

九州大岳地点における地熱開発の現況と将来

武 田 武 男*
永 島 英 起**

1. ま え が き

明治以来、わが国の電力は豊富な降水量と急峻な地形を利用する水力を主軸として、火力がこれを補なう形で開発されてきた。しかしながら、最近 10 カ年間に於ける経済的水力地点の漸減、火力技術の進歩、重油供給条件の経済化等は、需要の急激な伸びと相まって、わが国電力の形態を大容量高効率の重油専焼火力を中心とする開発方式に移行せしめた（表-1 参照）。これにともなう、発電所の運営は火力をベースロード用に水力をピーク調整用とする火主水従のパターンが確立されることとなった。

表-1 最近 10 カ年間に於ける発電設備の概況
(単位: MW)

	水 力	火 力	合 計
29 年 度 末	8 310	4 980	13 290
39 年 度 末	15 630	22 430	38 060

電力需要の伸びは依然として堅調であり、昭和 40 年度の電力長期計画による 50 年度までの新規開発量は、年間 300~500 万 kW と見込まれている。この需要増に必ずべく、今後の開発形態はますます火主水従の性格を濃化し、輸入エネルギーへの依存度を急速に高めていくものと思われる。電力事業の使命が低廉な電力の供給と同時にその供給の長期的安定を確保するにあることを考えると、国内既存エネルギー資源の有効利用とともに、未利用資源の積極的開発に努めることは当面の重要課題といわなければならない。

このような情勢を背景に、わが国における地熱エネルギーの開発、その発電への利用は今や開花の時期を迎えんとしている。ここに当社大岳地点における地熱開発の現況を報告し、あわせて今後の問題点について述べる。

*正会員 九州電力 KK 土木部長

**正会員 九州電力 KK 土木部計画課

2. 地熱発電の沿革

(1) 世界のすう勢

地熱発電は、大正 2 年のイタリア・ラルデレロにおける 250 kW の開発にその端を発した。その後、50 年を経た今日、同地点の出力は 33 万 kW の発展をみている。この成功は、世界各国の注目するところとなり、特に火山国である日本、ニュージーランド、アメリカなどに大きな刺激を与えた。なかんずく、ニュージーランドはいち早くイタリアの技術を導入し、国費 200 億円を投じて近々 10 年の間に 15 万 kW のワイラケ発電所を開発した。また、アメリカも昭和 30 年、ゲイザーに 12 500 kW を開発している。

イタリアとニュージーランドを比較すると、つぎの二つの点で相異なる特徴を有している。一つは噴気の相違であって、イタリアのそれは過熱一次蒸気であるのに対し、ニュージーランドのそれは、熱水混りの二次蒸気である点である。イタリアでは噴気の型による分類を行っており、前者をラルデレロ型、後者を火山型と称している。他の一つは開発形態の相違である。イタリアの地熱は当初、硼酸工業を目的として開発され、発電はそれに付随して発展したのに対し、ニュージーランドの地熱は発電を目的として計画的に実施されたものである。換言すれば、イタリアの地熱開発は一会社感覚から今日の大をみたのに対し、ニュージーランドのそれは、国家的感覚から潤沢な予算の裏づけの下にオーソドックスな方式で行なわれたものである。

(2) 日本の情勢

わが国における地熱発電は、大正 14 年に別府温泉坊主地獄で、大正 15 年に大分県飯田高原河原地獄で太刀川平治氏（当時東京電灯研究所長）によって小規模な実験が行なわれたのが最初であるが、特に大きくとり上げられるに至らずそのまま立ち消えた。

終戦後の悪化した電力事情は再び地熱発電への関心を

呼び、各電力・研究機関により各地にボーリングが行なわれたが、望ましい蒸気が得られず 31 年ごろに中止された。その後、ニュージーランドにおける成功が伝わり、36 年ごろから地熱開発のための調査・研究が全国各地で本格化し、各地域の地熱の実態が急速に明らかになってきた。中でも、大分県大岳地点および岩手県松川地点では、1 万 kW 以上の発電に必要な蒸気井の開発に成功し、今後の発展の足がかりを得るに至った。

(3) 九州電力における経緯

当社は旧九州配電時代から地熱発電の問題をとり上げ、白竜、野矢および大岳地点で調査研究を実施してきた。

白竜地点は別府市南立石温泉付近にあり、工業技術院が昭和 26 年 7 月噴気による 30 kW の発電に成功した。当社はこれに協力して試験運転を実施し、諸種の測定資料を得たが、30 年に運転を休止し、36 年に撤去した。

野矢地点は国鉄久大線野矢駅近傍にあり、地面よりわずかな噴気はみられるが地獄地帯ではない。村民が温泉ボーリングを行なったところ、強力な噴気を見た点に着目して、昭和 27 年、工業技術院が当社と協同して 3 in の試掘を行なった。その後の作業を当社が引きつぎ、深度 150 m に至り硬度 7 以上の硅化安山岩に逢着して掘進不能となり中止、昭和 28 年から大岳地点に移った。

