

下水熱を活用した循環わさび栽培の効率化

資源エネルギー循環研究室 18325282 雲 琢磨
指導教員 姫野 修司 小松 俊哉

1. 研究背景

近年、日本を含む世界各国では2050年までに温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにするカーボンニュートラルを目指している。対策として再生可能エネルギーや未利用熱の利用などが挙げられる。本研究では、未利用熱の1つである下水熱に着目した。下水熱は外気温に比べて通年の温度変化が小さく、夏期は冷熱、冬期は温熱の回収が可能である。しかし、地方都市ではほとんどが未利用である。本研究では、地方都市における農業の熱需要に着目し、特に利用用途の少なく、冷熱需要があるわさびを栽培対象とした。

2. 目的

実験フィールドとして新潟市西区の下水処理場の実験設備を設け下水熱回収からわさび栽培の環境構築を行った。本研究は下水熱回収実験として塩素混和池からの熱回収方法の違いによる性能比較、わさび栽培に要するエネルギーの削減、わさびの収率増加のための栽培環境の開発を行い、本システムのCO₂削減効果を明らかにした。

3. 実験方法

図1に実験設備の概要を示した。下水処理水が集水する塩素混和池にコイル式熱交換器を25 [kW]を2台浸漬させ下水熱回収した。その後、回収した下水冷温熱より冷房能力62 [kW]、暖房能力65 [kW]のヒートポンプ（以下、HP）を用いて夏期は7 [°C]、冬期45 [°C]の冷温水を製造し、容積1.4 [m³]の冷温水タンクに貯留した。表1にわさび栽培の概要を示した。本研究のわさび栽培は2019年3月より2品種のわさびとして「正緑」222苗、「真妻」

318苗の計540苗を定植した。栽培水は塩素除去した水道水とヒートポンプより製造した冷温水をプレート式熱交換器50 [kW]に流入させ、年間を通して12~14 [°C]に維持し、1苗あたり0.15 [L/min]で供給した。わさびの栽培水は全量約8600 [L]を循環させ供給後の栽培水は再利用することで栽培水を捨てない循環栽培とした。

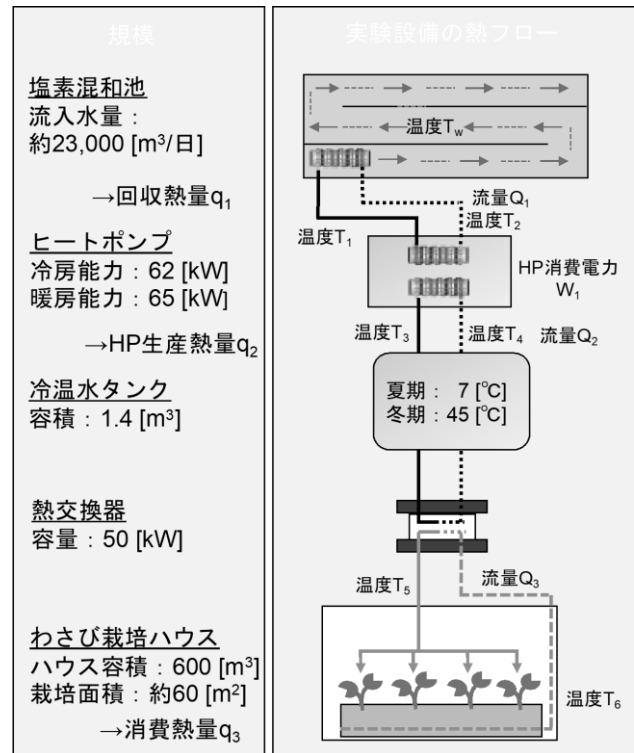


図1 実験設備の概要と熱フロー

表1 わさび栽培の概要

項目		値
栽培数 [苗]	正緑	222
	真妻	318
栽培面積 [m ²]		60
栽培水量 [L]		8,600
供給水量 [L/min・苗]		0.15
栽培水温度 [°C]		12~14
栽培水DO [mg/L]		10程度
栽培方法		循環利用

4. 実験結果

4.1. 下水放流水からの熱回収実験

下水熱の採熱方法は浸漬型と引き込み式に大きく分けられる。浸漬型は熱交換器を採熱対象地媒体に浸漬させるため熱交換する循環側の媒体のみの動力しか要さない利点があるが採熱対象媒体の流量を制御できないため、面積当たりの伝熱係数が低い点が課題である。引き込み式は熱交換する両媒体での流量制御が可能で熱伝達効率が高い利点がある。しかし、熱交換を行う両媒体で動力を要する点と、放流水を通水した際の汚水由来の汚れの付着による影響は課題である。本検討では両採熱方法において、放流水からの熱回収の際に起こる性能低下の把握とメンテナンス頻度の検討、要するエネルギーあたりの得られる熱量の効率を明らかにした。

