

第4回地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会

地熱資源の開発に係る地下の 流体モデル・指標の構築と再現性の検証

平成23年10月20日
地熱技術開発株式会社

地熱開発の流れ 本検討で対象とされるステージ

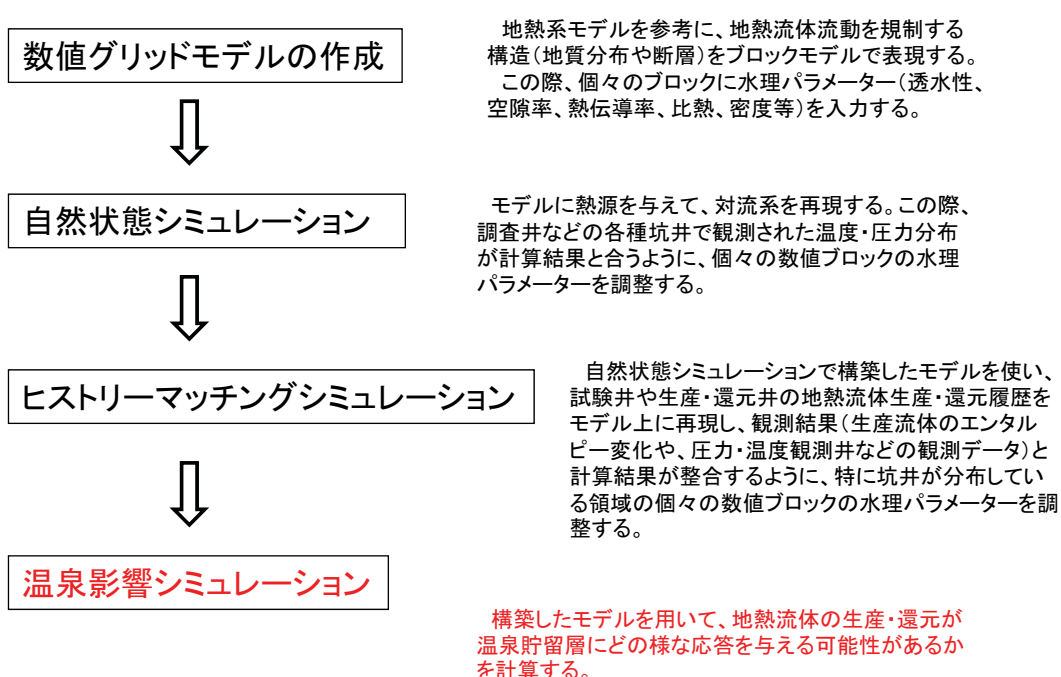
ステージ	1	2	3	4	5
地熱開発の段階	調査計画	地熱資源概査	地熱資源精査	発電所建設	発電所運転開始後
掘削について	掘削前	調査井掘	試験井掘削	生産井、還元井掘削	生産井、還元井の追加掘削、転用
資料	既存資料 ・地質図幅、論文など	調査井、観測井から実際に地下情報が得られるようになる	試験井からの噴出試験データが得られ概念モデル構築が可能となる	数値シミュレーションによる温泉影響予測が可能となる モニタリング結果と照合した検討もはじめて可能となる	数値シミュレーションによる温泉影響予測継続 データを追加し修正、検討継続
地熱調査内容/ 判断材料	物理探査 ・電磁探査 ・重力探査 ・広域リニアメント調査 地表地質調査 ・変質帯調査 地化学探査 ・既存温泉の水質、ガス組成、同位体組成、トリチウム解析など	調査井掘削による調査 ・地下温度(物理検層) ・地質構造 ・コアカッティング試験 ・フラクチャー解析 ・注水試験 ・調査孔の水質	試験井掘削による調査 ・噴出試験 ・トレーサー試験 ・圧力干渉試験	生産・還元井掘削による調査データ ・トレーサー試験 ・圧力干渉試験 ・数値シミュレーションとモニタリング結果の比較照合	生産・還元井のモニタリングデータ ・数値シミュレーションとモニタリング結果の比較照合継続
貯留層解析		広域地熱モデルの検証	地熱概念モデル構築	数値シミュレーション検証が始まる	モデル・シミュレーションの更新、高度化
温泉資料 (想定されるもの)	既存データの収集 ・都道府県実施の温泉モニタリングデータ ・源泉間の影響調査データ ・源泉の検層記録	調査井掘削による温泉モニタリングデータ	試験井掘削による温泉モニタリングデータ 予測結果とモニタリング結果の比較	生産・還元井掘削による温泉モニタリングデータ 予測結果とモニタリング結果の比較	発電所稼働後の温泉モニタリングデータ 予測結果とモニタリング結果の比較
審議会での判断	周辺温泉の影響調査の必要性について判断(調査井・観測井の位置検討、モニタリングの実施など)	調査井、観測井掘削による影響について 試験井掘削および位置の検討	試験井掘削による影響について 生産井、還元井掘削および位置の検討	生産井、還元井掘削による影響について 発電事業規模の検討	生産井、還元井掘削による影響について 地熱貯留層の評価

