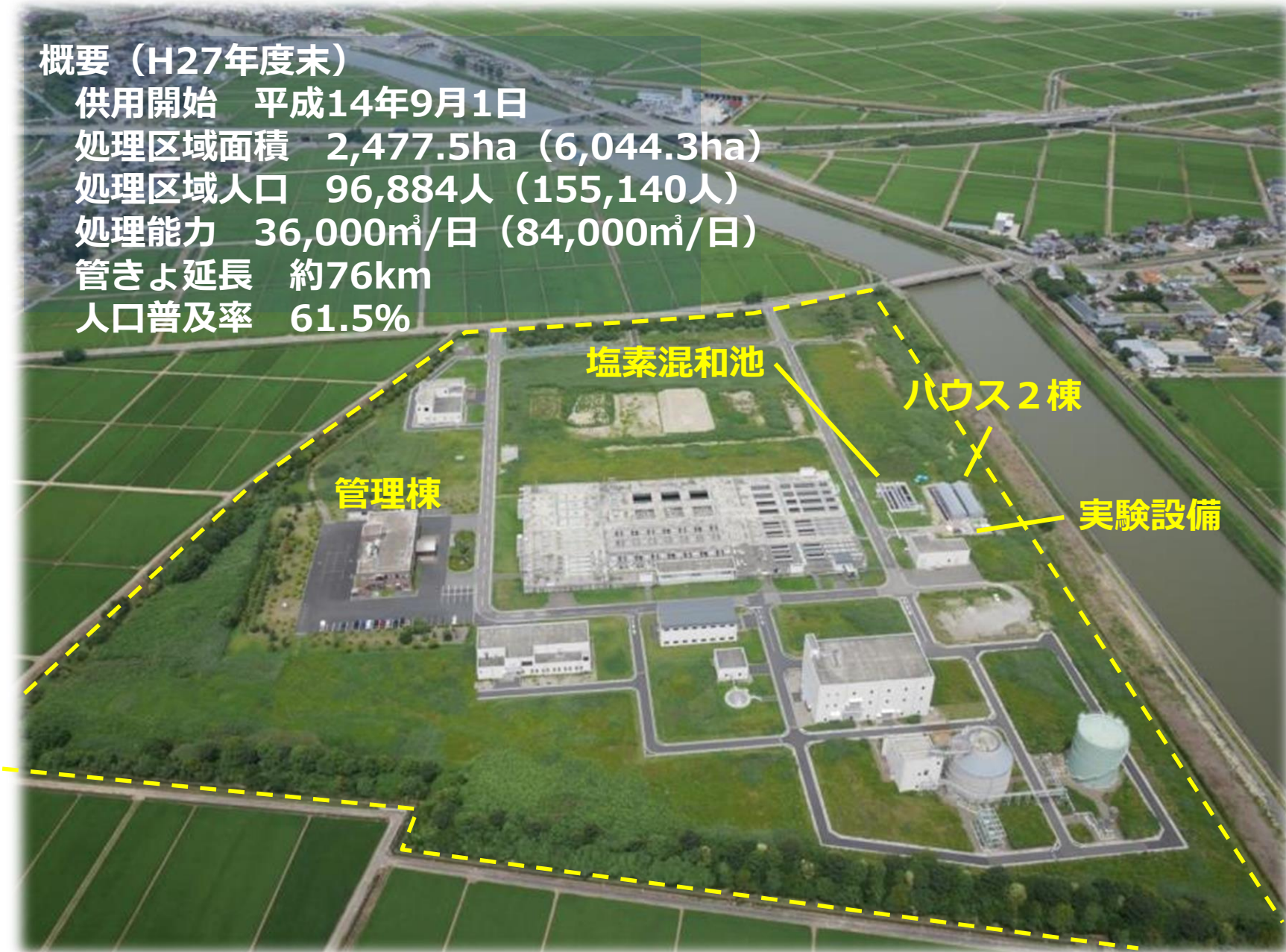
人口普及率 61.5%

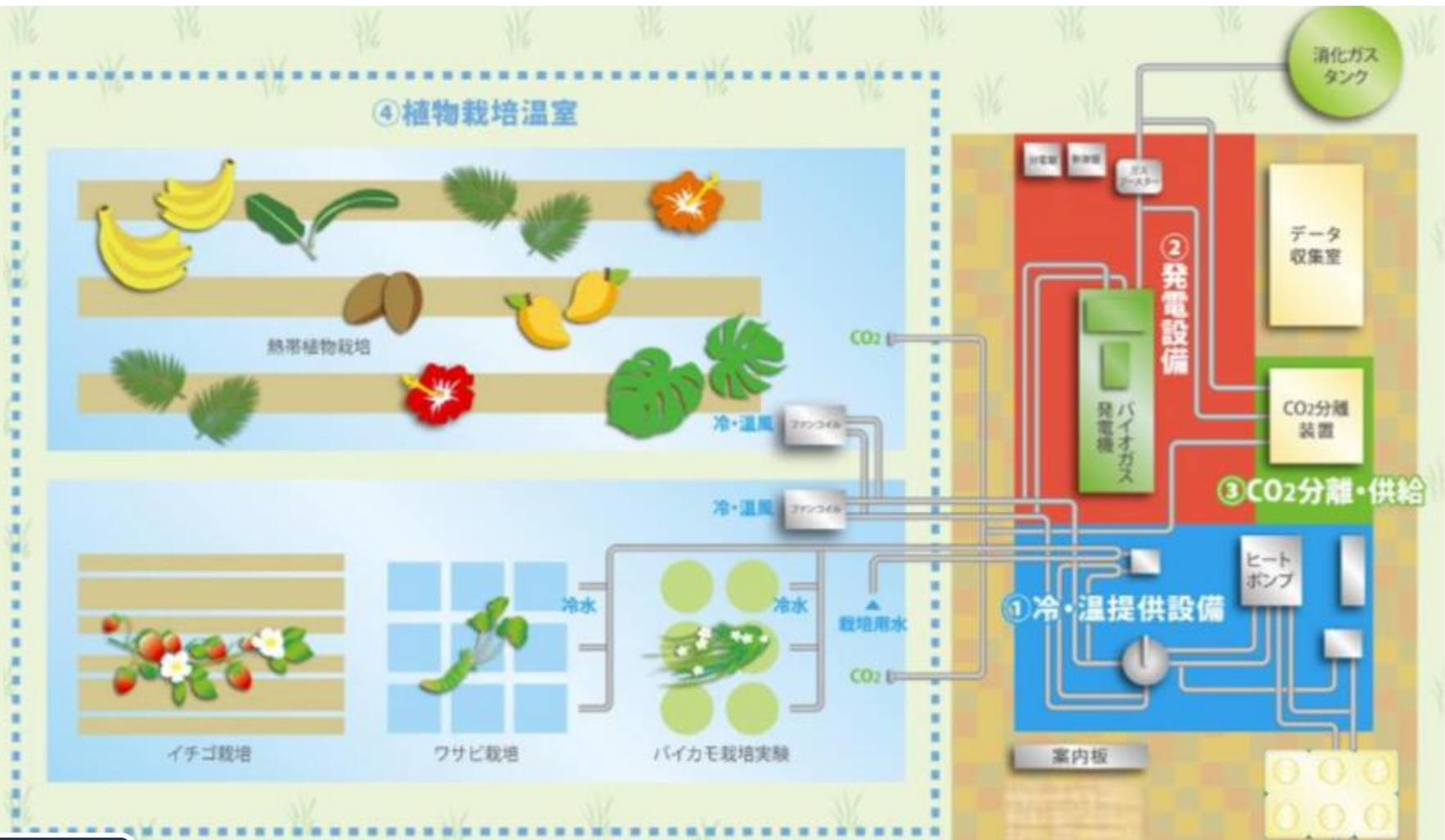
塩素混和池

ハウス2棟

管理棟

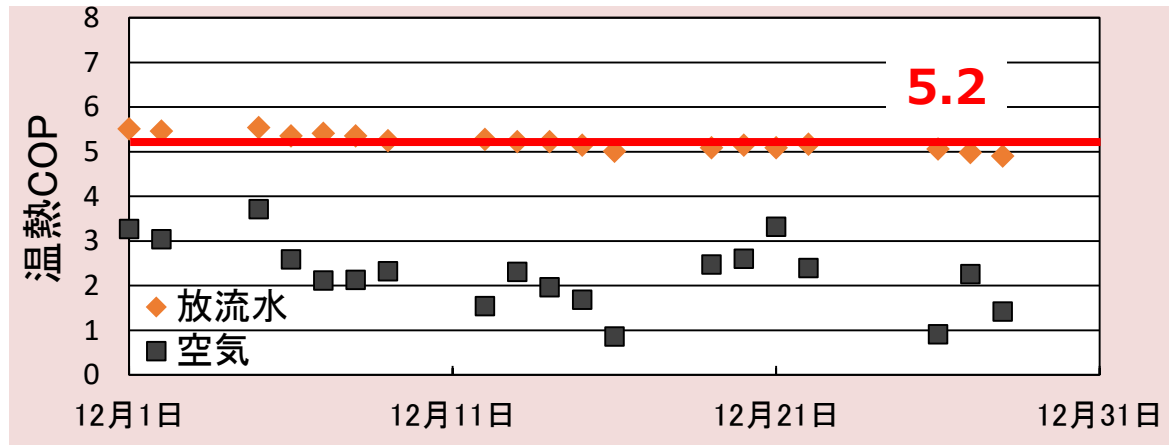
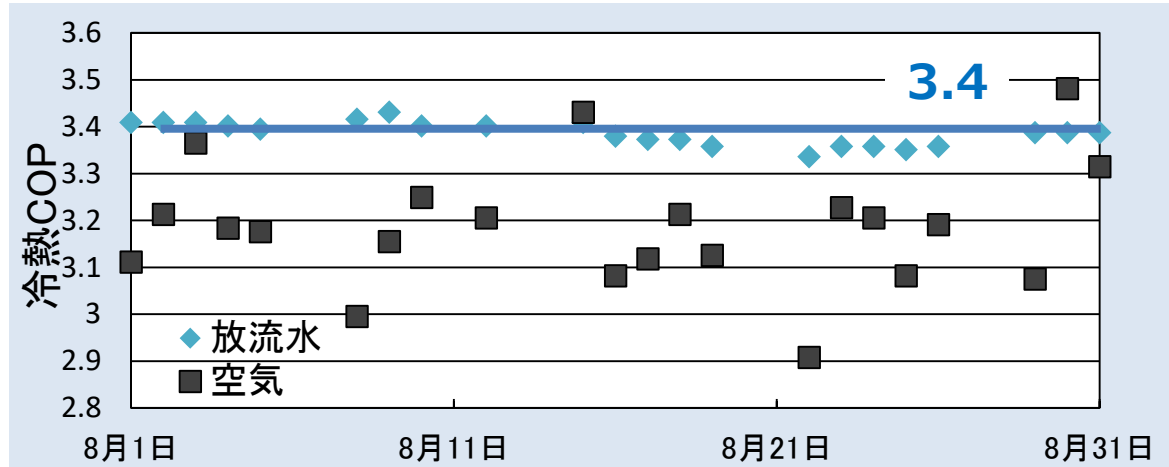
