

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和3年度研究開発実施報告書

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム

シナリオ創出フェーズ

「温泉地域における超分散型エネルギー社会を
実現するためのシナリオ策定」

研究代表者 佐々木 壮一
(長崎大学大学院工学研究科 助教)

協働実施者 森 知洋
(雲仙市環境水道部環境政策課 参事補)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2 - 1. 目標	2
2 - 2. 実施内容・結果	4
2 - 3. 会議等の活動	45
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	47
4. 研究開発実施体制	50
5. 研究開発実施者	51
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	53
6 - 1. シンポジウム等	53
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	53
6 - 3. 論文発表	53
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	53
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等	53
6 - 6. 知財出願	54

1. 研究開発プロジェクト名

「温泉地域における超分散型エネルギー社会を実現するためのシナリオ策定」

2. 研究開発実施の具体的内容

2 - 1. 目標

(1) 目指すべき姿

① 解決すべき特定地域における社会課題の概略

長崎県雲仙市の小浜温泉地域は、地熱開発事業者と地域との対立構造の歴史を乗り越え、全国に先駆けて未利用温泉エネルギー利用推進のための協議会方式による独自の共創モデルを形作ってきた。一方で、地域のエネルギーには、災害時の非常用電源に代表されるように多様な需要がある。しかし、100kW級のバイナリー発電所を運営するための初期費用などの問題から、地域自身が主体となって発電所を運営し、その電力を地域のために活用することはできなかった。また、この規模の発電所には複数の源泉から湯を集める必要があり、源泉所有者間の様々な調整も運営上の課題となっていた。

② 目指すべき姿（SDGs達成のビジョン）

本プロジェクトでは、長崎大学と雲仙市が長崎大学発の技術シーズであるスマートバイナリー発電の可能性試験に基づいて、小浜温泉地域を最初のフィールドとして超分散型エネルギー社会を実現するシナリオを策定する。1kW級の小型システムによりスマートバイナリー発電を個別の源泉に分散して設置することを可能にし、さらに量産機械要素技術の転用によりこの発電システムの低価格化を実現する。小浜温泉地域における可能性試験では、既存の共創モデルからスマートバイナリー発電により地域のエネルギーを直接活用するモデルへの変容を、教育、産業、エネルギー、地域づくりの計測指標に基づいて評価する。また、地域発のスタートアップのビジネスモデル仮説を構築し、地域が独立電源を持続的に活用するための新たなソリューションを提案する。さらに、この新しい共創モデルに基づいて、超分散型エネルギー社会の仕組みを多地域展開するための構想を創出する。

(2) 研究開発プロジェクト全体の目標

以下の可能性試験に基づいて、超分散型エネルギー社会を実現するシナリオを策定する。個別の課題を達成することで、シナリオ創出フェーズにおける本プロジェクト全体の目標達成を目指す（図1）。

- ① 長崎大学総合生産科学域が、地域の企業と長崎大学研究開発推進機構との協働で、小浜温泉地域を最初のフィールドとして、源泉所有者である温泉事業者を対象として、量産機械要素技術の転用により実現可能性の高いスマートバイナリー発電システムを創出する。
- ② 長崎大学総合生産科学域が、小浜温泉エネルギー、小浜温泉地域の協議会、雲仙市および長崎県工業技術センターとの協働で、小浜温泉地域の個別の源泉にスマートバイナリー発電システムを設置し、温泉地域社会に対して、地域の地熱エネルギーによる電力を多様な用途に展開する。

- ③ 研究代表者と長崎大学研究開発推進機構が、小浜温泉地域の協議会との協働で、小浜温泉地域に対して、地域のエネルギー活用のビジネスモデル仮説をリーンスタートアップのマネジメント手法により構築する。
- ④ 小浜温泉エネルギーと小浜温泉地域における源泉所有者が、小浜温泉地域の協議会との協働で、ビジネスモデルのサービス受給者に対して、地域のエネルギーによる独立電源を持続的にマネジメントするためのビジネスモデルを執行する。
- ⑤ 長崎大学総合生産科学域が、100kW級バイナリー発電所で形成された既存の共創モデルから、スマートバイナリー発電により地域のエネルギーを直接活用する新しいモデルへの変容を、教育、産業、エネルギー、地域づくりの計測指標に基づいて評価する。
- ⑥ 研究代表者が、雲仙市をはじめとした研究プロジェクトに関わる全組織との協働で、九州の温泉地域社会に対して、超分散型エネルギー社会の仕組みの多地域展開を計画する。

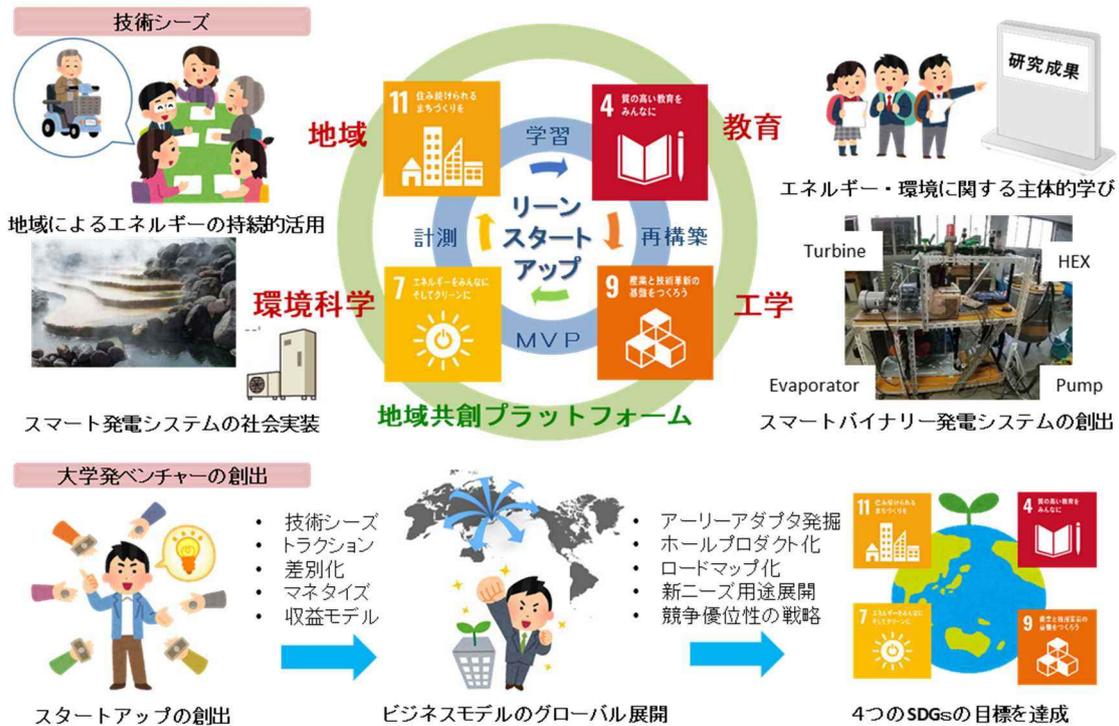
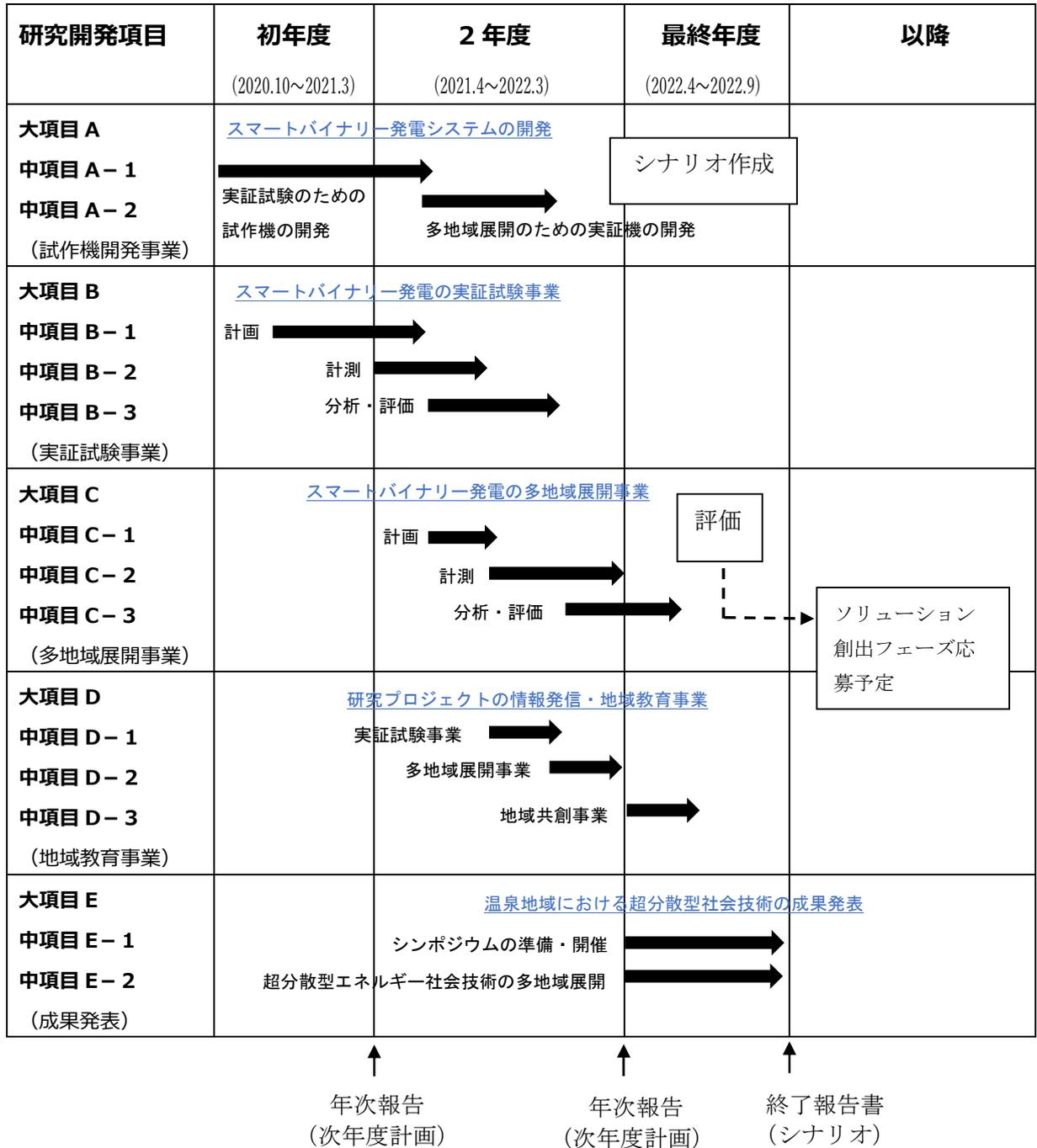


図1 研究開発プロジェクトの全体像

2 - 2. 実施内容・結果

(1) スケジュール

研究開発期間中 (24 ヶ月) のスケジュール



(2) 各実施内容

今年度の到達目標① スマートバイナリー発電システムMVPの開発

実施項目①-1: 多地域展開を目的としたスマートバイナリー発電システムのMVP開発

a) 第1回戦略会議におけるMVP開発の進捗状況

- ✓ オーガニックランキンサイクル (以下、ORC) の制御システムをシステムファイブ(株)と共同開発した。令和3年6月17日の打ち合わせで、図2の仕様が追加された。

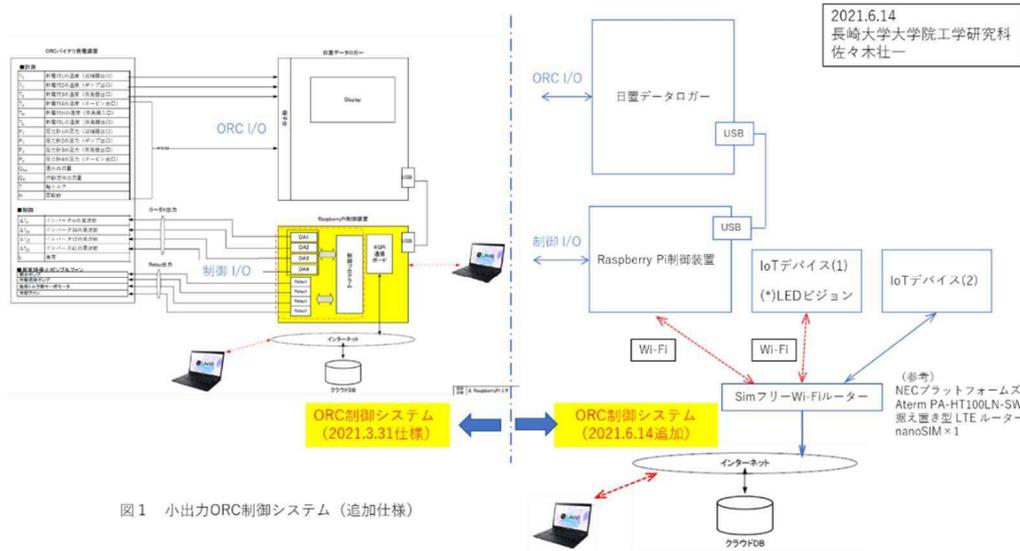


図1 小出力ORC制御システム (追加仕様)

図2 ORC制御システムの追加仕様

- ✓ 制御出力がこの仕様改定で16項目追加された(図3)。マイコン(ラズベリーパイ)およびWebシステムには追加項目をモニター出力させず、その電圧出力の生データをCSVファイルに出力させる。トルク計の回転数については、パルスアナログ変換器(M5PA-C5-R)で計測する。

表1 出力表示項目 (2021.6.14追加前の仕様)

表示No	名称	記号	単位	備考
1	発電機1 発電機1(発電機) 入口	T1	T1_ev_1_in	電圧出力 (0/14)
2	発電機2 発電機2(発電機) 出口	T2	T2_ev_2_out	基本仕様
3	発電機3 発電機3(発電機) 入口	T3	T3_ev_3_in	基本仕様
4	発電機4 発電機4(発電機) 出口	T4	T4_ev_4_out	基本仕様
5	発電機5 タービン入口	T5	T5_turbine_in	電圧出力 (0/14)
6	発電機6 タービン出口	T6	T6_turbine_out	基本仕様
7	発電機7 発電機7入口	T7	T7_ev_7_in	電圧出力 (0/14)
8	発電機8 発電機8出口	T8	T8_ev_8_out	基本仕様
9	発電機9 ポンプ入口	T9	T9_pump_in	電圧出力 (0/14)
10	発電機10 ポンプ出口	T10	T10_pump_out	基本仕様
11	発電機11 発電機11	T11	T11_ev_11	電圧出力 (0/14)
12	発電機12 発電機12	T12	T12_ev_12	電圧出力 (0/14)
13	出力計1 タービン入口(発電機側出口)	P3	P3_turbine_in	基本仕様
14	出力計2 タービン出口	P4	P4_turbine_out	基本仕様
15	出力計3 ポンプ入口(発電機側出口)	P1	P1_pump_in	基本仕様
16	出力計4 ポンプ出口	P2	P2_pump_out	基本仕様
17	出力計5 発電機出力	P5	P5_ev	電圧出力 (0/14)
18	出力計6 発電機(潜水) 発電機(潜水) 出口	Q1w	Q1_w	基本仕様
19	出力計7 発電機(潜水) ポンプ入口	Q2	Q2_p	基本仕様
20	トルク計(出力) タービン	T	Torque	基本仕様
21	出力計(発電機側) タービン	R	R	基本仕様
22	出力電圧 ポンプ(潜水)	A_pump_1	A_pump_1	電圧出力 (0/14)
23	出力電圧 ポンプ(潜水)	A_pump_low	A_pump_low	電圧出力 (0/14)
24	出力電圧 発電機1	A_gen_1	A_gen_1	電圧出力 (0/14)
25	出力電圧 発電機2	A_gen_2	A_gen_2	電圧出力 (0/14)
26	出力電圧 発電機3	A_gen_3	A_gen_3	電圧出力 (0/14)
27	出力電圧 発電機4	A_gen_4	A_gen_4	電圧出力 (0/14)
28	出力電圧 発電機5	A_gen_5	A_gen_5	電圧出力 (0/14)
29	出力電圧 発電機6	A_gen_6	A_gen_6	電圧出力 (0/14)

