

「地熱発電の潮流と開発技術」 目次

第1章 地熱発電の概要と展望

はじめに

1. 地球の熱と地熱地域の地下における熱と水の流れ
 2. 地熱発電システム
 3. 地熱貯留層の探査法と地熱系モデルの作成
 4. 持続可能な地熱資源の開発
 5. 地熱エネルギーを何故開発すべきか
 6. 世界の地熱発電開発の潮流とわが国の地熱発電開発
 7. わが国の地熱エネルギー開発における諸問題
 8. 再生可能エネルギーの一員としての地熱エネルギー
- おわりに

第2章 事業性と事例

第1節 地熱発電事業の経済性の検討

はじめに

1. 地熱発電事業に投資する動機
 - 1.1 地熱発電の歴史
 - 1.2 地熱発電事業に投資する動機
 2. プロジェクト実行プログラム
 - 2.1 有望地点絞込みのフロー
 - 2.2 探査手法の採用順序
 - 2.3 資源量評価
 - 2.4 有望地点の抽出
 - 2.5 リード・タイム
 3. 地熱発電の規模
 4. 発電コストの計算
 - 4.1 発電コスト
 - 4.2 蒸気流量と発電出力
 - 4.3 掘削費単価
 - 4.4 地上設備、発電設備単価
 - 4.5 重点地域地点毎発電コスト計算結果
 - 4.6 試算例
 - 4.7 建設費単価
 5. 事業採算性
 6. リスク・マネージメント
 7. 地熱発電事業の将来展望
- おわりに

第2節 九州の地熱開発

はじめに

1. 地熱発電所の位置の地学的背景
2. 九州の地熱開発の歴史

3. 各論

3.1 事業用地熱発電所

- 3.1.1 大岳地熱発電所 立地:国立公園普通地域
- 3.1.2 八丁原地熱発電所 立地:国立公園第2・3種特別地域
- 3.1.3 大霧地熱発電所 立地:国立公園普通地域
- 3.1.4 山川地熱発電所 立地 自然公園外
- 3.1.5 滝上地熱発電所 立地 自然公園外

3.2 自家用地熱発電所

- 3.2.1 杉乃井地熱発電所
- 3.2.2 霧島国際ホテル地熱発電所
- 3.2.3 九重地熱発電所

4. おわりに、そして、将来の展開に向けて

第3節 東日本の地熱開発

はじめに

1. 東日本の地熱発電所
 - 1.1 松川地熱発電所
 - 1.2 大沼地熱発電所
 - 1.3 鬼首地熱発電所
 - 1.4 葛根田地熱発電所
 - 1.5 森地熱発電所
 - 1.6 上の岱地熱発電所
 - 1.7 澄川地熱発電所
 - 1.8 柳津西山地熱発電所
 - 1.9 八丈島地熱発電所
2. 開発経験から見た東日本の地熱系の特徴
3. 東日本の地熱開発の将来展望

おわりに

第4節 岩手県における再生可能エネルギーの導入

1. はじめに

- 1.1 はじめに
- 1.2 岩手県の地域特性等
- 1.3 東日本大震災津波による被害状況
2. 岩手県における再生可能エネルギーの導入状況
 - 2.1 これまでの導入状況
 - 2.1.1 導入目標に対する導入実績
 - 2.1.2 電力需要に対する供給の状況(電力自給率)
 - 2.2 地熱開発の状況
3. 再生可能エネルギー導入に係る動向と課題
 - 3.1 国等の再生可能エネルギー導入支援策