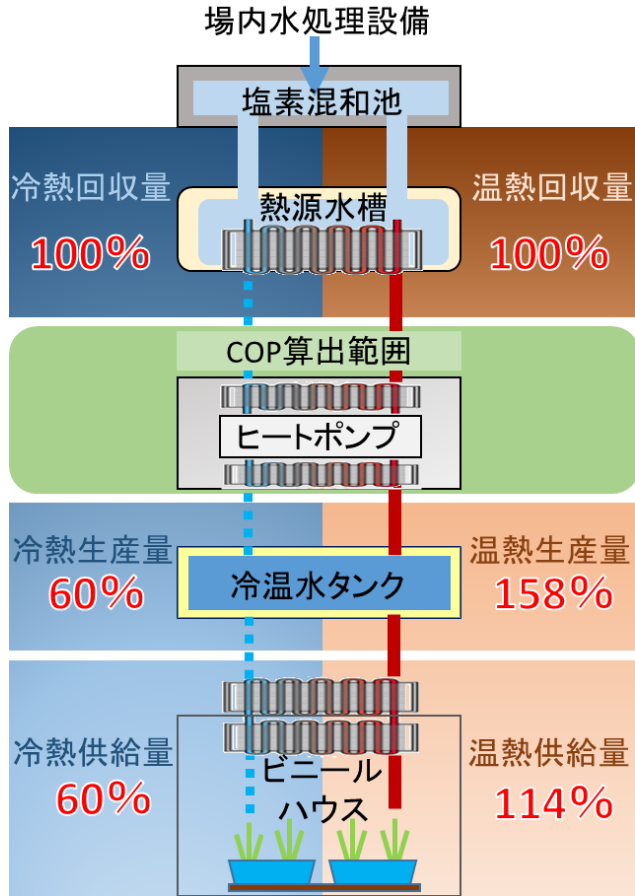
実験設備





特徴

- ① 下水処理水を熱源とした冷・温提供
- ② バイオガスから生産したCO₂分離・提供
- ③ バイオガス発電機による電力提供と廃熱・排ガスを用いた熱・CO₂供給
- ④ 冷・温熱とCO₂を利用する植物栽培温室