■現在の日置データロガー一覧表

AI_No	TagName	信号名称	単位	センサー	a	b	Alert設定	備考
0	T1	発電機1の電圧(発電機側出口)	°C	温度センサー	-	-	-	-
1	T2	発電機2の電圧(タービン出口)	°C	温度センサー	-	-	-	-
2	T3	発電機3の電圧(発電機側出口)	°C	温度センサー	-	-	-	-
3	T4	発電機4の電圧(タービン出口)	°C	温度センサー	-	-	-	-
4	T5	発電機5の電圧(タービン入口)	°C	温度センサー	-	-	-	-
5	T6	発電機6の電圧(発電機側出口)	°C	温度センサー	-	-	-	-
6	P3	出力計1の電圧(タービン入口)	MPa	GC21	0.24590	-150.0	-	1~1V
7	P4	出力計2の電圧(タービン出口)	MPa	GC21	0.24590	-150.0	-	1~1V
8	P1	出力計3の電圧(発電機側出口)	MPa	GC21	0.24590	-150.0	-	1~1V
9	P2	出力計4の電圧(タービン出口)	MPa	GC21	0.24590	-150.0	-	1~1V
10	Q1w	潜水機の電圧(発電機側出口)	L/min	Eggs Delta II	0.01609	-2.375	-	Eggs Delta IIなら1~20mA
11	Q2	潜水機の電圧(タービン出口)	L/min	FD-250	0.01609	-2.375	-	4~20mAなら1~20mA
12	T	トルク計	rpm	U1M8	0.002439	2.5	-	±5V
13		発電機出力	rpm	U1M8	0.002439	2.5	-	±5V
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								

図3 制御出力のリスト

b) 第3回戦略会議における MVP 開発の進捗状況

- ✓ 市販のエアークOMPRESSORをタービンへ転用することを検討した(図4)。実機を導入した結果、空気を圧縮する機械であるために、高圧の状態における気密性が低く、ORCのタービン転用には技術的な課題が多いことがわかった。以上の経緯から、協力企業から提供されたスクロールCOMPRESSOR(図5)を利用する計画に変更した。



図4 エアークOMPRESSOR



図5 スクロールCOMPRESSOR

実施項目①-2: システムの製造技術と制御法に関する知財出願

a) システムの制御法に関する知財出願

- ✓ スマートバイナリー発電システムの制御法に関する知財を申請した(令和3年3月30日出願)。この発明は、従来の100kW級バイナリー発電システムにみられる分散型エネルギーシステムではなく、温泉の排熱や工場の排熱を回収するための超分散型エネルギーシステムの創出を目的としたものである。温泉地域における源泉所有者の施設では、多くの場合、河川や海から冷却水を給水することができない。一方、空冷式バイナリー発電システムは実用化されておらず、その出力を最大化させるための制御技術もない。この発電システムにはスクロールタービンが搭載され、空冷式凝縮器で作動流体が冷却される。この発明には、小型システムの発電量を最大化させるために、高温熱源の温度、圧力、作動流体の流量をセンサーでモニターしながら冷却ファンとポンプの消費電力を熱力学的に制御することに特徴がある。

今年度の到達目標② スマートバイナリー発電システムMVPの実証試験

実施項目②-1: スマートバイナリー発電システムの実証試験

a) 第1回戦略会議における実証試験の進捗状況

- ✓ 令和3年6月21日に温水循環システムの工事について温泉地域の企業(田原鉄工)と打ち合わせした(図6)。一次熱交換器である丸巻き銅管を95℃の湯棚に設置する。丸巻き銅管の温水流量は4L/minとした。温水はポンプ(三相電機、PMD-521B6D)によって搬送される。また、システムの温水が蒸発して不足しないように自動給水する構造とした。

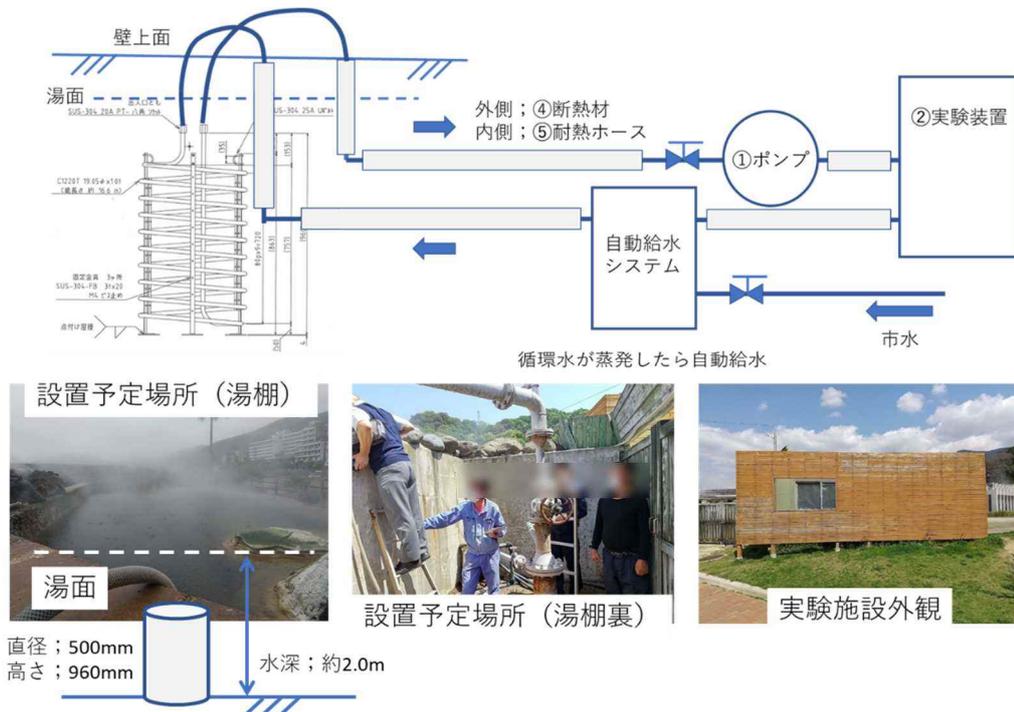


図6 温水循環システムの仕様

b) スマートバイナリー発電システムの実証試験

- ✓ 令和3年11月10日に試験装置を雲仙市小浜町に搬入し、研究室の学生および田原鉄工と実験装置の運転調整をした(図7)。



図7 スマートバイナリー発電システム

- ✓ 図8はタービン性能の試験装置の概略図を示したものである。タービンの入口側には、熱式流量計(キーエンス, FD-A600)が取り付けられている。また、タービンの入口と出口には、熱電対(八光電気, HTK-0220)と圧力計(長野計器, GC31-174)が取り付けられている。タービンには、カーエアコン用のスクロールコンプ

レッサー（デンソー，SCSA06C）が転用されている。スクロールタービンの回転軸にはトルク計（ユニパルス，UTM II -2Nm）とトルク検出器（小野測器，SS-020）が取り付けられている。タービンの断熱効率 η_s と機械効率 η_m は、以下のように評価されている。

$$\eta_s = \frac{h_{in} - h_{out}}{h_{in} - h_{out}^*} \quad , \quad \eta_m = \frac{T \omega}{m(h_{in} - h_{out})}$$

ここで、 h_{in} は実測値のタービン入口エンタルピー、 h_{out} は実測値の出口エンタルピー、 h_{out}^* は断熱膨張した場合の出口エンタルピーである。タービン効率 η はこれから両者の積として評価されている。

$$\eta = \eta_s \eta_m = \frac{T \omega}{m (h_{in} - h_{out}^*)}$$

- ✓ 図9はORC実験装置の概略図を示したものである。ORCは循環ポンプ（IWAKI，MDG-M4T6B100），蒸発器（日阪，BXC-154-NU-14），タービン（デンソー，SCSA06C），凝縮器（三菱電機，EMF-35DSA-Q）から構成されている。実証実験は長崎県雲仙市小浜町における実験施設で行われた。熱交換器における温水の高温側の温度は81.0℃，低温側は71.9℃，循環流量は4.37 L/minであった。作動流体の質量流量は，温水の供給熱量が作動流体の受熱量と等しいと仮定して求められている。

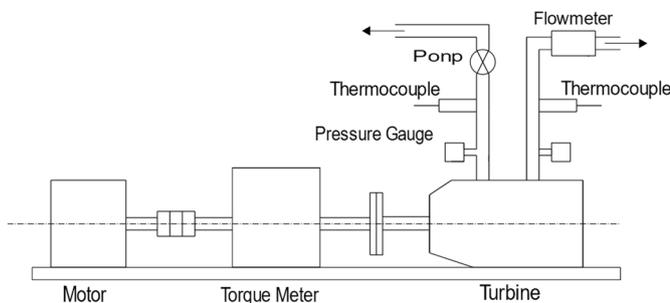


図8 タービン性能の試験装置

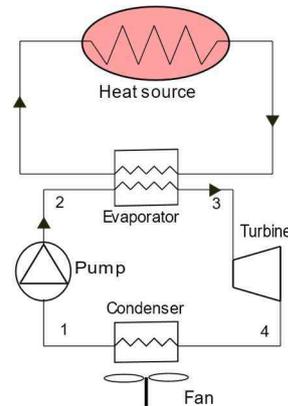


図9 ORC実験装置の概略

- ✓ 図10には，タービン試験における効率の特性が示されている。作動点での断熱効率（三角）は7.9%であった。一方、タービンの機械効率（丸印）は100%以上になった。実測値のタービン出口温度は断熱処理の有無で変化がなく，作動流体と外気との熱交換の影響は小さい。以上のことから，タービン出口側の温度の上昇は，作動流体がタービン内部で主軸や歯車の摩擦熱を吸熱し，タービン出口での温度が上昇したためであると考えられる。
- ✓ 図11は，タービン効率を異なる入口圧力の条件で計測した結果である。図中の凡例の圧力は無負荷のタービンに与えた入口圧力である。タービン入口圧力が3気圧と4気圧のタービン効率は，作動点でいずれも21.2%になった。

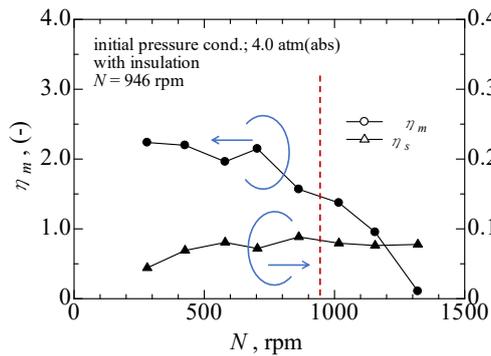


図10 機械効率と断熱効率

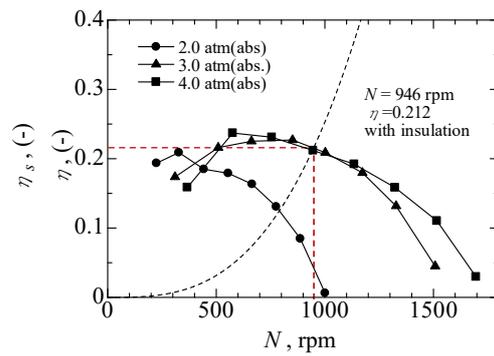


図11 タービン効率

- ✓ 図12は小浜温泉の実証試験施設で計測されたタービンとORCの性能の時間変化を示したものである。源泉の温度は81.0°Cであった。実機の実証試験では、断熱効率が88.7%であった。機械効率（21.7%）とタービン効率（19.2%）は近い値となった。また、タービン試験におけるタービン効率とORCのタービン効率は同程度であることがわかった。このとき、ORCの熱効率は2.37%であった。
- ✓ 図13は、タービン単体の試験における、タービン出力の特性を示したものである。図中の破線が、実証試験の作動点の特性である。ORCのポンプ性能が改善されると、試作機のORCの出力は109.4Wになる。

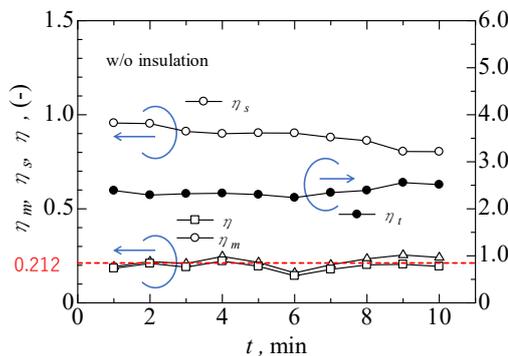


図12 ORC性能の時間変化

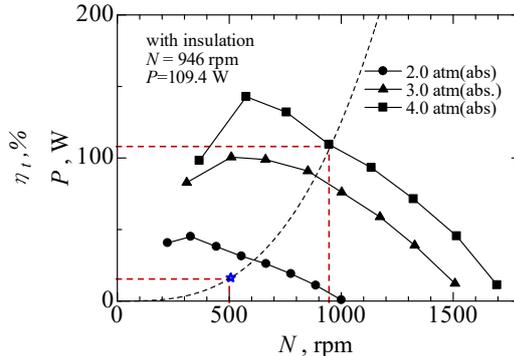


図13 ORC性能の推定

実施項目②-2：スマートメンテナンス技術の開発

a) 第1期（4月から6月）における技術開発の進捗

- ✓ IoT装置開発についての進捗が報告された。トワイライト（無線モジュール）とラズベリーパイ（汎用マイコン）を組み合わせた観測システムを開発する。当該観測システムは、気温、湯温の計測を目的とする。これを受けて大分県産業技術センターと熊本県産業技術センターへ出張し、トワイライトを利用したシステムについて情報収集した。熊本県では、水産系のシステムにおいてトワイライトのシステムを構築した実績、大分県では農業系の温湿度計の計測システムを開発した実績がある。
- ✓ スクロールコンプレッサー実機の形状が三次元デジタルモデリングシステムによって測定され、三次元形状のデジタルデータを作成した結果が報告された。数値シミュレーションの入力境界条件は、圧力、流量であり、出力がトルク（または出力）

である。一般に、タービン性能は流量と出力の特性曲線で表される。このとき、タービンの作動点は機械的には反動トルク、電気的には電力負荷で決定される。本研究のORCシステムで採用されるタービンは、量産品のコンプレッサーの転用品であり、設計情報が不明である。

