

【事業名】新たな地熱発電方式となる「熱水循環型発電」の実証研究(委託・補助)

【代表者】(株)大林組 田中 達也

【実施年度】平成28年度

(1)技術開発概要

①【技術開発の概要・目的】

- ・地上より循環水溶液(淡水)を坑井へ注水して、地下の熱を吸収して熱水とし、その熱水から取得した蒸気により発電を行う新たな発電方式『循環型地熱発電システム』の開発設計、製作を行い、発電量300kWの性能目標を達成する実証を目的とする。
- ・本技術の実証・実用化により、従来のフラッシュ型発電方式の課題となる、①熱水供給量不足、②熱水の水質(強酸・強アルカリ)、③温泉組合からの反対、などの課題を解決、事業リスクを低減し、地熱開発促進、総発電量の増加に寄与する。

②【技術開発の詳細】

(1)地上設備設計

- ・300kWの定常発電を性能目標として、循環型発電を制御し、必要な蒸気を取得・確認するための地上設備を設計する。
- ・循環型地熱発電方式は、フラッシュ型発電と比較して、循環水の入口温度、流量、タービン入口、出口の圧力を任意に制御可能なことから、各パラメータをどのように設定し、試験等により測定・確認すれば、最も効率的に熱交換を行うことが可能かの設定技術・方法論を確立する。

(2)坑内循環設備設計

- ・循環水の熱交換を促進するよう、坑井内の二重管の材料仕様を設計する。
- ・二重管内の循環水は入口から坑井の最深部まで移動(下降ルート)する際に、熱交換により最高温度となり、坑井の最深部から出口に移動(上昇ルート)する際には熱交換により温度が低下する。このメカニズムを前提としたうえで、下降ルートと上昇ルートに最適な流速、熱交換を行う接触面積(二重管の形状)、二重管の材料仕様(熱伝導特性)を設計する技術・方法論を確立する。

(3)単一坑・熱水循環実証試験の計画

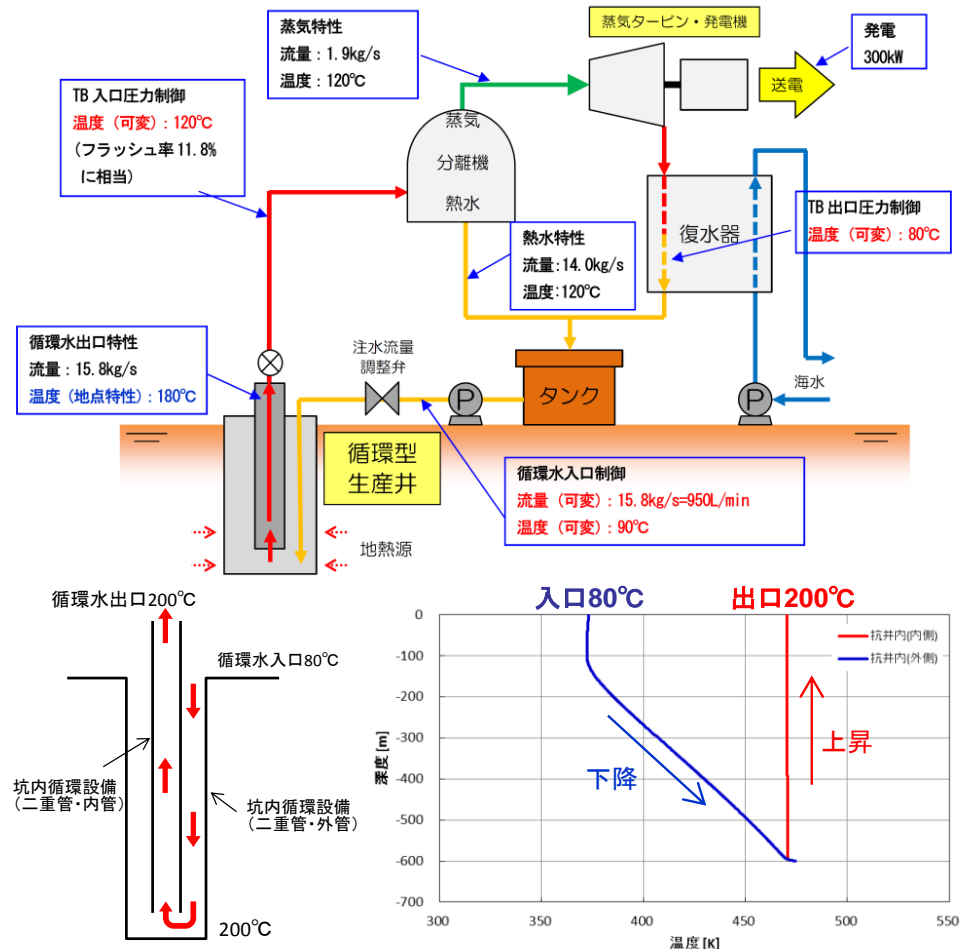
- ・実証試験候補地点で想定される地熱特性データ(温度分布等)を利用して、熱水循環実証試験の計画立案を行う。
- ・実証試験に用いる地上循環設備、坑内循環設備を考慮して、300kWの定常発電を性能目標として、循環水の熱交換の状況を推定し、熱交換の最適化に向けた検討を行うためのデータが取得できるような試験計画を立案する。