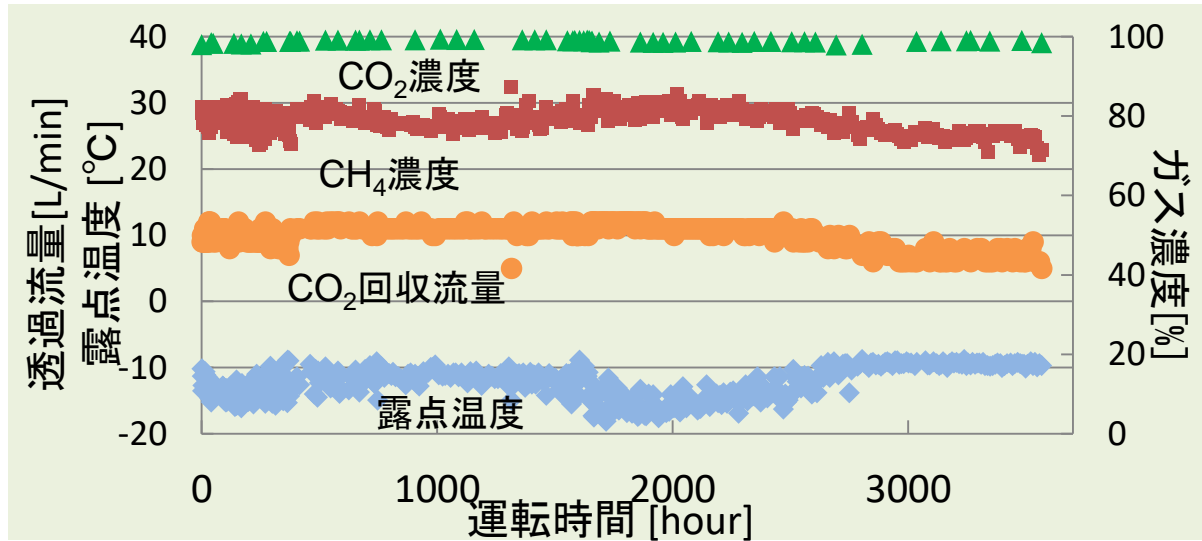
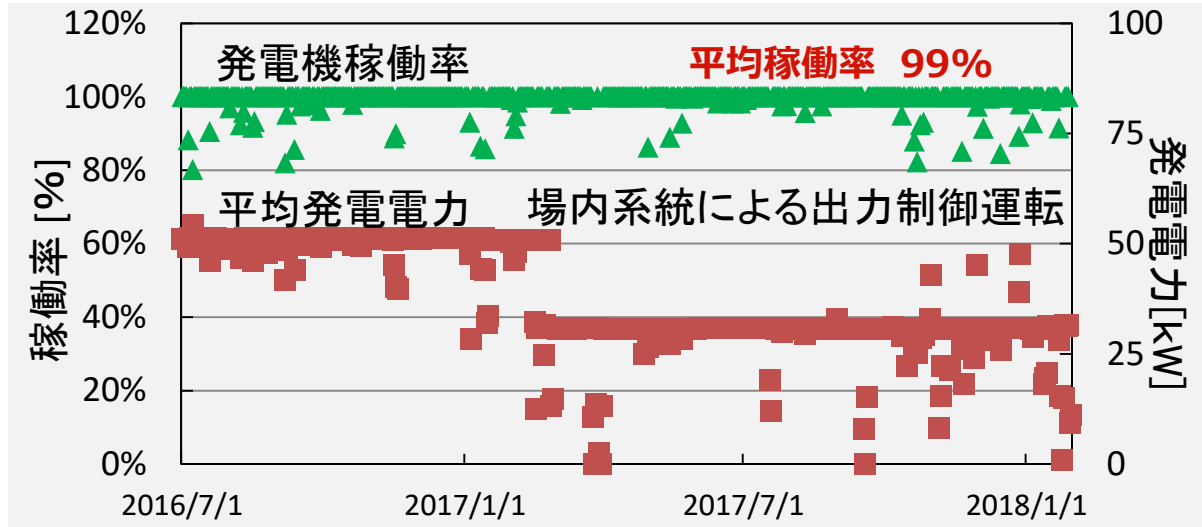


下水熱源と空気熱源のCOP比較

結果

- ・空気熱源に比べ下水を熱源とすることで、効率が良くなった。
- ・冷熱で熱源温度26℃以下でCOPが3.4以上となる。
また温熱では熱源温度15℃以上でCOPが5.2以上得られる。
- ・2年間の運転結果でも汚れやごみによる熱回収効率の低下は見られなかった。

