

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
令和2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 .....	3
2. 研究開発実施の具体的内容 .....	3
2 - 1. 目標 .....	3
2 - 2. 実施内容・結果 .....	5
2 - 3. 会議等の活動 .....	16
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	17
4. 研究開発実施体制 .....	20
5. 研究開発実施者 .....	21
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など .....	23
6 - 1. シンポジウム等 .....	23
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など .....	23
6 - 3. 論文発表 .....	23
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	23
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等 .....	23
6 - 6. 知財出願 .....	23

## 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 長崎大学大学院工学研究科が、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 長崎大学大学院工学研究科と長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科が、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 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科が、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。

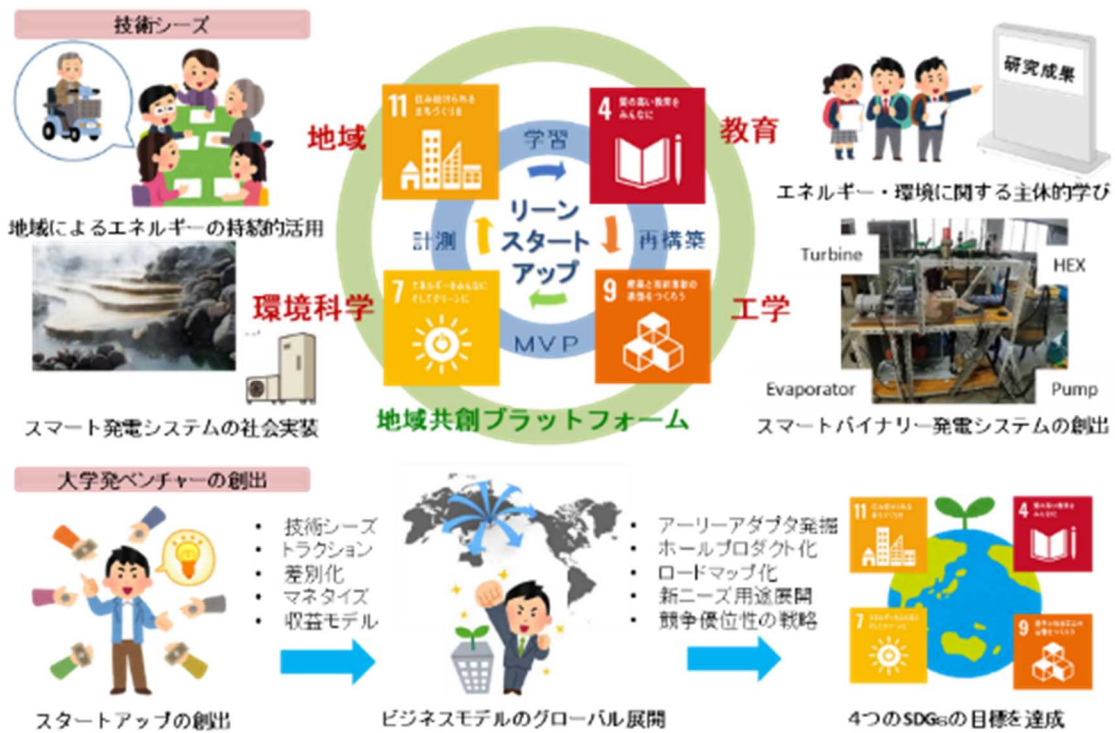


図1 研究開発プロジェクトの全体像

## 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

研究開発項目	初年度 (2020.10~2021.3)	2年度 (2021.4~2022.3)	最終年度 (2022.4~2022.9)	以降
<b>大項目 A</b>	スマートバイナリー発電システムの開発			
中項目 A-1	→		シナリオ作成	
中項目 A-2 (試作機開発事業)	実証試験のための 試作機の開発	→ 多地域展開のための実証機の開発		
<b>大項目 B</b>	スマートバイナリー発電の実証試験事業			
中項目 B-1	計画 →			
中項目 B-2		計測 →		
中項目 B-3 (実証試験事業)		分析・評価 →		
<b>大項目 C</b>	スマートバイナリー発電の多地域展開事業			
中項目 C-1	計画 →		評価	
中項目 C-2		計測 →		
中項目 C-3 (多地域展開事業)		分析・評価 →		ソリューション 創出フェーズ※
<b>大項目 D</b>	研究プロジェクトの情報発信・地域教育事業			
中項目 D-1		実証試験事業 →		
中項目 D-2		多地域展開事業 →		
中項目 D-3 (地域教育事業)			地域共創事業 →	
<b>大項目 E</b>	温泉地域における超分散型社会技術の成果発表			
中項目 E-1		シンポジウムの準備・開催 →		
中項目 E-2 (成果発表)		超分散型エネルギー社会技術の多地域展開 →		

※別途応募が必要

↑  
年次報告  
(次年度計画)

↑  
年次報告  
(次年度計画)

↑  
終了報告書  
(シナリオ)

## (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の開発

#### 実施項目①-1 スクロールタービンを搭載したシステムの設計

スマートバイナリー発電システム（以下、システム）の熱力学サイクルのヒートバランスを設計した。このシステムの実現可能性を向上させるために、タービンにはカーエアコンに搭載されているスクロールコンプレッサーが転用されている。このスクロールコンプレッサーを転用したスクロールタービン（以下、タービン）を搭載した熱力学サイクルのモデルを構築し、出力100Wのシステムを設計した。