3. 大岳地点の概要

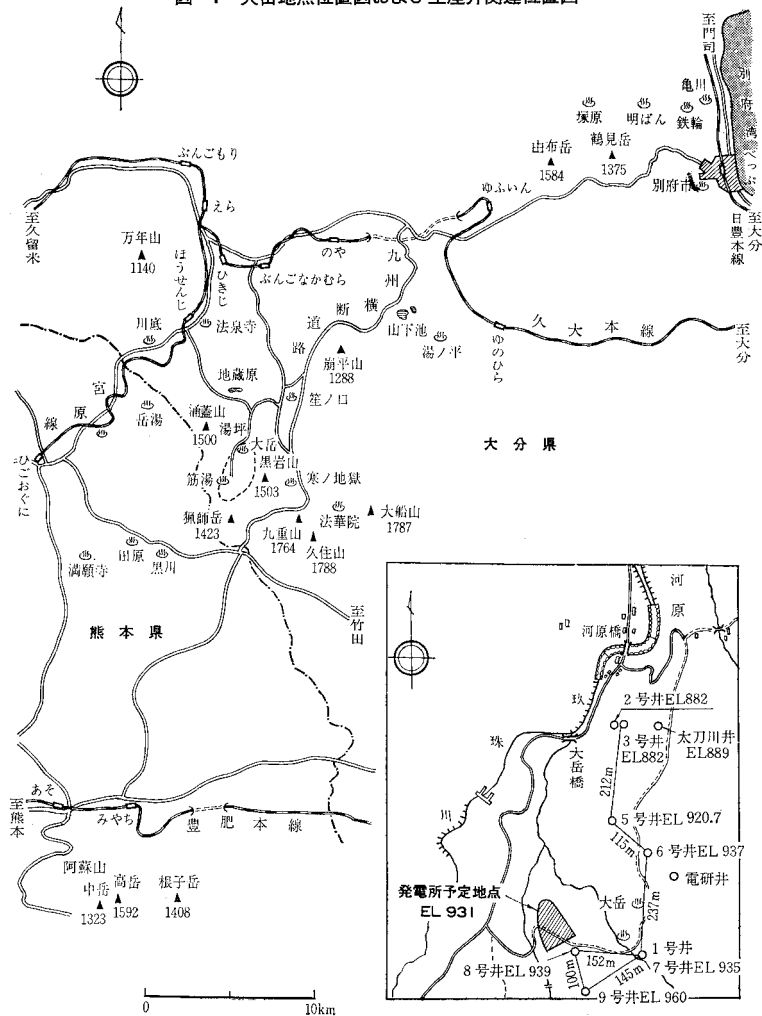
当地点は大分県の西部、熊本県と境を接する玖珠郡九重町大字湯坪に位置する。地形的には東、西および南部を黒岩 (1 502.6 m)、合頭 (1 387.5 m)、および涌蓋 (1 499.5 m) 等の休火山群に囲まれた凹地を形成し、筑後川の源流が溪谷を北流している。そしてこれらの山麓の凹地に南から小松、大岳および河原の自然噴気地帯があり、川沿いに筋湯、疥癬湯の温泉が湧出している (図-1、2 参照)。噴気地帯中、小松が最も優勢で、ついで大岳、河原の順となる。地質的には、周囲の山体部は角閃安山岩で形成されているが、噴出の順序によってミソコブシ溶

岩、一目山溶岩 (以上は新第三期の中新世ないし鮮新世)、合頭山溶岩、黒岩溶岩 (以上は第四期) に区別される。また、山麓の低部は火山灰および厩錐によっておおわれている。

当社が当地点地熱開発の調査・研究の緒については昭和 28 年であったが、当地点を選定した主たる理由として、

- ① 九重山群中の自然噴気地帯であり、主峰九重山の北側旧火口からは硫黄を含んだ 200°C 内外の強烈な噴気のみられ、その根元につらなると想定されたこと
- ② 大岳地点は地獄および温泉活動の旺盛な地帯であり、熱源につながる断層・きれつ等の通路が発達していると想定されたこと
- ③ 大正 15 年にさく井された河原地獄の太刀川井 (深度 84 m) は、30 年近くも蒸気を噴出し続けていたこと