各熱交換器の採熱フローを図2に示した。2021年2月15日から2022年2月28日までの引き込み式熱回収で用いたプレート式熱交換器と浸漬方法で用いたコイル式熱交換器の総括伝熱係数の1時間平均値を図3に示した。プレート式熱交換器は流量変更期間を除いた総括伝熱係数の平均値は $5.13[\text{kW}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ 、コイル式熱交換器では $0.51[\text{kW}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ となり、引き込み式で用いたプレート式の方が10倍以上高い結果となった。流量変更期間では、2次側の流量を $21[\text{L}/\text{min}]$ から1次側と同じ $54[\text{L}/\text{min}]$ に増加することで流速が $1.1[\text{m}/\text{s}]$ から $2.8[\text{m}/\text{s}]$ とした。対数平均温度差と交換熱量の推移を図4に示した。流速が増加することで対数平均温度差平均 $10.1[^\circ\text{C}]$ から $15.9[^\circ\text{C}]$ に増加し、総括伝熱係数が減少した。また、引き込み式では約8か月で11%の性能低下を確認した。実験開始から3か月では $3.8[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{日}]$ の速度で7%低下し、その後は $1.5[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{日}]$ の速度で4%低下した。以降も $1.5[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{日}]$ と仮定した場合、年間で17%の性能低下が起こると推算される。実験開始8か月時点でプレート式熱交換器を分解し、5%ク

エン酸を塗布後、ブラッシングを行った。分解洗浄を行った結果、初期値の96%まで回復した。よって初期性能に対して80%の性能を維持する場合1年に1度の洗浄が望ましいと言える。対して、浸漬方法で用いたコイル式熱交換器は既存研究で行ってきた約3年間で性能低下は確認しなかった。これよりコイル式熱交換器は表面のみの汚れの付着であるがプレート式熱交換器はプレート内部の密閉系で汚れが溜まり、熱交換に影響が大きいことを確認した。