#### 実施項目①-2 実証試験のための試作機の開発

- a) **凝縮器**；気相の作動流体（R245fa）を液相に凝縮するための凝縮器を設計・製作した。当初の計画では、ヒートポンプサイクルの蒸発器をそのまま転用する予定であった。しかし、メーカーとの技術提携に要する時間やシステム開発におけるサプライチェーンの構築を勘案して、システムの設計仕様に沿った凝縮器を新たに製作するよう計画を変更した。
- b) **蒸発器**；液相の作動流体と温泉水を熱交換し、作動流体を高圧の気相に相変化させるための蒸発器を設計仕様に基づいて製作した。蒸発器の交換熱量には、本プロジェクトの技術シーズ（科研基盤(C)、16K00653）の熱力学サイクルと同じ仕様の蒸発器が採用された。
- c) **温水熱交換器**；温泉水を直接銅管に取り込んで熱交換すると、温泉水に含まれるスケールと呼ばれる水中浮遊物によって配管が閉塞される。このため、試作機では温泉水と水道水を銅製の丸巻きコイルで熱交換するよう計画した。
- d) **タービン**；気相の作動流体から軸動力を取り出すタービンには、スクロールタービンが採用されている。システムの実現可能性を向上させるために、カーエアコンのスクロールコンプレッサーがタービンに転用されている。量産品のコンプレッサーの使用については、協力企業（山田電機工業㈱、長崎市）を通してメーカーの許可を得た。
- e) **システム筐体**；システムの主要構成機器である、ポンプ、蒸発器、タービン、凝縮器を一つのシステムとする筐体を開発した。試作機の開発段階では、それぞれの機器を自由に配置することのできるアルミフレーム構造を採用し、その配管にはフレキシブルチューブが採用されている。

#### 実施項目①-3 制御システムの開発

NEDOの「地熱発電技術研究開発」では、低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発において、未利用の温泉熱を利用した低温域のバイナリー発電について、熱効率7%以上に資するシステムを確立することが開発目標として掲げられている。この熱効率は高温熱源からの受熱量と源泉の流量によって決定される。また、正味出力はタービン出力からポンプと冷却ファンの消費電力を差し引いたものによって決定される。従って、システムの熱効率を向上させるためには、タービン効率の向上とシステムの消費電力を抑えることが指針となる。本プロジェクトのタービンにはスクロールコンプレッサーが転用されているため、研究チームで量産機械の効率を向上させることはできない。従って、システムの熱効率を向上させるためには、

システムの消費電力を抑制することが現実的な対策となる。以上のことから、システムのポンプと冷却ファンの消費電力を最小にするためのP I制御システムを開発する。

**今年度の到達目標② システムの実証試験事業の計画**

**実施項目②-1 実証試験場の選定**

システムの基本性能を試験するための実証試験場の利用について雲仙市と協議する。

**実施項目②-2 地域における協議体制の構築**

温泉地域での温泉熱エネルギーの持続可能な活用を目的とした地域での活用に関わる協議体制を小浜温泉エネルギーと小浜温泉旅館組合との協働によって構築する。

**(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の開発**

**実施項目①-1 スクロールタービンを搭載したシステムの設計**

表1には、作動流体(R245fa)の熱物性値に基づいて計算されたシステムの熱力学的性能がまとめられている。高温熱源の温度 $T_h$ は小浜温泉の源泉の温度を参考にして95°Cに設定されている。温水の設計流量は2L/minに設定されている。タービンは自動車用カーエアコンのスクロールコンプレッサーが転用されている。このとき、タービンの圧力比は2.0として設計した。タービン入口圧力は任意の設計条件として与える。計算の結果、蒸発器の交換熱量は約6.0kWになった。機械効率を含むタービンの断熱効率は30%であると仮定した。以上の設計条件に基づいてシステムの熱力学的性能を計算した結果、その熱効率は1.81%であり、その出力は109Wになった。

**表1 システムの熱力学的性能**

作動流体		R245fa		
高温熱源温度	$T_h$	95.0	°C	小浜温泉
体積流量(温水)	$Q$	2.0	L/min	設計条件
質量流量(温水)	$V$	0.0333	kg/s	
圧力比	$P3/P2$	2.0		設計条件
入口圧力	$P1$	540	kPa	設計条件
質量流量	$m$	0.0275	kg/s	
蒸発器受熱量	$Q_{41}$	5.99	kW	計算結果
タービン入口比エンタルピー	$h1$	473	kJ/kg	
回転数(入口基準)	$N$	2020.3	rpm	
断熱効率	$\eta_{-s}$	0.30	(-)	機械効率含む
タービン出口比エンタルピー	$h2$	469	kJ/kg	断熱効率
タービン出力	$P_{23}$	0.114	kW	
凝縮器排熱量	$Q_{23}$	5.61	kW	
ポンプ仕事	$W_{34}$	5.79	W	
理論熱効率	$\eta_{-th}$	1.81	%	計算結果
出力	$P$	109	W	