図-1 大岳地点位置図および生産井関連位置図



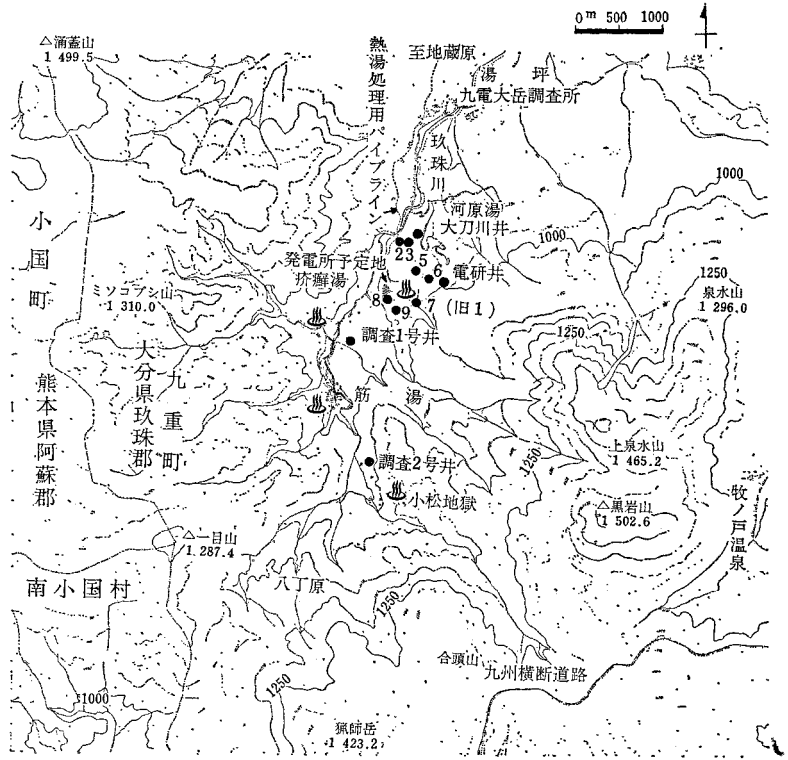
- ④ 付近温泉や民家に対する影響が比較的少なくなかつた元の協力が得られたことなどがあげられる。

当地点調査の現在までの経過を顧みると、第1期と第2期に分けることができる。主要な調査経過を表-2に示す。第1期はイタリ型の過熱一次蒸気の利用を重視した時期であり、当社により1, 2, 3, 5号の4坑井、電力中研により1坑井、計5坑井が掘られたが、そのいずれも期待に反して熱水混りの蒸気しか得られず、昭和31年度をもって調査を打ち切った。その際の結論は、

- ㊸ 大岳地点は地表下900mまでは火山噴出岩であり、それ以降まで続く想定されるので、イタリ型のCap Rockが存在する見込みはうすいこと
- ㊹ 地下100~150mに熱湯面があり、それ以下は熱湯帯、それ以上は熱湯の自己蒸発による二次蒸気である可能性が強いこと
- ㊺ この地点の地温上昇率から、熱湯と岩漿性一次蒸気の境界面は地表下2~3kmと推定され、経済的深さでの一次蒸気獲得の見込みはないと判断されること

などであった。その後、ニュージーランドにおける地熱開発の成功が伝わり、その主体が熱水であることが判明す

図-2 大岳地点地形図



るにおよんで36年ごろから当地点に対する関心が再び高まり、セパレーターなどの予備的実験の研究段階を経て、38年度より熱水混り二次蒸気の積極的利用を目指して本格的調査の段階に入ったのである。

3. 大岳地点の調査

地熱の地下でのありかたがわかれば開発の計画も立つ

表-2 調査経過一覧

第1期	28年2月1号井さく井・28年6月掘止・深度300m・仕上り内径2.5in・スワッピングにより連続噴出
	28年3月2号井さく井・28年6月掘止・深度300m・仕上り内径6in・自噴
	28年12月3号井さく井・29年3月掘止・深度359m・仕上り内径6in・スワッピングによるも連続噴出せず
	29年7月5号井さく井・30年12月掘止・深度450m・仕上り内径8in・スワッピングによるも連続噴出
第2期	31年3月3号井増掘・31年8月掘止・深度900m・仕上り内径6in・スワッピングにより連続噴出
	36年12月5号井しゅんせつ・スワッピングにより連続噴出・噴出量、安定性、継続性に関する測定を開始
	38年7月磁気探査・重力探査・電気探査(比抵抗)・放射能探査
	38年12月6号井さく井・39年2月掘止・深度500m・仕上り内径8in・スワッピングにより連続噴出
	39年3月7号井さく井・39年4月掘止・深度400m・仕上り内径8in・自噴
	39年7月磁気探査・重力探査・電気探査(SP)・放射能探査
	39年9月調査1号井さく井・40年3月掘止・深度1030m・仕上り内径3in
	39年10月8号井さく井・39年11月掘止・深度346m・仕上り内径8in・自噴
	40年1月9号井さく井・40年3月掘止・深度550m・仕上り内径8in・掘止19日後に自噴
	40年4月磁気探査・重力探査・電気探査(比抵抗)・放射能探査
40年10月調査2号井さく井・計画深度1000m・仕上り内径8in	
40年12月10号井さく井・計画深度600m・仕上り内径3in	

が、実際にその実態を把握する方法は、まだ十分に確立されていない。現在考えられることは、地熱を貯えているいれものを想定した場合、地熱開発に有利な地点であるかどうかは、このいれものの規模や形状に支配されるだろうということである。この他にいれものの中の熱水なり蒸気が 200°C 以上の高温であること、蒸気量が永続的に得られること、機械を腐食するような化学成分を含まないことなどで発電のための必要条件として考えられる。