- ✓ コンプレッサー転用タービンの設計情報なしでORCシステムを開発するためには、試行錯誤的な設計点（最高出力点）の決定が必要になる。この試行錯誤的な設計点の決定に数値シミュレーション、または、実測値のデータに基づく機械学習を利用する。
- ✓ 実験室で現在開発中のORCシステムを見学した。システムファイブと共同開発した制御システムでORCを制御することが可能であることがデモンストレーションされた。

b) 第2期（7月から9月）における技術開発の進捗

- ✓ 技術開発に関わる大分・熊本出張について報告された。IoT装置に関わる調査、スクロールコンプレッサーのスクロール形状の計測を目的として、大分と熊本に出張したことが報告された。トワイライト（無線モジュール）を用いて温度センサーを開発する予定であることが報告された。このセンサーで源泉温度と周囲温度を計測する計画である。温度センサーで温度を測定するためのインターフェースの仕様について確認した。長崎大が現状の小浜温泉実験場での温度計測の方法について紹介した。
- ✓ スクロールコンプレッサーの測定についての進捗状況が報告された。ニコソリューションズ（熊本）において、X線CTを利用して固定スクロールと回転スクロールの最小隙間について測定したことが報告された。X線CTは出力225kV（標準）と320kVのもので検討した。スクロールコンプレッサーの数値シミュレーションでは、入口圧力、流量などの条件を与え、タービン内部で生じる圧力損失、断熱効率、などを計算する。
- ✓ 令和3年11月25日の「令和3年度地熱資源開発にかかる自治体連絡会議」（九州経済産業局）における現地説明会に合わせて長崎県工業技術センターも現地実験を行うことを予定した。令和3年11月12日に開催されるJST研究プログラム”Solve for SDGs”の戦略会議での報告事項が資料に基づいて説明された。

c) 第3期（10月から12月）における技術開発の進捗

- ✓ スマートメンテナンス技術の開発に関する進捗状況が資料に沿って説明された。スマートメンテナンスシステムの運用には、機器のIPアドレスの割り振りなどの事前の設定が必要であることが説明された。スマートメンテナンスシステムでは、外気温度および源泉温度を計測する。また、監視カメラを設置した後に、試作機の連続運転を計画する。
- ✓ スクロールタービンの数値シミュレーションについては、タービン5回転の解析に対して、168コアの計算機で9時間かかる。
- ✓ 令和4年度 第5期（4月から6月）の活動について説明された。第5期も引き続き、発電システムの出力をスケールアップした場合でもタービンの性能予測を可能にする数値シミュレーションの基盤技術を構築する。また、現在のスマートバイナリ

一発電システムを設置している場所の外気温度、源泉温度のモニタリングを実施する。

- ✓ 長崎大から、「Solve for SDGs」ソリューションフェーズのシナリオ（案）が資料に基づいて説明された。
- ✓ 令和4年3月24日、28日から30日のいずれかの日程で、13:00-14:30の時間帯に研究プロジェクトのワークショップ（オンライン）を計画することが周知された。同ワークショップにおいて、次期プロジェクト（「Solve for SDGs」ソリューションフェーズ）のシナリオについて、長崎大学、協議会、雲仙市および長崎県工業技術センターの合意形成をすすめる。

d) デジタルデータを活用したIoT装置の開発

- ✓ スマートバイナリー発電システムに関連するデータを現地で取得することが可能なIoT装置を試作した。このIoT装置は図14に示すように、熱電対、USBカメラ、汎用マイコン（ラズベリーパイ）から構成されている。発電量は外気温度と源泉温度により変化する。このため、外気温度と温泉温度をIoT装置で測定して、その結果を運転条件にフィードバックすることにより、スマートバイナリー発電システムの効率を高める（図15）。



図14 開発したIoT装置



図15 通風筒を用いた大気温度測定

e) サイバー空間におけるタービンの3次元デジタルデータ構築

- ✓ スマートバイナリー発電システムを構成するユニットの一つであるタービンについては、3次元デジタルデータによるコンピュータシミュレーション技術を用いてサイバー空間内にも構築する。そのサイバー空間において予めタービンの運転特性を予測しておき、実機のタービンデータとサイバー空間でのタービンデータを比較して、その差異の程度により故障具合を判断してメンテナンス技術を向上する。

f) 第4期（1月から3月）における技術開発の進捗

- ✓ 令和4年1月27日（木）にスマートメンテナンスのIoT装置が現地に設置された（図16）。IoT装置には4チャンネルのIOインターフェースが備えられている。現時点では、源泉温度、周囲環境の温度が計測されている。また、現地の運転状況をIoT装置に接続されたWebカメラによって目視で確認することが可能になった。



図16 スマートメンテナンスのIoT装置

- ✓ IoT装置に接続されたモニターや電子端末に現地の計測データを表示するだけでなく、当初計画では、インターネットを介して現地の計測データを取得する予定であった。しかし、IPアドレスに関する設定の問題のため、現時点ではLAN内部の計測に限定された。計測データについては記憶装置に保存されるため、後日、回収する計画になった。

今年度の到達目標③ 超分散型エネルギー社会のための社会技術の開発

実施項目③-1：超分散型エネルギー社会の主体形成に向けた活動

a) 第1回戦略会議における主体形成の検討

- ✓ 研究プロジェクトに関するJSTアドバイザーチームと長崎大プロジェクトチームとの第1回戦略会議が令和3年8月19日に開催された。
- ✓ 「小浜温泉エネルギー」が本研究プロジェクトの地域における事業執行の主体になるためには、小浜温泉エネルギー活用推進協議会の承認が必要であること、および事業執行に関する事務局としての実現可能性の判断から、目標(2)の主体が小浜温泉エネルギーから長崎大学に修正された（改定履歴、No.2、令和2年11月18日、統括承認済み）
- ✓ （修正後）(2)長崎大学総合生産科学域が、小浜温泉エネルギー、小浜温泉地域の協議会、雲仙市および長崎県工業技術センターとの協働で、小浜温泉地域の個別の源泉にスマートバイナリー発電システムを設置し、温泉地域社会に対して、地域の地熱エネルギーによる電力を多様な用途に展開する。
- ✓ 全体研究開発計画書、III 研究開発の内容における「大項目C スマートバイナリー発電の多地域展開事業」の事業執行に際して、スマートバイナリー発電システムの運用に関する地域との意見交換について協力要請した。地域を代表する協議の代表として「小浜温泉旅館組合」が小浜温泉エネルギーから推薦された。

（アドバイザーA）「…雲仙市をはじめとした研究プロジェクトに関わる全組織との協働で、…超分散型エネルギー社会の仕組みの多地域展開」には、例えば行政の「地域おこし協力隊」などの仕組みを使って、地域が課題解決の担い手となる人を雇用し、プロジェクト事業を育成することを期待する。

（研究代表者）（一社）小浜温泉エネルギーの事業整理に伴って地域での活動の主

体がなくなった。本研究プロジェクトの地域の担い手が消失した。

（協働実施者）雲仙市内には、スマートバイナリー発電の事業の担い手となる組織・人物は見当たらない。

（アドバイザーB）研究室の学生を巻き込んだ活動をすべき。

（研究代表者）研究室の学生に「スタートアップ事業」創出の役割を担ってもらうことを検討する。今回のプロジェクトの範囲では、学生が創出したスタートアップ事業のアイデアをベースに地域と協働して事業計画を立案する。

（アドバイザーA）「小浜温泉旅館組合」が現在の地域の代表であるが、地域の事業を担う「担い手」ではない。

（アドバイザーB）地域における協議体制、地域での実際の活動がみえない。このプログラムのポイントは地域課題の解決であり、地域での活動がポイントになる。

（アドバイザーC）ここまでの研究室の学生のSDGsの活動は何だったのか？

（研究代表者）ここまでの工学研究科の分担に従って、研究室の学生には試作機の開発に貢献をしてもらった。

（アドバイザーC）実際の地域での活動は何だったのか？例えば、災害などの観点からの需要はないのか？

（アドバイザーA）地域の小規模事業者のためのスモールビジネス育成については意味がある。機械のメンテナンスサービス事業ではない。機械を活用したスタートアップ事業の創出には意味がある。「地域おこし協力隊」でスマートバイナリー発電事業の地域経営をしたほうがよい。

（アドバイザーD）地域のエネルギーの地産地消を考えるべき。売電事業を考えない方がよい。

（アドバイザーC）JR九州、九州電力などに資金援助してもらい、多目的利用の用途展開などを検討すべき。

b) 第1回協議会における主体形成の検討

- ✓ 「小浜温泉SDGsプロジェクト推進協議会」（以下、協議会）のキックオフミーティングが令和3年10月28日に開催された（図17）。合計12名の出席があった。出席者の自己紹介がなされ、小浜温泉SDGsプロジェクト推進協議会の趣旨について、JST「Solve for SDGs」のプログラム概要、長崎大「小浜温泉SDGsプロジェクト」の概要、「プロジェクト推進協議会」への問いなどが、資料に基づいて説明された。
- ✓ 協議会のミーティングに関するスケジュール（案）が提案され、3か月に1回程度の頻度で開催することが提案された。現在、スマートバイナリー発電システムのアントレプレナー候補がないために学生が「学生アントレプレナー」として、その代わりに務めることが説明された（図18）。



図17 協議会ミーティング



図18 協議会と学生アントレプレナー

c) 第2回戦略会議における主体形成の検討

- ✓ 第2回戦略会議が令和3年11月12日に開催された。長崎大プロジェクトチームから「学生アントレプレナー」と「小浜温泉SDGs推進協議会」の連携体制による主体が提案された。
- ✓ JSTアドバイザーチームから、学生アントレプレナーと協議会の関係を見直し、協議会を主体にすることが提案された。

(アドバイザーA) 小浜温泉エネルギーの事業整理はどのような経緯かを協働実施者に問う。

(協働実施者) 平成19年に開始された小浜温泉プロジェクトでは、温泉排熱を活用する発電事業が実施された。同プロジェクトにおける地域の意見の集約と合意形成を目的として小浜温泉エネルギーが設立された。小浜温泉プロジェクトが終了し民間企業へ発電事業が譲渡された。小浜にある別組織でも民間企業との関係を調整できるようになった。小浜温泉SDGsプロジェクトの途中ではあったが、その役割を終えたため、小浜温泉エネルギーが事業を整理することになった。

(アドバイザーB) 学生アントレプレナーは実際の事業の候補者なのか？プロジェクトのための一時的な仮のアントレプレナーなのか？

(研究代表者) 後者である。

(アドバイザーB) 後者の学生アントレプレナーは主体ではなく、主体の評論家である。仮の学生アントレプレナーと協議会の関係において、プロジェクトの何をどのように進めるのか？

(研究代表者) 学生アントレプレナーが提案するスマートバイナリー発電のビジネスモデルを協議会でブラッシュアップする。

(アドバイザーB) 主体でない学生アントレプレナーの提案をブラッシュアップしても意味がない。

(アドバイザーA) アントレプレナーは責任ある立場。研究室の学生はアントレプレナーにはなりえない。

(アドバイザーC) 学生アントレプレナーは主体がぼやける。プロジェクトへの学

生の関わり方・地域との関わり方をもう少し考えるべき。

(アドバイザーD) 学生アントレプレナーについては説得力が必要。

(アドバイザーA) 学生との協力体制、それ自体は悪いことではない。他の機関と組む方法もある。

d) 第2回協議会における主体形成の検討

- ✓ 第2回協議会がオンラインで令和4年1月19日に開催された。協議会メンバーである地域の事業者8名の参加があった。
- ✓ 第2回戦略会議において、JSTアドバイザーチームに学生アントレプレナーと協議会、両者の連携によるビジネスモデルの協議体制を提案した。しかし、この研究プロジェクトの活動に一時的に参加する学生は、地域の課題解決のための事業のアントレプレナーにはなりえないことを指摘されたことが報告された。
- ✓ 一方、JSTアドバイザーチームから、この研究プログラムでは地域が主役であることの意味があり、協議会を次期研究プロジェクトの主体にすることを提案があったことを報告した(図19)。



図19 協議会による地域の主体形成

- ✓ 令和3年11月25日の協議会代表との面談で、協議会が次期プロジェクトの主体となること、将来的には協同組合や法人などの主体を形成することについての意見交換をした。第3回協議会における会議では、この主体形成のシナリオについて意見交換した。

(協議会A) 法人化に必要な費用、契約内容、大学との関係を明確にする必要がある。

(研究代表者) 発電事業の組織を地域が設立する場合、大学が組織経営に関わることはない。組織の設立は必須ではない。研究プロジェクトの成果を見ながら、その是非を判断する。

(協議会A) 協議会のメンバーが自営をしながら、法人を設立することは、時間と労力の面から困難ではないか？利益が出るまでの時間の確保をどうするか？法人

や協同組合などの組織を設立する場合、事務局はどうするか？組織運営のための、ルール作り（定款・約款など）はどうするのか？

（研究代表者）法人化・協同組合設立のためのルール作りは、次期研究プロジェクトで議論する。事業化の目処が立たない場合、必ずしも組織を設立する必要はない。

（協議会B）源泉所有者である旅館自身の考え方を確認する必要がある。源泉所有者が研究プロジェクトの社会技術モデルに合意する考えがあるのか、源泉所有者自身と合意形成する必要がある。

（研究代表者）次期研究プロジェクトの事業計画を明確にし、研究代表者が源泉所有者に研究事業を直接説明する。

e) 第3回戦略会議における主体形成の検討

- ✓ 第3回戦略会議が令和4年1月21日に開催された。第2回戦略会議で、研究室の学生に「アントレプレナー」の役割を担ってもらい、学生が創出した「ビジネスモデル」のアイデアをベースに「協議会」と協働して事業活動へ展開することを提案した。しかし、JSTアドバイザーチームから、学生アントレプレナーは主体にはなり得ないことについて、共通したコメントがあった。
- ✓ JSTアドバイザーチームから、アントレプレナーと協議会の関係を見直して、協議会を主体にすればよいとの提案があった。これまでの研究プロジェクトの活動を通して、既に温泉地域の協議会を結成している。昨年の11月に協議会の代表と面談し、次期プロジェクトでは協議会がプロジェクトの主体になることを提案した。第2回協議会をオンラインで開催し、「協議会」自身が主体になることについて協議した。

f) ワークショップにおける主体形成の合意形成

- ✓ 令和4年3月29日に「小浜温泉SDGsプロジェクトワークショップ」をオンラインで開催した。資料に沿って、ワークショップのねらいが説明された。
- ✓ 事前に配布された資料に沿って、次期プロジェクトのシナリオが5W1Hの形式で説明された。次期研究プロジェクトに関するアンケート調査をした。アンケートに対する協議会メンバー（合計9名）の回答率は88.9%であった（図20）。

あなたの属性についてお聞かせください。
9件の回答

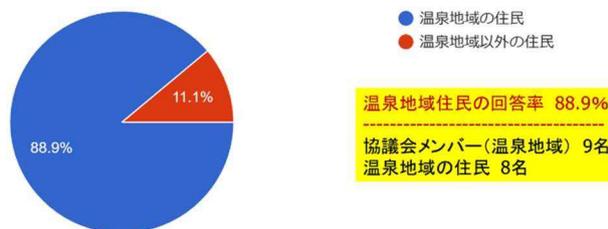


図20 アンケート回答者の属性

- ✓ 次期研究プロジェクトの主体としてふさわしい組織は、小浜温泉の個人事業主（66.7%）、協議会（55.6%）であった。地域の意見としては、両者の割合は5：

5であった（図 21）。

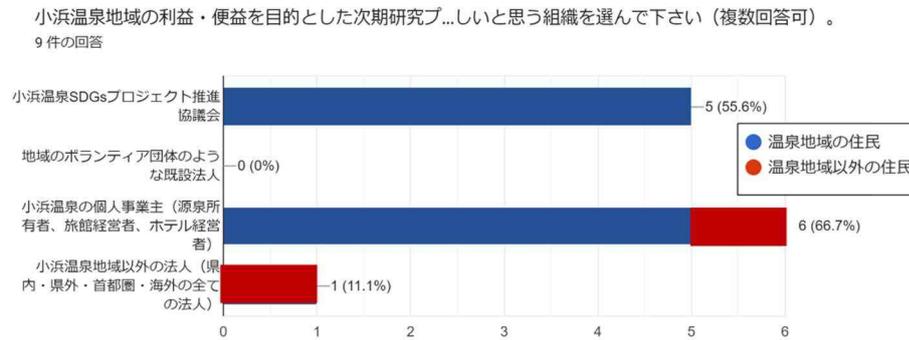


図 21 次期研究プロジェクトの主体

（協議会 A）（協議会が主体になることについて）いいと思う。研究プロジェクトの中での役割分担をしっかりとすべき。技術開発は長崎大学に任せて、（発電機の）利用は地域が主体となって推進する。（協議会と長崎大学が）少しずつ足並みをそろえる。

