

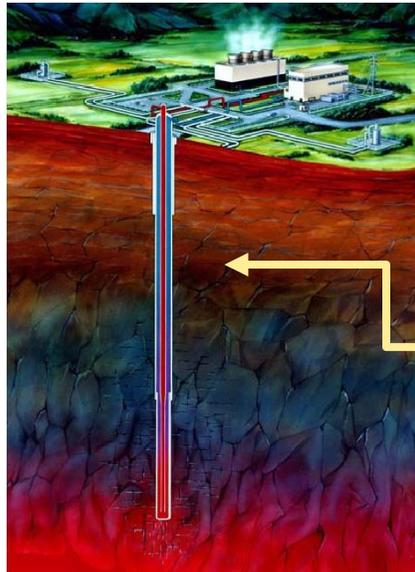
日本におけるクローズド方式地熱発電技術 の取組みと課題

独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構

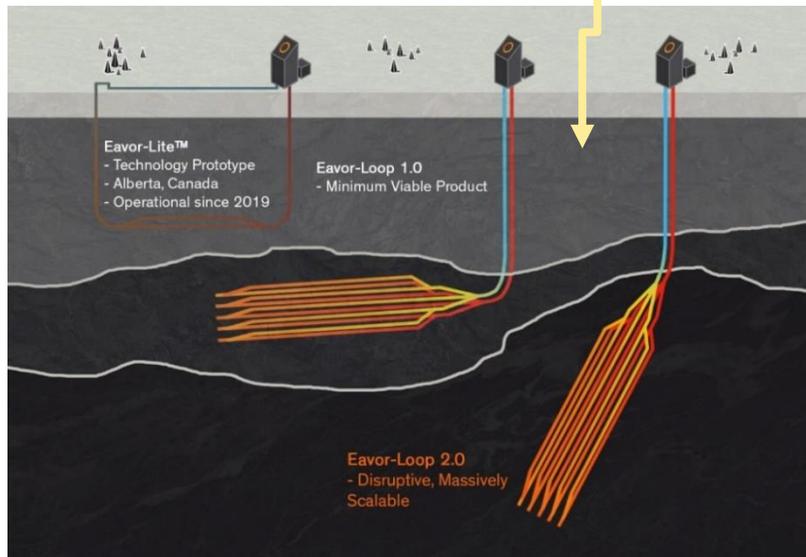
再生可能エネルギー事業本部

地熱技術部長 長江 晋

クローズド方式地熱発電技術の概要



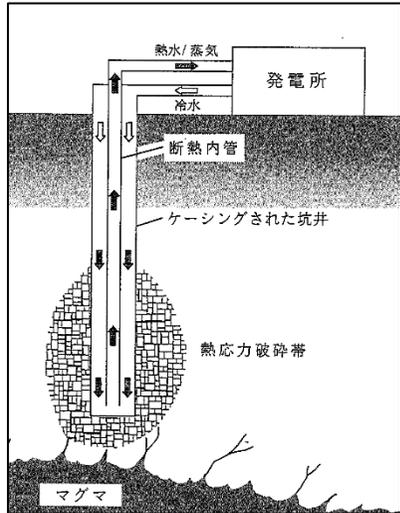
← 同軸二重管 (DCHE) 方式
地熱発電の例
Morita et. al.(2005) より



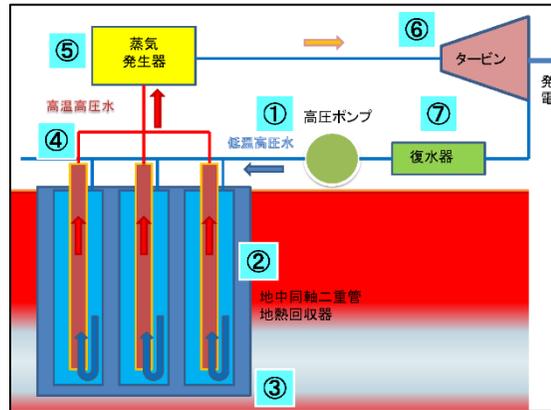
クローズドループ (AGS) 方式地熱発電の例

Eavor Technologies社 (以下、Eavor社) HP* より * <https://eavor.com/faqs/>

1. 閉鎖系管内に流体を循環させ、周囲の岩石からの熱伝導で地熱を回収し利用する技術。
2. 地下にループを構築するクローズドループ (AGS) 方式や、単一坑井で熱交換を行う同軸二重管方式 (DCHE) などがある。
3. 天然の熱水系を必要としないため、
 - ① 高温の岩石があれば (≒ 深く掘削すれば) どこでも適用対象となり、開発範囲が大きく広がる
 - ② 探査リスクや温泉資源との共生といった諸課題の克服が期待される
 - ③ 熱回収量拡大のために坑井の長大化が必要
4. その他の技術的特徴として、
 - ① 水圧破碎は不要で誘発地震リスクが低い
 - ② 循環条件によっては、サーモサイフォン効果で無動力の流体循環が可能
 - ③ 流体循環経路の短絡や季節変動が無く安定した熱回収が可能
 - ④ ループ方式では同一地点で複数掘削を行うため学習効果による掘削費低減が期待される



**同軸二重管 (DCHE)
方式地熱発電**
盛田・水尾 (1994) より



加圧水型地熱発電システム (GEEP)
NEDO (2013) より

1. 同軸二重管方式

- ① 1981年に高温試錐孔内での抽熱実験が行われた(倉沢ほか, 1981)。
- ② 公害資源研究所(現AIST)が抽熱シミュレーションによる評価を経て、1991年2月にハワイにて概念実証実験を実施した(盛田, 1992)。
- ③ 二重管に加圧水を注入し循環させる実験が大分県にて実施された(NEDO, 2013)。