(4)事業性の予備評価

- ・地熱特性データが異なる複数の実証試験候補地点を対象として、性能目標を設定したうえで、発電事業化に必要な地上、坑内循環設備の仕様(規模、数量等)を考慮して、事業化の実現、合理化に向けた課題を整理する。

③【システム構成】

- ・循環型発電システムは、従来フラッシュ型と比較して、循環水入口の流量・温度、TB(タービン)入口の圧力・温度、TB出口の圧力・温度の制御が可能である。
- ・循環水は地上設備→坑内循環設備(二重管外管と内管の間)を下降→坑井最深部に到達・温度上昇→坑内循環設備(二重管内管内側)を上昇→地上設備へと循環する
- ・地点の地熱特性に応じて、熱交換量の取得に最適な『坑内循環設備(二重管)』を設計し、蒸気量の取得に最適な制御パラメータを選定可能な『地上設備』を設計することで、性能目標に対する『循環型発電システム』の実証研究を行う。



(2) 技術開発計画

①【実施体制】

技術開発代表者

株式会社大林組
副部長 田中 達也

要素技術担当者①
地上設備の設計 (H28)

株式会社大林組
主任 長井 千明

【過去の業績】
100度を超える循環水を対象とした
地上設備の設計実績あり。

要素技術担当者②
坑内循環設備設計 (H28)

株式会社大林組
主任 名雪 利典

【過去の業績】
坑底温度200度を超える地熱調査井
の掘削、坑内試験、設備設置の計画・
監理の実績あり。

要素技術担当者③
熱水循環実証試験(単一坑)の設計 (H28)

株式会社大林組
副部長 田中 達也

【過去の業績】
循環型発電システムの数値シミュレ
ーション、システム設計の実績あり。
坑井の掘削、各種試験の計画、監理
の実績あり。

要素技術担当者④
事業性の予備評価 (H28)

株式会社大林組
副部長 吉川 宏

【過去の業績】
地熱開発に関する事業性評価実績
多数あり。

②【実施スケジュール】

	H28年度
要素技術① 地上設備設計	3,000(1,500)千円
要素技術② 坑内循環設備設計	17,700(8,550)千円
要素技術③ 熱水循環実証試験(単一坑)の設計	5,000(2,500)千円
要素技術④ 事業性の予備評価	8,709(8,709)千円
合計委託費(補助交付額)	12,850千円
合計委託費(委託費交付額)	8,709千円

③【目標設定】

○最終的な目標

①単一坑を利用した熱水循環実証試験

- ・循環後熱水温度:180度
- ・熱水流量:950L/min
- ・発電量300kWに相当する蒸気量の確認

②並列二坑を利用した定常発電運転の実証試験

- ・平行に配置した2本の坑井を利用し、交互に熱水循環を行うことで、相互干渉せず、定常的に目標の蒸気量を取得できることの確認

③循環型地熱発電方式の事業性評価

- ・循環型地熱発電システムの適用可能性を示す地熱特性の指標作成
- ・わが国の開発有望地点の再評価

④【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

- ・2017年度に、循環型地熱発電方式を用いた熱交換・蒸気取得の実証・実現
- ・2018年度に、複数坑井を用いた定常発電運転の実証・実現
- ・2019年度に、循環型地熱発電方式における300kW定常発電運転の実現

