

九州電力(株)八丁原・大岳発電所の紹介

因幡 三郎*

はじめに

計装士会九州・沖縄地区では平成13年度の活動として、7月13日に九州電力(株)八丁原発電所の見学会を実施しました。

ここに、わが国最大の地熱発電所である八丁原・大岳発電所をご紹介します。

1. ロケーション

八丁原・大岳発電所のある九重町は、大分県の中央部にあり、東と南を標高1,700m級の火山群が連なる阿蘇くじゅう国立公園の九重連山、西側を耶馬日田英彦山国定公園の山々に囲まれた、高原と温泉の町です。

町内には筋湯・牧の戸・長者原など全国にも名を知られた多くの温泉があり、なかでも筋湯温泉は最大の規模を誇っています。九重町には八丁原・大岳発電所の他に滝上発電所が設置されており、地熱発電所の町となっています。

八丁原・大岳発電所は、春の花・夏の緑・秋の紅葉・冬の樹氷と四季折々の景観が訪れる人の目を楽しませる環境のなか、

約210万m²という広大な敷地ではミヤマキリシマやシャクナゲが群生し、木々の間にはカッコウやセキレイを、またイノシシやタヌキの姿も見るができます。

この美しく豊かな自然環境に溶けこむため、この恵まれた環境のなかで自然の恵みを利用した地熱発電を行っています。



図1 八丁原・大岳発電所の位置

2. 開発経緯

九州電力における地熱開発の歴史は、1949年からの大岳地域の開発に始まります。その後幾多の困難を乗り越え、国内で最初の熱水型シングルフラッシュ方式の地熱発電所として、大岳発電所(12.5MW)が1967年8月に営業運転を開始しました。

さらに、大岳の実績を踏まえ、世界初の二相流体輸送方式、ダブルフラッシュ方式の地熱発電所として、八丁原発電所1号機(55MW)が1977年6月に、同2号機(55MW)が1990年6月に営業運転を開始し、合計出力110MWを誇る世界有数の地熱発電所となりました。