- ・審査は地熱流体の噴出を計画する坑井に対して実施される。
- ・対象は試験井や生産井に相当する坑井となる。
- ・流動モデルは地下の情報量が多い開発ステージ終盤に構築される。

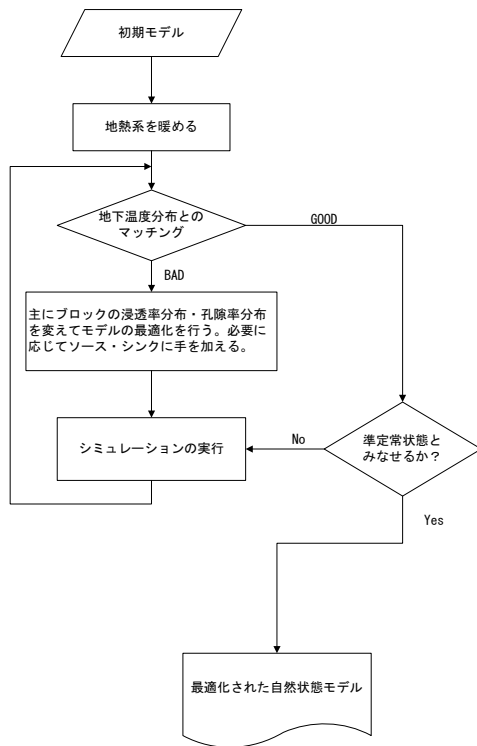
地熱流動モデルによる検証

- 対象地域(柳津西山地域)において、現在得られている地下情報を基に地熱流動モデルを構築する。
 - 構築したモデルを用いて、地熱資源調査の「ステージ4」(或いは、これに加えて「ステージ2」)の各段階相当における計算を行う。
 - この際、地熱井の生産還元+温泉生産を行うケースと、温泉生産のみのケースを計算し、両者の差から地熱井の生産・還元が温泉滞水層に与える応答を計算する。
 - 地熱井の生産・還元が温泉滞水層に与える応答が、どの様なものであるかを検討する。
- NEDO が平成13年に行った温泉影響予測手法導入調査では、温泉影響調査の重要な指標の一つとして生産による圧力伝搬の影響の把握等が指摘されており、ここで計算される温度・圧力の変化はこれらの指標となると考えられる。