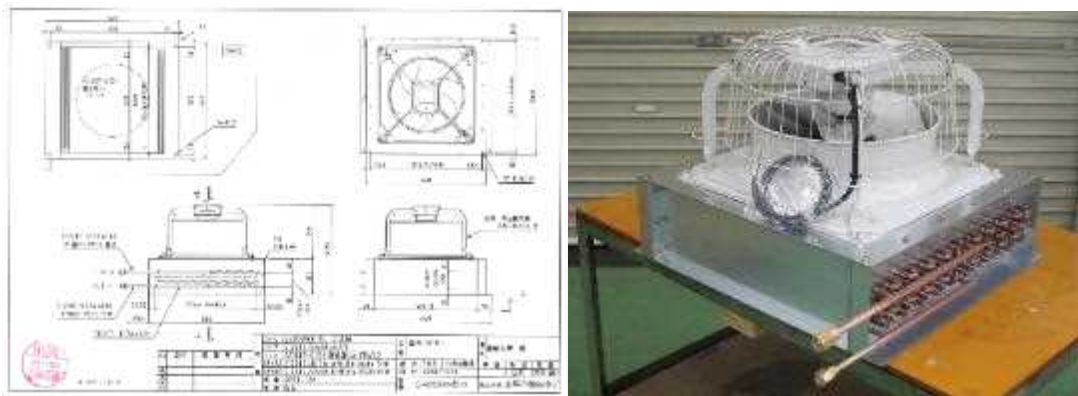
**実施項目①-2 実証試験のための試作機の開発**

- a) **凝縮器**；表2には、凝縮器のおもな仕様が整理されている。試作機の凝縮器は空冷方式である。凝縮器の放熱量は5.61kWである。図1は凝縮器の設計図と外観写真を示したものである。凝縮器は(株)山昇冷機製作所（埼玉県）の協力によって製作された。

協力企業；<http://www.sanshoreiki.co.jp/seihin/doukan/dou-32.htm>

**表2 凝縮器のおもな仕様**

	設計値	単位	サイクル状態	備考
作動流体	R245fa			
質量流量	0.0275	kg/s	1-2-3-4	設計流量
入口温度	66.1	°C	4	過熱蒸気
出口温度	42.1	°C	1	飽和液
圧力	268.3	kPa	4-1	
凝縮性能	5.61	kW	4-1	



**図1 凝縮器の設計図と外観写真**

- b) **蒸発器**；表3は蒸発器の主な仕様をまとめたものである。作動流体（R245fa）の流量は、温水の熱が蒸発器で全て作動流体に与えられることを仮定して設計された。蒸発器での温水からの受熱量は5.99kWである。図2には、蒸発器の設計図と外観写真が示されている。蒸発器は(株)日阪製作所の協力によって製作された。

協力企業；<https://www.hisaka.co.jp/phe/>

**表3 蒸発器のおもな仕様**

液名	温泉水（高温側）		R245fa（低温側）	
流量（kg/h）	120		62	
気体流量（kg/h）	N/A	N/A	N/A	62（出口）
液体流量（kg/h）	120（入口）	120（出口）	62（入口）	N/A
温度（°C）	95.0（入口）	52.1（出口）	42.2（入口）	85.0（出口）
熱交換量（kW）	5.99		5.99	



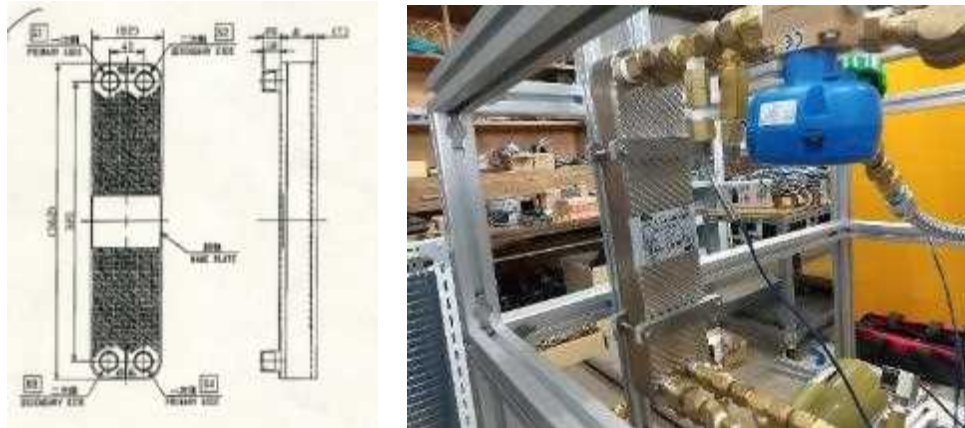


図2 蒸発器の設計図と外観写真

- c) 温水熱交換器；表3の温水の入口側と出口側の温度変化からも分かるように、蒸発器を通過した温水の温度は作動流体との熱交換によって低下する。このため、図1のような温泉熱の熱交換システムの場合、蒸発器出口で低下した温水の温度を高温熱源で再加熱する必要がある（図2の加熱装置を参照）。この加熱システムにおける温水熱交換器には銅製の丸巻きコイルが採用される。図3は銅製丸巻きコイルの外観写真を示したものである。技術シーズ（科研基盤（C）、16K00653）の実績などを参考にして、（株）山昇冷機製作所の協力のもと、全長15m（3/8”）、φ300の丸巻きコイルを製作した。学内での予備実験の結果、丸巻きコイルによって温水を加熱できることがわかった。  
協力企業；<http://www.sanshoreiki.co.jp/seihin/doukan/dou-28.htm>



図3 銅製丸巻きコイルの外観写真

- d) スクロールタービン；図4はタービン性能を評価するために製作されたテストベンチの外観写真である。試作機の性能試験におけるタービン出力は、機械的な軸出力を評価するように計画した。図5には、タービン性能の試験結果が示されている。(a)が圧力比であり、(b)がタービン効率である。作動点の回転数は670rpmである。試験回転数でのタービンの圧力比は2.0であり、効率はお

よそ30%であることがわかる。実施項目①-1のシステムの熱力学的性能の設計では、これらの実測値が与えられている。さらに、スクロール機械専門のエンジニアリング企業(有)スクロール技研が開発を進めているスクロールタービンの性能を試験することが計画された。