（協議会 B）いいと思う。

実施項目③-2：超分散型エネルギー社会の持続可能性に向けた活動

a) 第1回戦略会議における持続可能性の検討

- ✓ 第1回戦略会議（21/08/19）において、温泉熱エネルギーの持続可能な利用について検討した。「地域エネルギー協会」を設立し、小出力発電事業の人材育成に関するビジネスモデルを提案した。これを大学の認定事業として、地域の再生可能エネルギーを運用する人材を育成する。この協会の理事をガバナンスボードとして、スマートバイナリー発電をはじめとした、地域の再生可能エネルギーの持続可能な活用のしくみをつくることを提案した。

（アドバイザーA）そもそもワークショップで紹介された R 大学のプロジェクトは研修プログラムの開発が目的で、長崎大学の提案するプロジェクトとは性質が異なる。R 大学の課題解決方法は、長崎大のプロジェクトには該当しない。「地域エネルギー協会」による主体形成の計画については意味がない。計画の見直しが必要。「地域エネルギー協会」ではなく、「スマートバイナリー発電」にフォーカスすべき。

（アドバイザーE）プレイヤー不在の状態で、「地域エネルギー協会」のような人材育成の仕組みづくりをしても意味がない。

（アドバイザーA）事業の進め方は、①特定の温泉、②温泉組合、③他のエネルギーとの組み合わせ、この三つしかない。管理組合のようなマイクロな組織向けの事業を考えるべき。

b) 第1回協議会における持続可能性の検討

- ✓ 第1回協議会（21/10/29）において、学生アントレプレナーAが「小浜温泉SDGsエコツアープロジェクト」のビジネスモデルを提案した（図22）。

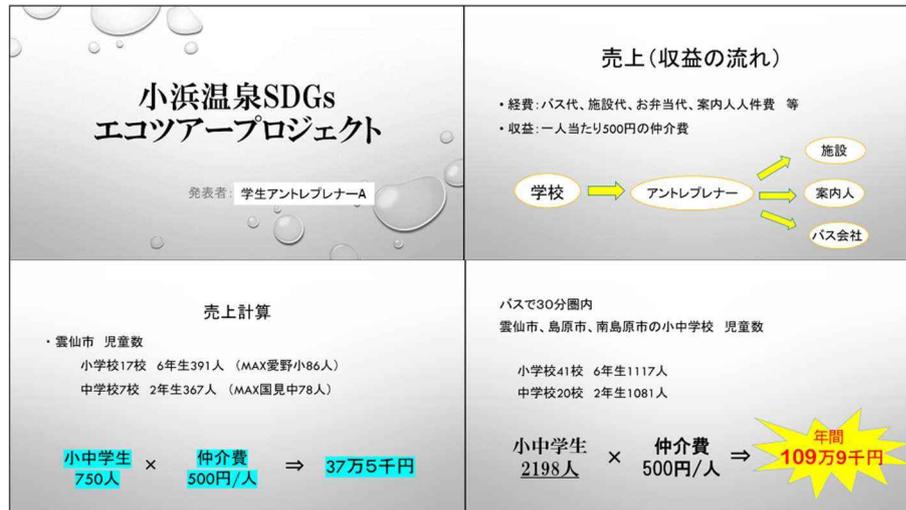


図22 エコツアープロジェクト（一部抜粋）

- ✓ 「より良いツアーにするには」の問いかけを受けて、小中学生などは温泉熱発電の機械の仕組みが分からないとの意見があった。社会見学では機械装置の説明をするよりも、温泉地域で何か体験学習などができる仕組みを考えた方がよいとの意見があった。
- ✓ 体験学習の目的は、小浜温泉地域の特徴を学ぶことになる。「見学プログラムの仮案作成」については、温泉発電の機械の仕組みと合わせて温泉地域の特徴を学習できるプログラム（例えば、蒸し野菜体験、温泉歴史資料館見学など）を考えた方がよいとの意見があった。
- ✓ 「児童の待機場所の選定」については、小浜地域の大規模旅館、公会堂、雲仙市体育館、雲仙市社会福祉会館などがあるとの意見があった。

（協議会）アントレプレナーとは誰か？

（研究代表者）小浜温泉SDGsプロジェクトを持続可能な事業として運営する起業家である。

（協議会）（小浜温泉地域には）アントレプレナー候補はいない。

（研究代表者）JSTの上位研究プログラムに採択された際、温泉地域に移住して持続的な事業を営みたい人を公募によって募集することを計画する。JSTの上位研究プログラム（ソリューション創出フェーズ）に採択されると、人件費を3年間支出することができる。この期間にスマートバイナリー発電を基軸とした小規模事業の体制を確立させ、持続可能な活動への展開を計画する。

- ✓ 学生アントレプレナーBが「温泉熱発電プラント販売プロジェクト」を提案した（図23）。

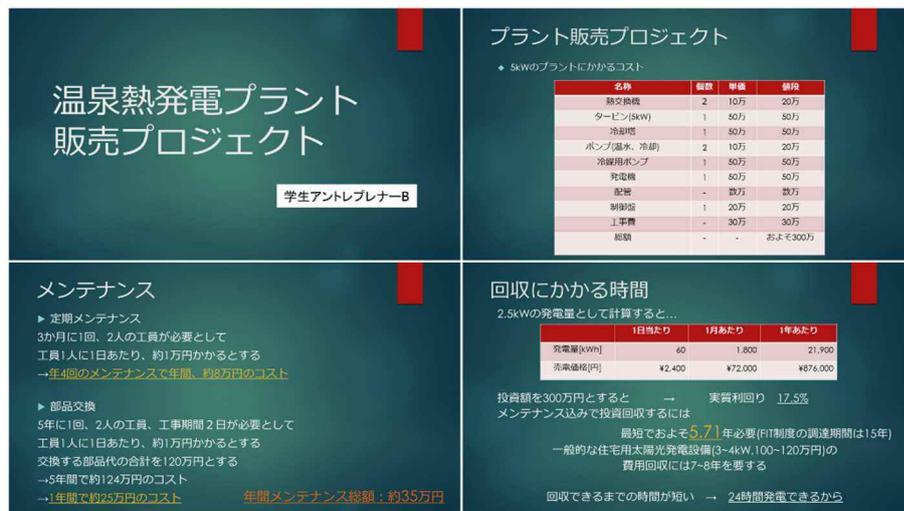


図23 温泉熱発電プラント販売プロジェクト（一部抜粋）

- ✓ 5kWの発電量は少ないとの意見があった。夜間に蓄電して昼間に電気を使い、自家消費電力の削減をしたところで施設電力節減の効果は薄い。そのような用途よりも、電力の全量を観光資源として利用した方がよいとの意見があった。
- ✓ メンテナンス費用の見積もりが現実的ではない。温水の配水の仕組みがどのようなものかはわからないが、温泉旅館では2週間に1回程度、配管につまったスケールのメンテナンスをしている。

(学生アントレプレナーB) 浴用の温泉のメンテナンスにかかる費用を教えてください。

(協議会) 配水用のタンクのメンテナンスは4か月に1回程度実施している。また、配水用の配管のメンテナンスは2週間に1回程度実施している。費用は10,000円～20,000円／(二人・半日)程度である。

(協議会) 温泉熱発電で旅館の源泉を利用する場合、機械の騒音が問題になる。夜間の機械装置の運転の騒音が問題になる場合、装置の運転を停止することも考えなければならない。断続的に運転する場合の発電量などが知りたい。

(協議会) 浴用の温泉の場合、湯の華を入浴剤として再利用（販売）することがある。温泉熱発電の運用でオプションなどを考えることはできないか？

(協議会) 温泉熱発電に必要なお湯量を知りたい。
(研究代表者) 出力5kWの仕様であれば、100L/minから150L/minの湯量で発電できる。ポンプ消費電力はタービン出力の約50%を想定している。

- ✓ 学生アントレプレナーCが「地域再生可能エネルギー電力サービスプロジェクト」を提案した（図24）。

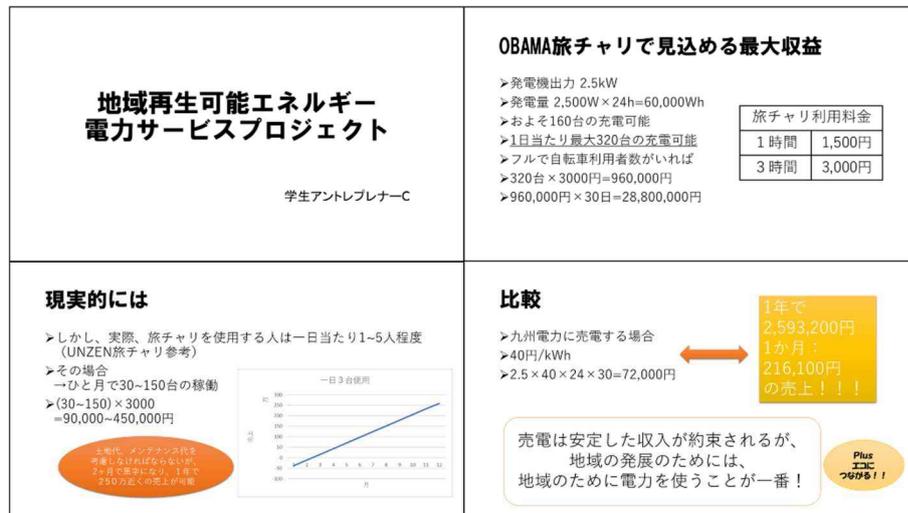


図24 電力サービスプロジェクト（一部抜粋）

（協議会）誰に向けたサービスであるか？子供向けの電動ビークルなのか？年寄り向けのシニアカーなのか？

（研究代表者）電動ビークルの規制が緩和されたと仮定して、市街地で観光客や社会見学の子どもが電動ビークルで市街地を移動していることが温泉地域社会として受け入れられるか？

（協議会）年配者世代の同意が得られるかが不明。シニアカーなど、お年寄りに配慮したサービスであれば温泉地域社会として受け入れられる可能性がある。

（協議会）現在の「旅チャリ」のサービスは、ビジネスモデルの想定よりも低い。サービスの価格が高いことに原因があるかもしれない。旅チャリの積極的なプロモーションをすれば、稼働率が上がる可能性もある。

（協議会）小浜温泉地域を観光する範囲が限られているので、電動自転車の需要は高くない。複数個所に充電施設をつくって、電動自転車を乗り捨てることのできる仕組みができれば、電動自転車の需要が増す可能性がある。

（協議会）これまでは小浜温泉を目的として立ち寄る観光客は少なく、旅行の中継点や宿泊を目的として訪れる人が多かった。

（協議会）観光客の層は大人または家族旅行が多いように思われる。これまでは小浜温泉に社会見学目的で訪れる子どもは少なかった。

（協議会）小浜温泉が観光の目的に選ばれない理由の一つに、日没後の夜の時間帯に見る観光名所がないことが挙げられる。この課題を解決するために、温泉熱発電の電力を利用したイルミネーションの観光スポットをつくるだけでも観光客の集客の効果がある。

（研究代表者）イルミネーションを目的に訪れた観光客からどのようにして発電機の原価やメンテナンス費用を回収するか、観光目的で訪れた観光客から持続可

能な活動のための資金回収の仕組みづくりが必要になる。

(協議会) 子どもたちの社会見学で選択されることが少なかった理由として、社会見学として受け入れる仕組みがこれまでなかったことが考えられる。

(協議会) 幅広い客層を受け入れることができるようなイベントを積極的に考えた方がよい。例えば、市民グラウンドの一部を電動モビリティの遊技場にする、港湾でのアヒルボートの遊覧・レース大会を企画する、カラオケ大会を企画するなど、観光客を集客するための仕組みを考えたほうがよい。

- ✓ 温泉熱発電の電力を利用した研究発表会・協議会・イベントなどの企画の立案が提案された。例えば、温泉熱発電の研究集会、温泉熱発電の電力を利用した体験学習、電力でドローンを飛ばす競技会、温泉熱発電で充電したミニ四駆レース大会、湯けむりに投影できるプロジェクトマッピングなどが提案された。

c) 第2回戦略会議における持続可能性の検討

- ✓ 第2回戦略会議(21/11/12)において、社会技術の持続可能性について継続審議した。「地域エネルギー協会」による人材育成のビジネスモデルについては計画を取り下げた。

(アドバイザーA) 温泉地域がインターンを受け入れる「地域インターンシップ」の制度を提案する。期間は1カ月から数カ月程度に設定する。インターンは旅館に宿泊するので、旅館・飲食店は潤う。地域がやりたいことを学生・インターンが手伝える体制をつくる。この社会技術を他地域展開することを提案する。

「エコツアープロジェクト」に関する検討

(アドバイザーB) 小浜温泉バイナリー発電所は地域の反対を乗り越えた歴史がある。小浜温泉地域には既にバイナリー発電所があり、再生可能エネルギーによる電力は供給過剰である。技術的な課題よりも温泉地域の課題にフォーカスすべき。エコツーリズムを提案しているが、既存のエコツーリズムと比較してスケールが小さくイノベティブでない。例えば、地域での次世代エネルギーパーク構想を掲げ、学習ツーリズムを開発する。エンタメ感を演出し修学旅行などを積極的に招致し教育活動に横展開する。開発している装置をエンタメ的に演出し、教育系・エンタメ系の事業に拡大させる。

(アドバイザーA) 研究代表者と協働実施者の現在のそれぞれの立場で、大規模事業を動かすことができるのか？

(アドバイザーC) 今回の活動の成果を教育に特化した形での活動を提案する。日本学術振興会「ひらめき・ときめき・サイエンス」の事業に人気がある。この事業のツーリズムも開発されている。このツーリズムを経験し、別の関心が生まれ、進路を変える子供もいる。地域の学校と連携した活動ができる。

d) 第2回協議会における持続可能性の検討

- ✓ 第2回戦略会議（11/12）において、JSTアドバイザーチームから温泉地域でのインターンシップに関するビジネスモデルの提案があったことが説明された。
- ✓ 協議会代表との面談（11/25）で、次期研究プロジェクト（Solve for SDGsソリューションフェーズ）のシナリオとして温泉地域でインターンを受け入れることの実現可能性について意見交換した。温泉地域で活動するインターンを受け入れる場合、宿泊・食事などの持続可能な仕組みづくりが課題になることが指摘された。
- ✓ また、現在の大学単体の研究開発体制では社会実装に対するリスクが高いこと、長崎大学が発電システム製造の主体にはなり得ないこと、民間企業との共同研究によるシステムの開発が必要であることなどが説明された。

（次期研究プロジェクトに関する意見交換）

（協議会）温泉事業者の源泉を触るのか、触らないのかを知りたい。

（研究代表者）本研究プロジェクトの範囲では、源泉を掘削・加工・工事する計画はない（触らない）。研究プロジェクトのバイナリー発電では、温泉の熱エネルギーだけを利用する。