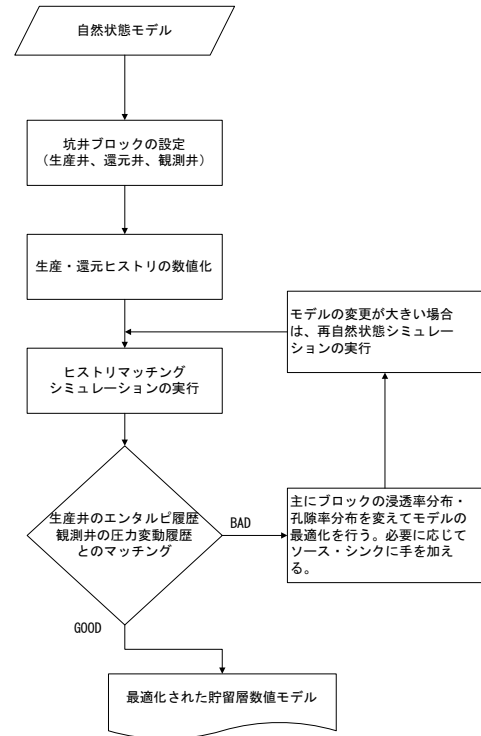
本業務における地熱流動モデル構築の流れ



一般的な地熱資源量評価の為のシミュレーションの流れ



自然状態シミュレーション



ヒストリーマッチングシミュレーション

地熱流動モデル構築に関する留意点

地熱資源量評価に関して

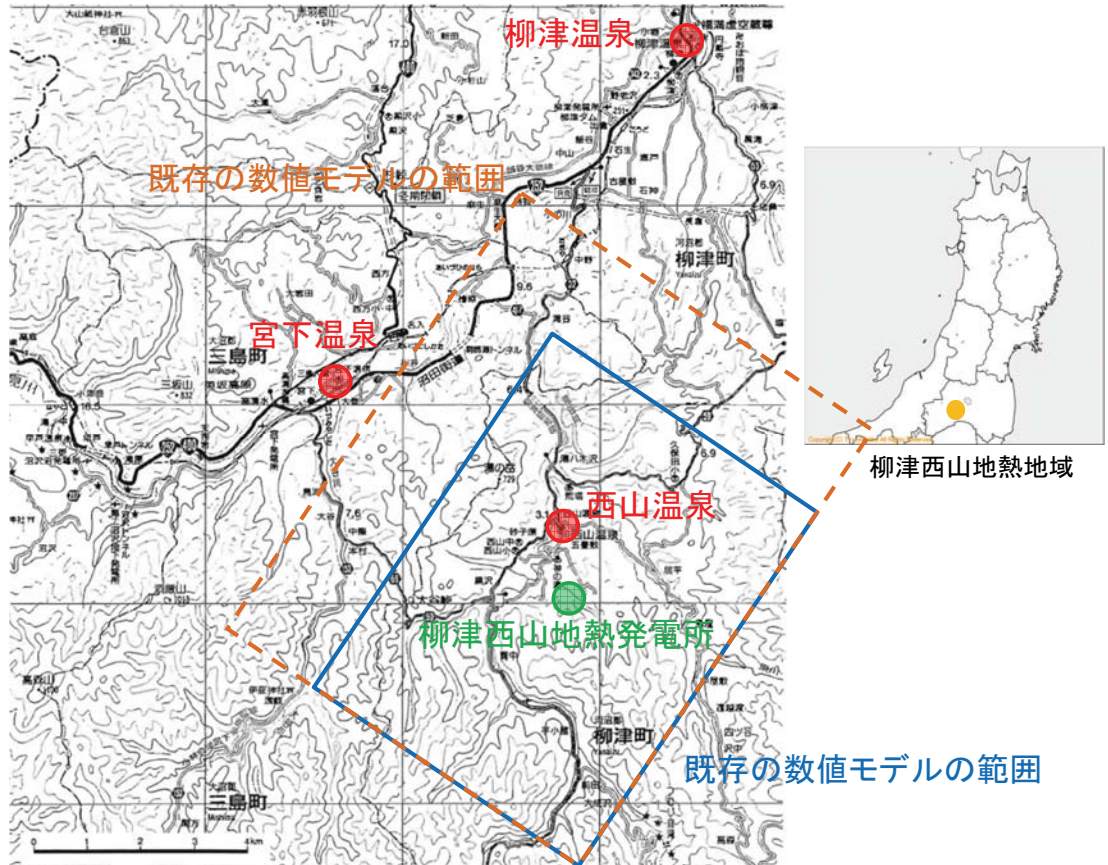
- 地熱流動モデルは調査や操業開始後のデータを基に最適化する必要があるため、地下の情報量が少ない段階では適切なモデルは構築できない。
(地熱流動モデル構築の段階においては、坑井が例えば数10本程度掘削され各種データが取得されるなど、かなり詳しい地下情報を得ている)
- 一般的な地熱流動モデルは地熱資源量(発電規模)検討に利用されるため、控えめな評価(つまり、過大な資源量にならない)となるモデルとする。
(減衰しやすいモデルの作成)