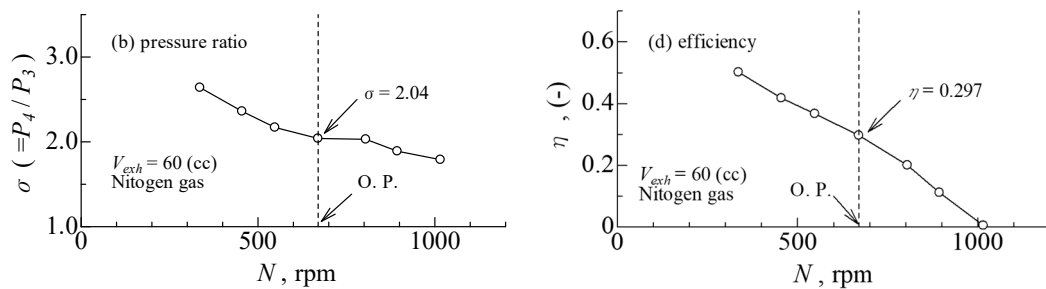
協力企業；<http://www.scrollgiken.com/index.php>



(a) 1号機

(b) 2号機

図4 タービンテストベンチの外観写真



(a) 圧力比

(b) 効率

図5 タービン性能

- e) **システム筐体**；図6はシステム筐体の概略図と三次元CADモデルを示したものである。タービン部分(T)は、スクロールタービンの試験装置のように、軸出力の負荷特性の計測を可能にするユニットを製作した。タービンユニットはスクロールタービン、トルク計(ユニパルス、UTMII)、および負荷モーター(オリエンタルモーター、BLM5120-10B)から構成される。ポンプ(P)には、作動流体を密封するためにマグネットポンプ(イワキ、MDG-M4T6B100)が採用された。筐体はアルミフレームで構成され、それぞれの構成装置の位置を空間的に可動させることが可能な構造にした。図7には、メタルホースでアセンブリされた試作機全体の外観写真が示されている。システム筐体は(有)宇宙模型の協力によって開発されたものである。

協力企業；<http://www.uchu-mokei.com/>

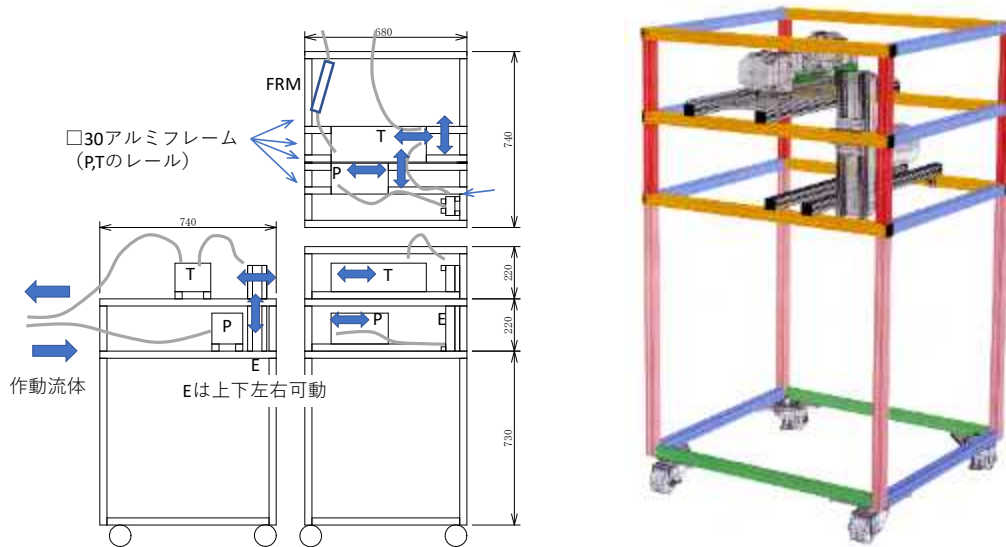


図6 システムの筐体の概略図と三次元CADモデル



図7 試作機全体の外観写真

### 実施項目①-3 制御システムの開発

システムの冷却ファンと循環ポンプをPI制御し、システムの発電効率を向上させる。また、タービンの負荷トルクと温水循環ポンプの流量を遠隔制御する。さらに、制御プログラムのインターフェースと主要パラメータを遠隔からモニタリングするシステムを開発する。また、これらの制御システムを備えたバイナリー発電装置の特許を出願した（佐々木壮一・山口朝彦、長崎大学、2021.3、特願2021-57731）。

- a) **システムの制御**；図8はシステムの構成図を示したものである。タービンの出口圧力 $P_4$ を計測する。 $P_4$ が計測されると、凝縮器出口での飽和液の温度 $T_1(\text{sat})$ が解析的に決定される。凝縮器の出口温度 $T_1$ を計測し、凝縮器出口で作動流体が飽和液となるように ( $T_1^* = T_1(\text{sat}) - \delta T_1$ ； $\delta T_1$ は余裕温度) 冷却ファンの回転数を $\Delta f_{41}$ によりPI制御する。蒸発器の温水の入口温度 $T_H$ と作動流体の出口温

度 $T_3$ を計測する。蒸発器最小温度差 $\Delta T_{H3}$ を与え、制御目標となる蒸発器に出口における作動流体の目標温度 $T_3(\text{limit})$ を決定する。実測値の蒸発器出口温度 $T_3$ が $T_3(\text{limit})$ を下回らないよう、作動流体の循環ポンプの流量 $Q_r$ をインバータ周波数 $\Delta f_{12}$ でPI制御する。