3.1.1	これまでの国の主な支援制度
3.1.2	これまでの県の主な支援制度
3.2	再生可能エネルギー導入の主な課題等
3.2.1	経済性
3.2.2	系統接続の制約等
3.2.3	開発のリードタイムの長期化
3.2.4	開発行為に関する規制等
3.3	東日本大震災津波で明らかとなった課題
4.	再生可能エネルギー導入促進に向けた今後の施策展開
4.1	岩手県東日本大震災津波復興計画への対応
4.1.1	防災のまちづくり
4.1.2	三陸創造プロジェクト
4.1.3	復興の目指す姿を実現するための主要事業
4.2	再生可能エネルギー導入促進特区
4.3	大規模電源立地に向けた取組
4.3.1	大規模太陽光発電の適地調査の実施
4.3.2	個別プロジェクトに対する側面的支援
4.4	自立・分散型のエネルギー供給体制の構築に向け た検討
4.5	新エネルギービジョンの見直し
	おわりに
第5節	地熱発電に関する政策・法制度
	はじめに
1.	日本のエネルギー政策における地熱発電の状況
1.1	戦後から石油ショックに至るまでの日本のエネルギー政策
1.2	新エネルギー・省エネルギー推進に対する法的整備
1.3	地球温暖化問題への対策
1.4	日本のエネルギー政策における地熱発電の位置づけ
1.4.1	サンシャイン計画, ニューサンシャイン計画 における位置づけ
1.4.2	関連法案等における位置づけ
2.	地熱発電導入に関する法規制等について
2.1	電気事業法
2.2	自然公園法
2.3	温泉法
2.4	環境影響評価法
2.5	各種規制に対する対応
	おわりに
第6節	世界の地熱発電と主要国の概況

	はじめに
1.	世界の地熱発電の概況
2.	世界の地熱利用の概況
3.	主要国における状況
第3章	地熱資源の調査
第1節	熱源分布調査の概要
	はじめに
1.	マグマ性熱源の分布
2.	熱構造の分布
3.	地熱資源量の分布
4.	マグマ性熱源の探査法
	おわりに
第2節	地質調査
	はじめに
1.	データベースを利用した予察調査
1.1	地形判読
1.2	地質判読
1.3	日本温泉・鉱泉分布図及び一覧
1.4	地熱資源図による情報収集
1.5	日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱 流量データベース
1.6	全国地熱ポテンシャルマップ
1.7	地熱コア画像データベースの利用
2.	地下温度の調査・探査法
2.1	温度検層データに基づく地下温度分布の推定
2.1.1	活動度指数と地熱指数
2.1.2	緩和法による地下温度推定法
2.1.3	日本の地温勾配図
2.1.4	深部温度の統計学的推定
2.2	間接的に地下温度を推定する方法
2.2.1	接触変成作用の解析
2.2.2	キューリー点法
2.2.3	地化学温度法
3.	地熱流体の調査・探査法
3.1	温泉水調査法
3.2	噴気ガス調査法
3.3	変質帯調査
3.3.1	変質帯調査(その1)-白色変質帯
3.3.2	変質帯調査(その2)-緑色変質帯
3.3.3	変質分帯
3.3.4	比抵抗探査法

- 3.3.5 微小地震探査法
- 4. 貯留層構造の調査・探査法
 - 4.1 地質構造調査法
 - 4.2 断裂・熱水鉱物脈調査法
 - 4.3 重力探査法
 - 4.4 磁気探査法
 - 4.5 地震探査法
- 第3節 断裂系解析
 - はじめに
 - 1. 岩石の脆性破壊
 - 2. 断裂の種類
 - 3. 断層表面構造の分類
 - 4. 断裂連結構造
 - 5. 断裂系の解析法
 - 6. 断裂形成時の応力場の復元
 - おわりに
- 第4節 弾性波探査
 - 1. 技術概要と原理
 - 1.1 弾性波探査とは
 - 1.2 強振幅反射面の観測
 - 1.3 亀裂・断裂系の配向性の探査
 - 2. 測定方法
 - 2.1 震源系
 - 2.2 受振系
 - 2.3 記録系
 - 2.4 VSP 調査
 - 2.5 その他の調査
 - 3. 新技術
 - 4. 実例
 - 5. 課題
- 第5節 電気・電磁探査
 - はじめに
 - 1. 岩石の比抵抗
 - 2. 地熱貯留層の比抵抗構造
 - 3. 電磁探査法
 - 3.1 MT 法
 - 3.2 MT 法データの解析
 - 3.3 2次元解析の問題点と3次元解析
 - 4. 調査事例
 - おわりに
- 第6節 地化学探査
 - はじめに