温泉変動評価に関して

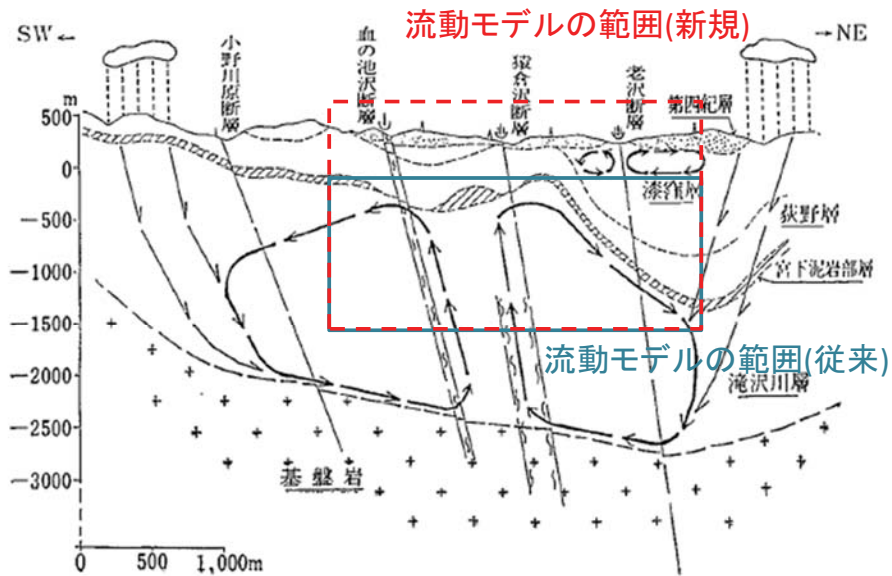
- 一般に温泉は降水量の変動に伴う季節変動が大きく、これらはモデルに反映する事が困難である。
- 定量的な観測が乏しいと考えられ、モデル最適化が難しい。
(温泉生産に伴う変動や、地熱貯留層との関連を示すデータに乏しい)

地熱井の生産・還元が温泉滞水層に与える応答の把握
温泉影響観測に何を指標とするかの検討

流動モデル



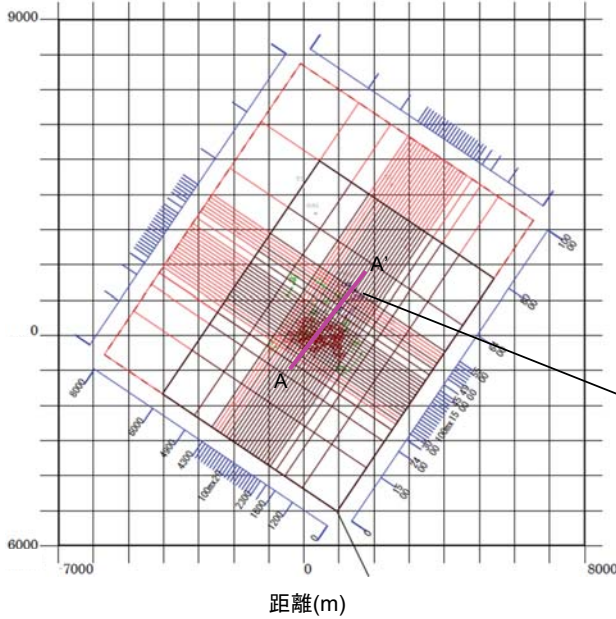
柳津西山地域の地熱系概念モデル



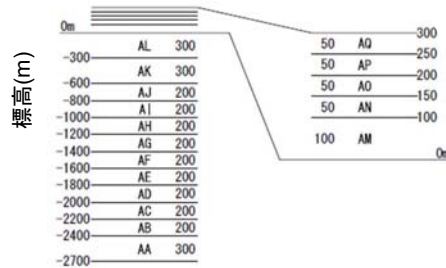
第6図 奥会津地域の地熱系概念モデル (新田ほか, 1987).