さて、いれものの規模や形状であるが、これらはその地点地点の岩質や地質構造に関係があることはいうまでもない。図-3 は地球内部の構造と地熱の埋蔵形態を想定したものであり、今日、地質構造が比較的深部まで調査され、その噴気の機構が解明されているラルデレロおよびワイラケ両地点の例を図-4 に比較して示す。イタリアでは地熱開発に適した条件として、① 地熱の上昇通路としての断層の存在、② 地熱を貯える 割れ目の存在、③ 地熱の逸散を防ぐ Cap Rock の存在をあげているが、これはラルデレロの地下構造から割り出されたものである。これに対し、ワイラケの場合は、割れ目の発達した堅いイグニムブライトの上に多孔質な凝灰岩地層が厚く堆積し、地熱のいれものを形成しているのがその特徴である。

ニュージーランドにおける地熱開発は、④ 地域地質調査 → ⑤ 特定地域概査 → ⑥ 精査 → ⑦ 試掘 → ⑧ 開発 → ⑨ 生産という手順によって実施されている。

図-3 地球内部構造・地熱埋蔵形態想定図

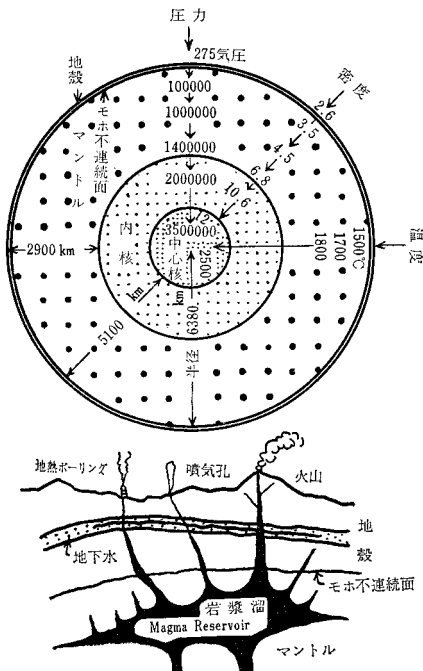
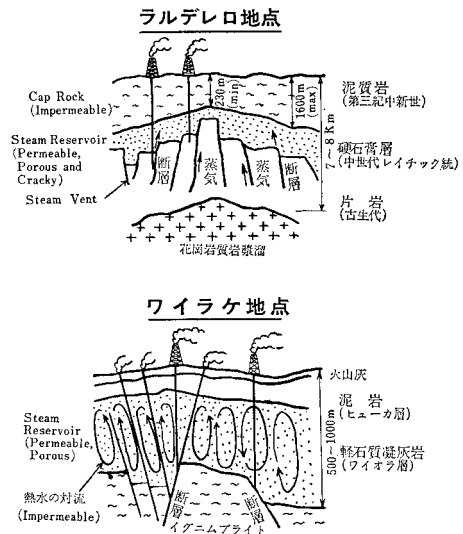


図-4 地質構造と噴気機構の例



特に調査には重点が置かれ、① および ② の内容として、**精査**：地質図の作成、Boring Core の検査、物理探査、岩石物性の調査、地温の測定および化学分析によって、地質学的、物理学的、化学的な専門的調査を行ない、この調査結果によって試掘に対する示唆を得る。

試掘：地質調査、岩石の熱変質および物性の調査、地下水の調査、物理検層、坑井試験（圧力、温度および噴出量の長期観測）を行ない、熱源につながる断層・きれつ等の通路・方向を探り、さく井に対する示唆を得る。

が実施され、以上の調査資料にもとづいて開発計画が立てられている。

大岳地点では 38 年初頭、調査の基本方針として、

- ① 大岳地点の組織的な総合調査の実施
- ② 調査地域の拡大（大岳・河原地区から小松地区にわたる広域）

を決定し、① については ④ 基盤構造の調査、⑤ 火山岩層の調査および、③ 浅部の調査において考えるが、第一期のさく井結果から Cap Rock に優勢なものはないと判断されるので新しい地質構造である火山岩を対象として、深度 1000 m 程度の構造線、断層線の調査に重点を置き、熱源および熱の回り方の状態を解明することに主眼を置くことにした。このために具体的には、④ に対して電気比抵抗法および試掘 (All Coring) によって深度 1000 m までを調査する。⑤ に対しては断層・破砕帯を発見する間接的な方法として、その部分の岩質の変化に着目する電気比抵抗法あるいはその部分の磁性の変化に着目する磁気法を採用する。③ に対しては ④