（協議会）発電に必要な湯量と温度の具体的な数値を知りたい。

（研究代表者）30kWの発電機を導入する場合、湯量は400L/min、高温熱源の温度は80℃以上で設計されている。

（協議会）湯量による発電量はどの程度か？

（研究代表者）雲仙市の条例に合わせて定格出力10kWに制限した場合、流量は133L/min（30kWの1/3）程度になる。

（協力企業）具体的な運転条件が与えられれば、発電機の出力を計算することは可能。

（協議会）発電量の最終的な目標値をどのように設定しているか？

（研究代表者）雲仙市の条例に従って、10kW未満の出力を系統連携するよう計画する。

（旅館組合）雲仙市の出力制限（10kW）は、掘削を伴わない温泉熱にも適用されるかについて確認する必要がある。

（協力企業）発電システムの費用を回収するためには、発電機の出力を大きくした方がよい。

（協議会）研究事業から法人による事業経営までの、総合的な事業の流れ（計画）を明確にする必要がある。

（研究代表者）次期研究プロジェクトのプロポーザルを作成するときに、研究プロジェクトの発電システムを社会実装するまでのスケジュールを作成する。

（協議会）ビジネスモデルが漠然としており、イメージできない。社会技術のシナ

リオについて現実味がない。

（研究代表者）財源確保のためのビジネスモデルについては、資源エネルギー庁が定めた再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT制度）を活用する。同制度では、地熱で発電された電力を1kWhあたり40円で売電することができる。財源確保のためのビジネスモデルについては、温泉熱で発電された電力をFIT制度で全量売電する。

（協議会）源泉を触ることはないか？源泉を触る場合、源泉所有者との契約が必要になる。

（研究代表者）源泉掘削などの計画はない。現在の温泉水を一次熱交換（熱交換器と配管工事）することで、温泉水の熱エネルギーを取り出す。

（協議会）「ゆのか」の源泉が研究プロジェクトの発電機の試運転に適しているのではないか？源泉がスケールを多く含む泉質である。ここで事業化できれば、ほとんどの小浜温泉地区で発電事業が可能であると考えられる。

（研究代表者）「ゆのか」には冷却水がないために、作動流体を空冷させる必要がある。事業開始までに、冷却ファンの騒音の影響がどの程度であるかを明らかにする。

（協力企業）ファン騒音は定格運転（100%）で80dB、出力制限（50%）で50dBである。送風機を設置する際は、遮蔽板を設置する。ファンの出口側にダクトを設け、建物と反対向きに熱廃棄することでも騒音を低減する効果がある。

（協議会）出力5kWで何ができるのかが分からない。

（研究代表者）2022年の地熱のFIT制度に基づけば、5kWの電力を全量売電した場合の買取価格は年間約150万円になる。調達期間は15年間保証される。

$40 \text{ (円)} \times 5 \text{ (kW)} \times 24 \text{ (時間)} \times 365 \text{ (日)} \times 0.85 \text{ (稼働率)} = 1,489 \text{ (千円)}$

（協議会）研究事業の審査が通らなかった場合の補償の問題はどうなるか？撤収費用、事業費用などをどのように負担するのか？

（研究代表者）現在の発電事業を実際に開始するのは、研究プロジェクトが予算配分機関（JST）に採択されることが前提である。研究プロジェクトに関する運営経費は全て研究費で賄う（地域の負担やリスクがないことが前提条件）。3年間の研究プロジェクトを通して事業化の目処がつかない場合、発電機を民間事業者に譲渡・売却または廃棄する。これらの費用については、最終年度の研究プロジェクト予算に計上する。

（協議会）研究事業の、事業計画、キャッシュフロー、マネタイズ、ビジネスモデルを示す必要がある。

（研究代表者）研究の事業計画（研究計画）については、発電した電力をFIT制度で全量売電する。これらの売電収益を地域の事業に充当する。地域における事業の計画については、事業の主体が計画することを想定している。

(協議会) 源泉を所有する事業者に対して、宿泊客の増加、飲食などの需要、などの間接的なメリットはあるが、直接的なメリットが見えない。源泉を所有する事業者に対して、利益分配などの直接的なメリットや、小浜全体の相乗効果で得られる具体的な間接的メリットを示す必要がある。

(研究代表者) 源泉所有者(温泉事業者)に対するメリットとして、(1)温泉地域インターンシップで滞在する宿泊客の増加、(2)土地の貸借料、(3)源泉冷却のために加水する水道料金の削減、(4)発電のために除熱された温泉水の浴用での利用、などが挙げられる。

(協議会) 冷却ファンを遮音壁で遮ることはできないか？

(協力企業) 冷却ファンを設置する場合には、遮音壁も合わせて設置する。排熱ダクトの方向を変えて、建物とは逆向きに熱排気(騒音放射)することも可能。

(協議会) 発電機を設置するスペースはどの程度必要か？

(協力企業) 発電機のコンテナの上に送風機を置く場合、発電機の標準的な設置スペースは6m×2m。

(協議会) 発電機の騒音はどの程度であるかを、現物を視察するなどして確認する必要がある。

(研究代表者) 現在は新型コロナウイルスの影響で県外の視察が困難。佐賀県の実証事業などを、現地視察するなど計画する。

(協議会) 海水による冷却方式には、技術的な問題はないか？

(研究代表者) 小浜温泉バイナリー発電所は海水による冷却方式を採用している。メンテナンス費用と売電収入の費用対効果を明らかにする必要がある。

(協力企業) 水冷式システムは、海水ポンプ運転によるランニングコストの上昇、海洋生物付着によるメンテナンス費用の増加、海水対応の配管材料によるコスト増加などの理由から、海水による水冷方式を推奨しない。

(協議会) 温泉の蒸気を利用する発電機はないか？

(研究代表者) フラッシュ型の発電機であれば地面から噴出する温泉の蒸気圧を利用することが可能である。しかし、バイナリー発電とは発電の物理的な原理が異なるため、現在の研究プロジェクトの範囲では利用することができない。

e) 第3回戦略会議における持続可能性の検討

- ✓ 第3回戦略会議(22/01/21)において、JSTアドバイザーチームから、地域がやりたいことを学生やボランティアのインターンの活動を通して実現するビジネスモデルが提案された。このビジネスモデルについて検討した。
- ✓ 協議会の代表との面談(21/11/25)において、この温泉地域でのインターンの受け入れの実現可能性について意見交換した。協議会代表からは、学生やボランティアの滞在費や食費の負担が課題になるとの指摘があった。これらの諸経費を地域で負担することは困難であり、この財源確保が課題になった。この課題を長崎大プ

プロジェクトチームで審議し、インターンシップに関するビジネスモデルのシナリオを考案した。

- ✓ まず、出力 10kW の発電機を地域全体で 3 箇所運営することを想定する。このとき、地域全体で発電される電力の総出力は 30kW になる。この電力が FIT 制度を利用して全量売電されると、年間の売電収益は約 1,000 万円になる。主体である協議会はこの売電益を地域づくりの活動の財源として活用する（図 25）。



図 25 FIT制度による売電事業と協議会の関係

- ✓ 協議会では、地域づくりの事業に関するビジネスモデルを立案し、執行の主体であるインターンへ課題を提供する。このインターンシップでは、学生やボランティアが執行の主体となり、地域の課題に取り組む。



図 26 協議会によるインターンシップ事業モデル

- ✓ 学生やボランティアはインターンシップを通して地域づくりについて学ぶだけでなく、社会見学や行政視察にも対応してもらおう。地域での学びが SNS などを通して学生ボランティアによって情報発信される。



図27 インターンシップと地域づくり

- ✓ これらの一連の活動を新しい社会技術として、他の地域に主体を形成し、他地域展開する。新しい社会技術のモデルでは、地域の協議会が事業の主体となり、売電収入を財源として、教育、産業、環境、地域づくりのための持続可能な活動の仕組みを創出する。

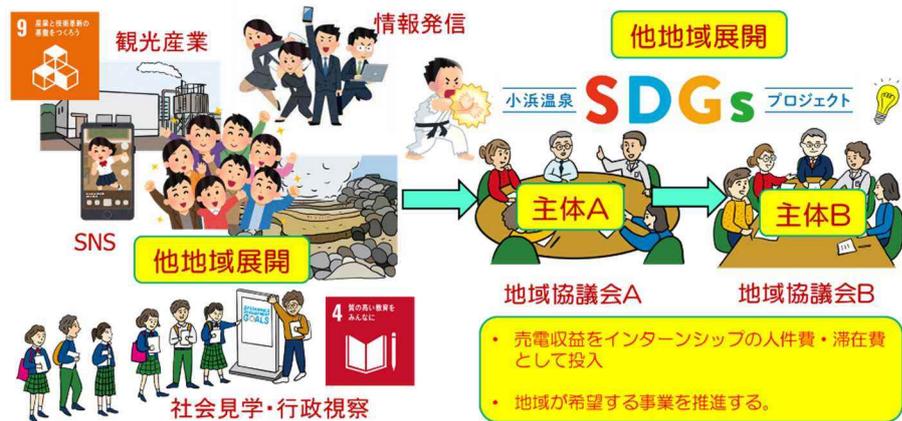


図28 社会技術の情報発信

(アドバイザーA) 「学生インターンシップ」は「学生アントレプレナー」に代わるアイデアである。インターンシップを活用する前提条件として協議会がやりたいことが明確である必要がある。この場合、協議会が筋道をつけて地域の課題提案ができるかどうか、その点がわからない。仮説検証をする主体に学生のインターンシップを活用することについては肯定できる。このインターンシップの費用については、地域の事業者からもらうのが一般的である。誰が得するかといえば、新しい事業を生み出す地域の事業者である。学生にとっても自分と社会の関りを仮説検証できるメリットがある。インターンシップは学生については専門性を問わず募集することができる。「学生インターンシップ」は課題を提供する地域の事業者がいて、その課題解決に利用することには効果的である。

(アドバイザーB) 政府でクリーンエネルギー戦略に関する検討会が開催されている。環境省は地域脱炭素に向けた取り組みとして、2030年までに全国で100箇所以上の脱炭素先行地域を選考している。この制度は本研究プロジェクトの地域のブランド力の強化とあわせて、国の政策に合致する。地域は人から言われても自律的に動かない。地域に必ず利益・便益があることを示す必要がある。小浜での地熱利用がモデルケースになり、これが地域のブランド力強化にもつながる。

(アドバイザーC) 地域に主体意識を形成するために、地域の課題を解決する。地域が研究プロジェクトから役割を押し付けられると、地域が責任を感じる。例えば、街づくりの小さな団体が地域のローカルルールをつくると、結果として主体性ができる。

(アドバイザーC) 売電益で人を地域に呼び込むビジネスモデルが提案されている。このビジネスモデルでは、アピール力が弱い。売電ではなく、発電したエネルギーを地産地消するほうがよい。町内のエネルギーマネジメントのような、小規模な電力の利用のニッチなコンセプトに焦点を合わせることを提案する。

(研究実施者) 売電益を使うと持続可能な活動ができる。一方、(独立電源や自家消費電源のような) 地産地消のほうが持続可能な活動につながる場合もある。また、10kWの発電機で実質的にどの程度プラスの出力になるかなど、今後も具体的な検討が必要である。

(アドバイザーC) 地域自身に主体意識をどう醸成させるか？売電の場合、制度が変わると持続されない。他地域の活用の意見なども参考にしながら、地産地消モデルを創出することを推奨する。

(アドバイザーD) 地域の主体性の育成には、3年から5年の長期戦を覚悟する必要がある。社会技術に関するトライ&エラーの実験ではなく、どれくらいの期間で有効な手段を地域にぶつけるか、研究プロジェクトの戦略が必要である。

(アドバイザーD) 持続可能な活動のための費用をどうするか？ふるさと納税の使い方はフレキシブルに使うことができる。地域の温泉事業の若者の未来への投資のようなキャッチフレーズで財源を確保する。雲仙市との相談を要請する。

(アドバイザーE) 地域の主体形成が鍵になる。自発性がなければ持続可能性がない。売電事業のマネジメントよりも、ものづくりなど、地域と協働できることから始めるとよい。学生のインターンシップには、地域における社会技術の持続可能性に関して実効性と効果があるのか疑問である。学生の自発性がないと、学生インターンの活動は地域にとって負担になるだけである。

(アドバイザーF) 売電事業で収益を得ることは、最初はよいが、制度が変わると持続可能性がなくなる。一方、地域で電気を作りすぎたときの発電量に対する負荷

は将来的な問題になる。例えば、スマートグリッドで作りすぎた電気を地域で共有する仕組みづくりをする。インターンシップで学生の旅費にするよりも未来あるモデルになる。

(アドバイザーC) 地産地消・自律を大規模にやられている場合、売電ではなくHEMS (Home Energy Management System) の利用法もある。エネルギーの循環的な使い方ではなく、バックアップ電源やピークカット (系統と自立を使い分ける) の利用法もある。大きなところでやっている取り組みの小規模地域版の社会技術を形成する。町内・コミュニティ単位でできるものはなんであるか? 地域から解決策が出てくる可能性がある。先行事例を提示しながら地域と議論する。この社会技術の持続可能性に関する取り組みが、地域の主体形成と一体化する。

(アドバイザーG) インターンシップが目的化している。作られた電力が地産地消の電力課題に使われた後で、そこに学生がインターンシップで参画するシナリオを提案する。まずは、電力の使い方に知恵を絞るべき。

f) ワークショップにおける持続可能性の合意形成

- ✓ 次期研究プロジェクトにおける持続可能な地域での活動に関する合意形成を目的として「小浜温泉 SDGs プロジェクトワークショップ」が令和4年3月29日に開催された。
- ✓ このワークショップで、FIT制度のルール上、補助金・助成金での売電事業はできないこと、第2回協議会 (2022/1/19 開催) で提案された売電事業による研究活動のための財源確保はその制度上できないこと、などが説明された。
- ✓ 「スマートバイナリー発電が実用化されると、この発電機は個人事業主 (源泉所有者) の設備投資の対象になるか?」の問いに対して、「設備投資の対象になる」が 55.6%、「どちらかといえば設備投資の対象になる」が 33.3%であった (図 29)。スマートバイナリー発電を個人事業主の設備投資として活用することについては、概ね肯定的であることがわかった。

スマートバイナリー発電が実用化されると、この発... (源泉所有者) の設備投資の対象になりますか?
9件の回答



図 29 設備投資に関するアンケート結果 (個人利用)

- ✓ 「スマートバイナリー発電の特定施設の補助電源としての活用方法には、持続可能性があるか?」の問いに対して、「持続可能性がある」が 44.4%、「どちらかと

いえば持続可能性がある」が33.3%であった。一方、「どちらともいえない」の回答は22.1%であった(図30)。「どちらともいえない」の回答について考察した。この問いの特定の公共施設が何で、管理する主体は誰であるかが定かでなく、回答者はいずれの主体でもなかった。また、特定施設で発電をするための運転資金の見通しがなく、回答者が現時点で公共施設の持続可能性を判断できなかったためと考えられる。

スマートバイナリー発電の特定施設の補助電力とし...性があるかについてご意見をお聞かせください。
9件の回答

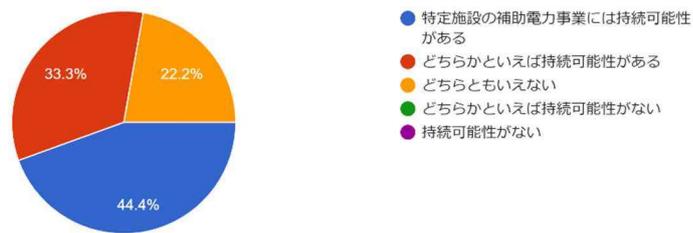


図30 公共施設での補助電源に関するアンケート結果(法人利用)

(長崎県工業技術センター) デジタルデータを活用して実機の状態挙動を診断することによりスマートバイナリー発電システムのメンテナンス技術を開発する。AIを用いて源泉温度と周囲変化を考慮して発電システムの運転状態を最適化し、効率的な運転を可能にすることを目指す。流れの数値シミュレーションを用いたタービン特性予測データベースを構築し、最適運転条件を制御する。また、IoT装置のデータからシステムの故障を事前に検知し、メンテナンスの効率化を図る。

(協議会) 源泉の近くに設置をする場合、スペースの問題について?