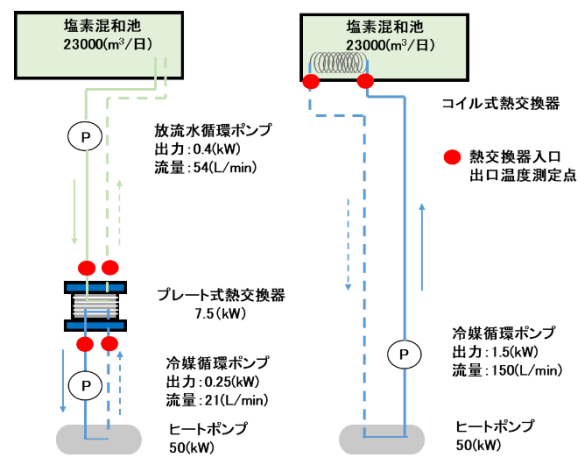


図2 各熱交換器採熱方法

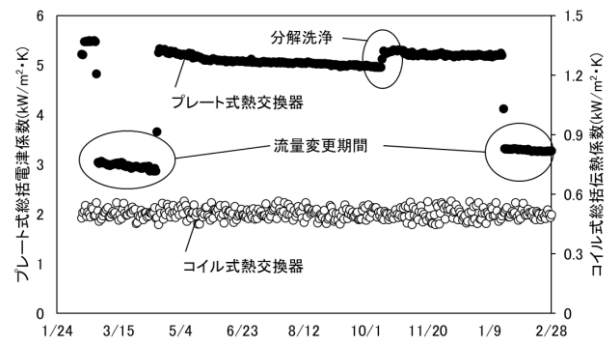


図3 各熱交換器での総括伝熱係数

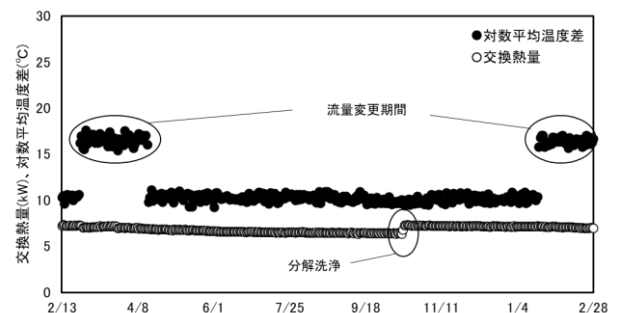


図4 プレート式での対数平均温度差と交換熱量

また、各方法での採熱に要する動力あたりの回収熱量による採熱効率の試算については、本設備における塩素混和池からヒートポンプまでの熱回収に要する水平配管距離は両方法で同距離とし、浸漬方法ではコイル式熱交換機を塩素混和池に浸漬させる必要があるため水平距離に加えて塩素混和池壁面高さを、鉛直距離を揚程に加えた。引き込み式は水平距離のみとした。各方法での全揚程と、熱交換器本体圧力損失を表2に、熱回収効率の結果を表3に示した。回収熱量は2月13日から12月30日までの実測値の平均値である浸漬型28.9[kW]、引き込み式6.8[kW]を用いた。必要動力は採熱に要した循環ポンプの消費電力の実測値を用いた。浸漬型では回収熱量29[kW]に対して必要動力が1.5[kW]で効率が19、引き込み式では回収熱量6.8[kW]に対して必要動力が0.65[kW]で効率が11となった。浸漬型の方が1.7倍高くなった要因としては塩素混和池からHPまでの熱回収で浸漬型では動力ポンプが1台で循環することに対して引き込み式では2経路分の台数が必要であること、熱交換面積あたりの熱交換器本体圧損が引き込み式では流路の狭さから高くなることが考えられる。

表2 各方法での全揚程と本体圧力損失

	引き込み式		浸漬型
	汚水側	冷媒側	
全揚程[Mpa]	0.18		0.31
本体圧力損失「Mpa」	0.10	0.020	0.22

表3 各方法での採熱効率

	引き込み式	浸漬型
回収熱量[kW]	6.8	29
必要動力[kW]	0.65	1.5
熱回収効率[-]	11	19

4.2. 循環わさび栽培の省エネ技術開発

本研究で行っている循環わさび栽培において、2019年度は特に省エネ栽培は行わずに、

循環栽培でわさびが生育することを確認した。2020年度では、栽培プラントの熱消費削減を目的にわさび日定植部分(栽培田表面の40%)に断熱材を敷設した。概要図を図5に示した。また、2021年度では循環システム全体での熱消費の精査を行い、循環システム中の曝気槽部分で約20%の熱消費を確認したため、曝気槽を撤去し送水ポンプでの栽培水の循環とした。2019～2021年度のハウス内温度ごとの消費熱量と、消費熱量の1年積算値を図6に示した。断熱パネル敷設による熱消費削減効果は、1年積算消費熱量で2019年度の147,461[MJ/年]に対して2020年度では114,861[MJ/年]となり、約23%削減した。また、曝気槽撤去による熱消費削減効果は、10月21日～12月31日の積算消費熱量は2020年度では25427[MJ/day]、2021年度では19731[MJ/day]となった。曝気槽を撤去することで約22%の消費熱量を削減した。次に、わさび消費熱量はハウス内温度と相関があることから各年度でハウス内温度と消費熱量で線形近似し、直線式の傾きを比較した。2019年度は30[MJ/°C]、2020年度は23[MJ/°C]、2021年度は25[MJ/°C]となった。2019年度に対して2020年度、2021年度はハウス内温度の上昇に伴う消費熱量の上昇率を緩和していると言えるが、2020年度に対して2021年度の傾きが増加している原因としては、今年度の曝気槽撤去が10月に行ったため、5～15[°C]の消費熱量は削減できているが15[°C]以上の夏期などでの消費熱量が昨年度から削減できていないことが傾きに影響していると言える。また、各年度で同じハウス内温度時の熱量を比較した。夏期の代表温度として31.5[°C]、冬期の代表温度として2.4[°C]とした。夏期では2019年度は1094[MJ/日]、2020年度は902[MJ/日]、2021年度は883[MJ/日]であった。冬期では2019年度は478[MJ/日]、2020年度は390[MJ/日]、2021年度は301[MJ/日]であった。同じハウス内温度

下でも、夏期、冬期で2019年度から2020年度で約20%の熱消費を、2020年度から2021年度では曝気槽を撤去した冬期では23%の熱消費削減効果があり、省エネ栽培の効果を確認した。