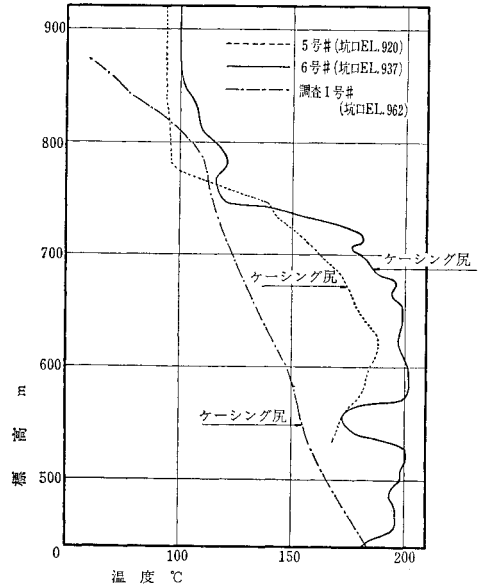
および ⑤ よりも信頼度の高い資料を得ることを目的として、物理探査の各種の方法を駆使することに決定した。

各種物探は表-2 に示すように、38・39・40 年度と年を追ってその年々のそれぞれの実測結果の解釈にもとづき、測定領域を拡げており、他方、Boring Core の鑑定および Bore Hole 内の物理検層（電気検層および温度検層）を実施している。39 年度までの各種物理探査の結果、

- (1) 大岳地区に東西性の構造線が考えられること
- (2) 大岳地区と小松地区の変質帯の中間に不変質帯が貫入していること
- (3) 大岳から南東の方向に変質が進んでいること
- (4) 試掘によって、さらに地下構造を確認すること

などの結論を得たが、現在のところ、大岳地点の地熱の実態について体系的な記述をできるまでに至っていない。各種物探は熱変質を受けている地帯を探ることによってマクロ的に開発可能地域を判定するには有用であるが、ミクロ的にさく井の Point を落すには今後の発展に期待するところが大きいといえる。特に地下の機構（クラックの賦存状態、連続性、方向等）、噴気の特性的の問題になると実際に数多くの Boring をおろす以外にきめ手はないといえる。なかんづく Bore Hole 内の物理検層は、地下ならびに噴気の機構解明に有力な手がかりとなる。大岳地点で実施した電気検層の結果、Core との対比によって確認した事項を表-3 に示す。また、温度検層で確認したことは、大岳地区の熱の供給が EL. 570 ~ 730 m 間に発達したクラックによって行なわれており、熱の供給深度が浅では強制対流を起こしているが、それ以深では対流が緩慢であることである。図-5 に現在までに Thermister によって比較的信頼度の高い連続温度測定値を得た Bore Holes についての対比を示した。図-5 から大岳地区と小松地区の中間におろした調査 1 号井の温度曲線には、はっきりした温度勾配の変化をみることができず、優勢な噴気は望めないことが判断され、地表からの物探の結果を裏書きしている。

図-5 深度-温度曲線図



Bore Hole についての各種の測定結果は表-4 に示す。大岳地区の特徴として、蒸気中の不凝結ガス含有量および腐食性ガス含有量が他の地点に比較してきわめて少ないことをあげることができる。

5. 大岳地点のさく井

坑井の掘さくは、地熱地点調査のしめくりとして地下深部の決定的な資料を得るという意味においても、またその地点の地熱発電所建設の最初の工事であるという意味においても重要な意義をもつものである。掘さくによって得る坑井には試掘坑と本坑の二種があり、前者を調査井、後者を生産井（蒸気井）と呼んでいる。技術的には、調査井のような一時的な坑井を掘ることに対して Boring、生産井のような永久的に利用する坑井を掘ることに対して Drilling という用語が使われている。また掘さく方式は、

- ① Spading (Percussion)

表-3 電気検層結果

自然電位の示徴	地層比抵抗の示徴	判 定	地 質 (Core による判断)
⊖ 側	低	塩類の濃度が比較的高い地下水を含む難透水層、主として粘土質の層	熱水作用および断層などによりいちじくしく粘土化された地層
⊖ 側	高	塩類の濃度が比較的低い地下水を含むか、あるいは地下水をあまり含まない難透水層、主として膠結度が高い緻密な硬岩	硅化、緑泥石化および炭酸化作用のいちじくしい地層など
⊕ 側	高比抵抗の低	塩類の濃度が比較的高い地下水を含むきれつ性、孔げき質の透水層	熱水ゆう出層
⊕ 側	高	塩類の濃度が比較的低い地下水を含む透水岩層、すなわち孔げき質またはきれつ性に富むち密硬岩	風化されない安山岩その他の硬岩で透水性に富み、熱水とは直接の関係がうすい

