

地 熱 発 電

九州電力株式会社総合研究所 森 保 信

(昭和50年7月30日受理)

Geothermal Electric Generation

Yasunobu MORI

Kyushu Electric Power Co., Inc.

1. はじめに

我が国は世界でも有数の火山国であり、地熱資源に恵まれている。

昭和48年の石油ショック以来、石油需給の不安定と価格の暴騰により、地熱エネルギーの開発が、国内資源の有効利用という観点から注目をあびてきたことは、ご承知のとおりである。

2. 地熱開発状況

現在我が国において、運転中の地熱発電所は東北の松川 (20 MW)、大沼 (10 MW)、九州の大岳 (11 MW) の3発電所で総出力は 41 MW である。

また建設中のものは、東北の鬼首 (25 MW)、葛根田 (50 MW)、九州の八丁原 (50 MW) の3か地点がある。その外計画中の地点が2か所ある。

外国の地熱発電状況は、イタリア 391 MW、アメリカ 412 MW、ニュージーランド 203 MW、メキシコ 79 MW、ソ連 6 MW、アイスランド 3 MW である。

表-1. 世界の地熱発電設備表 1974年2月現在

国名	地熱地区	稼動中(MW)	計画中(MW)	備考
イタリア	Larderello	365.1	25	工事中
	Mt. Amiata	25.5	—	
	小計	390.6	25	
米 国	The Geysers	412	466	1977年までの計画
	Imperial Valley	—	420	
	小計	412	886	
ニュージーランド	Wairakei	192.6	—	
	Kawerau	10.0	—	
	Brouard land	—	120	
	小計	202.6	120	
メキシコ	Pathe	3.5	—	1980年までの計画
	Cerro Prieto	75	295	
	小計	78.5	295	

表 1.

国名	地熱地区	稼動中(MW)	計画中(MW)	備考
日本	松川	20	—	
	大岳	11	—	
	大沼	10	—	
	鬼首	—	25	1975年完成予定
	八丁原	—	50	1976年完成予定
	葛根田	—	50	1976年完成予定
	小安・秋の宮	—	20	
	濁川	—	50	1977年完成予定
	小計	41	195	
ソ連	Pauzhethka	5	20	
	Paratunka	0.75	—	
	Kunashiri	—	6	
	小計	5.75	26	
アイスランド エルサルバドル トルコ 台湾 フランス	Namafiall	3	—	
	Ahuachadan	—	30	1975年完成予定
	Kizildere	—	30	
	大屯	—	10	
	Boulillante	—	30	
	合計	1,133.45	1,647	

3. 地熱開発可能量

日本全体の地熱包蔵量は1億4000万kWといわれており、その中から現在の技術で開発できる発電量は、2000万kW程度と推定されている。今後の技術革新を考慮した場合の開発可能量は、西暦2000年代において4000~5000万kWが見込まれており、日本全体の発電々力量の約15%を占めることになる。

一方九州は日本でも地熱徴候の盛んな地域であり、九州本土の開発可能量は、1040万kWと九州山口経済連合会の資源エネルギー委員会、地熱部会では試算されている。この根拠は大岳の実績をもとにして、1km²当り10万kWとし、現在の技術で開発可能な発電量となっている。

4. 地熱発電のしくみ

地下深部に貯溜する蒸気や熱水を取り出し、その蒸気を使用して蒸気タービンを回し、発電するものである。要するに、火力発電所のボイラの役目を地球がやっていることになる。

地熱発電は一度蒸気を得れば、年間を通して極めて安定した発電が可能である。

地下から噴出する天然蒸気には二つの型がある。即ち、蒸気のみ噴出する場合(蒸気型)と熱水混りの飽和蒸気を噴出する場合(熱水型)とであり、この噴出流体の違いによって発電方式も異なったものとなる。