バイオガス利用設備の運転結果



結果

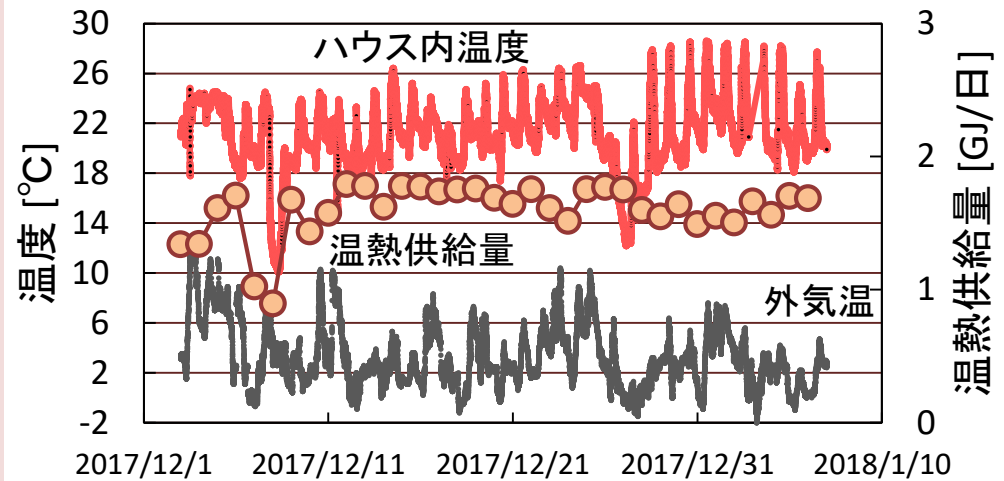
・CO₂分離設備は98%以上の濃度で回収し、安定して稼働することができた。

温熱供給による環境構築結果



ファンコイル

温熱供給

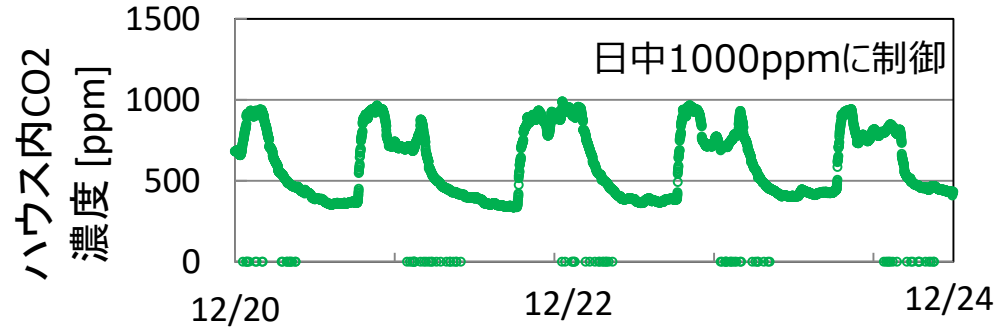


CO₂による環境構築結果



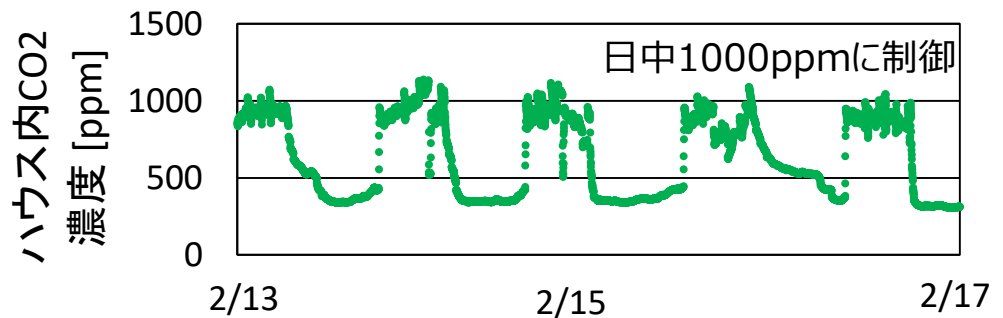
気体分離膜

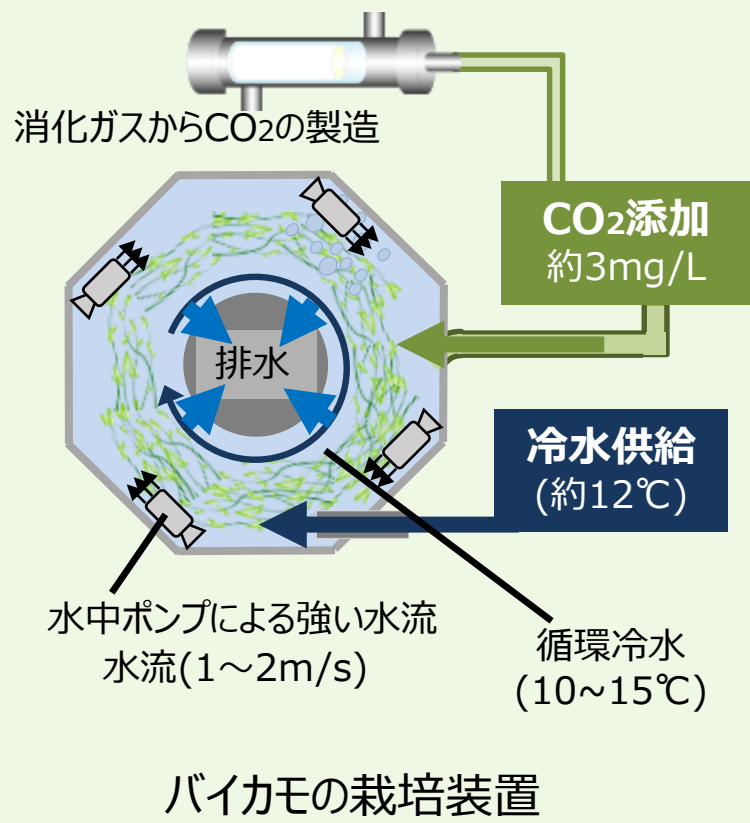
CO₂供給



バイオガス発電機

排ガス供給

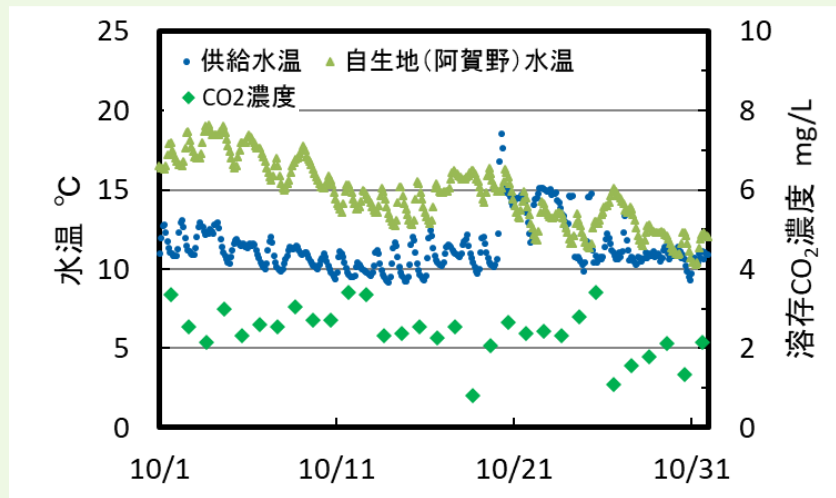




自生地土壤の水槽



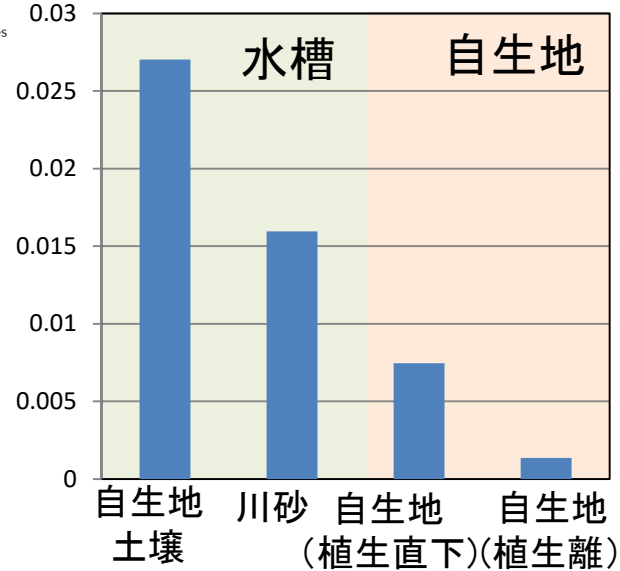
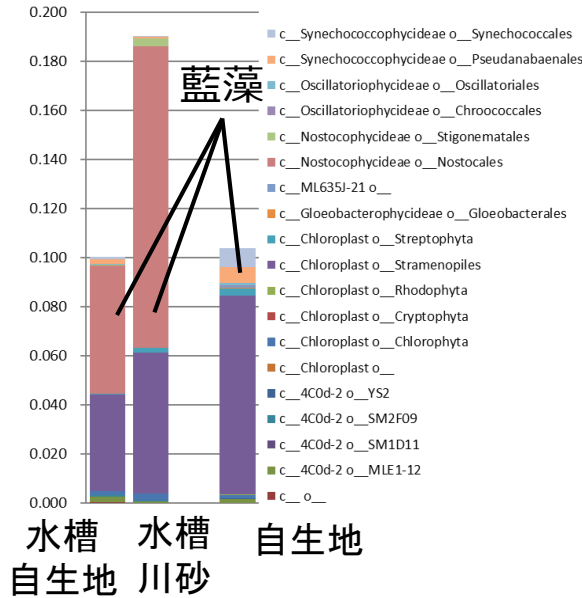
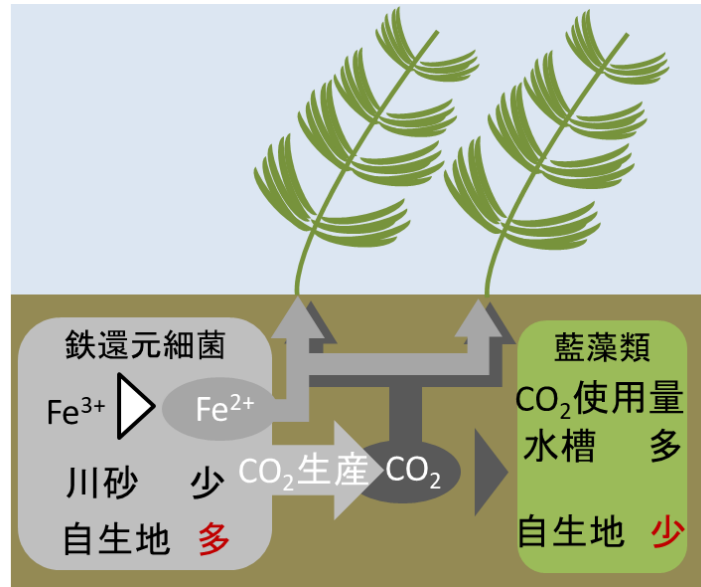
市販川砂の水槽



水槽への供給水温・CO₂濃度と自生地水温

バイカモ栽培の成果

- ・10~15℃の冷水環境を再現しH28年度7カ月、H29年度6ヶ月間栽培を行った
- 自生地と同等・低い水温の維持、CO₂安定供給
- ・自生地の土壌を使用した装置で栽培結果が良好



土壌と梅花藻の関係

藍藻の占有率

鉄還元細菌の占有率

バイカモ栽培条件の傾向

- 藍藻類が少なく土壌中の CO_2 を梅花藻が多く使用出来る
- 鉄還元細菌が多く、梅花藻が吸収できる生育に必須な鉄 (Fe^{2+})が多い
→不足すると色が白化する