年度	2020	2025	2030
目標設置容量	1MW	40MW =5MW×8地区	50MW =5MW×10地区
シナリオ	実証地点 (300kW)を含む 当社開発計画	わが国の有望地 (当社調べ)17地 区のうち50%	事業者・地点候補 拡大に伴い、事業 が普及
総設置容量	1MW	41MW	91MW

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・ 地上循環設備の設計
(300kW発電を踏まえた地上循環設備の設計)
- ・ 地下循環設備の設計
(熱交換部の外径が7inchにおける地下循環設備の設計)
- ・ 熱水循環実証試験(単一坑)の設計
(実証試験候補地の地熱特性を考慮した実証試験の設計)
- ・ 事業性の予備評価
(発電場所の地熱特性と熱交換井の本数を考慮した評価)

②【CO2削減効果】

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン C, I)

- ・ 熱水循環型地熱発電による発電量:1MW
- ・ 熱水循環型地熱発電により削減できる発電機1MW:燃料A重油:0.232t/h
- ・ $0.232\text{t/h} \times 39.1\text{GJ/kl} \times 0.0189\text{tC/GJ} \times 44 \div 12 = 0.628\text{t/h}$
- ・ $0.628\text{t/h} \times 24\text{h} \times 365\text{日} = 5,501.28\text{t/年}$
- ・ 年間CO2削減量:5,501t-CO2/年

○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン C, I)

- ・ 熱水循環型地熱発電による発電目標:2030年50MW(5MW×10地区)
- ・ 熱水循環型地熱発電50MWにより発電機50MW分のCO2が削減可能:
 $5,501\text{t} \times 50 = 275,050\text{t/年}$
- ・ 年間CO2削減量:27万t-CO2/年

③【成果発表状況】

- ・ 2016年6月8日 化学工業日報社より
「大林組 熱水循環型地熱発電の実証 湯量不足など課題解決」
- ・ 2016年12月5日 今日新聞社より
「堀田に地熱発電新技術研究 温泉使わず2年限定」

④【技術開発終了後の事業展開】

- 事業化計画
- 事業拡大シナリオ

- ・ スライド2ページ(前ページ)における【事業化・普及の見込み】の記載と同様であるため省略

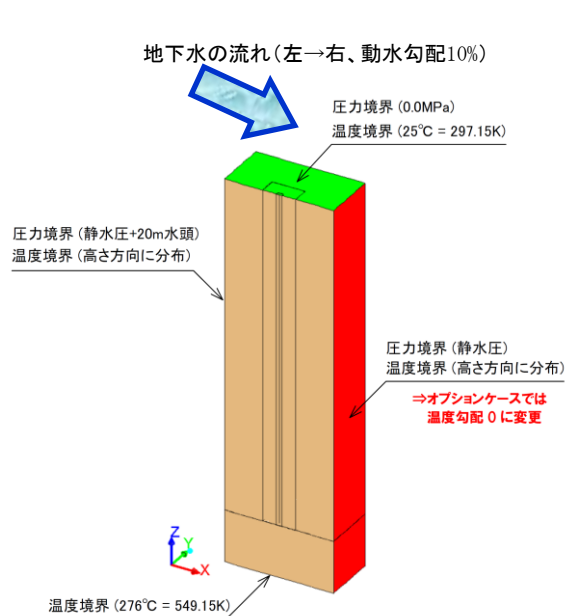
○シナリオ実現上の課題

- ・ H28年度に実施予定である単一坑を利用した熱水循環実証試験を実施して、その結果を利用した評価を行うこと。
- ・ H29年度に実施予定である並列二坑を利用した定常発電運転の実証試験を実施して、その結果を利用した評価を行うこと。
- ・ 上記2つの結果を利用した事業性評価を行うこと。
- ・ 新しい発電方式を実施する地域の関係者に、この技術について理解頂き、地域と共存できる技術とすること。