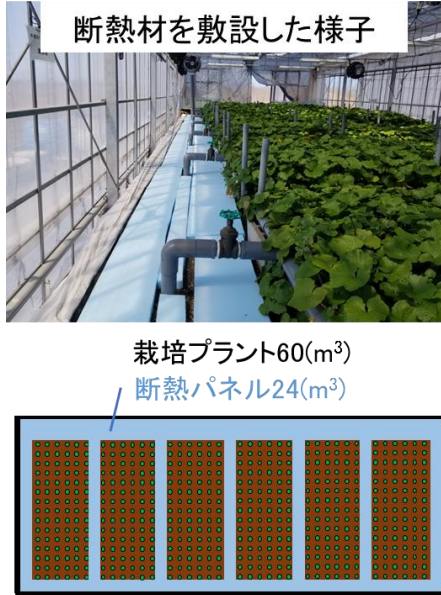


図5 栽培田断熱の概要

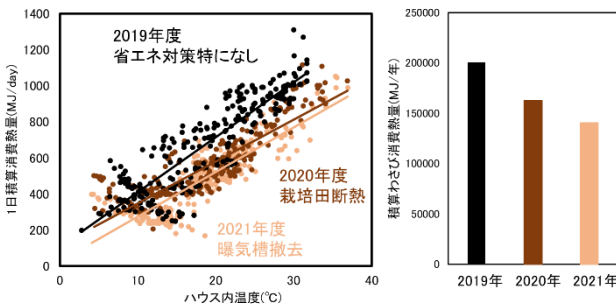


図6 2019~2021年度の消費熱量

本実験設備では、栽培水を循環させて栽培水温度を管理する循環栽培を行っている。対して、新潟県糸魚川市の糸魚川わさび園では地下水をくみ上げてわさびにかけ流す栽培を行っている。また、本設備では栽培プラントを地上に盛り土状に形成しているが、糸魚川わさび園では地下を掘削して栽培プラントを形成している。本節では、糸魚川わさび園の栽培プラントで栽培水供給温度と栽培水排水温度を計測し、本設備と同様に消費熱量を算出した。

糸魚川わさび園で計測を開始した9月1日からの本設備と糸魚川わさび園の単位面積当たりの消費熱量の1日平均値と両ハウスのハウス内

温度の1日平均値を図7に示した。期間中の平均消費熱量が本設備では3.18[kJ/min・m²]、糸魚川わさび園では3.44[kJ/min・m²]となり本設備の方が8%高い結果となった。実測値から、栽培プラントを本設備のように地上に形成するよりも地下に形成した方が、熱消費が少ないことと考えられる。

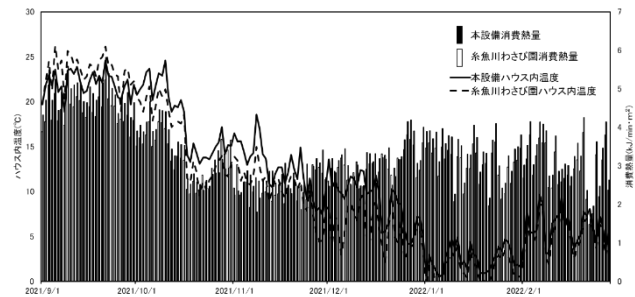


図7 本設備と糸魚川わさび園の消費熱量

4.3. わさび収穫結果と収率増加環境開発

2021年3月に生育期間である24ヵ月を迎えた真妻種の収穫結果を報告する。

収穫結果の比較対象として、新潟県糸魚川市で地下水を栽培水とした30,000苗のわさび栽培（真妻）を実施している糸魚川わさび園の2019年3月に定植されたわさびを選定した。糸魚川わさび園では、2019年3月定植分が全量収穫されたのは2021年10月であった。本研究では、定植から24ヵ月と、30ヵ月時点での収穫量から得られる収率で比較した。

2021年3月の本設備と糸魚川わさび園でのわさび収穫結果として、重量の度数分布を図8に示した。本設備では15苗、糸魚川わさび園では30苗収穫した。総重量は本設備で1.8[kg]、糸魚川わさび園で4.8[kg]となった。収率においては本設備が1.2[kg/m²]、糸魚川わさび園が1.6[kg/m²]となった。本設備の方が、収率が低い原因としては、親株と子株を合わせた1株あたりの平均重量は本設備、糸魚川わさび園共に58[g]であるが、1株あたりの平均子株数は本設備で2.3[子株/親株]、糸魚川わさび園では3.1[子株/親株]となったことから、重量に差はないが親株に付帯する子株が本設備の方が

少ないことが分かった。2019年9月に2度目の収穫を本設備と糸魚川わさび園で行った。9月収穫分の度数分布を図9に示した。本設備では10苗、糸魚川わさび園では10苗収穫した。総重量は本設備で1.4[kg]、糸魚川わさび園で1.7[kg]となった。収率においては本設備が1.4[kg/m²]、糸魚川わさび園が1.7[kg/m²]となった。1度目の収穫から約半年で、本設備では0.2[kg/m²]、糸魚川わさび園では0.1[kg/m²]収率が増加した。1回目の収穫結果と同様に、1株あたりの平均子株数は本設備で2.2[子株/親株]、糸魚川わさび園では2.8[子株/親株]となったことから、親株に付帯する子株が本設備の方が少ないことが分かった。生育に差が生じる原因として、栽培水温、培地環境が考えられる。

