

## 草津地熱発電実証試験の提案

新エネルギー 草津センター長

西川 尚 男 (にしかわ ひさお)

学 歴 北海道大学工学部電気工学科修士課程修了  
工学博士

職 歴 株式会社 東 芝

東京電機大学工学部教授

### 1. 地熱発電とは

地球の内部には固結マグマ溜まりがあり、その上に深部熱水貯留槽があって、その中に熱水あるいは蒸気が溜まっている。この熱水や蒸気を利用して発電する方法が地熱発電である。(図 1)

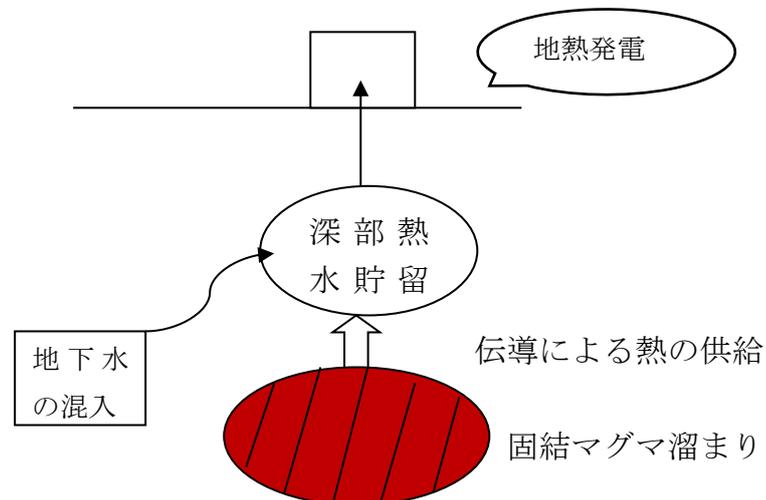


図 1 地熱貯留槽

### 2. 草津に適した地熱発電

地下から取り出される蒸気、熱水の状態によって下記 3 つの発電方式がある。

- ① 蒸気発電：深部熱水貯留槽に蒸気が大量に存在する場合、直接蒸気を取り出して発電に利用する方式を蒸気発電という。
- ② 熱水卓越型発電：貯留槽に高温・高圧の熱水が溜まっている場合、地上へ熱水を取り出した時の圧力を貯留槽より低下させると、熱水は蒸気に替わるのでそれをタービンへ供給して利用する方式を熱水卓越型発電という。
- ③ バイナリー発電：温度の低い熱源しか得られない場合、イソプタン、イソペンタン、代替えフロン、アンモニア等の低沸点媒体を使って、熱水で低沸点媒体を加熱して沸騰させ、発生した蒸気でタービンを回転させ発電する方法をバイナリー発電という。(図 2) 今回草津の実証試験にはこの型の発電方式を採用する。

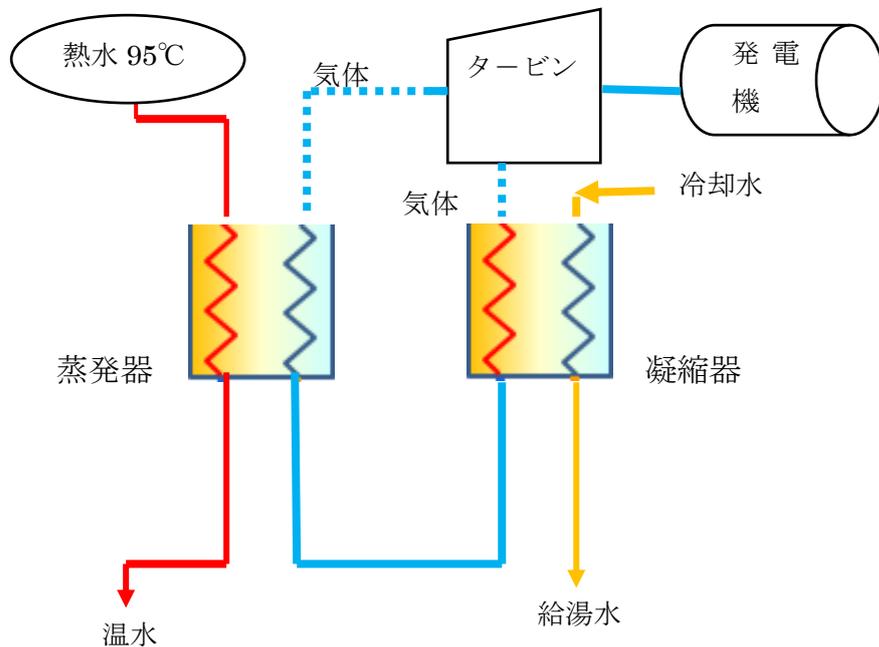


図2 バイナリー発電

### 3. 草津の熱利用システムの現状

草津では湯本で得られる 95°Cの温水を熱交換器を利用して冷却水で冷却して 60°Cにし、その温水をホテル、旅館で使用するとともに、冷却に使った冷却水は加熱されて 54°Cになり、家庭用の給湯水及び冬場のロードヒート用に使用されている。(図3)