*西日本プラント工業(株) 経営管理部

八丁原発電所は、わが国最大の地熱発電所で、九州では、大岳発電所について2番目、全国では5番目に完成しました。

3. 概要と特徴

八丁原・大岳発電所の最大の特徴は、地熱資源調査・開発から発電所建設・運転までを合理的かつ弾力的に行える一貫開発による体制をとっている点です。

この一貫開発体制により、建設面、運用面、環境面等の各コストを総合的に検討・削減することを可能とし、現在、海外炭焚きの火力発電所と同等の発電原価を達成しています。

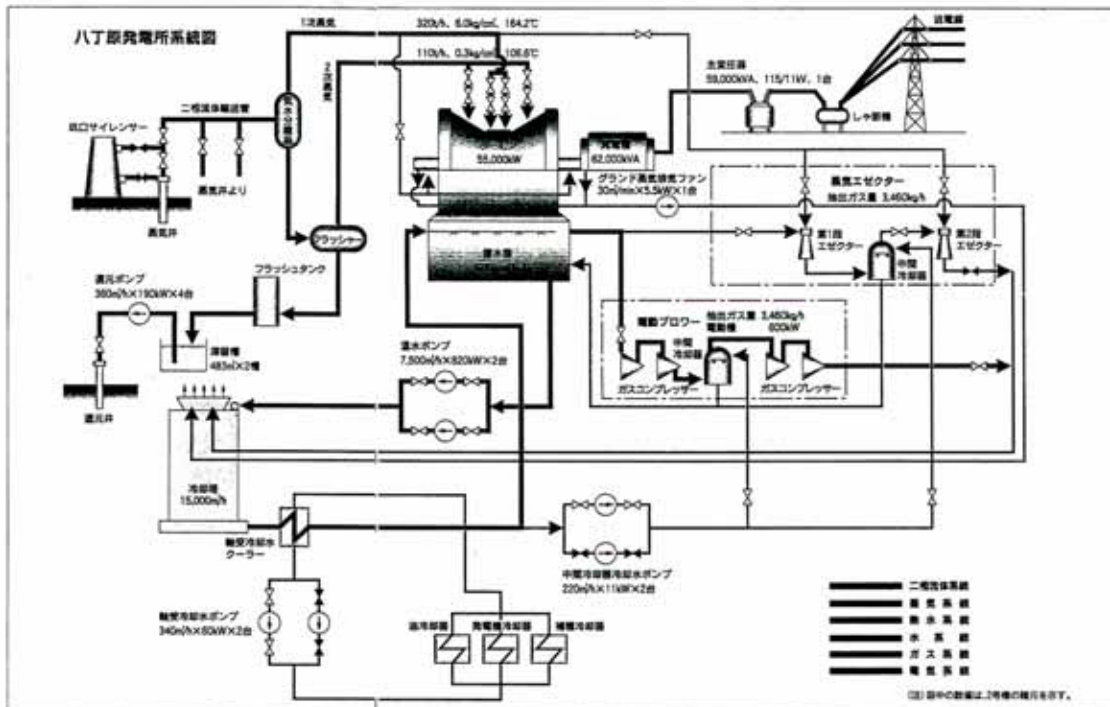


図2 八丁原発電所系統図

(1) 設備面

八丁原発電所では、二相流体輸送方式とダブルフラッシュ方式を採用しています。二相流体輸送方式は蒸気井から噴出した蒸気と熱水を混合状態のまま発電設備近くの汽水分離器に輸送する方式で、蒸気と熱水を別々に輸送する場合と比較して、建設コストを押さえることが可能です。

ダブルフラッシュ方式は、汽水分離器に導かれた混合流体を1次（高圧）蒸気と熱水に分離し、さらに、分離した熱水はフラッシュャーで減圧膨張し2次（低圧）蒸気を発生させ、この1次蒸気と2次蒸気でタービンを駆動し発電する方式です。本方式の採用により、八丁原発電所ではシングルフラッシュ方式に比べ、発生電力が

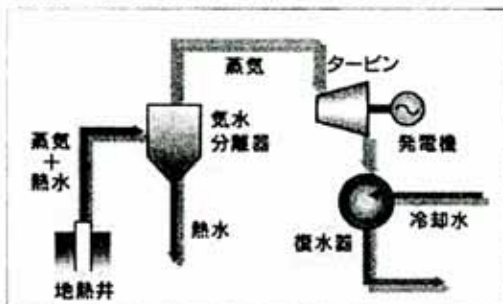
約20%増加し熱の有効利用が図られると共に、蒸気井と還元井の軽減を図っています。

また、本方式は世界に先駆け九州電力（株）と三菱重工（株）が共同で開発・実用化したもので、1980年度機械振興協会賞を受賞しています。

(1) シングルフラッシュ方式

地熱流体が蒸気と熱水の混合物である場合、地熱流体を汽水分離器に導き、蒸気と熱水を分離し、分離した蒸気でタービンを回します。

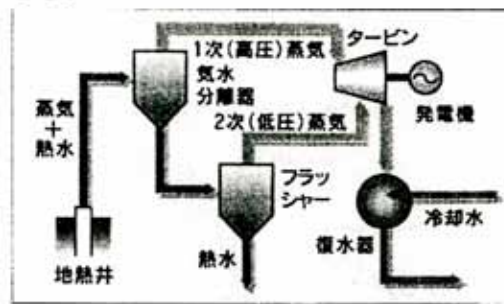
この方式は、大岳発電所をはじめ、山川、大霧、滝上発電所で採用されています。



(2) ダブルフラッシュ方式

シングルフラッシュで分離した熱水の温度が高い場合に、採用される方式で、シングルフラッシュに比べ設備費は増加しますが、出力が15~25%増加します。

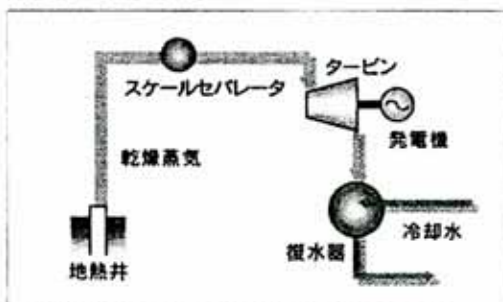
この方式は、八丁原発電所で採用されています。



(3) ドライスチーム方式

天然の乾燥蒸気で直接タービンを回し電力を発生させる方式です。

イタリアのラルデロ、アメリカのガイゼース、日本の松川発電所などこの方式が採用されています。



(4) バイナリーサイクル方式

地熱流体の温度が低く蒸気が得られないとき、熱水で沸点の低い媒体を加熱し、媒体蒸気でタービンを回す方式です。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）において研究開発が進められています。