表-4 各坑井の概要

坑井		5	6	7	8	9	調 1	
さく井開始年月日		29. 7.29	38.12. 6	39. 3.21	39.10.10	40. 1.20	39. 8.27	
さく井終了年月日		30.12.13	39. 2.21	39. 4.20	39.11.30	40. 3. 7	40. 2.28	
坑井仕様	坑井(内径×深度) ケーシング(内径×深度)	8"×450 m 8"×251 m	8"×500 m 8 ⁵ / ₈ "×250 m	8"×350 m 8 ⁵ / ₈ "×235 m	8"×346 m 8 ⁵ / ₈ "×250 m	8"×550 m 8 ⁵ / ₈ "×250 m	85 mm×1 003 m 91 mm×420 m	
地質	安山岩	安山岩	安山岩	安山岩	安山岩	安山岩	安山岩	
噴出物	スワッピングにより連続噴出 蒸気混り熱水	スワッピングにより連続噴出 蒸気混り熱水	スワッピングにより連続噴出 蒸気混り熱水	自噴により連続噴出 蒸気混り熱水	自噴により連続噴出 蒸気混り熱水	自噴により連続噴出 蒸気混り熱水	自噴により連続噴出 蒸気混り熱水	
さく井中最高温度(°C)		147	180	155	195	—	200	
さく井後最高温度(°C)		165	202	—	—	—	200	
坑井噴出特性	温度	蒸気(°C) 熱水(°C)	97 97	97 97	97 97	97 97	97 97	— —
	圧力	締切井全開(kg/cm ² G)	3 —	6 2	17.8 2.5	3.6~7.0 0.2	8~14 2	— —
		坑口圧力条件(kg/cm ² G)	1.15	3.6	5	1	3	—
	最大噴出量	蒸気(T/H)	15.5	36	80	21	35	—
熱水(T/H)		88	131	220	0.4	49	—	
	計	103.5	167	300	21.4	84	—	
化学	分離噴気	水蒸気(重量比) 不凝結ガス(%) 合計	99.5~98 0.5~2.0 100	99.93~99.74 0.07~0.26 100	— — —	— — —	— — —	— — —
	不凝結ガス	炭酸ガス(重量比)	98.50	98.98	—	—	—	—
		硫化水素(%) その他(%) 合計	0.11 1.39 100	0.46 0.56 100	— — —	— — —	— — —	— — —
学	蒸気分析	pH	5.1	5.3	—	—	—	—
		全固形物(TS)(ppm) 塩分(Cl)(%) 珪酸(SiO ₂)(%)	4.0 15.0 —	17.2 4 1.1	— — —	— — —	— — —	— — —
分析	熱水分析	pH	8.1	8.2	7.6	8.5	—	—
		全固形物(TS)(ppm)	2050	3 220	4 110	—	—	—
		塩分(Cl)	790	1 480	1 980	460	290	—
		珪酸(SiO ₂)	252	141	183	142	210	—
		カルシウム(CaCO ₂)	70	50	78	76	—	—
		マグネシウム(MgCO ₃)	35	—	—	50	—	—
		ナトリウム(Na)	—	—	—	—	—	—
		カリウム(K)	—	—	—	—	—	—
析	鉄	鉄(Fe)	0.3	0.25	1.6	2.15	—	—
		アルミニウム(Al)	—	—	—	—	—	—
		硫酸(SO ₄)	193	64	70	460	—	—
電導度(μV/cm)	—	—	4 000	2 500	—	—		

② Rotary — Core Boring — Diamond Metal Shot
— Non-Core Boring

に大別される。Spading 式によると最良の井戸が掘れる。この方式は重力によるので直線状に掘れ、工事費は安い時間がかる。Rotary 式のうち、Core Boring は普通口径が小さく、最大 6 in どりである。大口徑になると Rotary 式も Non-Core Boring となり、口径は最大 20 in におよぶ。深くになると Rod の Torsion が起こり、Rod の径を大きくしなければならない。Drilling では Boring Rod のことを Drill Pipe (掘管) と呼んでいる。

大岳地点において実施中の坑井ならびに掘さくについ

て以下に概要を述べる(表-4, 5, 図-6, 7 参照)。

生産井の仕上り内径ならびに各生産井間の間隔は論議の対象となるところである。前者についてはケーシング部 8 in, 裸孔部 7 5/8 in とし、裸孔部に孔明管は使用していない。後者については現在のところ、最小間隔として 100 m をとっており、相互干渉による噴気の減衰はみられない。生産井の深度は、現在地区では 500 m 内外で一応発電に必要な蒸気を獲得している。計画深度近くで優勢な逸水層に遭遇して自噴した場合、坑井の寿命および噴気の安定を考慮して、しかるべき余掘りを実施する必要がある。