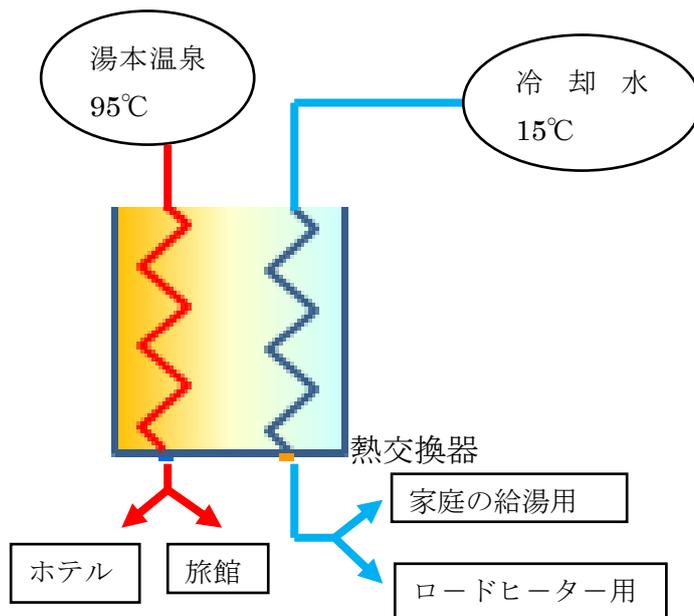


図3 草津の熱利用システム

#### 4. バイナリー地熱発電装置を使った実証試験

##### (1) バイナリー発電試験の目的とシステム図

低沸点媒体を湯本の温泉水の一部で加熱し、媒体を沸騰させ、発生した蒸気でタービンを回転させて発電する試験を長時間実施することにより、バイナリー発電試験の信頼性の検証と各種の発電特性データを取得することを目的とする。

バイナリー発電試験のシステム図を図4に示します。低沸点媒体の加熱源として湯本の温泉水の一部を試験装置へ供給し、バイナリー発電装置の蒸気発生熱源に利用するとともに、その結果として温度の下がった温泉水を熱利用システムの方へ戻し、湯本から供給される温泉水の全量は変わらない構成としております。一方低沸点媒体の冷却は別途供給される冷却水により冷却され、結果として温度上昇した温水は「熱利用システム」の給湯用タンクへ導かれる構成としております。このようなシステムを採用することにより従来行われていた「熱利用システム」は従来と変わらない運転が可能となる。

##### (2) 試験実施の基本的考え

次に試験実施の基本的考えを述べます。万が一、実証試験中に発電装置側にトラブルが発生した場合は湯本から供給される主ラインに接続されている入口／出口の緊急遮断弁及び給湯用遮断弁を動作させ、発電装置側を「熱利用システム」から瞬時に切り離す。結果として「熱利用システム」は従来通り異常なく運転し熱供給を継続することができる。

##### (3) 試験実施による新しい価値の創造

今回の試みは現在話題になっている「地球温暖化抑制」への貢献です。地熱発電は再生可能エネルギーの一つであり、火山国である日本では特に重要なエネルギー源です。資源エネルギー庁の調査結果では現在の温泉を活用するだけで45万kWの発電が可能といわれており、草津温泉がその先端を走って頂きたい切に期待しております。

注：45万kW運転時のCO<sub>2</sub>削減量は下記となる。但し発電装置の年間利用率を70%、火力発電の排出原単位を0.65kg/kWhとする。

$$45 * 10000 \text{ kW} * 8760 * 0.7 * 0.65 = 179.4 \text{ 万トン/年}$$

この量は日本全体のCO<sub>2</sub>排出量13億トンに対し、0.14%の削減に相当する。

(4) 第1号機は出力 20 kW で

既に「熱利用システム」が確立されている現状では如何にリスクを減らしながらこの新しい分野に挑戦していくかが現実的な姿だと思います。そのため第1ステップとして 20 kW 機器を選定致しました。予想発電量は下記の通りである。