流動モデル構築の進捗状況

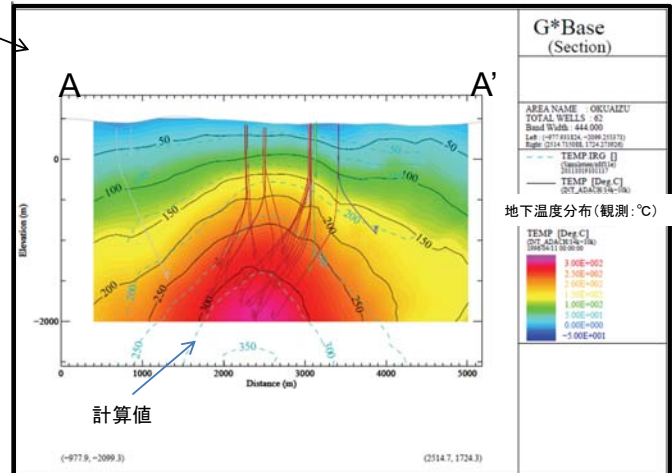
数値モデル(平面図)



数値モデル(層構造)



坑井データより推定した地下温度分布(観測)と計算結果の比較

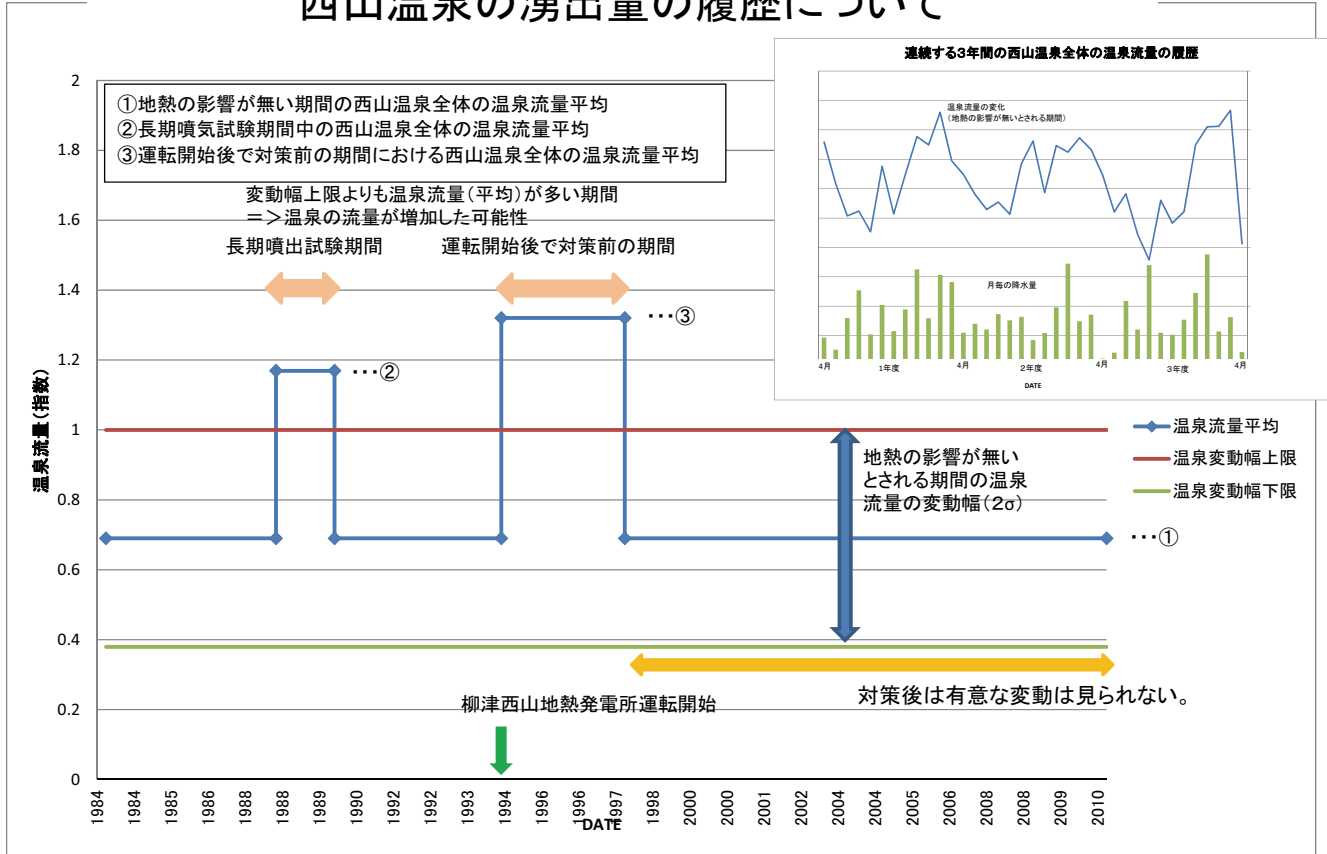


進捗状況

- 自然状態シミュレーション
 - 熱水対流系が発達する状況がおおよそ再現出来た。
 - 観測結果を基にした地下温度分布図と計算結果は整合的である。
- ヒストリーマッチングシミュレーション
 - 1995年運転開始以降2010年までの生産ヒストリーマッチングシミュレーションを実施中。
 - 西山温泉の過去の履歴データの整理。
 - ヒストリーマッチングシミュレーションでは、生産流体のエンタルピーマッチングを行う。
- 温泉影響シミュレーション
 - ヒストリーマッチングシミュレーションにおいて、西山温泉相当のブロック圧力変化を観察。
 - 圧力変化が西山温泉の過去の履歴データと整合的であるかを検証。

(西山温泉相当ブロックの圧力履歴と比較する事で、何のパラメーターが温泉影響を判断する上で指標と成り得るかを検討)

西山温泉の湧出量の履歴について



地熱流体モデル再現性検証の方針について(案)

- 数値シミュレーションモデルは、詳細で、かつ、長期のヒストリーデータに基づき構築されるべきであるため、温泉影響を評価する為には、詳細なモニタリングにより把握される温泉変動(ここでは温泉帯水層の水位変動を直接或いは間接的に捉え、季節変動の幅を超えた有意な変化を示すデータ)に基づいた最適化が行われるべきである。