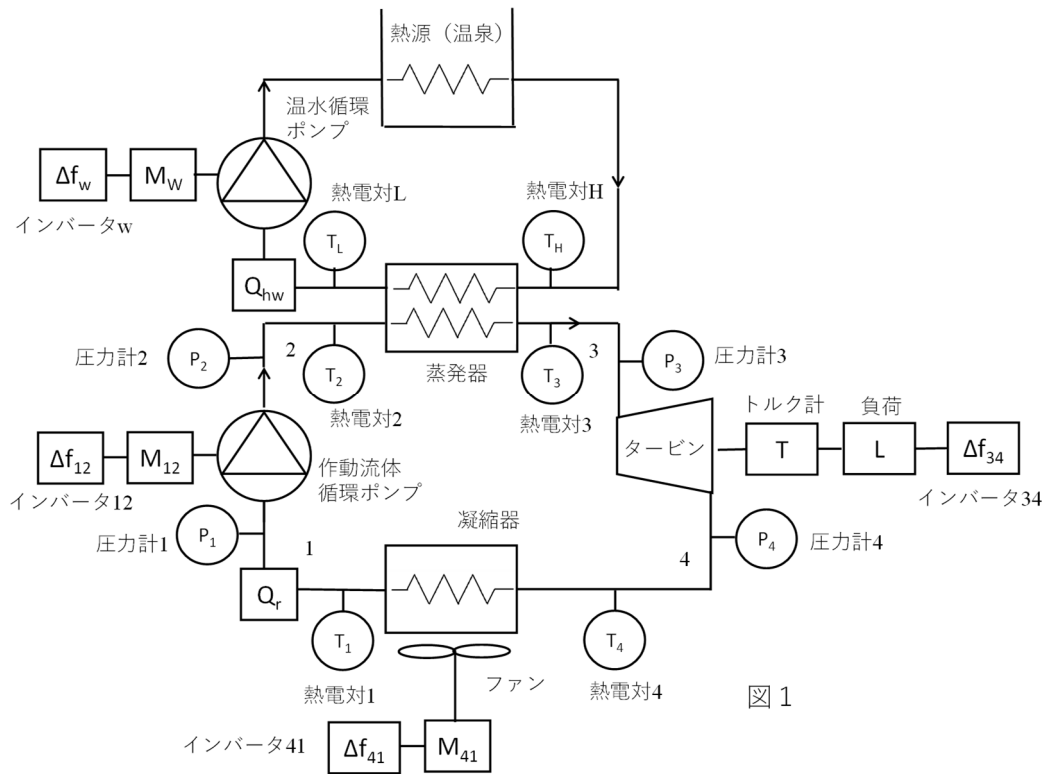


図8 システムの構成図

- b) **異常運転および非常時の電源遮断システム**;小浜での遠隔試験において異常運転および非常時の際に、四つの機器の電源を自動または手動で遮断する。電源を遮断する四つの構成機械は、①熱水ポンプ、②作動流体ポンプ、③負荷トルク用サーボモーター、④冷却ファンである。例として、タービンの出口圧力に閾値を与えて、その閾値以上のときシーケンス制御で四つの機械の電源を順番に遮断する。いずれの機器も電源はAC100Vである。遮断の順番は、①熱水ポンプ→②作動流体ポンプ→③負荷トルク用サーボモーター→④冷却ファンとする。機器と周囲の安全確保のため、リレーによって電源を機械的に遮断する。経常運転の際も、非常時の際には、四つの機器の電源を遠隔からネットワークを介して手動で遮断することを可能なシステムも備える。

協力企業 ; <https://sfk-nga.co.jp/>

## 今年度の到達目標② システムの実証試験事業の計画

### 実施項目②-1 雲仙市との協働

- a) 【日時】2020年11月18日、【場所】雲仙市千々石総合支所会議室、【出席者(敬称略)】吉田(雲仙市)、森(雲仙市)、佐々木(長崎大)  
 ✓ 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」に

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」の概要を、解決すべき社会課題、活用する技術シーズと解決するための手法、可能性試験の実施計画、社会課題の概略とSDGs達成のビジョン、スケジュールと組織構成の内容沿って説明した。

- ✓ 研究開発プロジェクト全体の目標(6)として「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、九州地域の温泉社会に対して、超分散型エネルギー社会の仕組みの他地域への展開を計画する。」取り組みが必要であることを共有した。地域行政におけるエネルギー政策の会議において、本研究プロジェクトの取り組みを紹介することなどの意見交換がなされた。
  - ✓ 本研究プロジェクトにおいて、雲仙市小浜町の実証試験場の使用許可について協力要請した。水道／電気の管理が小浜観光協会、源泉の管理が雲仙市観光物産課、実証試験場の施設の管理が雲仙市環境水道課であることを確認した。研究プロジェクトの実証試験の期間に実証試験場の利用を調整することなどが提案された。
- b) 【日時】2021年3月22日、【場所】雲仙市千々石総合支所会議室、【出席者（敬称略）】森（雲仙市）、本村（長崎大）、佐々木（長崎大）
- ✓ 全体研究計画開発計画書の実施項目における「大項目D 実証試験事業・多地域展開事業・地域共創事業の資料展示」の実施計画として、デジタルサイネージを設置することが提案された。
  - ✓ 地域のエネルギー活用に関わる成果を長期間にわたり情報発信すること、小浜における研究プロジェクトの成果を観光客や社会見学に訪れた子どもたちの学びのために展示することなどを勘案すると、実証試験場近くで情報発信することが適切であることが提案された。また、LEDディスプレイの一般的な寿命はおよそ11年であり、研究事業終了後の資産の運用方法などについて意見交換された。
  - ✓ 同機器の設置場所の候補地を雲仙市と選定した。システムの実証試験場に設置することがプロジェクトの研究結果発表を公表する上で有効であることが提案された。実証試験場の周辺でのLEDディスプレイの設置工事に関する雲仙市と長崎県の管轄について説明された。