(研究代表者) (発電機の大きさは大型冷蔵庫1台程度を想定している)。発電機と同程度の大きさの一次熱交換器を開発して、それも設置する必要がある。その一次熱交換器で温泉水の熱を銅管で循環水が受け取る(バイナリー発電では、この循環水の熱が作動流体を蒸発させることに利用される)。

(協議会) (発電機を動かすためには) 電源も必要か?

(研究代表者) 冷媒ポンプや凝縮器ファンの電力が必要。

(協議会) 発電した電気を発電機そのものには使用することはできないか?

(研究代表者) 蓄電池を用いれば再利用可能と思われる(実現可能性については、確認が必要)。

(協議会) 次期研究プロジェクトのシナリオについては、前回(2022/3/23)の面談で十分話をしたので、特に不明な点はなし。

(協議会) 技術的に可能というならば、騒音問題が解決できれば...。他の源泉所

有者は発電機の価格帯を知りたい。

（研究代表者）およそ車1台分程度（200万円から300万円）を想定している。

（協議会）このような発電事業に対して国などから補助金が出れば踏み出しやすくなる。補助金に対して、動きはあるか？

（協働実施者）以前は、太陽光に関する雲仙市の補助金があった（平成30年度で終了）。研究プロジェクトの小出力バイナリーのように、発売されていないものに対する補助金の制度はない。今後、小出力バイナリー発電が定着しても、一つの発電設備だけ補助する事にはならない。将来的に設置台数が増えてくれば、（小出力バイナリー発電機のみならず）補助金を支給する可能性はある。

（協議会）現在、湯棚にある装置（試作機）は実用的な結果は出ているのか？

（研究代表者）動力を取り出すことのできる結果は得られた（現時点では、この試作機の実用性は確認されていない）。

（協議会）今後メンテナンスが必要な場合、どこがやるのか？

（研究代表者）地域の事業者がメンテナンス業務を行うことを計画する。メンテナンスを地域で完結させ、温泉地域で発電機を運用する体制づくりを進める。（この体制づくりが地域における）仕事や雇用を創出する。

（協議会）次期研究プロジェクトの申請の時期と採択の時期、採択の結果が明らかになるのはいつごろか？

（研究代表者）公募は4月5日スタート、6月8日締め切り。採択の時期は8月から9月ごろ。研究プロジェクトの予算執行ができるのは10月以降。

（協議会）協議会としても動いていかなければならない。

（研究代表者）テクニカルドリブン（技術主導）の仕組みというよりは、（協議会には、おもに）地域づくり事業を推進してもらうことを期待している。

（協議会）次期研究プロジェクトのスタートはいつ頃になるのか？

（研究代表者）次期研究プロジェクトは2022年10月1日から開始される。シナリオフェーズでは、報酬の額が大きかろうが小さかろうが、社会技術におけるマネタイズをしっかりと確立することが持続可能性につながる。

（協議会）協議会が主体となって進めていくことに対して何をすべきか？

（研究代表者）現時点では、次期研究プロジェクトに移行することが大切。（地域づくり事業の構想は必要であるが、実際に活動を開始するのは研究プロジェクトが採択されてからのほうがよい）。

（協議会）大学や協議会が絡んでくれば助成金も出るのでは？

（研究代表者）FIT制度では、補助金や助成金を使った事業では売電ができない。事業化モデルは自己消費電源の仕組みとなる。

(協議会) 協議会として主体となって進めていくのは、地域づくり事業となるのか？人の流れができないと事業として成り立たない。インターンとは？

(研究代表者) (社会技術が確立された際には) 学生やボランティアに何らかの形で小浜に来てもらって、地域の事業に参画してもらうことを想定している。

(協議会) (源泉所有者の事業所) 発電機を置くことは可能なのか？

(研究代表者) 一次熱交換の問題が解決できれば可能。また、スペースの確保と騒音問題の解決も必要。これらの問題が解決すれば、物理的にはそれぞれの源泉に発電機を設置することはできる。

(協議会) (次期プロジェクトの) 助成金で、何台、開発可能か？

(研究代表者) 次期プロジェクトの年間研究費は最大 2300 万円。(1 台 300 万円と仮定すれば)、一度に注文すれば最大でおよそ 7 台製造することが可能な計算になる。

(研究代表者) (超分散型エネルギー社会の社会技術モデルとして複数台の発電機を特定の温泉地域で運用した結果に関する) 実証試験の成果を広く開示して、他の温泉地域に展開していく必要がある(他地域展開が研究プログラムのミッションである)。

(協議会) そこ(他地域展開)が難しいところ。

(研究代表者) インターンシップやエコツアーで(情報発信しながら人の流れをつくり、他地域展開を)実現する。この仕組みを組織的に実現するためには、外部から小浜温泉地域に入ってくる人の窓口が必要になる。

(協議会) ホームページなどを作成して、情報発信する必要がある。

(研究代表者) (一社) 雲仙観光局と連携・協力して、(外部からの人の流れを受け入れる体制づくりを)進める。

(協議会) 試作機が実際に動いているところを見ていない。温泉熱発電の現実的なイメージがわからない。事業に踏み切ることができない。仕組みも分からないので、一度動いているところをしっかりと見てみたい。それをみて持続可能な事業かどうかを考えたい。

(研究代表者) (小出力バイナリー発電装置の試作機の見学会を)計画する。

実施項目③-3：超分散型エネルギー社会の多地域展開に向けた活動

a) 令和3年度第1回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議

- ✓ 地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議(以下、実務者会議)は、九州地区における各県の行政機関、民間企業によって構成される会議である。地熱事業推進セミナーにおいて「地熱エネルギーの利用拡大に向けた課題」について話題提供された。また、九州地区における地熱・温泉熱エネルギーの産業化に向けたアクションプラン、地熱・温泉熱プロジェクト組成件数、などが報告された。

b) 令和3年度第2回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議

- ✓ 第2回実務者会議（22/2/16）において、環境省の脱炭素の取り組みについて話題提供された。環境省の地域脱炭素に向けた自治体などへの財政支援では1,000億円以上の予算を重点配分すること、脱炭素事業に意欲的に取り組む自治体や民間企業を積極支援すること、地域炭素移行・再エネ推進交付金、地域共生型再エネ導入加速化支援パッケージ、民間企業などによる意欲的な脱炭素事業等に対する新たな脱炭素主出資金制度の創設、その他の地域脱炭素やライフスタイル関連予算などの紹介があった。

c) 次期研究プロジェクトのシナリオと戦略

- ✓ 第3回協議会と第3第戦略会議における議論の結果をSWOT分析する。図31は次期研究プロジェクトに関する、強み（Strength）、弱み（Weakness）、機会（Opportunity）、脅威（Threat）を整理したものである。



図31 主体と業界のSWOT分析

- ✓ 内部環境分析の強みと弱みの関係から、プロジェクトの主体を分析する。内部環境の強みとして、次期研究プログラムには温泉地域の社会技術を実証試験する候補地（小浜温泉）がある。この候補地において源泉所有者（個人事業主）と地域法人、二つの事業体の利益と便益を自発性ある組織で実証試験することを計画する。
- ✓ （認知度・ブランド力）小浜温泉は地熱発電の反対・共存・活用の歴史に関する認知度がある。2007年の小浜温泉プロジェクトを経て、地域のエネルギーを独立電源や自家消費電源として活用する新しい社会技術プロジェクトを開始する。
- ✓ （価格・品質）また、地元大学が研究開発した技術シーズを製品化させるために、次期研究プロジェクトでは民間企業とスマートバイナリー発電を共同開発する。主体の一つである源泉所有者の施設電力を対象にするために、スマートバイナリー発電の価格を自動車1台分程度に設定する。
- ✓ （資源・立地）温泉地域におけるエネルギーの直接利用をするために、積極的に

自噴の源泉を活用する。また、この発電技術を水平展開するために、工場排熱、焼却場、内燃機関の廃熱利用への応用も検討する。

- ✓ (サービス・技術力) さらに、この社会技術を温泉地域に定着させるために、地域の自動車整備会社、配管設備メンテナンス会社、建設会社などの社会技術ネットワークを完成させる。
- ✓ 外部環境の機会と脅威の関係から、次期研究プロジェクトの業界を分析する。外部環境の強みとして、次期研究プロジェクトには電力の地産地消事業に関する挑戦の機会がある。また、地域の事業者にとっての脅威には、自営と地域事業との両立に関するリスクがある。
- ✓ (市場規模・成長性) 温泉熱エネルギーの地産地消ビジネスとして、源泉所有者の設備投資事業、指定管理者制度における公共施設の管理・運営をする法人の事業、これら二つがおもな事業の候補となる。自家消費電源としての排熱利用は再生可能エネルギーの地産地消に関するニッチな産業分野である。この排熱エネルギーには、温泉熱だけでなく、工場排熱、焼却場の排熱、内燃機関の排熱などの、事業の成長につながる市場がある。
- ✓ (競合) 温泉熱エネルギーの独立電源・自家消費電源としての地産地消事業には大手企業が参入する可能性が低い。現時点では、長崎大学はスマートバイナリー発電に関して、国内トップクラスの研究開発体制を構築している。
- ✓ (景気・経済・社会) 化石燃料からの転換だけでなく、地政学リスクに伴う原油価格の高騰、内燃機関からモーターへの技術革新、持続可能な社会を目指すためのCO2排出削減などの課題から、エネルギーを取り巻く環境は大きく変わろうとしている。
- ✓ (政治・法律) 再生可能エネルギーの地産地消を目的とした独立電源・自家消費電源としての活用は、現在のFIT制度(再生可能エネルギー固定価格買取制度)の仕組みとは対極の社会技術であることに特徴がある。

今年度の到達目標④ 超分散型エネルギー社会に関する社会技術の情報発信

実施項目④-1: 超分散型エネルギー社会を構成する社会技術の情報発信

a) デジタルサイネージを活用した社会技術の情報発信

- ✓ 令和3年4月30日に雲仙市とLEDビジョンの仕様策定と運用について打ち合わせした。LEDビジョンの仕様について確認し、おもに発電機出力と消費電力の関係から、案2で計画することを合意した。



	M1 series(案1)	AHO2.5(案2)
表示領域(mm)	1280×960	960×640
ピクセルピッチ(mm)	4	2.5
解像度(pixel)	240×320	256×384
平均消費電力(W)	500	250
設置方法	据え置き	壁掛け
認可手続き	島原振興局	雲仙市
適正視認距離(m)	4.64	2.9

図 32 デジタルサイネージ設置に関する検討

- ✓ 実証試験場の外側の土地にLEDビジョンの架台を設置することは県の認可手続きが必要となる。このため、実証試験場の窓枠部分に内側から何らかの方法でLEDビジョンを設置することが雲仙市より提案された。この方法を最終案として、雲仙市で実証試験場へのLEDビジョン設置についてゴールデンウィーク明けを目安に決済をとる。

b) 冊子「温泉地域社会のためのSDGs ー基本計画ー」の作成

- ✓ 小浜温泉SDGsプロジェクトの冊子の作成について、雲仙市および景色デザイン室と検討した。長崎大学と雲仙市が素材資料を情報収集し、景色デザイン室が「小浜温泉SDGsプロジェクト」の活動を冊子として編集する。
- ✓ (目的) 科学技術振興機構(以下、JST)の研究プログラム「SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム(以下、Solve for SDGs)」における研究プロジェクト「温泉地域における超分散型エネルギー社会を実現するためのシナリオ策定(以下、小浜プロジェクト)」の活動成果の冊子とデジタルコンテンツを制作する。この資料を、小浜温泉地域の観光案内や社会見学の資料として活用し、地域のエネルギー活用に関する地域の主体的な教育資料として活用する。
- ✓ (用途) 小浜温泉を訪れた、観光、社会見学、行政視察などの、一般の人を対象とした地域におけるエネルギー活用・環境保全の説明資料とする。この資料を教育教材として、地域や社会見学の子供たちに地域のエネルギーの利用に関する新しい仕組みを地域で教育する。これまでの小浜における地熱エネルギーの活用(分散型エネルギーシステム)と、これからの地域エネルギーの活用に関する社会技術開発(超分散型エネルギーシステム)の経緯を辿る。社会見学については、具体的な地域のエネルギー活用・環境保全に関する教育プログラムを同時に開発する。この教育プログラムを地域自身で実施することが出来る体制を構築する。デジタルコンテンツは、編集して小浜温泉地熱発電事業実証試験場近くのLEDディスプレイによって現地で情報発信する。
- ✓ (構成) イラストなどを活用して、研究事業の概念を直感的に伝える。当該研究事業と同期のとれた、一般の人にも分かりやすいタイトルにする。雲仙・島原ジオパークの地熱エネルギーマップ、発行者・問い合わせ先、小浜における未利用温泉熱エネルギー利用のこれまでの活動などを記載する。SDGsの概念、超分散型エネルギー社会の考え方、バイナリー発電システムの仕組み、スマートバイナリー発電システム、地域エネルギー運用の主体、FIT制度の仕組み、地域エネルギーの持続

可能な運用の仕組み、多地域展開の方法、リーンスタータアップの概念、クイズなどを盛り込んだコンテンツにする。

- ✓ 科学技術振興機構（JST）のクレジット挿入について、JSTからのコメント、クレジットの挿入箇所などが説明された。
- ✓ 資料に沿って、B5、16ページ（実質14ページ）の資料のレイアウト割付について説明された。表紙のタイトルについては「温泉地域社会のためのSDGs（仮）」とすることにした。タイトルについては、引き続き検討する。
- ✓ 景色デザイン室から、資料制作のための写真のオリジナルファイルの提出が要請された。また、JSTに原稿のチェックを早期に依頼することが協力要請された。

実施項目④-2：温泉地域社会に対する超分散型エネルギー社会技術の多地域展開

a) 令和3年度 地熱資源開発にかかる自治体連絡会議（22/11/24）

- ✓ 令和3年11月24日に九州経済産業局主催の自治体連絡会議が開催された。2日目の現地視察において本研究プロジェクトの活動を雲仙市と協働して実機のデモンストレーションを通して紹介した。資料として「温泉地域社会のためのSDGsー基本計画ー」の冊子を配布した。冊子の電子データをLEDビジョンに表示させながら、研究プロジェクトの活動内容を説明した。



図33 デジタルサイネージを活用した情報発信

(3) 成果

今年度の到達目標① スマートバイナリー発電システムMVPの開発

実施項目①-1: 多地域展開を目的としたスマートバイナリー発電システムのMVP開発

a) 第1回戦略会議におけるMVP開発の進捗状況 (21/08/19)

- ✓ ORC制御システムおよびクラウドサーバーを利用した遠隔モニタリングWebシステムの開発を予定通り令和3年7月に完了した(図34)。スマートバイナリー発電システムの運転状態を、インターネットを経由して、パソコンやスマホなどのIoT機器から確認することが可能になった。



図34 ORC制御システム

b) 第3回戦略会議におけるMVP開発の進捗状況 (21/01/21)