蒸気型としては、イタリアのラルデレロ地区、アメリカのガイザ地区があり、熱水型としてはニュージーランドのワイラケ地区、日本の大岳地区が代表的なものといえる。

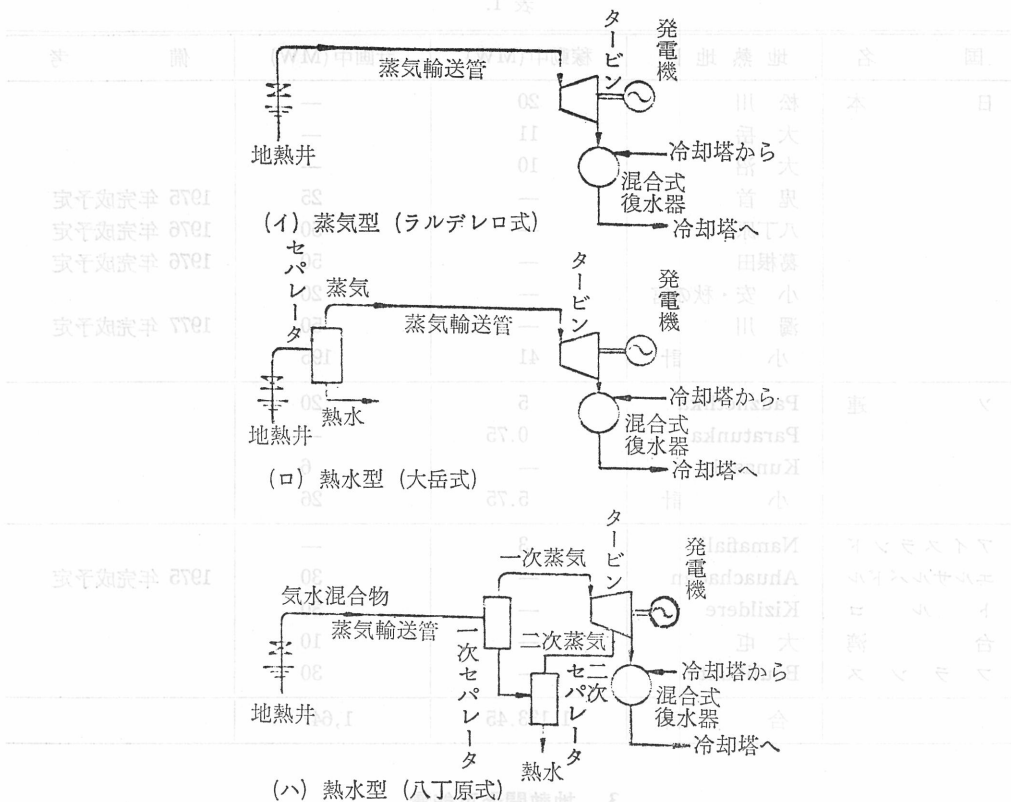


図-1. 地熱発電の方式

蒸気型の場合は、蒸気はそのままタービンに使用できるが、熱水型の場合は蒸気分離器で蒸気と熱水に分離し、蒸気のみをタービンに使用することになる。地熱発電方式としては、次の三つの代表的なものがある。

5. 地熱発電の経済

地熱発電の経済的特徴は、開発地点によって条件が大巾に変わるため、開発の初期において、経済性を的確に予測することが困難なことである。

このため発電原価を論ずるには、多くの実績データを必要とするが、我が国においては、現在までにわずか3地点、出力にして41 MWの開発が行なわれているに過ぎず、この結果から判断することは困難である。従って原価の構成と問題点およびその対策について述べる。

(1) 発電原価

(1)-1. 発電原価の構成

発電原価は第2表に示すとおり、資本費、直接費、関連費の三つの要素から構成されている。資本費の割合は地熱発電が最大で原子力、火力発電の順に小さくなる。直接費の割合は、火力発電が最大で、原子力、地熱発電の順に小さく、関連費の割合は大差ない。

表-2. 発電原価の構成

項 目		地 熱 (%)	重油火力 (%)	原 子 力 (%)
資本費	金 利 償 却 固 定 資 産 税	85	18	53
直接費	人 件 費 維 持 費 諸 費	13	79	44
関連費	分 担 関 連 費 事 業 税	2	3	3
合 計		100	100	100
耐 用 年 数		11年	16年	16年

注 1. ベースユニット容量

地熱 50 MW, 重油火力 500 MW, 原子力 890 MW

2. 耐用年数が短くなると資本費の割合が高くなる。

地熱発電では建設費の占める割合が大きいため資本費が高くなり、また火力発電では燃料費の割合が大きいため、直接費が高くなっている。なお本表はベースユニット容量が違うため、適正ではないが、現在では地熱発電容量が小さいので、同一ユニット容量で比較することはできない。

(1)-2. 発 電 原 価

既設の大岳 (11 MW) や松川 (20 MW) 地熱発電所の発電原価は、48年石油価格高騰前では 1 kWh 当り 3 円程度で、この数字は通常の火力発電所 (400~500 MW) の原価に大体匹敵するものであった。