#### 実施項目②-2 小浜温泉エネルギーとの協働

- a) 【日時】2020年11月11日、【場所】小浜温泉エネルギー事務局、【出席者】佐々木（裕）（小浜温泉エネルギー）、佐々木（壮）（長崎大）
- ✓ JSTの「SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム」の統括面談のプレゼンテーション資料、および「全体研究開発計画書（シナリオ）」に基づいて、研究プロジェクト全体の概要を説明した。
  - ✓ 全体研究開発計画書、II. 研究開発プロジェクトの目標、「1. 研究開発プロジェクト全体の目標」における小浜温泉エネルギーの役割について意見交換した。修正前の計画では、小浜温泉エネルギーの役割が次のように示されていた。  
【修正前】(2) 小浜温泉エネルギーが、小浜温泉地域の協議会と雲仙市と

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。

- ✓ 小浜温泉エネルギーが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)が次のように修正された(改定履歴、No. 2、令和2年11月18日、統括承認済み)。

【修正後】(2)長崎大学大学院工学研究科と長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科が、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。

- b) 【日時】2021年3月22日、【場所】小浜温泉エネルギー事務局、【出席者】佐々木(裕)(小浜温泉エネルギー)、本村(長崎大)、佐々木(壮)(長崎大)

- ✓ 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」が推薦された。
- ✓ インタビュー調査の対象、アンケート内容、日時に設定について意見交換した。小浜温泉旅館組合で月に1回程度開催される定例会への出席し、そこでインタビュー調査することなどが提案された。2021年4月または5月の定例会でのインタビュー調査を目標に小浜温泉旅館組合の事務局と準備を進めることが提案された。
- ✓ 実証試験場における温水配管システムの工事について意見交換し、過去の研究事業で小浜町の(有)田原鉄工に委託したことが情報提供された。小浜温泉エネルギーとの打ち合わせの後、田原鉄工を訪問した。本研究プロジェクトにおける温水配管工事について依頼し、配管工事を請け負ってもらうことの内諾を得た。
- ✓ 打ち合わせの後、実証試験場を視察し、電源系統、給水系統、運泉水の取水口を視察した(図9)。

#### (4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

- a) プロジェクトの目標達成に対する現在の進捗状況；全体研究開発計画書における初年度の計画は、大項目A「中項目1 実証試験のための試作機の開発」、および大項目B「中項目1 スマートバイナリー発電の実証試験事業(計画)」の執行である。この計画は、研究開発プロジェクト全体の目標「(1)長崎大学大学院工学研究科が、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。」に相当するものである。このプロジェクトの目標に対して、現在、概ね予定通りに研究計画が進められている。



(a) 実証試験場



(b) 電源系統



(c) 給水系統



(d) 温水取水口

図9 実証試験場の現地視察

- b) 各実施項目で得られた結果や成果を俯瞰・統合した結果わかったこと；大項目A「中項目1 実証試験のための試作機の開発」の計画を実施したことから、量産品を利用した試作機を製作することができることがわかった。今年度の到達目標②「地域における協議体制の構築」の実施から、雲仙市と小浜温泉エネルギーとの協力によって小浜温泉旅館組合との連携体制の構築することができた。
- c) 次年度に向けて取り組む課題；多地域展開事業では、このシステムに個人または個人事業主のための独立電源としての需要があるかを明らかにする必要がある。一方、コロナ禍における温泉地域での観光客の減少の様子から、温泉地域での新産業育成の困難が予想される。次年度以降、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普遍的かつ現実的な共創のシナリオを考える必要がある。

## 2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2020/11/11	第1回打ち合わせ (小浜温泉エネルギー)	小浜温泉エネルギー事務局	研究プロジェクトの概要を説明し、実施体制に関する修正案を合意形成した。
2020/11/18	第2回打ち合わせ (雲仙市)	雲仙市千々石総合支所会議室	実証試験場の使用計画を打ち合わせし、多地域展開における行政との協働について意見交換した。
2020/11/18	第3回打ち合わせ (景色デザイン)	景色デザイン事務所	研究プロジェクト概要を説明し、研究開発計画における大項目Dの執行に関する協力を要請した。
2020/11/25	研究チームキックオフミーティング	オンライン会議室 (長崎大)	研究プロジェクトの概要、今年度の研究計画など、チーム全体で研究活動の情報を共有した。
2021/02/01	第4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)	三菱電機エンジニアリングとオルタネーターの発電機への応用について打ち合わせした。
2021/02/08	地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議	オンライン会議室 (実務者会議)	地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議と本研究プロジェクトの取り組みを共有した。
2021/03/02	第5回打ち合わせ (山田電機工業)	山田電機工業会議室	研究プロジェクトにおけるカーエアコン用コンプレッサーの使用許可について打ち合わせした。
2021/03/17	第6回打ち合わせ (スクロール技研)	オンライン会議室 (長崎大)	スクロール技研と新型タービンと搭載したシステムの性能について打ち合わせした。
2021/03/21	第7回打ち合わせ (システムファブ)	長崎大学工学部機械工学コース多目的室	小出力ORCシステムの制御システムの設計仕様について打ち合わせした。
2021/03/22	第8回打ち合わせ (雲仙市)	雲仙市千々石総合支所会議室	実証試験場におけるデジタルサイネージ設置工事について打ち合わせした。
2021/03/22	第9回打ち合わせ (小浜温泉エネルギー)	小浜温泉エネルギー事務局	温泉地域におけるスマートバイナリー発電システムのインタビュー調査について打ち合わせした。
2021/03/29	第10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、スクロールタービン、ORCシステムの開発について打ち合わせした。
2021/03/30	第11回打ち合わせ (システムファブ)	オンライン会議室 (長崎大)	小出力ORCシステムの制御システムの設計仕様 (修正案) について打ち合わせした。