- ✓ 製作仕様に従って、タービンテストベンチ2号機を完成した。



図35 タービンテストベンチ2号機

実施項目①-2: システムの製造技術と制御法に関する知財出願

- ✓ スマートバイナリー発電の制御法に関する知財を出願した。

発明などの名称; バイナリー発電装置 出願番号; 特願2021-57731 出願人; 長崎大学 発明者; 佐々木壮一、山口朝彦
--

- ✓ 上記の特許出願に伴い、令和3年5月19日に「知的財産権出願通知書・知的財産権設定登録等通知書」をJSTに提出した。

今年度の到達目標② スマートバイナリー発電システムMVPの実証試験

実施項目②-1：スマートバイナリー発電システムの実証試験

a) 第1回戦略会議における実証試験の進捗状況

- ✓ 令和3年9月13日から15日にかけて、温水循環システムの工事を実施した。温泉の熱エネルギーを取り出すための温水循環システムが完成した。このシステムは源泉の熱エネルギーを取り出すだけで、足湯に流れる温泉水の湯量や水質への影響はない。



丸巻き銅管



湯だまり



流量計



源泉温度



温水循環ポンプ



給水システム

図36 温水循環システム

b) スマートバイナリー発電システムの実証試験

- ✓ 断熱処理が施されたタービン出口温度は断熱処理なしのタービン出口温度と同程度であった。

- ✓ 作動流体の温度上昇に及ぼす外気の吸熱の影響は小さい。タービンの性能試験における断熱効率は約7.9%であった。これは、作動流体がタービン内部で生じる機械的な摩擦熱を吸収したためであると考えられる。
- ✓ 本実験の範囲では、タービン入口圧力が異なる運転状態において、タービン効率が同程度になる作動点が存在した。この作動点近傍に、ターボ機械の流体力学的な相似性が存在する。
- ✓ 小浜温泉での実証試験において、試作機のORCの熱効率が2.37%であることを作動流体の物理量の計測に基づいて示した。
- ✓ タービン単体の試験における作動点のタービン効率が21.2%であるのに対して、ORCの実証試験におけるタービン効率は19.2%であった。

実施項目②-2：スマートメンテナンス技術の開発

a) 第1期（4月から6月）における技術開発の進捗

- ✓ 令和3年4月より「長崎県工業技術センター」が研究実施機関として活動を開始した。四半期毎に研究の進捗報告と意見交換を実施することを合意形成した。令和4年度の目標として、スクロールタービンの数値シミュレーションとORCの制御に関する機械学習の応用が提案された。
- ✓ 数値シミュレーションの到達目標は、最高効率点を含む数点の出力特性を解析することに設定した。圧縮性流体の数値シミュレーションで、タービンの軸トルクと効率を解析する。今後、汎用品のスクロールコンプレッサーのモデル作成、駆動機構の分析、数値シミュレーションに取り組む。
- ✓ 機械学習については、観測システムで情報収集したデータに基づいて、湯温と気温の相関を解析し、気象庁などの気象データに基づく機械学習で湯温を予測し、ORCシステムの出力を予測するシステムが提案された。

b) 第2期（7月から9月）における技術開発の進捗

- ✓ 源泉温度の計測について、熱電対を棚湯の湯だまりに投入し、補償銅線を実験室に引き込むことが計画された。また、温水ホースの途中で三方チーズとコンプレッションフィッティングを用いて熱電対の接続口を作成する。
- ✓ 数値シミュレーションの計算結果は、ORCの設計技術として水平展開できるようにする。

c) 第3期（10月から12月）における技術開発の進捗

- ✓ 多チャンネル温度計およびリアルタイム画像監視カメラを備えたスマートメンテナンスのIoT装置の開発を完了した。機械学習に関して、SONYのNeural Network Console (NNC) を活用したAIシステムを開発する。運転時の状況診断技術、季節による周囲環境変化にあわせた自律的な最適運転などの制御・予測技術の開発につなげる。2022年度は、計算時間の短縮を目的として計算用コンピュータの性能向上を検討することが計画された。

d) デジタルデータを活用したIoT装置の開発

- ✓ 図37に示されるように、源泉の温度は熱電対の先端を温泉水に浸して測定され

た。開発したIoT装置では、USBカメラを用いて当該スマートバイナリー発電システムを常時監視することができる。このカメラによって、配管からの水漏れなどの状態を室外から監視することが可能になった。

- ✓ 外気温度、温泉温度およびカメラ画像の表示画面を図38に示す。課題として、温泉温度の測定データにオフセットが見受けられた。熱電対の補償導線を連結するコネクタの錆び、泉質によるセンサー付近の劣化や湯の花対策、補償導線の長さの影響について今後調査する予定である。



図37 温泉水に浸した熱電対



図38 測定結果の表示画面

e) サイバー空間におけるタービンの3次元デジタルデータ構築

- ✓ 本年度はサイバー空間上にタービンを構築するため、対象のタービンの形状測定と運転特性を予測するためのシミュレーション技術について調査した。当該プロジェクトにおけるタービンはスクロールコンプレッサーであり、その性能を予測するためには内部の固定スクロールと旋回スクロールの形状データが必要になる。
- ✓ これを受けて、3次元スキャナを用いて各スクロールの形状を測定して、図39に示すように3次元デジタルデータが得られた。当該3次元デジタルデータを用いたコンピュータシミュレーション技術によりサイバー空間でのタービンの運転特性データを取得する。アンシス・ジャパン株式会社のソフトウェアであるForteを用いてシミュレーションを実施している。この計算負荷が高く、日数を要しているのが課題である。第5期以降、計算能力の高いコンピュータを用意するなど、計算環境を改善する必要がある。

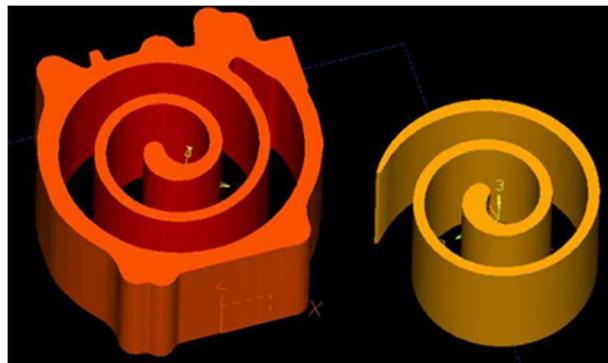


図39 スクロールの3次元デジタルデータ

f) 第4期（1月から3月）における技術開発の進捗

- ✓ Webカメラによって、温水配管系に異常が生じた際、遠隔地から漏水の状況を目視で確認することが可能になった。ORC制御システムでは、遠隔からシステムの電源を遮断することが可能である。これらの「スマートメンテナンス技術」によって、安全な発電システムの運用が可能になった。

今年度の到達目標③ 超分散型エネルギー社会の多地域展開

実施項目③-1：超分散型エネルギー社会の主体形成に向けた活動

a) 第1回戦略会議における主体形成の検討

- ✓ 戦略会議で提案した「地域エネルギー協会」による主体形成については、本研究プロジェクトでは実施しないことを決定した。
- ✓ 「小浜温泉旅館組合」と事業の「担い手」との連携体制の確立が急務であることが確認された。アドバイザーのコメントを参考にして、学生アントレプレナーと小浜温泉旅館組合との話し合いからなる協議体制を形作ることを検討する。
- ✓ 「協議会」を中心にして「担い手」を育成し、NPO 法人（大学発ベンチャー）の設立のシナリオについての実現可能性を検討する。

b) 第1回協議会における主体形成の検討

- ✓ 温泉地域における活動の主体となる「小浜温泉SDGsプロジェクト推進協議会（以下、協議会）」を結成した。アンケートの結果から、キックオフミーティングの出席者全員から、協議会の活動について賛同を得ることができた。

c) 第2回戦略会議における主体形成の検討

- ✓ 「協議会」が次期プロジェクトの主体となることを検討する。協議会が主体になること、およびこの協議会が将来的には協同組合や法人などを設立することについて継続審議する。

d) 第2回協議会における主体形成の検討

- ✓ 協議会からの主体形成に関する意見を精査し、次期研究プロジェクトの主体形成に関するシナリオを検討する。

e) 第3回戦略会議における主体形成の検討

- ✓ 協議会が次期プロジェクトの主体となることについて、3月に予定しているワークショップで合意形成することを目指す。

f) ワークショップにおける主体形成の合意形成

- ✓ 協議会メンバーの意見として、次期プロジェクトの主体としてふさわしい組織は源泉所有者と協議会が多く、両者の割合は5：5であった。
- ✓ 次期研究プロジェクトで「協議会」が事業の主体となるための理解を深めるために、ゴールデンウィーク前を目安にスマートバイナリー発電システム試作機の「見学会」を計画する。

実施項目③-2：超分散型エネルギー社会の持続可能性に向けた活動

a) 第1回戦略会議における持続可能性の検討

- ✓ 研究プロジェクトの計画で提案された規模（1kW 級発電システム）の小出力エネルギーの地域事業を継続して検討する。この社会技術を基にして小浜温泉における次期研究プロジェクトにおける地域課題解決のシナリオを創出する。

b) 第1回協議会における持続可能性の検討

- ✓ 学生アントレプレナーから三つのビジネスモデルが提案された。地域協議会との意見交換の内容を再構築し、次回のミーティングまでに事業計画の具体案を作成することが提案された。

c) 第2回戦略会議における持続可能性の検討

- ✓ 温泉地域でのインターンの受け入れに関する実現可能性について検討する。温泉地域で活動する学生受入れ（宿泊・食事など）の持続可能な仕組みづくりについて検討する。

d) 第2回協議会における持続可能性の検討

- ✓ 第2回協議会の意見交換で述べられた協議会からの「持続可能性」に関わる質問の内容を精査し、次期研究プロジェクトのシナリオについて3月に開催されるワークショップにおいて継続審議する。

e) 第3回戦略会議における持続可能性の検討

- ✓ 2021年度の社会技術の持続可能性に関する活動実績として、研究室の学生の卒業研究や協議会活動への参加を通じた学習、試作機やその周辺技術の研究開発、自治体の会議を通じた情報発信、地域協議会の礎となる組織の結成などが報告された。



図40 社会技術の開発（2021年度の成果）

f) ワークショップにおける持続可能性の合意形成

- ✓ 事前に配布した資料に沿って、次期研究プロジェクトに関するアンケート調査の結果が説明された。アンケートに対する協議会メンバーの回答率は 88.9%であった。スマートバイナリー発電を設備投資の対象とすることに対する肯定的な意

見は 88.9%であった。公共施設の補助電源として運用することに対する肯定的意見は 77.7%、中立的意見が 22.2%であった。

実施項目③-3：超分散型エネルギー社会の多地域展開に向けた活動

a) 令和3年度第1回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議

- ✓ 九州地区における地熱・温泉熱エネルギーの産業化に向けた行政の活動を情報共有した。

b) 令和3年度第2回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議

- ✓ 九州地区における地熱・温泉熱エネルギーの産業化に向けた行政の活動を情報共有した。また、第3回戦略会議のアドバイザーBから情報提供された政府（環境省）の動向に関する資料を入手することができた。

c) 次期研究プロジェクトの戦略に関する検討

- ✓ 次期研究プロジェクトの戦略を協議会と戦略会議の議論に基づいてSWOT分析した。次期研究プロジェクトのスマートバイナリー発電システムの生産体制は民間企業との協働で取り組むことを計画する。小浜温泉地域では社会技術の基礎研究を推進し、九州地区の他地域への社会実装と定着を展開する。個人事業主（源泉所有者）に対するビジネスモデルの実証試験では、施設電力に対する設備投資の費用対効果を数値目標とする。また、指定管理者となる法人の事業として、地域の公共施設の自家消費電力に関する省エネルギーマネジメント事業を計画する。

今年度の到達目標④ 超分散型エネルギー社会に関する社会技術の情報発信

実施項目④-1：超分散型エネルギー社会を構成する社会技術の情報発信

a) デジタルサイネージを活用した社会技術の情報発信

- ✓ LEDビジョンが令和3年8月3日に雲仙市温泉発電研究施設へ設置された。当初の計画通り、スマートバイナリー発電システム（工学）、超分散型エネルギー社会（環境科学）、地域事業のスタートアップ（地域）に関する社会技術と共創のプロセスを情報発信している。管理者は表示されるデジタルコンテンツを、インターネットを介して編集することができる。



設置前 (before)



設置後 (after)

LEDビジョンの設置

b) 冊子「温泉地域社会のためのSDGs –基本計画–」の作成

- ✓ 令和3年9月15日に冊子「温泉地域社会のためのSDGs –基本計画–」を完成した。この電子ブックのデジタルコンテンツも作成した。
- ✓ <https://saas.actibookone.com/content/detail?param=eyJjb250ZW50TnVtIjoxMjg4NjF9&detailFlg=0&pNo=1>



図41 冊子「温泉地域のためのSDGs –基本計画–」（一部抜粋）

実施項目④-2：温泉地域社会に対する超分散型エネルギー社会技術の多地域展開

a) 令和3年度 地熱資源開発にかかる自治体連絡会議

- ✓ 令和3年11月24日に雲仙市と協働して「地熱資源開発にかかる自治体連絡会議」において、研究プロジェクトの取り組みを九州地区の9つの自治体、資源エネルギー庁、JOGMEC、沖縄総合事務局および九州経済産業局に情報発信した。大分県からは「地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議」事務局担当者が出席しており、実務者会議における本研究プロジェクトの活動について意見交換した。

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

- ✓ プロジェクトの目標達成に対する現在の進捗状況；年次研究開発計画書における「II 今年度の研究開発の進め方」、「(2) 今年度の進め方」における到達目標は、以下の通りである。

<p>今年度の到達目標① スマートバイナリー発電システムMVPの開発</p> <p>実施項目①-1: 多地域展開を目的としたスマートバイナリー発電システムのMVP開発</p> <p>実施項目①-2: システムの製造技術と制御法に関する知財出願</p> <p>今年度の到達目標② スマートバイナリー発電システムMVPの実証試験</p> <p>実施項目②-1: スマートバイナリー発電システムの実証試験</p> <p>実施項目②-2: スマートメンテナンス技術の開発</p>

今年度の到達目標③ 超分散型エネルギー社会のための社会技術の開発

実施項目③-1：超分散型エネルギー社会の主体形成に向けた活動

実施項目③-2：超分散型エネルギー社会の持続可能性に向けた活動

実施項目③-3：超分散型エネルギー社会の多地域展開に向けた活動

今年度の到達目標④ 超分散型エネルギー社会に関する社会技術の情報発信

実施項目④-1：超分散型エネルギー社会を構成する社会技術の情報発信

実施項目④-2：温泉地域社会に対する超分散型エネルギー社会技術の多地域展開

- ✓ これらのプロジェクトの目標に対して、今年度の研究活動が概ね予定通りに進められた。
- ✓ 到達目標①のスマートバイナリー発電システムの開発では、実験装置開発にやや遅れが生じている。この結果から、大学単体での研究開発体制では、社会実装や他地域展開の際のマンパワーに問題があることがわかった。この結果を俯瞰して、次期研究プロジェクトでは民間企業との共同開発を計画する。
- ✓ 到達目標②の実証試験では、計測データをクラウドサーバーによって情報収集する技術を確立しただけでなく、ネットワークを介したメンテナンス技術の開発にも着手した。これらの技術を確立したことによって、次期研究プロジェクトでは他地域で実証試験をすることが可能になった。
- ✓ 到達目標③-1の主体形成に向けた活動では、地域エネルギー協議会、アントレプレナーの育成、学生アントレプレナーと協議会との連携体制の試行錯誤を経て、協議会を主体とした活動の体制が整った。
- ✓ 到達目標③-2の持続可能性に向けた活動では、人材育成事業、学生アントレプレナー提案のビジネスモデルのリーンスタートアップ、インターンシップの活動を通じた地域づくり事業などの試行錯誤を経て、個人事業主（源泉所有者）と指定管理事業法人のための地産地消電力事業の実証試験を計画する着想に至った。
- ✓ 到達目標③-3に関して、九州地区における社会技術の他地域展開をすることを目的として「地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議」との関係づくりに尽力した。
- ✓ 到達目標④の情報発信について、本研究プロジェクトの活動におけるデジタルサイネージや冊子など特定温泉地域における受動的情報発信をした。次期研究活動では、インターネット・SNS・地上波放送・YouTube・教育・観光などを通じた能動的情報発信を検討する。