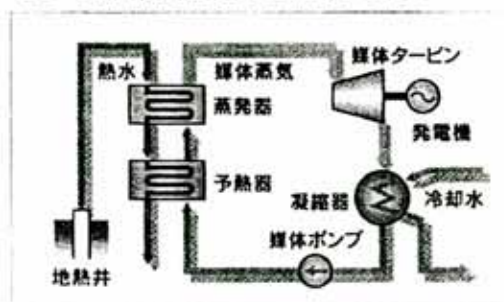


図3 地熱発電所の方式

表1 八丁原発電所の設備仕様

		1号機	2号機	
出力		55,000KW	55,000KW	
タービン	型式	単気筒複流衝動-反動型混圧復水タービン		
	蒸気条件	1次蒸気	5.0kg/cm ² 158.1℃	6.0kg/cm ² 164.2℃
		2次蒸気	0.53kg/cm ² 111.4℃	0.3kg/cm ² 106.6℃
気水分離器		縦型円筒サイクロンセパレータ		
フラッシュャー		横置ドラム型遠心分離トレイ式		
冷却塔		機械通風式向流両吸込型 (ファン5台)	同左 (ファン5台)	
発電機	型式	横置円筒回転界磁型 (水素冷却)	同左 (空気冷却)	
	容量	62,000KVA		
	電圧 / 回転数	11KV / 3,600rpm		
坑井	蒸気井	10本 (掘削長760~2200m)	11本 (掘削長1050~3000m)	
	還元井	6本 (掘削長900~1600m)	10本 (掘削長1100~1600m)	
営業運転開始		昭和52年6月	平成2年6月	

注) 蒸気井・還元井の本数は平成13年3月末の数値

(2) 運用面

八丁原発電所は約2km離れた大岳発電所から遠隔監視をしており、テレコン装置、データロガーなどを用いて発電機出力・タービン回転数及び復水器真空度など、運転状況の監視、制御を行い、八丁原発電所の通常運転を無人化しています。

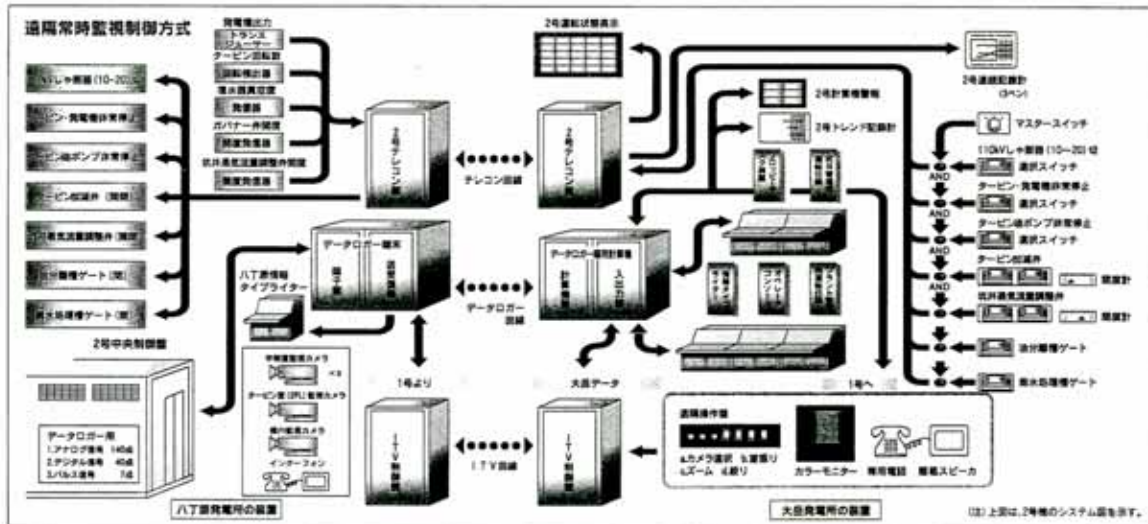
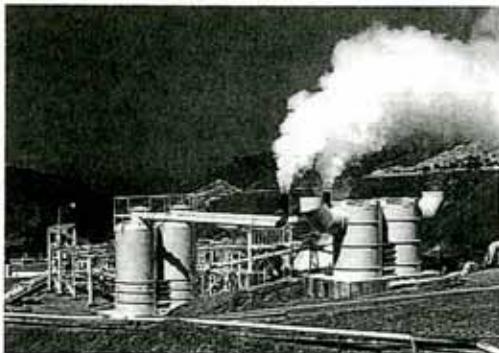


