

シリーズ「日本の地熱発電所」を終えるにあたり

金原 啓司¹⁾・高橋 正明¹⁾

1. はじめに

これまで4回にわたり「地質ニュース」の巻頭写真で日本の地熱発電所の風景を紹介してきた。そのきっかけは、国産エネルギー資源の乏しい我が国にあって、例外的に豊富に賦存する地熱エネルギーが発電に利用されている実態を広く知っていただきたいこと、特に平成6年以降わずか3年の間に増設も含めて全国7ヵ所に相次いで新たな地熱発電所（総出力257,500kW）が建設され、発電量が一躍倍増して17地点、528,705kWに達したこと、等である。今後さらに東京都八丈島（3,000kW）、大分県小国（20,000kW）で新たな地熱発電所建設が計画されており、西暦2000年には我が国の地熱発電容量（認可出力）は551,705kWになる予定である。

今回のシリーズにより、我が国の地熱エネルギー資源利用の一端が理解していただければ幸いである。なお、本シリーズに掲載された貴重な写真は関係電力会社および地熱開発事業者のご厚意により提供されたものであり、ここに改めて感謝申し上げる次第である。

2. 我が国の地熱発電の歴史

イタリア、トスカーナ地方のラルデロにおいて世界で最初に地熱発電（0.75馬力、約0.56kW）が行われたのは今から93年前の1904年（明治37年）のことである。一方、日本の地熱発電の歴史は1925年（大正14年）東京電灯の太刀川平治氏による別府での1.12kWの発電成功にまでさかのぼる。しかしながら発電を目的とした地熱開発調査が本格化したのは、第二次世界大戦以降のことであり、1951

年（昭和26年）には工業技術庁が大分県別府において30kWの地熱発電に成功している。

1955年（昭和30年）には地質調査所が岩手県松川地域において地熱調査を開始し、翌昭和31年には東化工（現日本重化学工業）が松川地域において企業としての地熱開発調査を開始している。昭和33年には地質調査所と東化工は共同研究契約を締結し、以後各種調査が松川において実施された。その結果1966年（昭和41年）には、我が国初の企業規模の松川地熱発電所（運開当初の出力9,500kW、現在23,500kW）が誕生し、1996年には丁度満30年を迎えた。

当時の新聞記事には「岩手県松川に日本初の地熱発電所」（日刊工業新聞、昭和41年10月8日）、「地獄の火を活用、岩手県地熱発電始まる」、「無限のエネルギー」（第1図、朝日新聞、昭和41年10月8日）、「地熱エネルギーは半恒久的に得られるので、将来は火力、水力に比べ格安になる」（岩手日報、昭和41年10月12日）といったような記事で紹介されている。翌昭和42年には「地熱発電技術の開発」の功績に対して科学技術長官賞が授与されている。なお、松川は蒸気卓越型資源を利用する現在でも我が国唯一の発電所である。

我が国の地熱発電量は平成8年3月1日の岩手県葛根田2号機（30,000kW）と鹿児島県大霧（30,000kW）の運転開始で50万kWの大台に達した（第2図）。現在は平成8年11月1日に運開したばかりの大分県滝上地熱発電所をもって17地点、528,705kWの発電容量（認可出力）であり、これはアメリカ、フィリピン、メキシコ、イタリアに次ぐ世界で第5番目の地熱発電量である（第1表）。

1) 地質調査所 地熱熱部

キーワード：自然エネルギー、地熱エネルギー、地熱資源量、地熱発電所、景観

地獄の火を活用

岩手県 地熱発電始る

発電開始の松川地熱発電所
〔岩手県松尾村松川〕

【盛岡】わが国で初めての地熱発電による発電が、十和田八幡平国立公園の東端端、岩手県岩手郡松尾村松川で八月前、臨時発電所を築き始めた。

科学技術庁・新技術開発事業団が三十七年「地熱発電技術」の開発を東化工業社（本社東京・日本橋）に委託、四年の歳月と約千億円を投じた。

地下千メートルに達する四本の井戸から絶えず湧き出る蒸気（タービン）を回す仕組みだが、当面は二の井戸だけ使うため、最大出力は九千五百ワット。来年四月までに、第一次目標の二万五千キロワットを達成しようとしている。