- ✓ 今年度の研究活動を通して検討した次期研究プロジェクトのシナリオに関する5W1Hを明確にする。特に、実証試験におけるHow（どのような持続可能な事業で）についての具体的なシナリオを作成する。

2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2021/04/21	第12回打ち合わせ（雲仙市）	雲仙市千々石総合支所会議室	小浜温泉旅館組合との協働、LEDビジョンの仕様策定などについて打ち合わせした。
2021/04/26	第13回打ち合わせ（長崎県工業技術センター）	長崎大学教員室	スマートメンテナンス技術の共同事業に関するキックオフミーティングを実施した。
2021/05/11	第14回打ち合わせ（三菱電機エンジニアリング）	オンライン会議室（長崎大）	オルタネーターの発電機への転用に関する実現可能性について打ち合わせした。
2021/06/09	第15回打ち合わせ（景色デザイン室）	景色デザイン室事務所	冊子制作の資料提供、クレジット挿入、スケジュールなどについて打ち合わせした。
2021/06/21	第16回打ち合わせ（田原鉄工）	田原鉄工事務所	小浜温泉実証試験場における温水循環システムの工事について打ち合わせした。
2021/06/24	第17回打ち合わせ（CONNECT）	長崎大学工学部実験室	小浜温泉に設置する予定のLEDビジョンの納品とデモンストレーションを実施した。
2021/07/21	第18回打ち合わせ（長崎県工業技術センター）	長崎大学教員室	スマートメンテナンス技術の第1期（4月－6月）の進捗状況について報告された。
2021/08/03	第19回打ち合わせ（景色デザイン室）	景色デザイン室事務所	冊子のレイアウト割り付け、スケジュールなどについて打ち合わせした。
2021/08/04	第20回打ち合わせ（CONNECT）	小浜温泉実証試験場	LEDビジョンを現地に設置して、現地における研究プロジェクトの情報発信を開始した。
2021/08/04	第21回打ち合わせ（小浜温泉旅館組合）	小浜温泉旅館組合事務所	雲仙足湯温泉実証試験施設における電気の使用について組合長へ依頼した。
2021/08/16	第22回打ち合わせ（山昇冷機製作所）	電話会議・メール会議	一次熱交換器の製作仕様・価格・納期などについて打ち合わせした。
2021/08/19	第23回打ち合わせ（JSTマネジメントチーム）	オンライン会議室（JST）	第1回研究プロジェクト戦略会議が実施された。
2021/08/26	第24回打ち合わせ（雲仙市）	メール会議	雲仙市実証試験施設の湯棚に一次熱交換器を設置することの利用を申請した。

2021/09/01	第25回打ち合わせ（田原鉄工）	田原鉄工事務所	一次熱交換器の源泉の設置工事について打ち合わせした。
2021/09/07	第26回打ち合わせ（実務者会議）	オンライン（大分県）	令和3年度第1回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議に出席した。
2021/10/28	第27回打ち合わせ（協議会）	小浜温泉旅館組合会議室	小浜温泉SDGsプロジェクト推進協議会のキックオフミーティングを開催した。
2021/11/08	第28回打ち合わせ（長崎県工業技術センター）	長崎大学教員室	スマートメンテナンス技術の第2期（7月－9月）の進捗状況について報告された。
2021/11/12	第29回打ち合わせ（JSTマネジメントチーム）	オンライン会議室（JST）	第2回研究プロジェクト戦略会議が実施された。
2021/11/25	第30回打ち合わせ（九州経済産業局）	小浜温泉実証試験施設	令和3年度地熱資源開発にかかる自治体連絡会議において研究プロジェクトの活動を紹介した。
2022/01/18	第31回打ち合わせ（長崎県工業技術センター）	オンライン会議室（長崎大）	スマートメンテナンス技術の第4期および第5期の計画について報告された。
2022/01/19	第32回打ち合わせ（協議会）	オンライン会議（長崎大）	第2回戦略会議の指摘事項を報告し、次期研究プロジェクトの課題について意見交換した。
2022/01/21	第33回打ち合わせ（戦略会議）	オンライン会議（JST）	第3回プロジェクト戦略会議が実施された。
2022/02/04	第34回打ち合わせ（民間企業A）	オンライン会議（長崎大）	民間企業Aと次期研究プロジェクトにおける実証試験事業の実現可能性を検討した。
2022/02/16	第35回打ち合わせ（実務者会議）	オンライン会議室（大分県）	令和3年度第2回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議に出席した。
2022/03/10	第36回打ち合わせ（長崎県工業技術センター）	小浜温泉実証試験場	スマートメンテナンス技術のデバイスに蓄積されたデータの情報収集をした。
2022/03/29	第37回打ち合わせ（協議会）	オンライン会議（長崎大）	小浜温泉SDGsプロジェクトのワークショップを開催した。
2022/03/30	第38回打ち合わせ（民間企業B）	オンライン会議室（長崎大）	民間企業Bと次期研究プロジェクトにおける実証試験事業の実現可能性を検討した。

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

実施項目③-1 小浜温泉歴史資料館との協働に関する検討

- ✓ 指定管理事業を運営する法人との協働についての試行的な取り組みとして「小浜温泉歴史資料館」の源泉へスマートバイナリー発電を設置することを着想した。源泉の元湯管理者、指定管理事業者代表にスマートバイナリー発電の設置について相談をし、いずれも次期研究プロジェクトの趣旨に賛同してもらうことができた。雲仙市の教育委員会に指定管理事業者にスマートバイナリー発電の計画を説明したところ、指定管理事業者が将来にわたり事業を運営することが可能であるかについて指摘され、運営上の持続可能な仕組みが今後の課題となった。

実施項目③-2 令和4年度長崎県内の初等・中等教育支援のための登録

- ✓ 第2回戦略会議においてアドバイザーCから研究活動の成果を教育に特化した形で活動することの提案があった。長崎大学は、地域に基盤を置く総合大学として地方創成の原動力となるよう、長崎県教育委員会との協定に基づき、長崎県内学校教育（初等・中等教育等）の支援を生涯教育センターが中心となり行っている。この支援を推進するため、各部局に所属する教員に小・中学生を対象とした訪問授業への協力要請があった。研究プロジェクトの教育活動に関する第一歩として、研究代表者が「温泉熱発電による持続可能な地域社会づくり」と題して下記概要の教育支援に登録した。

○長崎県雲仙市における「小浜温泉SDGsプロジェクト」の研究活動を紹介しながら、地域の再生可能エネルギーと持続可能な社会のしくみづくりについて学習します。

○研究プロジェクトの概要を、温泉地域社会の課題、この研究プロジェクトでの提案、実証試験の具体的な計画を示しながら説明します。

○小浜温泉における温泉熱利用の歴史を、温泉熱利用・発電計画の歴史(1941-)、小浜温泉プロジェクト(2007-)、新たな社会技術への取り組み(2020-)の順に解説します。

○「小浜温泉SDGsプロジェクト」におけるSDGsの目標群／教育(ゴール4)／工学(ゴール9)／環境(ゴール7)／地域(ゴール11)／とその具体的な活動の内容を紹介します。

○未利用の温泉熱エネルギーを活用する「バイナリー発電」のしくみを実証試験の様子を紹介しながらわかりやすく説明します。

○地域の再生可能エネルギーで発電された電力の持続可能な活用方法をグループワークで考えます。

実施項目③-3 次期研究プロジェクトの戦略に関するSWOT分析

- ✓ 第2回協議会と第2回戦略会議における意見交換の内容に基づいて、次期研究プロジェクトの戦略についてSWOT分析した。



図42 次期研究プロジェクトに関するSWOT分析

- ✓ 「強み」×「機会」の分析から、温泉地域の事業者と大学との協働研究事業の機会があることがわかる。実証試験事業には、源泉所有者（個人利用）を主体とした事業、地域法人（法人利用）を主体とした事業、これら二種類の事業形態があることがわかる。



図43 「強み」×「機会」の分析

- ✓ 「強み」×「脅威」の分析から、法人利用では現存する地域の既設法人・団体が主体となって活動する事業形態、個人事業主（源泉所有者）がスマートバイナリー発電のユーザーとなって利用する事業形態があることがわかる。これら二つの事業形態のうち、個人事業主（源泉所有者）のエネルギーの利用方法については地域全体で検討するものではない。本研究プロジェクト当初の社会技術モデルは、地域全体でエネルギーの利用方法を考える法人利用を想定していた。後者の個人利用の場合、源泉所有者自身の考え方を確認する必要がある。



図44 「強み」×「脅威」の分析

- ✓ 「弱み」×「機会」の分析から、地域外の第三者が計画した研究事業が考えられる。例えば、新エネルギー事業者による売電事業や地域外の研究機関の一時的な実証試験などがこの事業に相当する。また、小浜温泉固有の課題であるスケール（付着物）問題を回避するために、スケールが発生しにくい温泉地域の源泉で実証試験を実施する方法が考えられる。



図45 「弱み」×「機会」の分析

- ✓ 「弱み」×「脅威」の分析から、温泉地域では将来的に地域のエネルギーを活用する法人・団体を設立せず、地域外の研究開発グループに一時的な実証試験の試験場として源泉を提供する選択が考えられる。



図46 「弱み」×「脅威」の分析

- ✓ 以上の分析から、事業の主体には法人利用と個人利用があることがわかる。法人利用では、観光・子育て・教育・防災・地域ブランドなどの地域全体への利益と便益が事業戦略となる。個人利用では、施設電力の電気料金への貢献・SDGsやEGS活動としての広告塔として個人の利益と便益が事業戦略になる。個人利用と法人利用の事業の目的が異なることを、あらかじめビジネスモデルに想定することが肝要である。

4. 研究開発実施体制

(1) Aグループ（システム開発）

グループリーダー：山口朝彦（長崎大学総合生産科学域、教授）

役割：システムの開発

概要：実証試験事業および多地域展開事業のための試作機の開発

(2) Bグループ（実証試験）

グループリーダー：本村文孝（長崎大学総合生産科学域、助教）

役割：システムの実証試験事業

概要：実証試験事業に関する計画、計測および分析・評価

(3) Cグループ（多地域展開）

グループリーダー：馬越孝道（長崎大学総合生産科学域、教授）

役割：システムの多地域展開事業

概要：多地域展開事業に関する計画、計測および分析・評価

(4) Dグループ（資料展示）

グループリーダー：佐々木壮一（長崎大学総合生産科学域、助教）

役割：実証試験事業・多地域展開事業・地域共創事業の資料展示

概要：実証試験事業、多地域展開事業および地域共創事業の成果の展示

(5) Eグループ（成果発表）

グループリーダー：森知洋（雲仙市、参事補）

役割：研究プロジェクトの成果発表と多地域展開

概要：シンポジウムの準備・開催、行政組織における社会技術の多地域展開

5. 研究開発実施者

Aグループ（システム開発）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
山口 朝彦	ヤマグチ トモヒコ	長崎大学	総合生産科学域	教授
佐藤 康彦	サトウ ヤスヒコ	システムファイブ		代表取締役
小川 拓実	オガワ タクミ	宇宙模型		取締役
盛永 啓明	モリナガ タカアキ	長崎大学	総合生産科学域	助教
山口 淑久	ヤマグチ ヨシヒサ	長崎大学	研究開発推進機構	室長

Bグループ（実証試験事業）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
本村 文孝	モトムラ フミタカ	長崎大学	総合生産科学域	助教
入江 直樹	イリエ ナオキ	長崎県工業 技術センター	応用技術部	主任研究員
久保田 慎一	クボタ シンイチ	長崎県工業 技術センター	基盤技術部	主任研究員
田中 康大	タナカ ヤスヒロ	長崎大学	大学院工学研究科	学生
荒巻 大樹	アラマキ ダイキ	長崎大学	工学部工学科	学生
矢野 大輝	ヤノ ダイキ	長崎大学	工学部工学科	学生
木坂 凜太郎	キサカ リンタロウ	長崎大学	工学部工学科	学生

Cグループ（多地域展開事業）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	総合生産科学域	教授
岡本 大心	オカモト ダイシン	オカモト・シェ・ ダムール	協議会	
津田 亮史	ツダ リョウジ	つたや旅館	協議会	
宮崎 貴仁	ミヤザキ タカヒト	旅館富士屋	協議会	
山下 晃輝	ヤマシタ コウキ	蒸気屋	協議会	

山下 隆宗	ヤマシタ タカムネ	旅館ゆのか	協議会	
神尾 圭輔	カミオ ケイスケ	セブンイレブン	協議会	
神尾 彩也香	カミオ サヤカ	セブンイレブン	協議会	
山下 健太郎	ヤマシタケンタロウ	オレンジベイ	協議会	
山下 綾	ヤマシタ アヤ	オレンジベイ	協議会	
安達 志保	アダチ シホ	小浜温泉旅館組合	協議会	
田中 康大	タナカ コウダイ	長崎大学	大学院工学研究科	
荒巻 太樹	アラマキ ダイキ	長崎大学	工学部工学科	
菅沼 隼人	スガヌマ ハヤト	長崎大学	工学部工学科	

Dグループ（情報発信・地域教育）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
佐々木 壮一	ササキ ソウイチ	長崎大学	総合生産科学域	助教
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	総合生産科学域	教授
佐々木 裕	ササキ ヒロシ	雲仙市	環境水道部	参事補
古庄 悠泰	フルショウユウダイ	景色デザイン室		デザイナー
田口 裕也	タグチ ユウヤ	CONNECT		取締役

Eグループ（成果発表）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
森 知洋	モリ トモヒロ	雲仙市	環境水道部	参事補
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	総合生産科学域	教授
本村 文孝	モトムラ フミタカ	長崎大学	総合生産科学域	助教
山口 朝彦	ヤマグチ トモヒコ	長崎大学	総合生産科学域	教授
入江 直樹	イリエ ナオキ	長崎県工業 技術センター	応用技術部	主任研究員
久保田 慎一	クボタ シンイチ	長崎県工業 技術センター	基盤技術部	主任研究員

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

なし

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍、フリーペーパー、DVD

- ・ 温泉地域社会のためのSDGs（冊子）、長崎大学小浜温泉SDGsプロジェクトチーム、長崎大学、2021年9月

(2) ウェブメディアの開設・運営、

- ・ 温泉地域社会のためのSDGs（電子ブック）、2021年9月開設、
<https://tinyurl.com/y4foj2xu>

(3) 学会以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・ なし

6-3. 論文発表

(1) 査読付き（0件）

- 国内誌（0件）

- 国際誌（0件）

(2) 査読なし（0件）

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議 0件、国際会議 0件）

(2) 口頭発表（国内会議 1件、国際会議 0件）

- ・ 荒巻太樹（長崎大）、佐々木壮一（長崎大）、スクロールタービンの効率に基づくオーガニックランキンサイクル性能の評価、日本機械学会九州学生会第53回卒業研究講演会、オンライン、2022年3月

(3) ポスター発表（国内会議 0件、国際会議 0件）

6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿（0件）

(2) 受賞（0件）

(3) その他（0件）

6-6. 知財出願

(1) 国内出願 (0件)