- 1. 熱水対流系の形成と地熱水の起源の推定—循環水の確認
 - 1.1 地熱流体の起源の推定
 - 1.2 地熱水の生成(加熱)機構の推定
- 2. 地熱貯留層温度の推定—より適切な温度把握
 - 2.1 化学温度計
 - 2.2 化学温度と反応速度
- 3. 地熱水の地下での挙動把握—地下での地熱流体の蒸発・混合・流動等
 - 3.1 熱水系ごとの分類
 - 3.2 地熱水の混合状態の把握
 - 3.2.1 混合状態の想定
 - 3.2.2 シリカ濃度-エンタルピー(実測)
 - 3.2.3 Cl⁻イオン濃度-エンタルピー(実測, 化学温度)
 - 3.2.4 その他の混合モデル
 - 3.3 地熱水の流動状態の把握
- 4. 地熱流体の性状(化学特性、発電利用適合性)の把握
- 5. 地熱貯留層の地化学モデルと開発ターゲット
- おわりに
- 第7節 地熱貯留層モデリング
 - はじめに
 - 1. 発電開始前の貯留層数値モデルの構築
 - 1.1 概念モデル
 - 1.2 坑井を用いた調査と試験
 - 1.3 自然状態シミュレーション
 - 1.4 生産予測シミュレーション
 - 1.5 貯留層モデルの不確実性
 - 2. 発電開始後における貯留層シミュレーション
 - 2.1 貯留層モニタリング
 - 2.2 ヒストリーマッチング
 - 3. 貯留層モデリング技術の展望
 - 3.1 貯留層のキャラクタリゼーション
 - 3.2 地球物理学的モニタリング
- おわりに

- 第4章 掘削
- 第1節 地熱井掘削技術の概要
 - はじめに
 - 1. 地熱井の分類
 - 1.1 地温勾配測定井(ヒートホール)
 - 1.2 構造試錐

- 1.3 調査井
- 1.4 生産井
- 1.5 還元井
- 1.6 その他
- 2. 掘削準備
 - 2.1 掘削地点選定
 - 2.1.1 地形
 - 2.1.2 道路
 - 2.1.3 取水
 - 2.1.4 許認可
 - 2.1.5 その他
 - 2.2 敷地造成
- 3. 掘削計画
 - 3.1 ケーシングプログラムと坑口装置
 - 3.1.1 構造試錐・調査井(スピンドル型掘削機)のケーシングプログラム
 - 3.1.2 調査井・生産井・還元井(ロータリー型掘削機)のケーシングプログラム
 - 3.1.3 ケーシング設置深度
 - 3.1.4 坑口装置
 - 3.2 掘削工程
 - 3.3 泥水計画
 - 3.3.1 掘削泥水の目的
 - 3.3.2 良好な泥水とは
 - 3.3.3 逸泥対策
 - 3.4 ビット選定
 - 3.5 傾斜掘削
 - 3.6 セメンチング
 - 3.6.1 ケーシングセメンチング
 - 3.6.2 逸泥セメンチング・埋坑セメンチング
 - 3.6.3 セメント材料及び添加剤
 - 3.7 物理検層
 - 3.7.1 比抵抗検層
 - 3.7.2 温度検層
 - 3.7.3 プロダクション検層
 - 3.7.4 バックオフ
 - 3.7.5 その他
 - 3.8 採揚・改修作業
 - 3.9 短期噴出試験・還元試験
- 4. 地熱井掘削の課題
 - 4.1 掘削費の削減
 - 4.1.1 坑井1本当たりの掘削費の削減