仮説

バイカモが鉄還元細菌と共生関係にあり、鉄の補給が必要

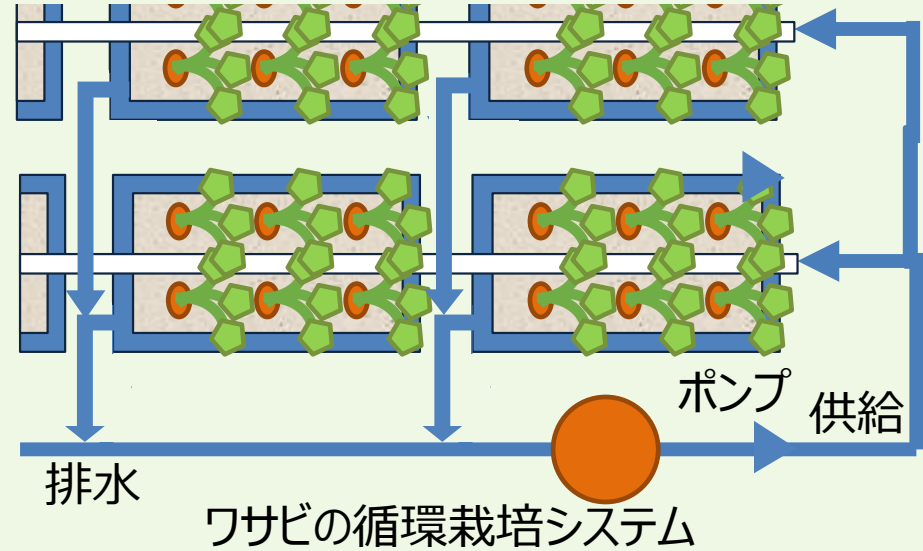
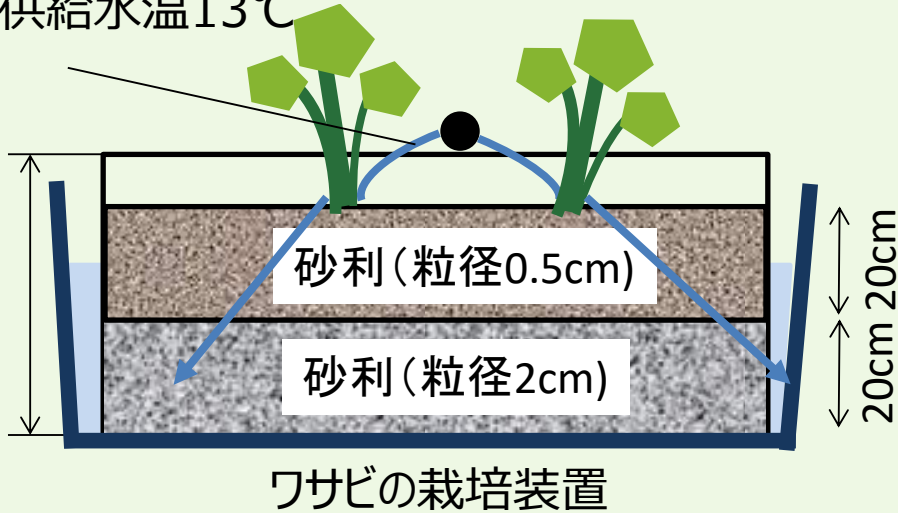
藍藻類を発生させずに梅花藻が生育できる環境構築が必要



栽培の様子
(90株)



供給水量0.25L/min・株
供給水温13℃



ワサビ栽培の成果

・下水冷熱と肥料の循環利用によりワサビを収穫することができた。



施肥前 0~6ヶ月



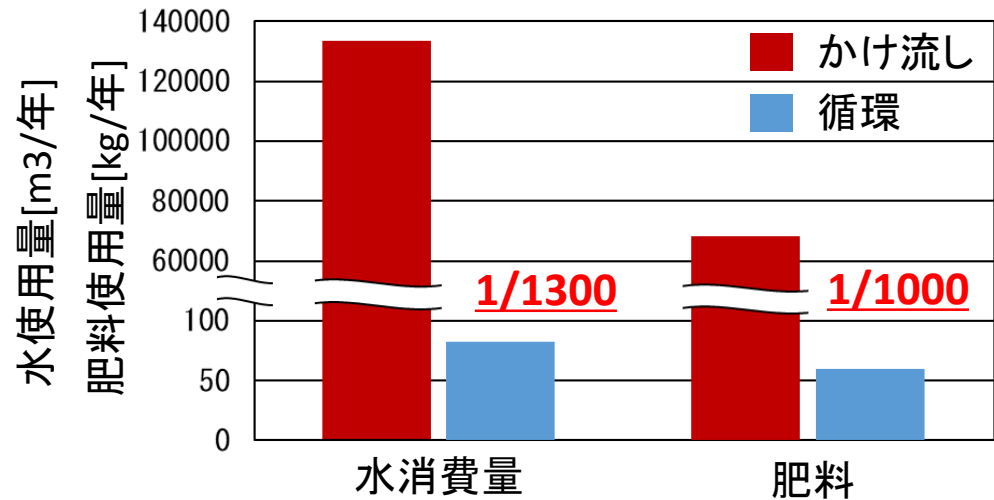
施肥後 2ヶ月



施肥後13ヶ月

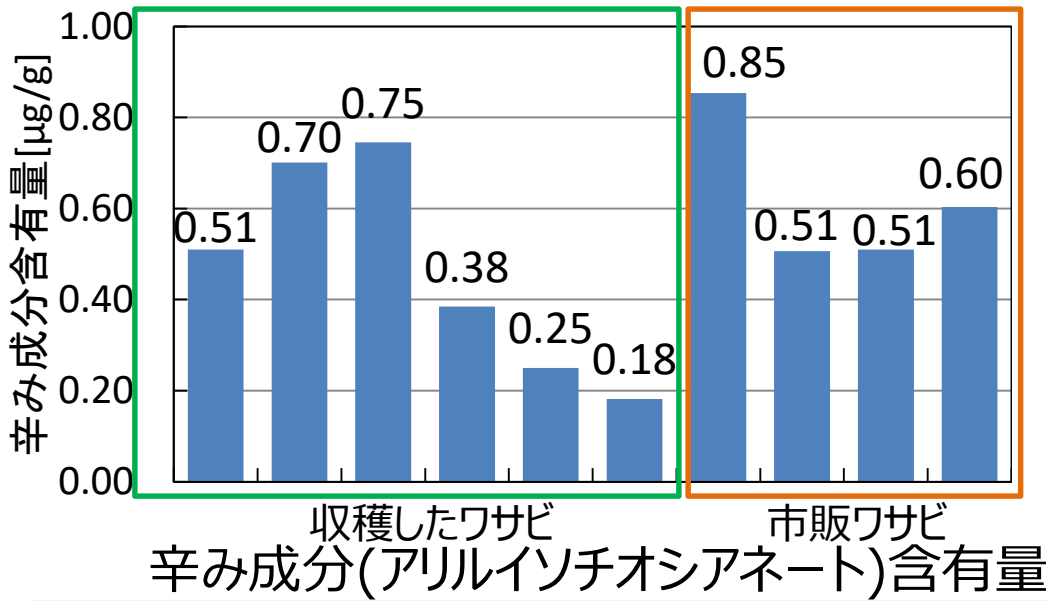
水使用量・肥料コスト計算条件

- 栽培株数：**1000株**
- 冷熱の利用期間：5月～10月
- 冷熱使用量、冷熱COP：
各時期の実験結果を使用
- 植物供給水量：**360L/(日・株)**
- 肥料使用量：**0.5kg/m³-栽培水**