### 3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

#### 実施項目①-1 デジタルサイネージの設置に関する検討

- ✓ 全体研究開発計画書「大項目D 実証試験事業・多地域展開事業・地域共創事業の資料展示」の計画に従って、デジタルサイネージの設置を検討した。研究計画では、各事業の成果をデジタルのポスター資料としてまとめ、地域におけるエネルギー・環境問題に関する主体的な学習資料としてデジタルサイネージで公表することが計画されている。デジタルサイネージについては、地域の協力企業（株式会社CONNECT, 長崎市）との協働で設置する計画である。

協力企業；<https://connect095.co.jp/>

- ✓ デジタルサイネージには、一般の大型液晶ディスプレイ（屋内）、高輝度液晶ディスプレイ（屋外）、LEDディスプレイ（屋内／屋外）など、その機器が用途によって使い分けられる。デジタルサイネージは実証試験場近くの屋外に設置することが計画された。協力企業との検討の結果、屋外の自然光でも十分な輝度を発することが可能なLEDディスプレイを設置するよう計画した（図10）。

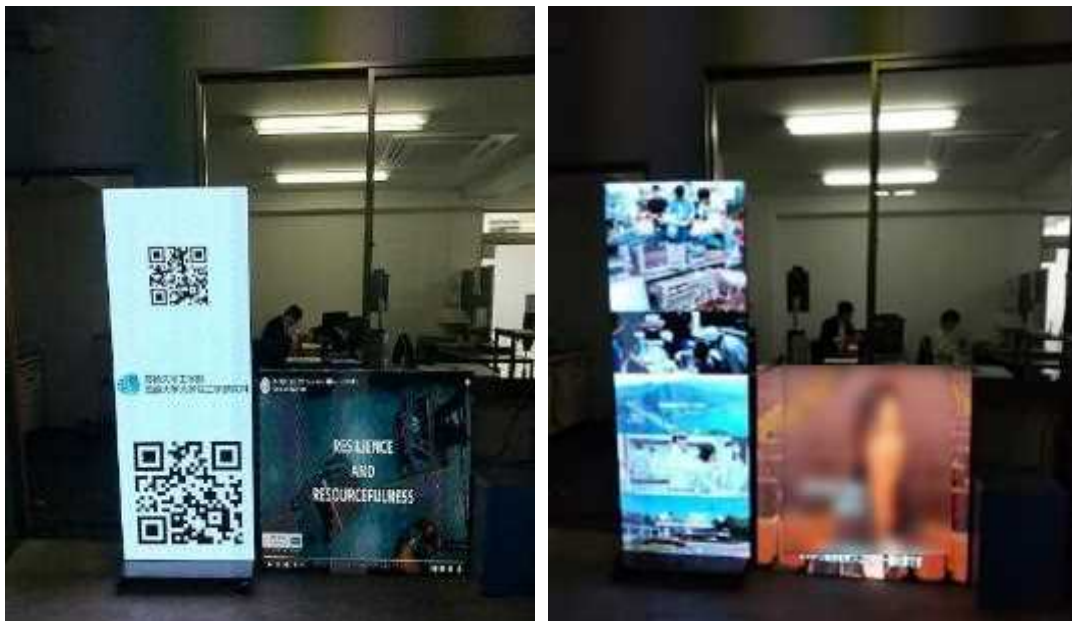


図10 LEDディスプレイ

- ✓ LEDディスプレイ設置について、表4に示される二つの案を比較検討した。図11はこれらのLEDディスプレイの設置のイメージを比較したものである。雲仙市との検討の結果、本研究プロジェクトにおける発電機の出力とLEDディスプレイの消費電量が同程度であることなどの合理的な理由から、案2の方法でLEDディスプレイの設置を計画することが計画された。

表4 LEDディスプレイの性能比較

	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1.1 LEDディスプレイの設置イメージ

#### 実施項目①-2 地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議との協働

- ✓ 長崎県産業労働部からの提案で2021年3月25日に開催された「令和2年度 第2回地熱・温泉熱エネルギー産業化実務者会議（以下、実務者会議）」へ出席し、同会議において本研究プロジェクトの取り組みを紹介した。実務者会議は「九州地域戦略会議 再生可能エネルギー産業化推進委員会」を上位組織とする、九州各県のエネルギー産業に関わる行政官、民間企業のオブザーバー、委員会事務局、実務者会議事務局から構成される組織である（構成員29名）。
- ✓ 実務者会議は温泉井・浅部井を活用した温泉熱発電や熱利用を中心に九州地区において「地熱・温泉熱・地中熱エネルギーアクションプラン」を展開している。特に、農業や観光といった他産業と連携した、地域に利益が還元できるモデル構築を推進している。地熱・温泉熱関連企業の向上×九州を実証の場とした他産業との連携＝「九州モデル」の構築、により国内・海外への展開を目指している。
- ✓ 本プロジェクトの取り組みが、会議の議案「アクションプランに対する各県での状況」における長崎県の取り組みとして長崎県産業労働部新産業創造課より報告された。
- ✓ 会議閉会后に、研究代表者が本プロジェクトの取り組みを、JST“Solve for SDGs”のプログラム概要、研究開発プロジェクトの概要、プロジェ