- 4.2.2 坑井1本当たりの生産量・還元量の増大及び長寿命化
- 4.2.3 その他
 - おわりに
- 第2節 地熱井掘削技術の紹介
 - はじめに
 - 1. 空気を用いた掘削
 - 1.1 空気掘削(Air Drilling)
 - 1.1.1 松川地域M-12号井の事例
 - 1.2 空気泥水掘削(Aerated Mud Drilling)・空気清水掘削(Aerated Water Drilling)
 - 1.2.1 空気泥水掘削の実施事例
 - 2. 傾斜掘削
 - 2.1 傾斜掘削のジオメトリー
 - 2.2 傾斜掘削のオペレーションについて
 - 2.2.1 傾斜掘削に必要なツールズ
 - 2.2.2 傾斜・方位・ツールフェイスの測定方式
 - 2.3 ステラブル掘削工法
 - 3. トップドライブ掘削システム
 - 4. 生産井スケール防止システム
 - 4.1 生産井薬注システムの事例
 - おわりに
- 第3節 掘削の機材・掘削具
 - はじめに
 - 1. 櫓(やぐら)
 - 1.1 スタンダード型
 - 1.2 カンチレバー型
 - 1.3 オイルスコープ型
 - 1.4 ブロック型
 - 2. サブストラクチャー
 - 3. 掘削機
 - 3.1 ドローワークス
 - 3.2 試錐機
 - 3.3 補助ブレーキ
 - 3.3.1 ハイドロブレーキ
 - 3.3.2 エルマゴブレーキ
 - 3.3.3 スリップブレーキ
 - 4. 泥水ポンプ
 - 5. 泥水システム
 - 5.1 シェルシェーカー
 - 5.2 デ・サンダー
 - 5.3 デ・シルター

- 5.4 セントリフュージ
- 5.5 冷却塔
- 6. 坑口装置
 - 6.1 口元装置
 - 6.2 暴噴防止装置(BOP)
- 7. 掘削ツールズ
 - 7.1 ビット
 - 7.1.1 コアリングビット
 - 7.1.2 トリコンビット
 - 7.2 スタビライザー
 - 7.3 ドリルカラー
 - 7.4 ヘビーウエートドリルパイプ
 - 7.5 ドリルパイプ
 - 7.6 ケリー
 - 7.7 マッドモーター
 - 7.8 ショックガード
 - 7.9 ドリリングジャールズ
- 8. その他の装置
- 9. 最近の掘削機の動向
 - 9.1 トップドライブシステム
 - 9.2 コイルドチュービングシステム
 - 9.3 モニタリングシステム
 - 9.4 遠隔操作システム

第5章 発電技術

第1節 地熱を利用した発電方式の分類とその採用指標

はじめに

- 1. 地熱エネルギーの形
- 2. 地熱発電の方式
- 3. フラッシュ式またはバイナリー式の採用基準
 - 3.1 フラッシュ式の採用
 - 3.2 バイナリー式の採用
- 4. 地熱発電所の立地

まとめ

第2節 蒸気発電

はじめに

- 1. 原理
 - 1.1 背圧式と復水式発電設備
 - 1.2 過熱蒸気型生産井を利用する発電設備
 - 1.3 シングルフラッシュサイクル
 - 1.4 ダブルフラッシュサイクル
- 2. 最適化

- 2.1 復水タービンの型式選定
- 2.2 主蒸気圧力
- 2.3 復水器圧力
- 2.4 大気湿球温度

3. 主要構成機器

- 3.1 蒸気タービン
 - 3.2 発電機
 - 3.2.1 腐食性ガスの侵入防止
 - 3.2.2 絶縁強化
 - 3.3 復水器
 - 3.3.1 構造による分類
 - 3.3.2 配置による分類
 - 3.4 温水ポンプ
 - 3.5 冷却塔
 - 3.5.1 通風方式による分類
 - 3.5.2 流動方向の分類
- 3.6 冷却水設備
 - 3.6.1 循環水システム
 - 3.6.2 補機冷却水システム
- 3.7 不凝縮ガス抽出装置
 - 3.7.1 構成機器
 - 3.7.2 エジェクタ
 - 3.7.3 機械式圧縮機