同地域一帯は地下の火山活動が活発で、無数のエネルギーが地下にある。東化工業社はこのあと第一期、第二期工事で四十五年の二万七千キロワットをめざす。

第1図
我が国初の地熱発電所の
運転開始を知らせる新聞
記事の一部（朝日新聞、昭
和41年10月8日朝刊）

第1表 世界の地熱発電（設備容量と発電設備に対する割合）

国名	設備容量 (MW)	地熱発電の割合 (%)
アメリカ	2849.8	0.3
フィリピン	1400	20.6
メキシコ	803	2.4
イタリア	660.2	1.0
日本	528.7	0.2
インドネシア	309.75	1.9
ニュージーランド	287.5	3.8
エルサルバドル	105	14.0
コスタリカ	60	5.7
アイスランド	50.8	4.7
ケニア	48	5.8
ニカラグア	70	15.3
中国	25.78	0.0
トルコ	20.4	0.1
台湾	0.3 (休)	0.0
ロシア	11	0.0
ポルトガル	8.2	
フランス	4.2	0.0
ギリシャ	2 (休)	
タイ	0.3	0.0
ザンビア	0.2	0.0
オーストラリア	0.17	0.0
計	7270.3	

出典：日本地熱調査会（1996）：わが国の地熱発電の動向

地熱発電50万kW台に

全国東北電・九州電運開で

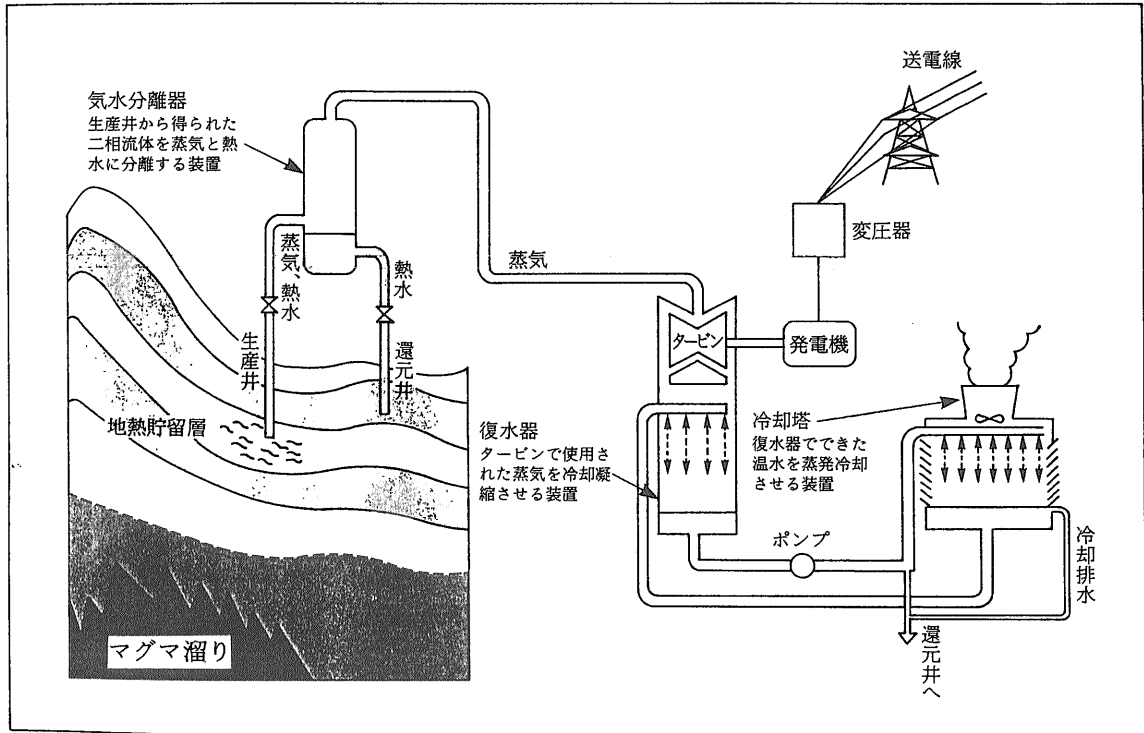
わが国の地熱発電の開発は、九州電力の大霧発電所（同三万三千七百五キロワット）となり、五十万kWに達した。東北電力の三ツ井鹿角島農牧園町・栗野町）が一日に営業運転を開始、国内の地熱発電の出力合計が五十万kWに達した。引き続き今年十一月には九電の滝上発電所（同二万五千キロワット）が完成する予定。