2. クローズドループ

- ① 国内で具体的な実証等はなされていないが、下記の取組みがある(発表・出版物等ベース)
 - Eavor社への出資: 中部電力(2022)、鹿島(2023)
 - ドイツにおけるEavor社開発プロジェクトへの参画: 中部電力(2023)、同ファイナンス: JBIC・みずほ銀行・NEXI(2024)
 - 国内での実証協定締結(2023): 三井石油開発ーシェブロン・ニュー・エナジーズ・ジャパン社
 - 先進技術による課題解決: Geo Dreams/G Pulse社

3. JOGMECによる評価

- ① 上記両方式の技術・経済性評価を実施(P.5)



Eavor-Loop™ Geretsried

Drilling depth:
approx. 4,500 m
CO₂ savings per year:
approx. 44,000 t CO₂ equivalents
Electrical power:
approx. 8.2 MW
Thermal output:
approx. 64 MW

Eavor is writing the next chapter of the energy transition in Geretsried

Eavor社によるドイツ・バイエルン州でのクローズドループ開発プロジェクト

Eavor社HP* より * <https://eavor.de/en/projekt-geretsried/>

クローズド方式社会実装に向けての検討ポイントの例

1. 事業性確保

- ① 立地条件：大規模地下構造物の構築に適した地質環境の探索と、地温や岩盤熱伝導率等の熱回収に影響を与える各種パラメータ好適地点の選択
- ② 掘削コスト削減：掘削学習効果の追及や、新技術の導入・開発
- ③ 熱水利用の併用：低温部分のエネルギー利用による収益拡大

2. 要素技術面

- ① 地下構造物の耐久性・高温耐性確保や維持管理技術の確立
- ② マルチレグ方式における流体循環の安定分岐・合流

3. 発展的適用

- ① 天然地熱系（対流系）の利用可能地点における熱回収効率の向上
- ② 超臨界CO₂など、水以外の循環流体活用によるシステム効率の向上

ある想定した地質等条件下、現在国内で一般に利用可能な技術を用いるとの前提にて、同軸二重管方式およびクローズドループ方式の代表ケースについて技術・経済性評価を行い、令和5年3月に公表(エンジニアリング協会への委託により実施)。詳細は報告書*を参照。

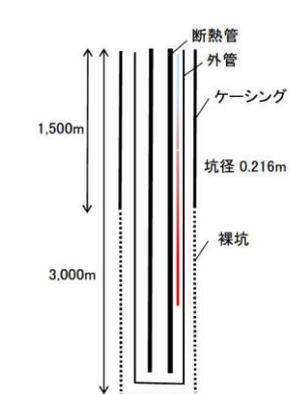
* <https://geothermal.jogmec.go.jp/report/jogmec/file/2024-1-17.pdf>

各発電方式の30年間の発電コスト試算

試算ケース	坑井建設費 (億円)	発電設備費用 (億円)	運転維持費*1 (万円/kW/年)	発電設備容量 (kW)	発電コスト (円/kWh)
二重管A	27.6	3.2*2	11.9	181*3	151
二重管B	26.6	9.0	11.9	700	58
ループA	187.9	9.5	11.9	745	224
ループB	201.1	12.0	9.1	1,150	158

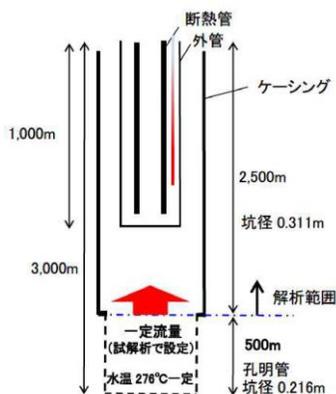
*1 国内地熱統計資料による経験的単価を使用 *2 二重管Aの発電設備費用は、発電量と発電設備費用の回帰式により算出

*3 二重管Aの発電量は流量20t/hにおけるSTARSの熱回収解析結果146℃から経験式により算出。



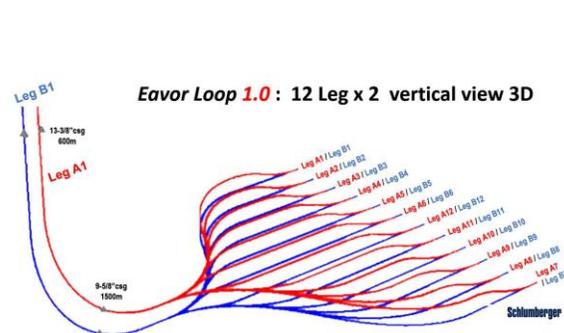
同軸二重管方式 (二重管使用、非熱水系)

二重管A

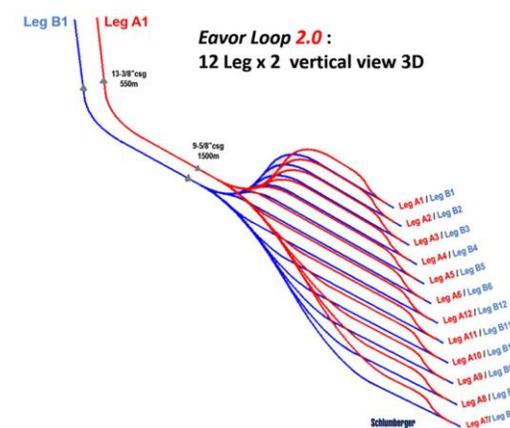


同軸二重管方式 (二重管使用、熱水系)

二重管B



ループA



ループB