坑井の掘さくは第二期以降、すべて Rotary 式で実施している。その詳細は表-5 に示すとおりである。掘進

図-6 生産井標準断面図

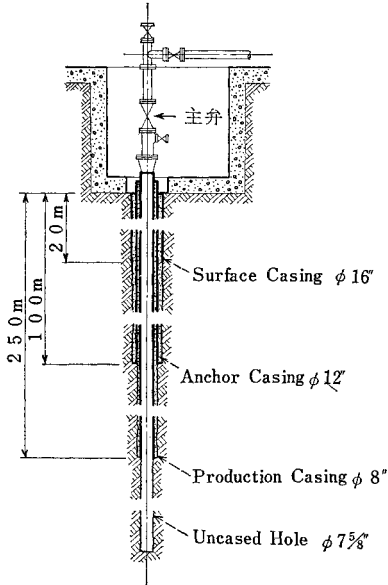


図-7 調査井標準断面図

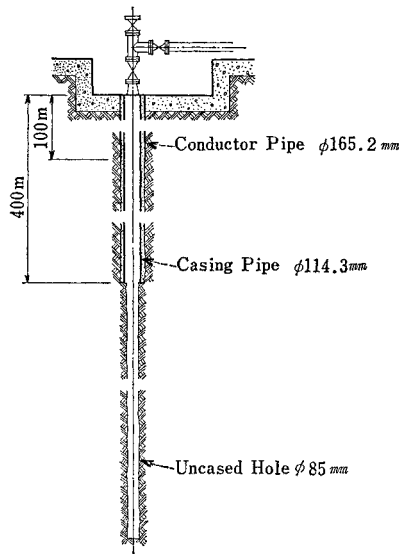


表-5 掘さくの概要

	調査井	生産井
掘さく方式	Rotary 式	Rotary 式
掘さく機の形式	東邦 D12	大原 N1000
掘さく機の馬力	40 IP	100 IP
掘さく機の回転数	60, 105, 210, 430 rpm	90~180 rpm
掘さく可能深度	1200 m	ロックビット
ビットの種類	ダイヤモンドビット	1000 m
ビットの径	106, 90, 86 mm	10 ⁵ / ₈ " ⁵ , 7 ⁷ / ₈ " ⁵
掘管の径	外径 60 mm, 内径 50 mm	外径 4 ¹ / ₂ " ⁵ , 内径 97.1 mm
調泥剤	クロム泥水	ベントナイト
送泥能力	150 l/min	1800 l/min
ポンプ形式	GH 15 型	大原エムスコ型
ポンプ馬力	15 IP	125 IP
送水能力	1000 l/min	同上兼用
ポンプ形式	スラリー型	—
ポンプ馬力	30 IP	—
噴出防止装置	—	カメロン型 B.O.P. 2000 P.S.I.

中の保安に関しては、生産井では噴出防止装置 (Blowout Preventer) を設置しているが、爆発を起こした例はない。ただ6号井および8号井では、さく井後、口元バルブを密閉したところ Casing の管外より噴出し、坑口近傍をグラウトにより処理した。この種のトラブルを避けるために、Surface Casing を信頼できる堅固な岩盤に深く挿入するとともに、Casing Pipe と孔壁間のセメンチングは特に厳格に行なう必要がある。このためセメンチングに先立ち、掘さく中の泥水は入念に排除しなければならない。セメンチングは二栓式注入法によって孔底からセメントミルク (ポルトランドセメントを使用) を送り込んでいるが、きれつ中にミルクが流出したり、ミルクの沈下によって上層部の填充が不完全となりがちなので、8号井のトラブル以後は、モルタルポン

プによる地表からのミルク圧入を併用している。高温高圧下の Rotary 式掘さくにとって、循環泥水は不可欠であり、その性質のいかんは掘進率ならびに事故防止に大きな影響を与えるものであるから、地質の変化に即応した泥水の管理が特に必要である。また、逸水層に遭遇して坑内水位が下がると、低い温度でも飽和点に達して自噴し、掘進不能となる。このような自噴を押えてさらに掘進するには、相当量の冷水を継続的に注入する必要がある、注水のために十分な設備を

準備しておくべきである。これは、B.O.P. とともに掘進中の保安対策の一つともなり、前記の余掘りのためには不可欠のものである。浅部における逸水は、地層の多孔性に起因し、深部における逸水は、普通の岩石の節理よりも大きく開いた地層の割れ目によって起こるものと考えられる。掘さくの経験ならびに Core から判断すると、柱状節理程度のきれつは、濃泥水により完全に逸水を防止できる。つぎに、Core は調査井では All Coring しているのはいうまでもないが、生産井でも深度 200 m までは 50 m ごとに1回、それ以深は 20 m ごとに1回、それぞれ 3 m 以上の採取を原則とし、地質鑑査に供している。

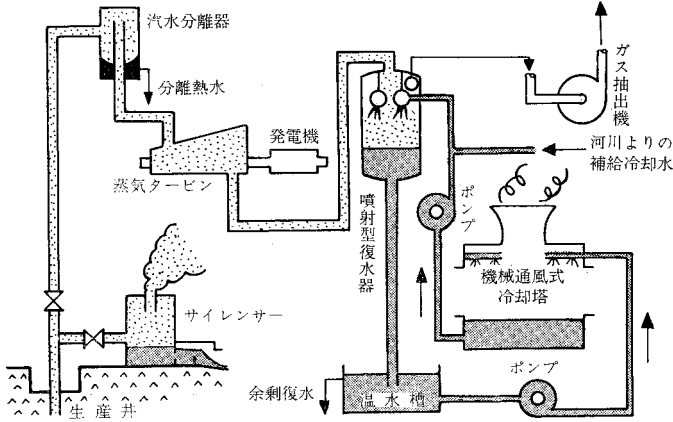
6. 大岳地点の発電計画

38 年度より現在までにさく井した 6, 7, 8 および 9

表-6 運開決定に至る主要経緯

年・月	記	事
39. 2	地熱発電を目的とするテストプラント (容量 1000~5000 kW) を大岳に建設することが決まった	
39. 6	地熱発電のテストプラント建設のため、三菱重工業 K K と共同研究に入った、出力は 10000 kW を目指とした	
39. 10	39 年度電力長期計画で、発電出力 10000 kW, 運開 42 年 4 月の建設計画を公表した	
40. 1	6, 7 号井の噴出量計測の結果、概算合計出力約 9000 kW と推定された	
40. 7	秋の電源開発調整審議会に申請のため、工事計画を総合的に検討し、運開は 42 年 10 月、総工費は 1179000 千円と決定した	
40. 9	共同研究の結果、大岳地熱発電所 10000 kW の基本計画が決定し、関係各官庁に工事計画を説明した	