図4 遠隔常時監視制御方式

A 蒸気井

地下深部の地熱貯留層から熱水と蒸気を取り出すための井戸です。この蒸気でタービンを回し発電します。



B 二相流体輸送管

蒸気と熱水が混じっている流体（二相流体）を蒸気井から発電所へ送る管です。



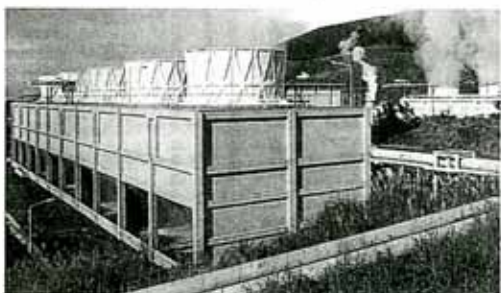
C 気水分離器（セパレータ）

蒸気井から二相流体輸送管を通ってきた蒸気と熱水混じりの流体を蒸気と熱水に分離する装置です。分離された蒸気はタービンへ、残りの熱水は、還元井により、再び地下へ戻します。



D タービン・発電機

タービンは、発電機を回すための羽根車で、蒸気力で回る風車のようなものです。1分間に3,600回転で発電機を回し、電気を作ります。



E 冷却塔

復水器でできた温水を冷却させる装置です。この冷却水は復水器に送られて蒸気を冷却するために再び使用されます。

図5 八丁原発電所の主要設備

(3) 環境面

地熱発電は、地下の熱資源を利用するため燃料が不要で大気を汚さないクリーンな発電方式です。八丁原・大岳発電所は、地熱発電の環境にやさしい発電方式という特徴を最大限に活かすため、地上施設である発電設備と蒸気設備の集中化により、土地の改変の面積を最小限に抑えるとともに、その色彩にも気を配り建物はすべてグレー系の色で統一し、さらに植栽などで周辺環境との調和に努めています。

4. 八丁原の地下構造

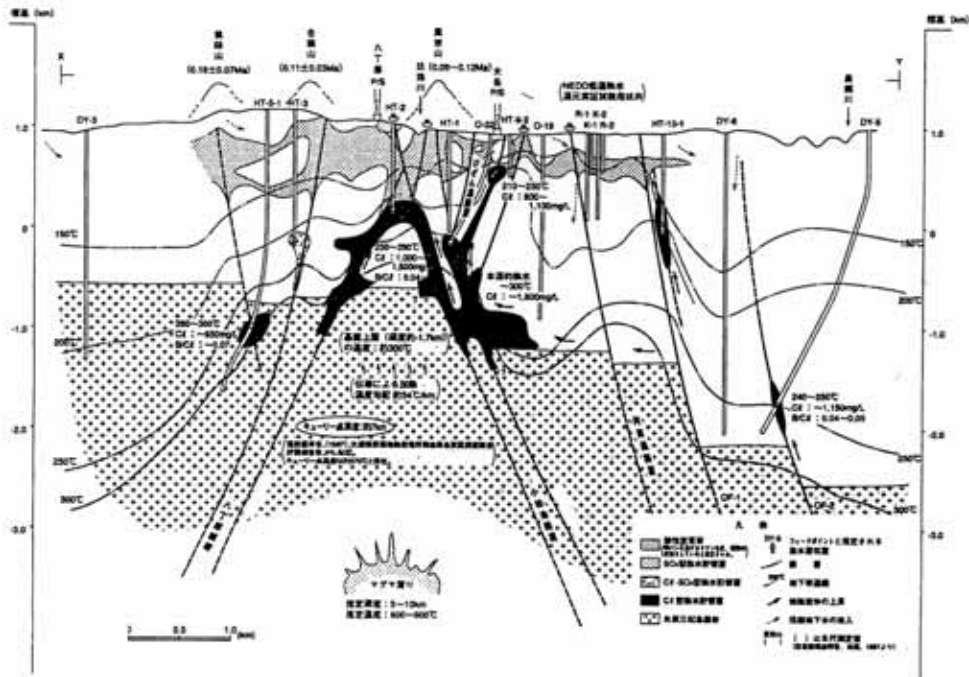
八丁原の地下数千メートルの深部には、約20万年前の火山活動をもたらしたマグマ溜りがあると考えられています。このマグマ溜りの温度は数百℃に達すると推定され、それが熱源となって深度2,000～3,000 mの花崗岩を約300℃にまで加熱しています。