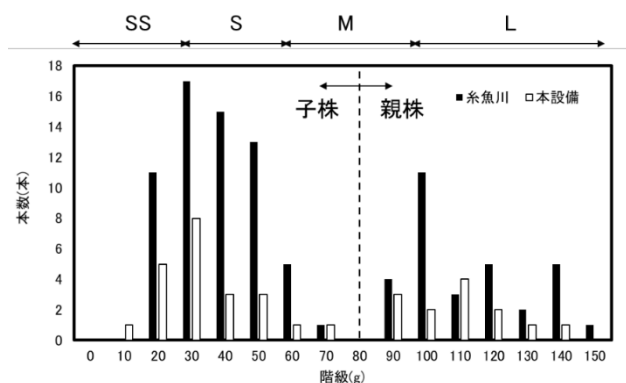


図8 本設備と糸魚川わさび園の収穫結果(2021年3月)

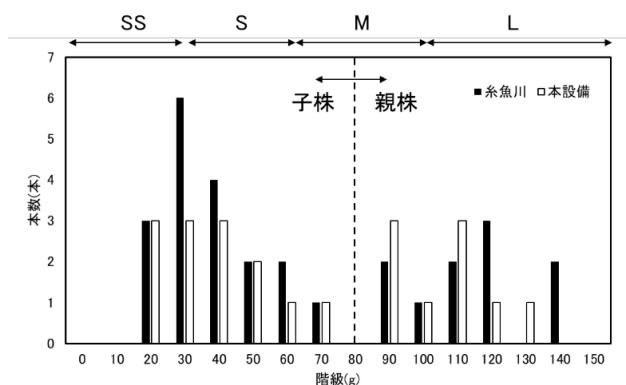


図9 本設備と糸魚川わさび園の収穫結果(2021年9月)

また、わさびの収率増加を目的に、わさびの栽培間隔を減らし、わさび1株あたりの栽培面積を縮小させる栽培方法の開発を行った(図

10)。既存の栽培方法では1株あたりの栽培面積は0.09[m²/株]である。対して、0.03[m²/株]の栽培面積でのわさび栽培を2021年5月20日より開始した。

わさびは茎を伸ばし、伸びた茎が枯れてまた新たな茎を伸ばして成長していく特性を持ったため、2022年2月25日時点、可食部の生成は確認されず生育の評価を根部分の長さとした。0.09[m²/株]では27[cm]、0.03[m²/株]では32[cm]と各条件で大きな差はなく、生育8か月時点では栽培面積による生育差は確認されなかった。これより、収率が過去の本研究での1.2[kg/m²]から3.8[kg/m²]に増加させることが可能となり、更にわさび1株あたりの消費熱量の削減も期待できると考えられる。

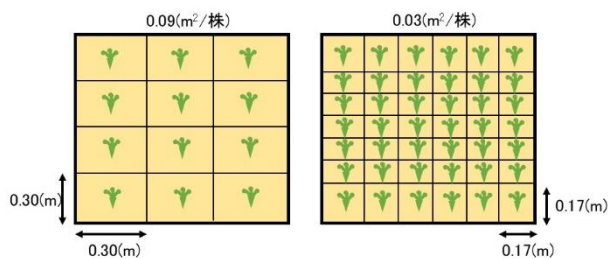


図10 わさびの栽培面積に制限を設けた概要図

4.4. 循環わさび栽培の高効率化の評価

従来の自然環境で行われるわさびのかけ流し栽培から本研究で行っている循環栽培にすることによる資源の削減、2019年度の本研究から今年度の本研究にかけての省エネ栽培とわさび収率増加のための栽培環境開発による高効率化を評価した。

表4にかけ流し栽培、2019年度と今年度の本研究による資源、エネルギー、わさびの収率の変化を示した。栽培水量については、2019年度の本研究では全栽培水8600[L]を月に1度の換水頻度でわさび540[株]の定植として算出した。2021年度では、全栽培水3000[L]を月に1度の換水頻度でわさび540[株]の定植として算出した。かけ流し栽培から循環栽培とすることで、わさび1株に要する水量を500分の1以下に削減することができる。また、これまで自然

栽培で行われていたわさび栽培は水温 20[°C]以下の冷涼な水を大量に要するため栽培地域が偏在であった。しかし、下水熱と HP による栽培水温管理システムを活用することで、下水処理場内であれば栽培地域を選ばなくなる。また、消費熱量とわさびの収率については、2019 年度から 2021 年度での開発技術により、省エネ栽培とわさび栽培面積の縮小化により、わさび 1 株あたりの消費熱量は 78%の削減、単位面積当たりのわさび収率は 3 倍となり、要するエネルギーを削減し、わさびの収率を増加させる高効率化を達成した。

表 4 循環わさび栽培高効率化の評価結果

	栽培水量[L/年・株]	消費熱量[MJ/年・株]	わさび収率[kg/m ²]
かけ流し栽培	78840以上	0	1.6
本研究(2019年度)	382	345	1.2
本研究(2021年度)	133	76	3.8