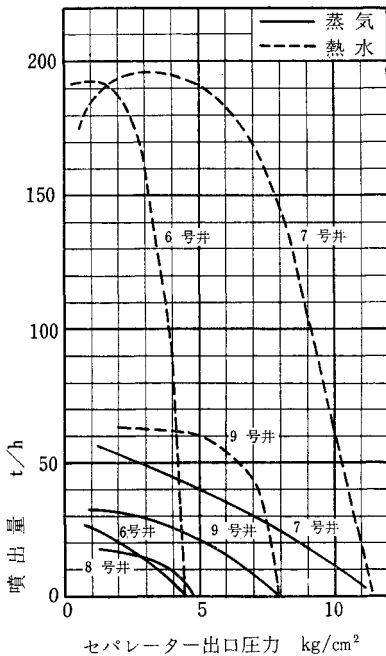
図-8 大岳地熱発電所発電原理図



号井は、いずれも成功裡に噴気を継続中である。これら4本の生産井の蒸気を利用する地熱発電1号機として、42年10月に10000kWのテストプラントの運開を決定し、目下実施設計中である。運開決定に至る経過を表-6に示す。

1号機は、次号機以降のプラントの参考に資するため熱サイクルもなるべく簡単にし、熱水のフラッシュ蒸気の利用は考慮していない。図-8に1号機の発電原理図を示す。6～

図-9 6～9号井噴出量特性図

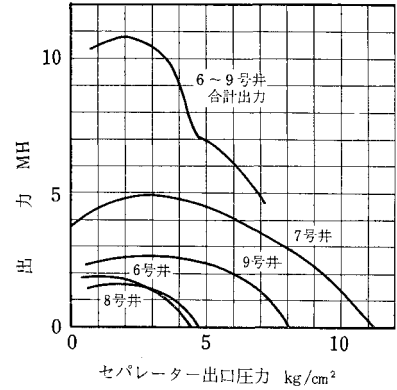


9号井の蒸気の流量特性は図-9のとおりである。図中、各圧力における合計蒸気量が示されているが、この圧力付近でのタービン発電機の蒸気消費量は表-7のとおりである。噴出蒸気量を発電出力に換算すると図-10のようになる。これによると、最大出力は3.1

表-7 蒸気圧力と蒸気消費量

セパレーター圧力	ata	1.4	2.5	3.1	4.7
タービン入口圧力	ata	1.1	2.0	2.5	3.8
10000kW蒸気消費量	T/H	155	120	110	99

図-10 6～9号井の出力



セパレーター出口圧力 kg/cm^2

出力算出条件

- タービン内部効率 $\eta_i = 74.0\%$
- タービン機械効率 $\eta_m = 98.0\%$
- 発電機効率…………… $\eta_g = 94.3\%$
- 総合効率…………… $\eta = 68.4\%$
- 復水機真空…………… 0.1ata

ata (セパレーター圧力) で 10900kW を得ることになるが、生産井の長期変動、タービンの過負荷能力等を考慮して、定格出力を 10000kW とした。この出力における初年度の発電原価は 3円をやや下回る程度であるが、2号機設置の時点ではかなりの低減が期待できる。

以上は、現在の発電計画であり、将来の長期的計画については、高い信頼度をもって策定できる段階に至っていないが、相当な規模の出力が開発可能であると考えられる。

7. あとがき

以上大岳地点について地熱発電のテストプラント計画に至るまでの経過を追って説明を加えてきた。大岳地点における地熱発電が研究の段階から本格的実施の段階へ移る時期も近い。現在の調査にともなう諸方法の発展は、今後の地熱開発、特にさく井地点の選定、ひいては発電計画の策定に対して、その方途を拓くであろう。

地熱のエネルギーを開発し、発電に利用するには各分野にわたる生産技術の結集が必要不可欠であることはいうまでもない。この点に関して、大岳における経過を顧みると、生産井の開発設置までとその後の発電所設置までとは、時間的にも技術的にもはっきり切り離して考えることができ、地熱開発グループの組織化に当り、当然考慮すべき事項であるとする次第である。

参考文献

- 1) 長谷川盛一・奥田紫朗：大岳地熱開発、発電水力誌，No. 78 (1965)
- 2) 中村久由：地熱の開発と利用、地学出版社，1964年12月発行