予想発電量：20 kW (有効電力 16 kW, 補機電力 4 kW)

温泉水：入口温度 95°C、流量 32.5 トン/h、 出口温度 85°C

冷却水：入口温度 8°C、流量 20 トン/h 出口温度 25°C

- ① 20 kW 運転時の温泉水の温度上昇： $(330 \text{ t} - 32.5 \text{ t}) * 60^\circ\text{C} + 32.5 \text{ t} * 85^\circ\text{C} = 330 * \Delta T$  より  $\Delta T = 62.46^\circ\text{C}$  従って  $60^\circ\text{C}$  に対し、 $2.46^\circ\text{C}$  上昇する。
- ② 冷却水の温度上昇：熱利用システムの冷却水量と温度は  $270 \text{ t/h}$ 、 $54^\circ\text{C}$  であるため、 $20 \text{ kW}$  からの冷却水量と温度はそれぞれ  $20 \text{ t/h}$ 、 $25^\circ\text{C}$  のため  $270 * 54 + 20 * 25 = 290 * \Delta T$ 、従って  $\Delta T = 52^\circ\text{C}$ 、これから熱利用システムの合計の冷却温度は当初の  $54^\circ\text{C}$  より  $2^\circ\text{C}$  低くなるだけである。

熱利用システム

電気発生システム

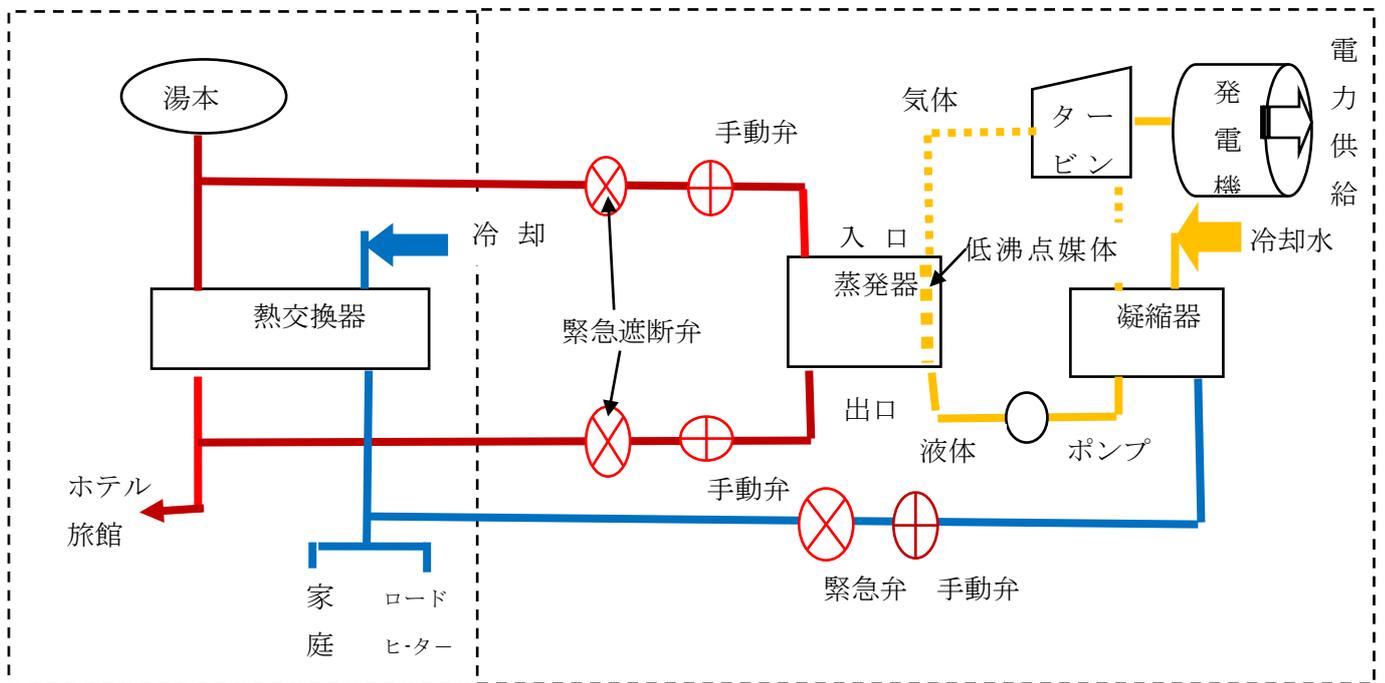


図4 「ハ付け発電装置」が「熱利用システム」に接続された状態