4. 地熱蒸気発電特有の技術

- 4.1 スケール対策
- 4.2 腐食に関わる損傷
- 4.3 ドレンエロージョン対策

第3節 地熱バイナリー発電

はじめに

- 1. バイナリー発電の特長
 - 1.1 再生可能エネルギーによる安定した発電
 - 1.2 二酸化炭素を排出しない発電
 - 1.3 低温熱エネルギーからの発電
 - 1.4 地熱蒸気を大気放出しない発電
- 2. 発電システムの原理と構成機器
 - 2.1 タービン
 - 2.2 凝縮器
 - 2.3 循環ポンプ
 - 2.4 予熱器
 - 2.5 蒸発器
- 3. 実例
 - 3.1 世界の建設実績

- 3.2 日本の建設実績
- 4. 運転
 - 4.1 全出力運転
 - 4.2 部分出力運転
 - 4.3 出力変動
 - 4.4 遠方常時監視
- 5. 保守
 - 5.1 機器の保守と点検
 - 5.2 媒体補充
 - 5.3 生産井および還元井の能力回復
- 6. 新技術
 - 6.1 媒体
 - 6.2 媒体シール技術
 - 6.3 パージシステム
- 7. 課題と取組み
 - 7.1 新媒体
 - 7.2 スケール抑制
 - 7.3 高温岩体発電
 - 7.4 コスト低減

おわりに

第4節 バイナリー発電(温泉発電システム)

はじめに

- 1. 温泉発電システムの原理
 - 1.1 温泉バイナリー発電システムの原理
 - 1.2 低温熱源を利用したバイナリー発電システムの

媒体

- 1.3 温泉発電で要求される性能とは
- 2. 温泉発電で期待されるサイズ
- 3. 温泉発電システムの実例
 - 3.1 アンモニア水を用いたカーリーナサイクルの特徴
 - 3.1.1 カーリーナサイクル発電とは
 - 3.1.2 カーリーナサイクル発電の特長
 - 3.1.3 カーリーナサイクルの事例
 - 3.2 カーリーナサイクルを用いた温泉発電システムの

開発

- 4. 温泉発電システムの新技術
 - 4.1 小型高効率の蒸気タービン発電機
 - 4.2 熱交換器
 - 4.3 制御・監視システム
- 5. 課題と取組み

おわりに

第5節 高温岩体発電

- 1. 高温岩体開発の歴史
- 2. HDR 開発技術
- 3. HDR 開発に関わる最近のトピックス

第6節 マグマ発電

はじめに

- 1. マグマとは
 - 1.1 マグマ発電研究開発の経緯
 - 2. 開発技術の現状
 - 2.1 マグマの探査
 - 2.2 マグマ溜まりの掘削
 - 2.3 熱抽出
 - 2.3.1 開放系
 - 2.3.2 閉鎖系
 - 2.3.3 ヒートパイプ
- 3. マグマ発電コスト
- 4. 最近の動向

おわりに

第6章 運用

第1節 安定操作のための貯留層管理、モニタリング

はじめに

- 1. 地熱貯留層管理におけるモニタリング
 - 1.1 モニタリングの概要
 - 1.2 生産ヒストリー
 - 1.3 流体地化学モニタリング
 - 1.4 坑井調査
 - 1.5 地球物理学的モニタリング
- 2. 地熱貯留層管理における生産対策および還元対策
 - 2.1 生産能力・還元能力の低下原因の把握
 - 2.2 地熱貯留層および生産井の挙動の把握と予測
 - 2.2.1 数学モデルによる地熱貯留層の挙動予測
 - 2.2.2 生産井の挙動予測
 - 2.3 生産対策および還元対策
 - 2.4 八丁原地熱発電所の生産対策の事例
- 3. 澄川地熱発電所のモニタリングと地熱貯留層管理
 - 3.1 澄川地熱発電所のモニタリング
 - 3.1.1 澄川地熱発電所の概要と開発方針
 - 3.1.2 モニタリング項目
 - 3.1.3 生産ヒストリー
 - 3.2 地熱貯留層管理
 - 3.2.1 生産能力低下の原因
 - 3.2.2 還元能力低下の原因