4.5. 太陽光発電によるエネルギー自給の検討

本研究のわさび栽培では、栽培水温の管理や下水熱回収に電力を要する。下水熱を活用したわさび栽培を下水道事業として下水処理場内で行う場合、処理場に消化工程を有していれば消化ガス発電による電力で通常電力の使用を削減できる。しかし、消化工程を有さない場合、主に通常電力を用いる必要がある。わさび栽培ハウスを営農型ハウスとして、ハウスの屋根に太陽光パネルを敷設し、発電することでわさび栽培に必要な電力を賄うことができれば通常電力の使用量を削減できる。

本節では、通常電力の使用に伴う化石燃料消費の削減を目的に、わさび栽培ハウスで太陽光発電を行った場合の予想発電量を推算し、本設備の消費電力量の実測値と比較することでエネルギー自給率を推算する。予想発電量の推算方法を式 1 に示した。本設備の消費電力量は、4 月 1 日から 12 月 31 日は今年度の実測値、1 月 1 日から 3 月 31 日は昨年度の実測値を用いた。設置面の日射量は定数記載のある新潟市の日射量を用いた¹⁾。E_p[kWh/m²]を発電量、

H[kWh/m²]を日射量、K:0.63[-]を損失係数、P:0.19[kW/m²]をシステム容量、L:1[kW/m²]を日射強度とした。また、わさびは半陰性でほとんど日射を必要としないためハウスの屋根部分全面で太陽光発電を行うこととした。わさびへの日射を制限することによる成長への影響は、小規模コンテナでわさびを栽培し、遮光カーテンで全面を覆うことで日射を制限した。遮光栽培の様子を図 11 に示した。遮光後の日射量は平均 0.6[MJ/m²]であった。秋田県の植物栽培ハウスの屋根部分で太陽光発電を行っている事例でのパネル下部の日射量は 0.9[MJ/m²]と報告されていることからわさび栽培において、ハウスの屋根全面で太陽光発電を行うことは可能と考えられる²⁾。これより、発電パネルの敷設条件は、敷設面積を栽培面積と同面積とした。本設備での単位面積当たりの消費電力と予想発電量を 1 時間値の 1 日積算値で図 12 に示した。年間積算値では消費電力が 274[kWh/m²・年]、予想発電量は 178[kWh/m²・年]となった。消費した電力に対する発電量を自給率とすると、自給率は 65%となった。営農型ハウスとして、ハウスで太陽光発電を行ってわさび栽培を行った場合、65%の通常電力の使用削減による省エネ栽培が行えることが明らかとなった。