ワサビ栽培の成果

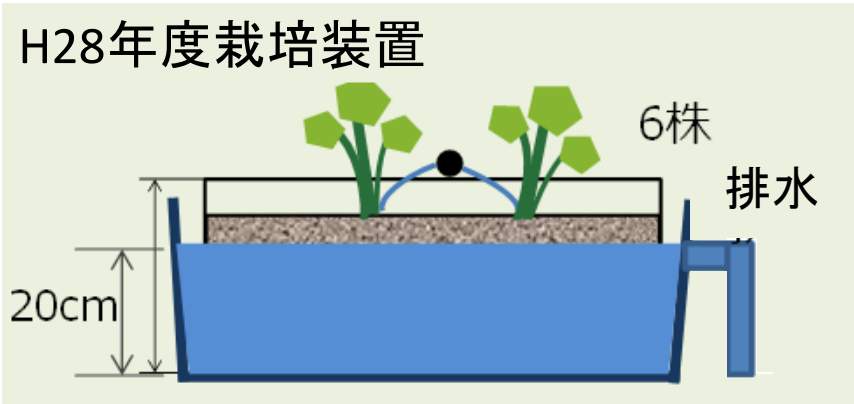
かけ流しより**水消費量1/1300、肥料使用量1/1000**で栽培可能



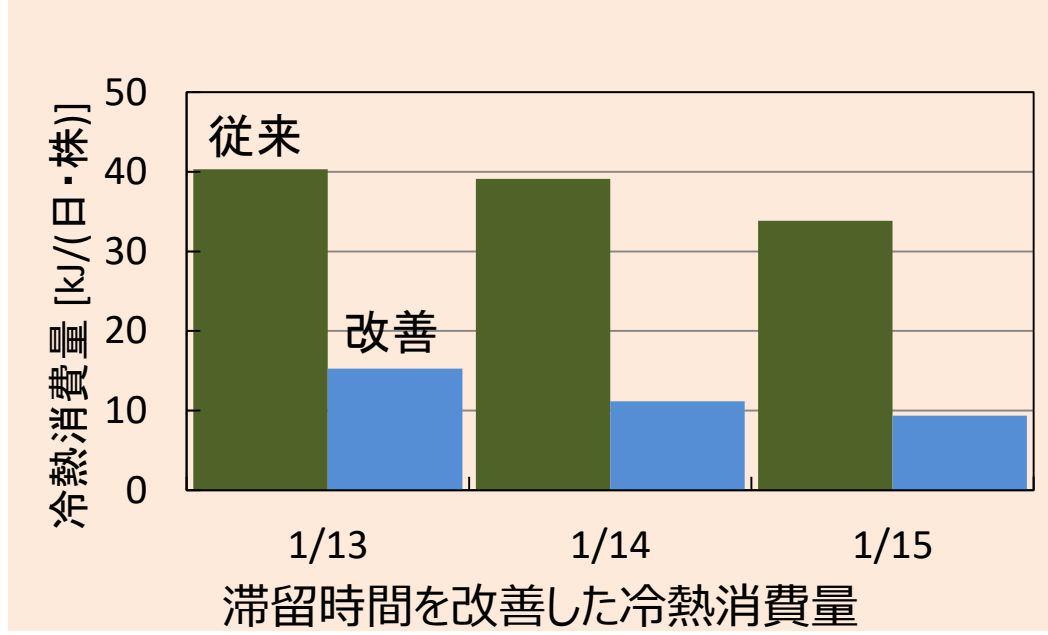
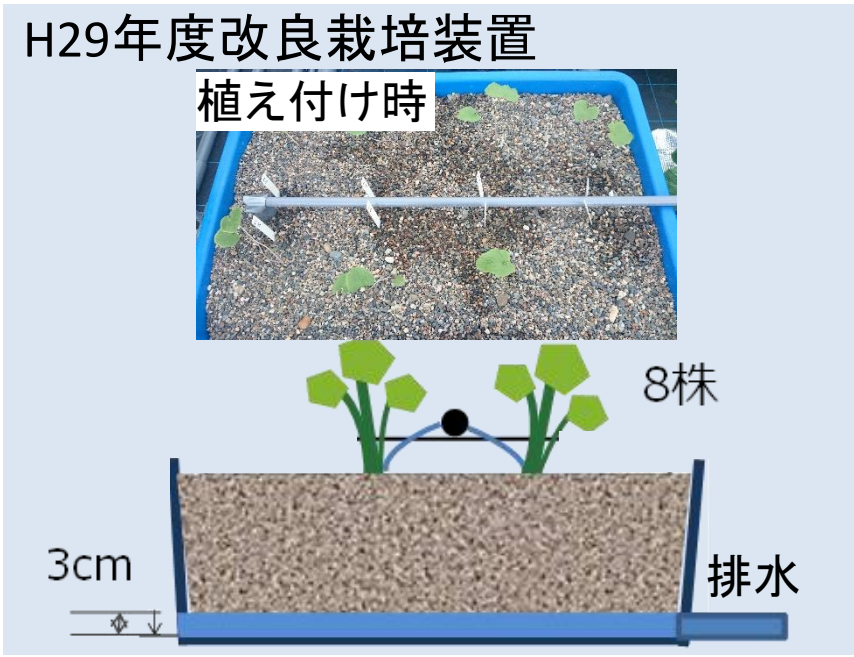
第一期の収穫(19ヵ月栽培)
全38株の収穫予定の内、26株収穫
→冷熱と施肥によって栽培、収穫できた
辛み成分を含み、食用として利用可能

今後、病気や害虫対策を行い廃棄率を下げしていく

ワサビ栽培槽の改善結果



栽培装置	栽培株数 [株]	栽培水量 [L]	供給流量 [L/min]	滞留時間 [min]
従来	6	100	0.25	67
滞留時間を改善	8	15	0.25	8

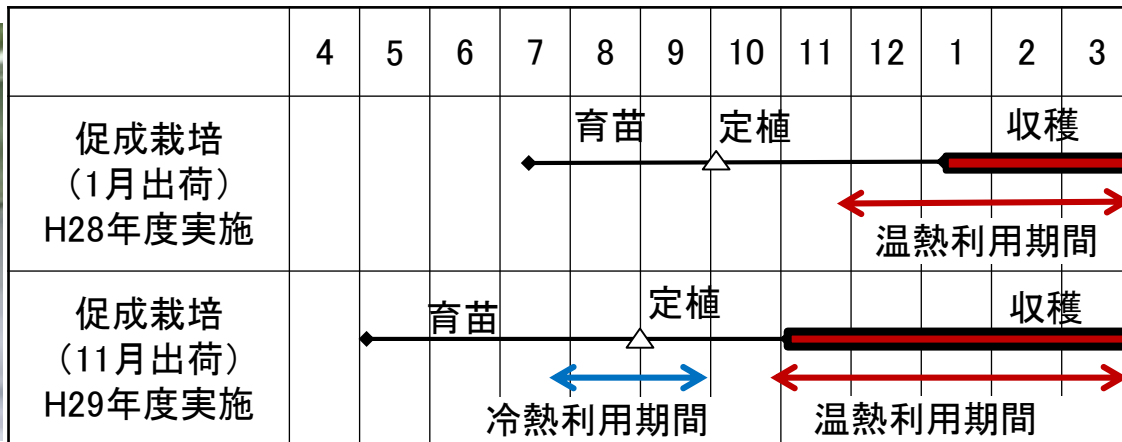


ワサビ栽培の成果

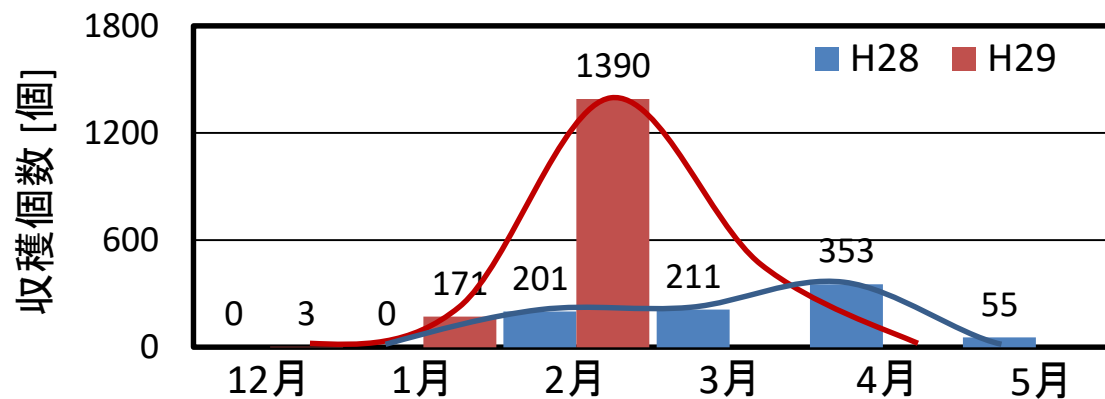
栽培槽の改善により消費熱量をこれまでの1/4まで減少できた
→ランニングコストの削減