クトの課題と実務者会議得へのメッセージ、の構成で実務者会議へ話題提供した（発表時間20分、質疑応答10分）。本プロジェクトの目標を達成するためには、主体形成、持続可能性、対象の拡大（多地域展開）が肝要であることを提言した。

- ✓ 新技術の主体形成を目的とした大学発ベンチャーの創出を計画していること、小浜でシステムの実証試験を計画していること、オブザーバーである民間企業に対してビジネスモデル仮説を募集していることなどを話題提供した。このシステムによる独立電源事業の持続可能な新産業を九州地区のスタートアップで開始し、民間事業育成やシステム開発に関する新産業の創出の計画を提案した。「超分散型エネルギー社会」の社会技術を多地域展開するための共創開発・協働開発を実務者会議へ提案した。
- ✓ 本プロジェクトの取り組みに関する話題提供終了後、質疑応答がなされた。オブザーバーの民間企業から研究プロジェクトに関する肯定的な意見がコメントされた。また、実務者会議の糸井座長から「本プロジェクトの取り組みを見守る」ことのコメントがあった。
- ✓ 会議終了後に事務局から「地熱・温泉熱・地中熱エネルギーアイランド九州」の修正版のリーフレットにおける「地元大学との連携」に長崎大学を掲載することの協力要請がなされ、それを承諾した。

参考URL ; <https://www.kyukeiren.or.jp/files/topics/achieve/171108200819141.pdf>

#### 実施項目①-3 スマートバイナリー発電のマーケティング活動

- ✓ FFGアントレプレナーシップセンターがスマートバイナリー発電システムのマーケティング活動を「イノベーション論」のゼミを通して実施した。本研究プロジェクトのマーケティング活動には、ゼミの受講生8名が参加した。ゼミ生の属性は、学生3名（長崎大）、市議員1名、会社員4名（内少なくとも2名が代表）であった。
- ✓ マーケティング活動の成果が、技術の概要、潜在的ベネフィット、潜在市場と市場の興味、技術の開発状況、技術の状況、テクノロジーディベロプメント、知的財産権の状況、競合技術／競合他社、市場参入への障壁、レコメンデーションの内容で報告された。
- ✓ 普及戦略の一つとして、温泉地域におけるモデルハウスと提携した実証試験事業、工場排熱をつかったプラント内での排熱回収発電事業などが提案された。

## 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（長崎大学大学院工学研究科、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（長崎大学大学院工学研究科、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（長崎大学大学院所属、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：佐々木裕（小浜温泉エネルギー、事務局長）

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)
小川 拓実	オガワ タクミ	宇宙模型		取締役
佐々木 壮一	ササキ ソウイチ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
佐藤 康彦	サトウ ヤスヒコ	システムファイブ		代表取締役
盛永 啓明	モリナガ タカアキ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
山口 朝彦	ヤマグチ トモヒコ	長崎大学	大学院工学研究科	教授
山口 淑久	ヤマグチ ヨシヒサ	長崎大学	研究開発推進機構	コーディネーター

### 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)
入江 直樹	イリエ ナオキ	長崎県工業 技術センター	基盤技術部	主任研究員
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	大学院工学研究科	教授
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
佐々木 壮一	ササキ ソウイチ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
佐々木 裕	ササキ ヒロシ	小浜温泉 エネルギー	事務局	事務局長
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
本村 文孝	モトムラ フミタカ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
森 知洋	モリ トモヒロ	雲仙市	環境水道部	参事補

### 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)
入江 直樹	イリエ ナオキ	長崎県工業 技術センター	基盤技術部	主任研究員
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	大学院工学研究科	教授
久保田 慎一	クボタ シンイチ	長崎県工業	基盤技術部	主任研究員

		技術センター		
佐々木 壮一	ササキ ソウイチ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
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
本村 文孝	モトムラ フミタカ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
森 知洋	モリ トモヒロ	雲仙市	環境水道部	参事補
山下 淳司	ヤマシタ ジュンジ	長崎大学	研究開発推進機構	教授

#### 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)
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	大学院工学研究科	教授
佐々木 壮一	ササキ ソウイチ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
佐々木 裕	ササキ ヒロシ	小浜温泉 エネルギー	事務局	事務局長
森 知洋	モリ トモヒロ	雲仙市	環境水道部	参事補

#### 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)
馬越 孝道	ウマコシ コウドウ	長崎大学	大学院工学研究科	教授
佐々木 壮一	ササキ ソウイチ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
佐々木 裕	ササキ ヒロシ	小浜温泉 エネルギー	事務局	事務局長
本村 文孝	モトムラ フミタカ	長崎大学	大学院工学研究科	助教
森 知洋	モリ トモヒロ	雲仙市	環境水道部	参事補
山口 朝彦	ヤマグチ トモヒロ	長崎大学	大学院工学研究科	教授

## 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

・なし

(2) ウェブメディアの開設・運営、

・なし

(3) 学会（7-4. 参照）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（1件）

・佐々木壮一、染矢鯉一郎、山口朝彦、低温熱源により作動する小出力オーガニックランキンサイクルにおけるタービン性能の熱力学的解析、長崎大学大学院工学研究科研究報告、第51巻、第96号、2021

URL ; [https://nagasaki-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=26424&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=21](https://nagasaki-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=26424&item_no=1&page_id=13&block_id=21)

### 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 0件、国際会議 0件）

(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（1件）

・バイナリー発電装置、佐々木壮一・山口朝彦、長崎大学、2021. 3、特願2021-57731