- 資源量評価のための数値シミュレーションは、相当な数の坑井情報や生産・還元履歴データに基づいて構築されるが、想定した事業に対してどの程度の資源量を期待できるかを評価するものであるため、計算で与える生産・還元に対し減衰し易い地熱貯留層となる様な数値モデルを構築する事が一般的である。そういう観点で、資源量評価を目的とした手法で構築した数値モデルを温泉影響予測にそのまま利用する事は適切ではない可能性がある。
- このため、今回の数値シミュレーションでは、温泉影響はどの様なパラメーターに現れ得るのかを検証するのを目的とし、どの様なモニタリング項目が重要であるかを示すという観点から検討を進めるのが適切であると考えられる。
- なお、将来的には温泉変動を適切に捉えるモニタリング手法が提案され、同手法で観測された“有意な影響”を、温泉変動予測を目的に提案された手法で構築された数値モデルで再現する事で地熱貯留層と温泉帯水層との繋がりを評価し、これを予測(或いは対策)に活用出来る可能性が考えられる。
- 現段階においては、ガイドラインに参照されるモデルは、“広域地熱モデル”や“地熱概念モデル”が適切であると考えられる。これらモデルは各種データに基づいた解釈を行う事で構築されるため、この中で地熱貯留層と温泉帯水層の関係を推定し、影響の可能性について検討する事が適切であると考えられる。
- 他地域(大霧、澄川)については、「地熱概念モデル」、「資源量評価のための数値モデル現状」、「温泉モニタリングの手法や項目」について情報を開示して頂き、概略検討を行う事を考えている。