イチゴ栽培の様子



年度	収穫数 [個]	一株あたり [個]	糖度
H28	820	5	9~10
H29 (2月時点)	1390	8.7	9.7~11.5



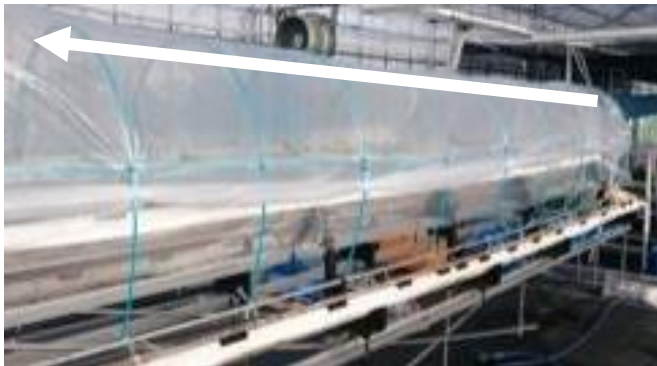
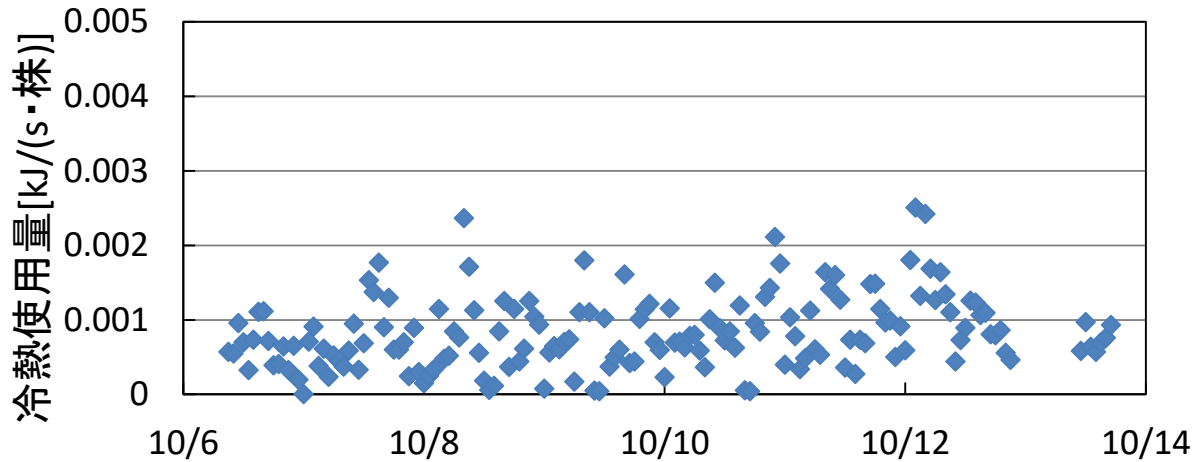
H28・H29年度収穫結果 (160株)

イチゴ栽培の成果

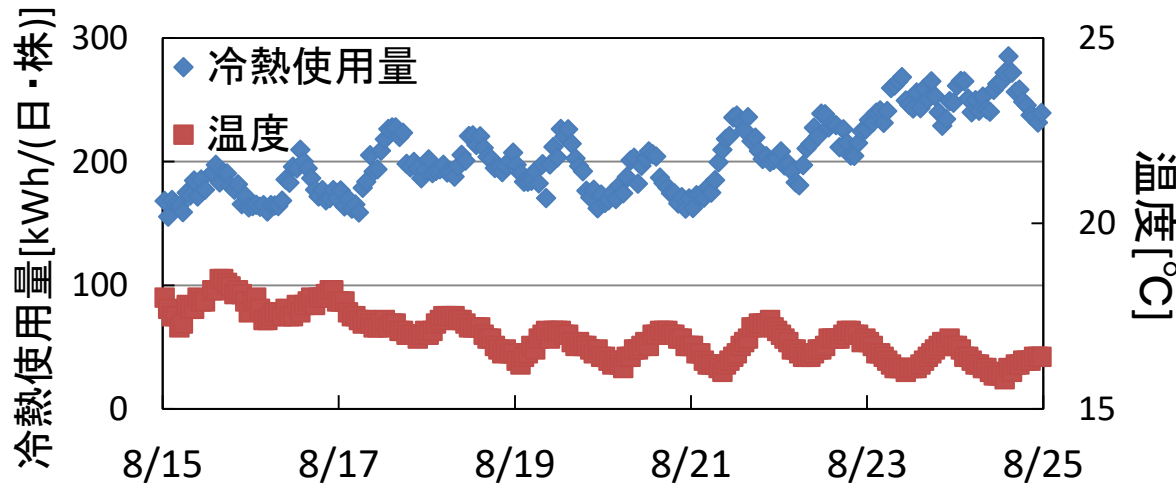
- 下水冷熱を利用することで12月から収穫を行うことができ、**超促成栽培の冷熱環境を構築することができた。**



株元の冷却装置 (冷水)



葉茎の冷却装置 (空間)