3.3 生産対策および還元対策

3.3.1 生産対策

3.3.2 還元対策

3.4 今後の取り組み

おわりに

第2節 坑井の維持,管理

はじめに

1. 坑井モニタリング

1.1 掘削直後モニタリング

1.2 操業時モニタリング

1.2.1 地上モニタリング

1.2.2 坑井内モニタリング

2. 異常時の対応:応急対策

2.1 スケーリングによる坑内閉塞

2.1.1 生産井内

2.1.2 還元井内

2.2 岩片等による坑内閉塞

2.2.1 生産井内

2.3 坑井内損傷

3. 予防措置:恒久対策

3.1 スケール対策

3.1.1 生産井内炭酸塩スケール

3.1.2 還元井内シリカスケール

3.2 腐食対策

3.2.1 生産井内対策

3.2.2 地上設備内対策

おわりに

第3節 地熱エネルギーの利用におけるスケール生成と対策

はじめに

1. スケールの生成機構および生成抑制について

1.1 シリカスケール

1.1.1 シリカスケールの生成機構

1.1.2 シリカスケールの生成抑制方法

1.2 カルサイトスケール

1.2.1 カルサイトスケールの生成機構

1.2.2 カルサイトスケールの生成抑制方法

2. 生成したスケールの除去方法

おわりに

第4節 地熱発電所冷却塔ファンの運用改善について

はじめに

1. 冷却塔の氷柱に関する課題

2. 氷柱に対する従来の取り組み

3. 改善策の検討

4. 冷却塔ファン逆回転による氷柱自動解凍

5. 冷却塔ファン減速運転による所内電力低減

6. ノイズの発生と対策

まとめ

第5節 温泉への影響と共生について

はじめに

1. 温泉への影響についての基本的考え方

2. 地上の水系に例えた地熱貯留層と温泉帯水層の関係

3. 不透水層の状態からみた地熱貯留層と温泉帯水層の

関係

4. データに基づく管理の重要性と地域理解を得るポイ

ント

5. 地域の信頼を得るための具体的共存策

おわりに

第7章 発電以外の熱利用

第1節 地熱直接利用の概要と具体例

はじめに

1. 地熱直接利用の概要

1.1 直接利用の定義

1.1.1 地熱の直接利用の定義

1.1.2 温泉の定義

1.2 地熱直接利用における各温度段階の用途

1.3 国内における地熱直接利用の状況

1.4 海外における地熱直接利用の状況

2. 直接利用の用途

2.1 暖房・冷房

2.1.1 暖房利用

2.1.2 冷房利用

2.1.3 カスケード利用

2.2 ヒートポンプによる熱利用

2.2.1 児童館での利用例

2.3 農業利用

2.3.1 温泉熱を利用した事例

2.3.2 温熱ハウスにて地熱を利用した場合のラン

ニングコスト

2.4 道路融雪

2.5 魚介類養殖

3. 発電と組み合わせた直接利用の効果

4. 地熱の直接利用が地域にもたらす恵み

第2節 地中熱利用の概要と未来像

はじめに

1. 地中熱とは
 2. 利用の仕方
 - 2.1 熱伝導
 - 2.2 空気循環
 - 2.3 水循環
 - 2.4 地中熱ヒートパイプ
 - 2.5 地中熱ヒートポンプシステム
 - 2.5.1 クローズドループ
 - 2.5.2 オープンループ
 3. 地中熱ヒートポンプシステムの普及状況
 4. 地中熱エネルギーのポテンシャル
 5. 環境性に優れたシステム
 6. 普及に向けて ー地中熱を利用したコミュニティー
- おわりに