$$E_p = (H \times K \times P) \div L \quad \text{式 1}$$

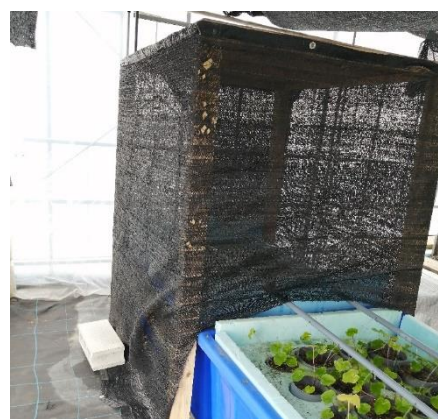


図 11 わさび遮光栽培の様子

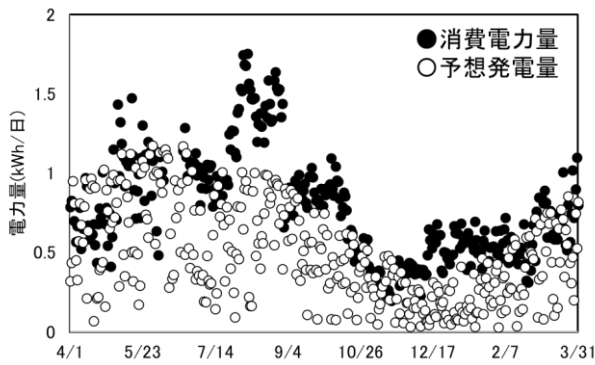


図 12 本設備の消費電力量と予想発電量

4.6. 本設備における CO₂ 削減量の評価

下水冷温熱を活用して、植物栽培を行った場合の CO₂ 排出量の削減量を推算した。本推算での下水処理場の規模は本研究の実験設備を設置している西川浄化センターと同規模の、処理水量 23,000[m³/日]とした。また、熱利用は、下水冷熱は循環わさび栽培、下水温熱は温帯植物の栽培に活用することとした。流入量 23,000[m³/日]の塩素混和池に熱交換器を無駄なく設置したと仮定した場合の熱交換器は合計 81 個の設置が可能となり下水熱を夏期は 158[GJ/日]、冬期は 251[GJ/日]の回収が可能である³⁾。下水処理場規模で、下水熱を回収し熱利用を行った際のフロー図を図 13 に示した。冷室ハウスで行う循環わさび栽培では、本研究の実測値から栽培水温を 12~14[°C]で管理した場合、夏期に栽培面積 1[m²]あたり最大 7.0[MJ/日]の熱量を要することが明らかとなっていることから夏期の 158[GJ/日]の回収熱量からは 22464[m²](面積 144[m²]×高さ 2[m]のハウス 156 棟分)のわさび栽培が可能となる。温室ハウスでは、2019 年度の本研究結果からハウス内温度 20[°C]に管理し、葉物野菜を栽培した場合、温熱消費量は最大 12.5[MJ/日]を要することが明らかになっている⁴⁾。冬期の 251[GJ/日]の回収熱量からは 18720[m²](ハウス 130 棟分)の熱利用が可能となった。

4.5 での予想発電量の試算結果から冷室ハウス 156 棟で発電した場合、10,955[kWh/日]の発

電量が予想された。

西川浄化センターでは消化工程を有しており、3,700[Nm³/日]のバイオガスが得られる。バイオガス発電機の発電効率 30%とすると 24,864[kWh/日]の発電量となり、設備全体の電力量を賄うことができる。また、バイオガスから CO₂ を回収し、植物に供給することで CO₂ 利用による植物の促進栽培を 2017 年度の本研究で検討した。CO₂ 分離装置を用いて、処理場から得られるバイオガスから CO₂ 濃度 98[%]を回収率 33[%]で回収した。CO₂ を利用した植物栽培環境の構築を目的に、6:30~16:00 の間ハウス内 CO₂ 濃度を 800~100[ppm]に制御した。この時のハウス 1 棟当たりの CO₂ 供給量は 7[m³/日]であり、処理場から得られる CO₂ あたりではハウス 122 棟分が利用可能となった⁵⁾。

これらの推算条件における二酸化炭素(以下、CO₂)排出量と削減量を算出した。算出式を式 2 に示した。東北電力の 2020 年度の二酸化炭素排出係数($\alpha_c:0.45$)を参考値とした⁶⁾。回収した下水熱を灯油利用した場合の CO₂ 排出量を灯油の単位発熱量 36.7[GJ/kl]、灯油の単位量当たりの二酸化炭素排出量を 2.5[kg-CO₂/l]として算出した。年間の消費電力の推算結果を図 14 に、CO₂ 排出量の推算結果を図 15 に示した。全量を通常電力で稼働した場合、7958[GWh/年]の消費に対して、太陽光発電を行った場合、3998[GWh/年]の削減、バイオガス発電を行った場合、全量の削減結果となった。CO₂ 排出量では、温室利用分を全量灯油利用とし、冷室利用分を通常電力で利用した場合の CO₂ 排出量は温室利用分では 3097[t-CO₂/年]、冷室利用分は 1664[t-CO₂/年]となった。下水熱を回収し、HP による熱利用を行った場合、温室利用分が 1917[t-CO₂/年]となり、灯油と通常電力利用時に比べて 1180[t-CO₂/年]の排出量削減効果となった。また、下水熱利用に加えて冷室で太陽光発電を行った場合、夏期の冷室利用分全量と、

冬期のわさび栽培に要する温熱利用分を1799[t-CO₂/年]削減できる結果となった。最後に、下水処理場に消化工程がある場合のバイオガス発電とCO₂利用によるCO₂削減効果では、バイオガス発電による削減効果は8342[t-CO₂/年]となった。CO₂利用では、植物栽培として、トマトをハウス内CO₂濃度1000[ppm]で栽培した結果1.44[kg-CO₂/m²・日]と報告されている⁷⁾。温室ハウス122棟での植物栽培では25,298[kg-CO₂/m²・日]を吸収できるが、本設備で得られるCO₂利用可能量は2960[kg-CO₂/m²・日]であり、ハウスを完全に密閉しハウス外にCO₂が漏れ出ない場合、全量を植物の促進栽培に利用できる。このことからCO₂利用による削減量は1080[t-CO₂/年]となった。これより、下水処理場に消化工程がある場合はバイオガス発電による通常電力の代替と、回収したCO₂の植物促進栽培への利用でCO₂マイナスを達成できる結果となった。