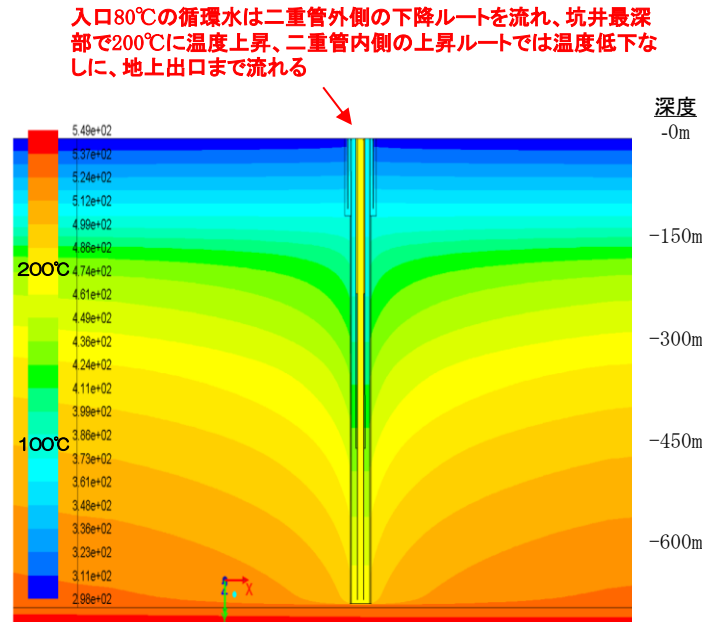
○参考資料

○本技術開発の焦点・開発技術の展開について

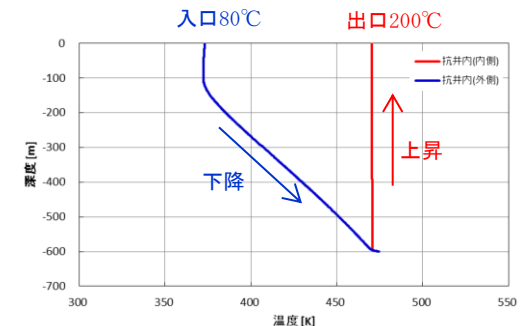
- ・循環型地熱発電方式は、1980年代に概念の検証報告があるが、わが国での実証、事業化に至っておらず、本事業の実証研究により、事業化、普及への道筋を造る。
- ・循環水の入口から出口までの温度上昇は地熱との熱交換量に依るが、それは「地点の地熱特性(温度、熱水流量)」と「坑内循環設備(二重管)の仕様(直径・長さ・熱伝導率)」に基づき、予測評価が可能である。
- ・数値シミュレーションにより、循環水入口の温度80℃、流量1000L/min、実証地点の地熱特性を入力した予測評価を行い、循環水出口温度で200℃となる結果を得ている(下図A,B,C)。本事業により予測評価の検証が可能となれば、わが国の有望地点の地熱特性の多様性を鑑み、本技術の一般化(適用地の指標化)を行う。
- ・単一坑での熱交換は、開発地点の地熱特性に依存し、時間の経過に伴い減衰する非定常特性を有している(次頁図D)。規定発電量で定常運転を行う対策技術として、「並列複数坑井での交互運転システム」を考案し、その事業設計、実証研究を併せて実施することで、事業化に向けた技術課題の解決を目指す(次頁図E,F)。