イチゴ栽培の成果

・冷水の供給は空間の冷却に比べ効率的であった。

→ 冷熱の植物栽培利用は冷水を利用した間接冷却等の栽培方法を検討する。

4/22 スリナムチェリー



10/6 スターフルーツ



5/11 ウツボカズラ



4/7 メディニラ・ミニマタ



9/30 三尺バナナ



5/11 マンゴー



10/2 ニンニクカズラ



10/29 シコンノボタン



1/10 観賞用パイナップル



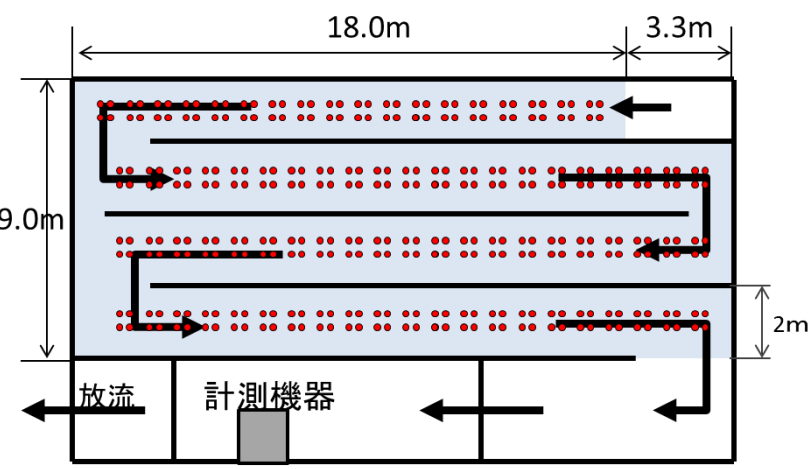
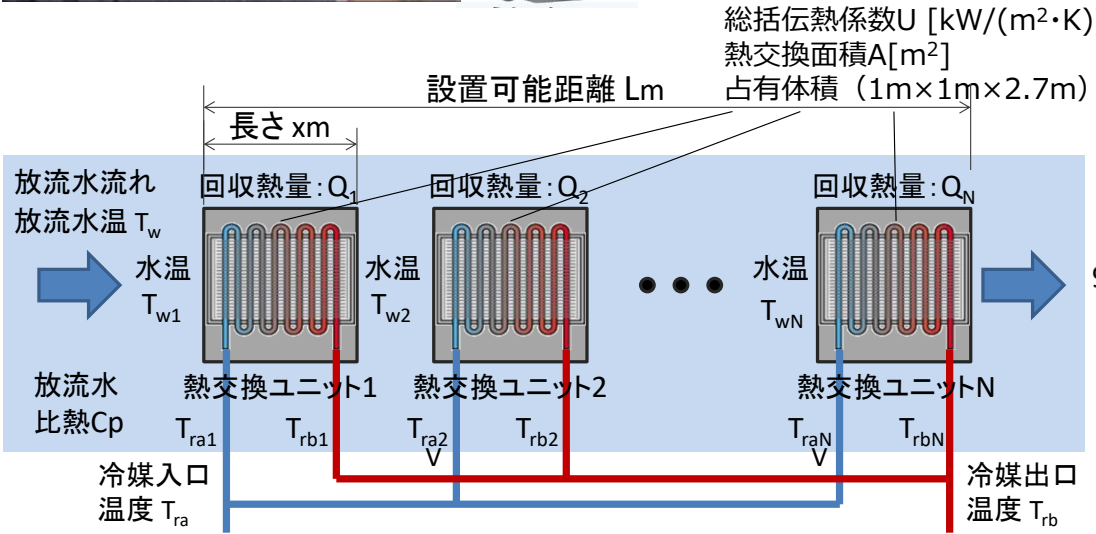
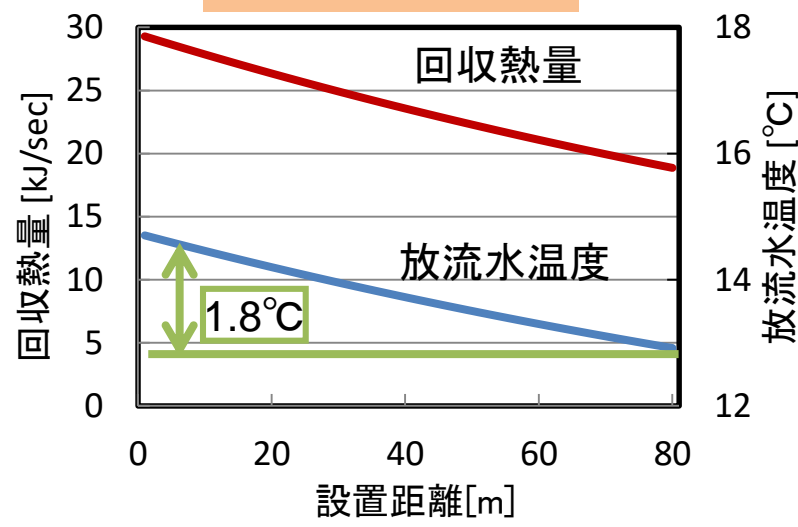
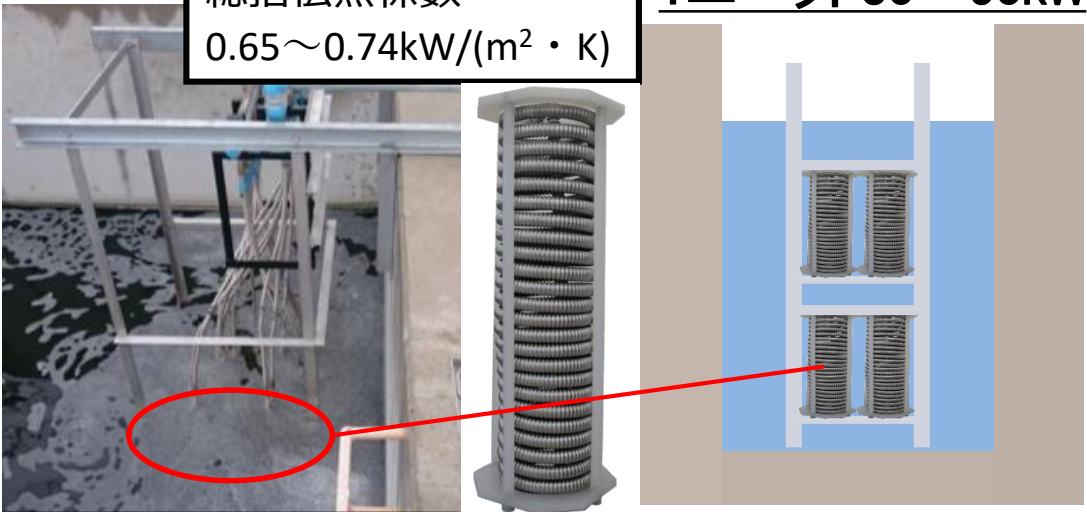
50種類以上の熱帯植物を栽培

塩素混和地からの回収可能な下水熱量の推定 18/20

総括伝熱係数
0.65~0.74kW/(m²・K)

1ユニット30~50kW

合計164GJ/日



設置ユニット数 $N=L/x$

$$Q_n = UA\Delta T_{mn} \quad \Delta T_{mn} = \frac{(T_{wn} - T_{ran}) - (T_{wn} - T_{rbn})}{\ln\left(\frac{T_{wn} - T_{ran}}{T_{wn} - T_{rbn}}\right)}$$

$$T_{wn+1} = Q_n / (Cp \times 252) + T_{wn} \quad (n=1, 2, \dots, N)$$

回収可能下水熱量 $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$

設置総距離 : 82m 熱交換器占有面積 : 20m²
 熱交換ユニット : 80個 塩素混和池面積 : 160m²
 熱交換ユニット回収熱量 : 2400kW・熱交換器

下水資源の植物栽培への適用規模

20/20は都合により掲載
していません。

19/20

冷熱利用

回収熱量

164 GJ/日

利用可能冷熱量

102 GJ/日

放流水温25.9℃

夏

ワサビの冷熱消費量

4.0MJ/(日・株)

(外気温10.4~22.3℃
供給水温12~13℃時)

ワサビの栽培可能株数

2万5500株

(下水熱賦存量を損失
無く利用できた場合)

温熱利用

回収熱量

164 GJ/日

利用可能温熱量

256 GJ/日

放流水温15.2℃

冬

ハウス*1の温熱消費量

1.8GJ/(日・棟)

(外気温0~7℃
ハウス内20℃に維持)

ハウス*1環境構築
可能棟数

142棟

(下水熱賦存量を損失
無く利用できた場合)

消化ガス中CO₂利用

消化ガス発生量

2388m³/日

CO₂利用可能量

**238~860
m³/日**

(CO₂濃度98%、回収率25~90%で回収)

通年

ハウス*1のCO₂消費量

7 m³/日

(ハウス内CO₂濃度900ppm、
6:30~16:00までCO₂を供給)

ハウス*1環境構築
可能棟数

34~122棟

*1: ハウス面積 144m²、内張りの高さ 2m