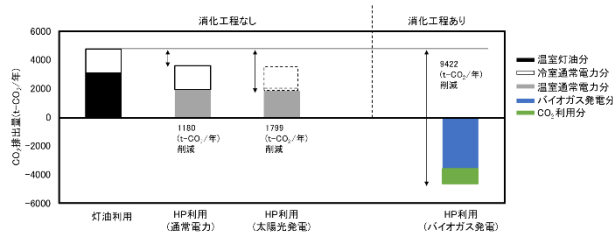


図15 処理場規模での1年積算CO₂排出量

5. 結論

下水処理場内の塩素混和池から浸漬方法と引き込み方法での熱回収実験を行った。総括伝熱係数では、浸漬方法が0.51[kW/m²・K]、引き込み方法では5.13[kW/m²・K]となり、引き込み式の方が約10倍高い結果となった。しかし、メンテナンス性能に関しては、引き込み式では約8か月で11%の性能低下を確認した。浸漬方法では約3年間で性能低下は行らなかった。また、動力あたりの熱回収効率は浸漬方法の方が1.7倍高い結果となった。下水放流水からの熱回収で、メンテナンス性能や熱回収効率は浸漬方法の方が高い結果となったが、浸漬方法は塩素混和池に浸漬させる必要があるため、処理場によっては設置できない場合がある。また、回収熱量あたりのスペースについては浸漬方法の方が多く必要とするなどの留意すべき箇所がある。

わさびの循環栽培システムから、曝気槽での栽培水の滞留による熱消費を削減するために、曝気槽を撤去した。その結果、前年度より約22%の熱消費を削減した。また、培地を地上に設置するか、地下に設置するかで消費熱量に差が生じるかの検討を行った。結果は、地下に培地を形成することで地上に形成するより約10%熱消費を削減できることが明らかになった。

収穫時期を迎えたわさび(真妻種)の収穫を2021年3月と9月に行った。本設備では3月に収穫した結果が1.2[kg/m²]、9月の収穫結果が1.4[kg/m²]となった。同時期に定植した糸魚川わさび園では3月の収穫結果が1.6[kg/m²]、9

$$C_e = Wh \times \alpha_c \quad \text{式 2}$$

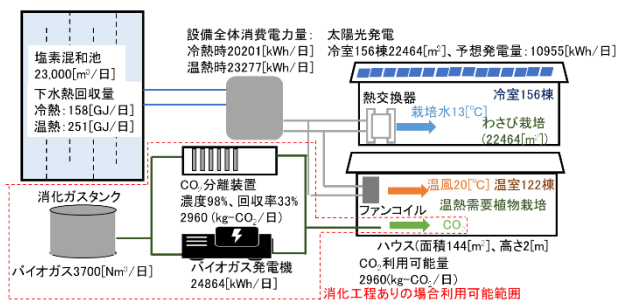


図13 処理場規模での下水資源活用フロー

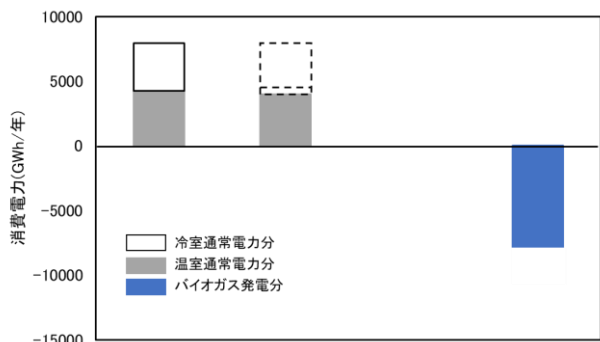


図14 処理場規模での1年積算消費電力

月の収穫結果が 1.7[kg/m²]となった。

わさびの収率増加のために、わさび 1 株あたりの栽培面積を制限して栽培を行った。生育 8 か月時点ではわさび 1 株あたりの栽培面積を既存研究の方法から 70%削減してもわさびに生育差はないことを確認した。

わさび栽培ハウスで太陽光発電を行った場合の予想発電量の推算を行い、本設備の消費電力の実測値と比較した。年間積算値では消費電力が 274[kWh/m²・年]、予想発電量は 178[kWh/m²・年]となった。消費した電力に対する発電量を自給率とすると、自給率は 65%となった。また、消化工程のある下水処理場で植物栽培を行うことで、カーボンマイナスを達成した。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁 気象データ一覧
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_s3.php?prec_no=44&block_no=47662
- 2) 秋田県営農型太陽光発電モデル実証協議会
太陽光発電下部における高収益性営農の検討
- 3) 飯塚佳佑 下水熱を活かした高品質なわさびの循環栽培技術の開発 長岡技術科学大学
- 4) 樋口志那 下水由来の冷熱資源を活用した植物栽培技術の構築 長岡技術科学大学
- 5) 佐々木星弥 下水処理場由来の未利用冷温熱および CO₂ を利用した植物栽培技術の開発 長岡技術科学大学
- 6) 東北電力 小売電気事業者としての 2020 年度実績 <https://www.tohoku-epco.co.jp/enviro/simulation/>
- 7) 中野浩平他、動的ガス環境下におけるトマト果実の呼吸特性 農業機械学会誌 61 p107~113