図A 予測評価の解析モデル

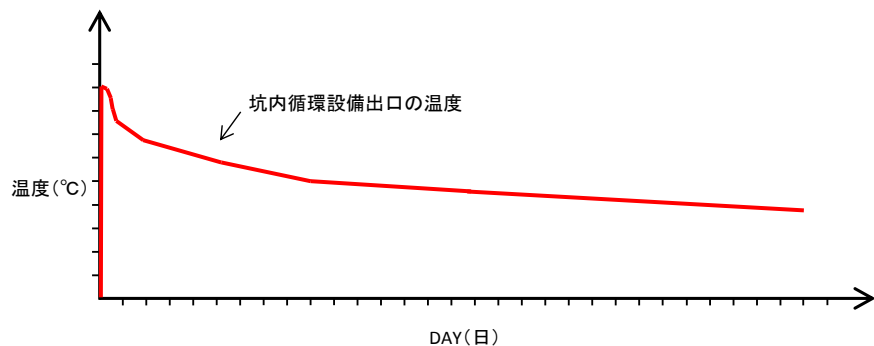


図B 予測評価の解析結果①

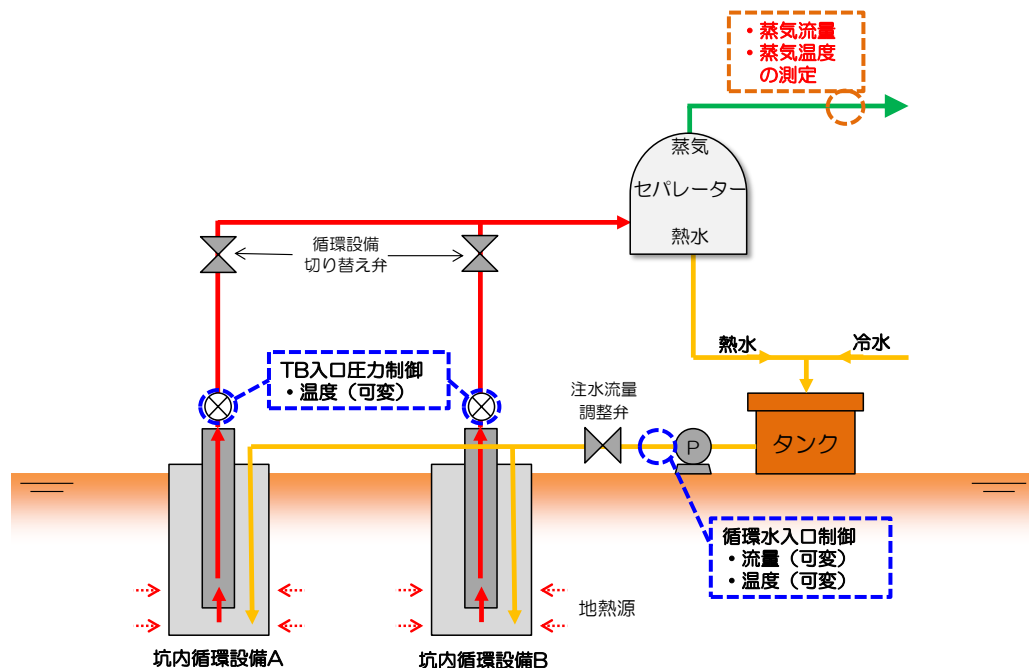


図C 予測評価の解析結果②

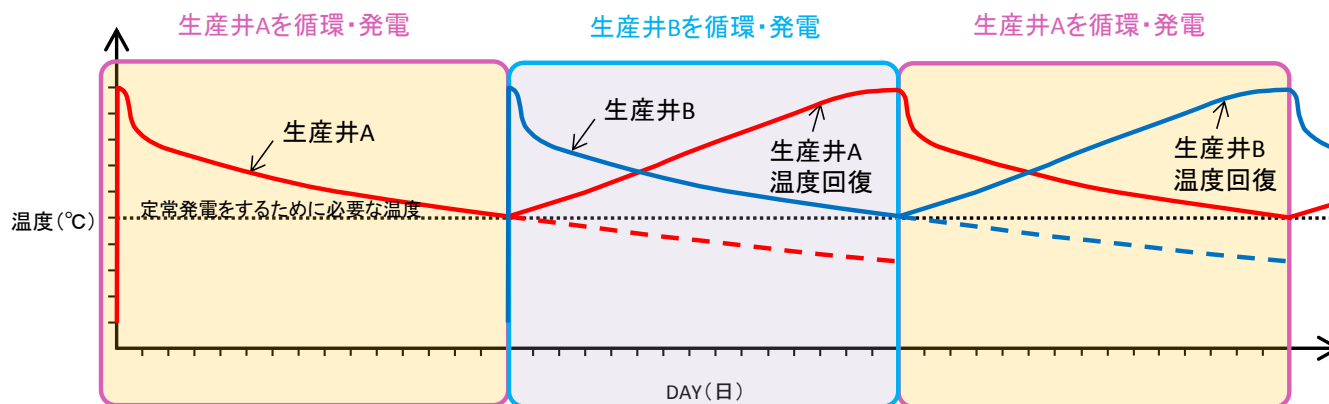
○参考資料



図D 循環水の熱交換の非定常特性のイメージ



図E 並列二坑・定常発電運転実証試験の概念図



図F 並列二坑・定常発電運転実証試験の成果のイメージ

CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 3.9点（10点満点中）

- 評価コメント

- 本申請に基づく実証実験は実施できなかったが、別サイトにて改めて地元合意を取りつけ、別途採択された事業については適切に事業を遂行すること。
- 別途採択された事業において、温泉熱源部のスケール付着及びシステム全体としての発電性能のシミュレーション評価、建設費用のコスト分析等を適切に実施することを求める。
- 本事業の実施内容について積極的に成果を広く公表し、その際は環境省「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」である旨を周知することを求める。
- 環境省補助金要項に従い採択時に告知したように、補助事業により整備された施設、機械、器具、備品その他の財産には、環境省補助事業である旨を必ず明示すること。