二大分県九重町）が運開するほか、至近年に東京電力の八丈島発電所（同三万キロワット）、東京都市八丈町）、電源開発会社の小園発電所（同二万キロワット）熊本真小園町）が完成する予定。

第2図 日本の地熱発電容量が50万kW台に達したことを報じる新聞記事の一部（日刊工業新聞、平成8年3月4日）

3. 地熱エネルギーの特徴

地熱エネルギーの持つ特徴を列記すれば以下の通りである。(1) 火山地帯に位置する日本に例外的に豊富に賦存する国産エネルギーである。第2表には日本の地熱資源量評価の結果を一覧にして示し



第4図 地熱発電のしくみ (新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (1994) : 期待される地熱開発)

熱水が混じる熱水卓越型資源がある。世界の大半の地熱発電所は熱水卓越型資源を利用している (厳密に言えば世界の地熱地帯の大半は熱水卓越型資源である)。日本の発電所では、熱水中に含まれる砒素等の有害物質や熱汚染の防止、貯留層涵養のために、地表で分離された熱水は全量坑井 (還元井) から地下深部に還元されている。

蒸気卓越型資源は熱水を伴わないことから、熱水還元の必要がない点で有利な資源である。世界最大のアメリカ・ガイザース発電所、イタリア・ラルデレロ発電所は蒸気卓越型資源であり、日本では岩手県松川が現在唯一の蒸気卓越型資源である。

5. 地熱発電所と景観

地熱発電所は、大きく見ると地下から熱水・蒸気を採取したり分離熱水を還元したりする坑井施設、蒸気を発電所まで送る蒸気輸送施設、および発電所建屋・冷却塔等の人工構築物から構成されている。地熱発電所が位置する場所は火山地帯の風光明媚な山間地帯がほとんどである。従って、これら

の人工構築物は例え自然公園外であっても、景観対策等周辺環境との十分な調和が求められる。そのため、(1) 多くの人が立ち入る所から出来るだけ見えにくい地点を選定する、(2) 冷却塔を小型化、集合型にする等、構造物の集約化により土地の改変面積を最小限に抑える、(3) 色彩を目立たなくする、(4) タービンを地上据付型にして建屋を低くしたり、形状を周辺環境に合うように例えば山小屋風にする、(5) 建設後の緑化・植栽等、色々工夫が必要となる (NEDO (1993) : 地熱開発と環境に関する調査 (景観) 報告書など)。

本シリーズの目的の一つは、日本の地熱発電所がどのような所にあり、それらが自然景観の中でどのように見えるのか、写真を通して多くの方々理解していただくことである。その目的がどの程度果たせたかは読者の判断に委ねるしかないが、現状の一部は理解していただけたのではないかと考えている。多くの地熱発電所ではPR館が併設されており、地熱発電に関する展示があるので、機会があればぜひ一度訪問してはいかがだろうか。