九重連山に降った雨の一部は、断層などの透水性のよい通路を通して、数十年の歳月をかけて地下深くまでしみこみ、やがて高温の花崗岩の上面付近で約300℃に加熱されます。加熱された高温の熱水は、やがて別の断層を通して上昇を始めます。この高温の熱水は、途中で透水性の小さな地層によって上昇を遮られます。この透水性の小さな地層は、岩石が熱水によって粘土化したもので、その役割から帽岩と呼ばれています。帽岩の下には、上昇を遮られた高温の熱水がたまっており、これが地熱貯留層です。八丁原では、帽岩直下の断層周辺（深度1,000～2,000 m）に約230～280℃の高温の熱水を主体とした貯留層（熱水卓越型貯留層）が形成されています。

帽岩はまた、地表付近の地下水や温泉水が高温の地熱流体にしみこむのを防ぐ重要な役目を果たしています。すなわち、帽岩によって地熱貯留層と地表近くの浅層地下水や温泉帯水層は隔離されているのです。

高温の熱水は絶えず深部から断層を通して供給されます。供給される熱水の起源は、九重連山に降った雨水などの天水ですから、過剰な生産を行わない限り、永遠に熱水は尽きることがありません。地熱エネルギーが再生可能エネルギーといわれるゆえんです。

八丁原地熱貯留層は熱源、断層、帽岩、そして豊富な水という4つの自然の恵みから形成されたものです。火山国日本への地球からの贈り物と言えるでしょう。



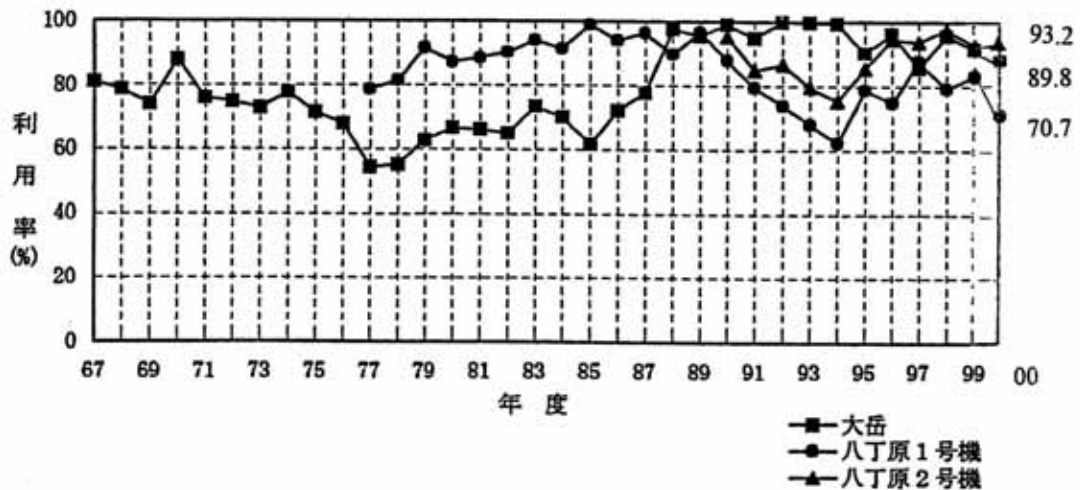
5. 最近の運転状況

(1) 2000年度運転状況

表2 2000年度運転状況

	発電電力量 (MWh)	坑井本数 (2001年3月末)	
		蒸気井 (本)	還元井 (本)
大岳発電所	98,295	4	8
八丁原1号機	340,490	10	6
八丁原2号機	448,983	11	10

(2) 発電所の利用率推移



6. 見学者状況

運転開始以降、八丁原発は例年、国内外から数多くの見学者が訪れ、2000年11月8日には累計150万人を突破しました。

表3 過去の見学者状況

～1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	累 計
1,311,492人	53,110人	52,777人	47,549人	49,175人	1,514,103人

以上の資料は、九州電力㈱八丁原発所殿のご厚意により掲載させていただきました。