その後火力発電用燃料費の高騰により、50年上期の時点では、通常火力の原価が 1 kWh 当り 8~9 円程度に上昇した。また燃料費高騰に伴ない発生した物価値上りによって、地熱発電原価も今日では、これとほぼ同程度と考えられる。

今後石油資源の依存度を軽減するためには、国産の地熱エネルギー開発は重要な意味をもっている。また地熱開発技術の向上により、発電原価も有利になることが予想される。

(2) 発電原価を左右する問題と対策

地熱開発の目的は、国産の地熱エネルギーを安価に供することである。地熱エネルギーが今後発展してゆくためには、火力、原子力等のエネルギーに競合するものでなければならない。そのためには、地熱発電原価の高い要素を究明し、改善策を樹立する必要がある。

(2)-1. ユニッ ト 容 量

地熱発電の建設費が高い最大の理由は、ユニット容量が小さいということである。地熱蒸気は低温、低圧であり、また蒸気井 1 本当りの出力 (3~5 MW) が小さいので、大容量ユニットにまとめるためには、蒸気井の本数を増加することが必要である。このため蒸気井から発電所までの距離が遠くなるので配管費が増加し、輸送管の圧力低下も増大するので経済的ではなくなる。

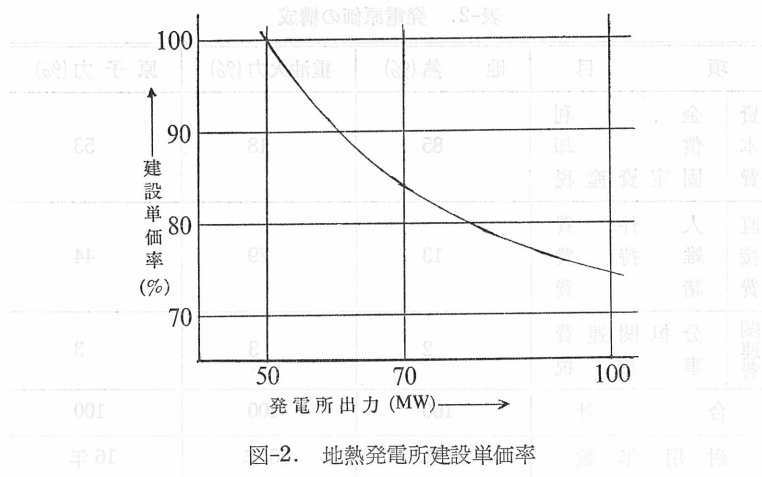


図-2. 地熱発電所建設単価率

また立地が辺りな場所であるため、重量物の運搬が困難である。

これらの要素によりユニット容量を大きくすることはできない。これは現状では地熱発電の宿命である。

第2図に地熱発電所の建設単価率を示す。

(2)-2. 地熱調査技術の向上

地熱調査には長い年月と多額の先行投資が必要であり、そのうえ幾多のリスクを伴うが、これは今後開発技術の向上により、軽減が可能である。

(2)-3. 土木工事費の軽減と用地の有効利用

地熱発電所の立地が山間、へき地であるため、用地の整地費、道路造成費、運搬費等が高くなり、また蒸気井は垂直掘りで一敷地内に1本掘削しているので、1ユニット分の蒸気井を掘削するためには、分散した多くの坑井敷地を必要とする。

これに対して同一敷地内で1本を垂直掘りとし、4本程度を傾斜掘りで掘削すると、各蒸気井の整地および道路の造成費が軽減される。

また坑井敷地造成が地形的に不可能なため、垂直掘りができない位置でも傾斜掘りであれば掘削可能であり、用地の有効利用を計ることができる。

(2)-4. 建物費の軽減

地熱発電所では、建物内に収納する機器はタービン、発電機が主で、火力発電所に比較すると容量も小さいので、基礎を除いた建物は、極力簡素化を計ることが可能である。

(2)-5. 人件費の削減

地熱発電所の運転は、今後無人化し、遠方操作に切替えることで、人件費および社宅建設費が削減可能である。

(2)-6. 気水混合輸送方式の採用

蒸気井から噴出した気水混合流体は、坑井ごとに口元に設置した蒸気分離器で、蒸気と熱水に分離し、それぞれの輸送管で蒸気は発電所へ、熱水は熱水溜へ輸送している。これを気水混合流体のまま1本の輸送管で、発電所まで輸送すれば、輸送管費が軽減され、また傾斜掘りの採用により配管の長さが短縮される。