6. 地熱開発の将来

平成6年に電気事業審議会から出された我が国の長期電力需給見通し(第3表)によると、地熱の年度末電力供給目標は、2000年60万kW(構成比0.2%)、2010年280万kW(同1%)である。現状での調査・開発ペースでは2010年の目標達成は容易でない。このためには資源量は豊富でありながら(第2表)、現在未利用である200℃未満の中・高温熱水資源利用技術(熱水利用発電技術)や地下に地熱貯留層(断裂)が発達していない高温岩体の発電技術等の実用化が急がれる。

21世紀を間近に控え、エネルギー資源の乏しい我が国にあって、やがて到来する資源枯渇に向けて我々は将来のエネルギー資源の安定的供給をひとりひとり真剣に考えなくてはならない時代にきている。発電コストのみを考えれば、現状では地熱発電は決して有利な電源ではない。しかしながら、長期的な視野で見た場合、国産エネルギー源を利用する地熱発電開発は我が国にとって意義のあることであり、このために今後とも地熱発電が抱えた様々な問題克服努力を行っていく必要がある。

第3表 電気事業審議会需給部会による電力供給目標(単位:万kW)

年度 電源	1992年度末		2000年度末		2010年度末	
		構成比 (%)		構成比 (%)		構成比 (%)
原子力	3442	18.7	4510	19	7000	25
石炭	1467	8.0	3260	14	4400	15
LNG	4095	22.3	6160	26	6450	23
水力	3814	20.8	4550	19	5700	20
地熱	24	0.1	60	0.2	280	1
石油等	5542	30.1	5340	22	4500	16
新エネルギー	-	-	50	0.2	180	0.6
合計	18383	100	23930	100	28510	100

- (1) LNGには天然ガス、燃料電池およびメタノールを含む。
- (2) 石油等にはLPG、その他ガスおよび瀝青質混合物を含む。
- (3) 新エネルギーとは廃棄物、太陽光および風力をいう。

出典：電気新聞、平成6年6月24日

7. 発電のためのエネルギー源

電気は発電所で作られるが、火力発電所では石油、石炭、天然ガス等の化石燃料を、また原子力発電所ではウランを燃料として利用している。各種統計資料によれば、その可採年数は、石炭の200～300年を除けば石油40～50年、天然ガス50～60年、ウラン60～70年程度と言われている(第4表)。

第4表 エネルギー資源の分類と世界の埋蔵量

資源量(兆トン)			究極埋蔵量	確認埋蔵量	可採年数
エ ネ ル ギ ー 資 源	枯 渇 資 源	石油 ¹⁾	0.27	0.134	45
		天然ガス ¹⁾	0.18	0.107	56
		石炭 ¹⁾	5.5	1.076	328
		オイルサンド ²⁾	0.283		
		オイルシェール ³⁾	0.420		
	核燃料	ウラン ¹⁾	不詳	232万トン	68
ギ ー 資 源	非 枯 渇 資 源	分 類		潜在量	技術的可能量
		太 陽 エ ネ ル ギ ー	太陽光	90,000TW ⁴⁾	1,000TW ⁴⁾
			水力		3TW ⁵⁾
		エ ネ ル ギ ー	風力	1,200TW ⁴⁾	3TW ⁵⁾
			海洋温度差		1TW ⁵⁾
		地 熱 エ ネ ル ギ ー	バイオマス		6TW ⁵⁾
			潮汐エネルギー	30TW ⁴⁾	0.1TW ⁴⁾
	地熱エネルギー	30TW ⁴⁾	2TW ⁵⁾		
地球上のエネルギー(石炭換算兆トン) ⁶⁾			12	0.93	100

TW：テラワット(10¹²W, 10億kW)

出典：1)総合エネルギー統計(平成3年度)

2)石油技術協会(1983)石油鉱業便覧

3)石油学会(1982)新石油事典

(文献2,3は氏家良博(1990)石油地質学概論(東海大出版会)より引用)

4)Sorenson, B. (1991) Energy Policy

5)Hafele, W. (1981) IIASA(Ballinger)

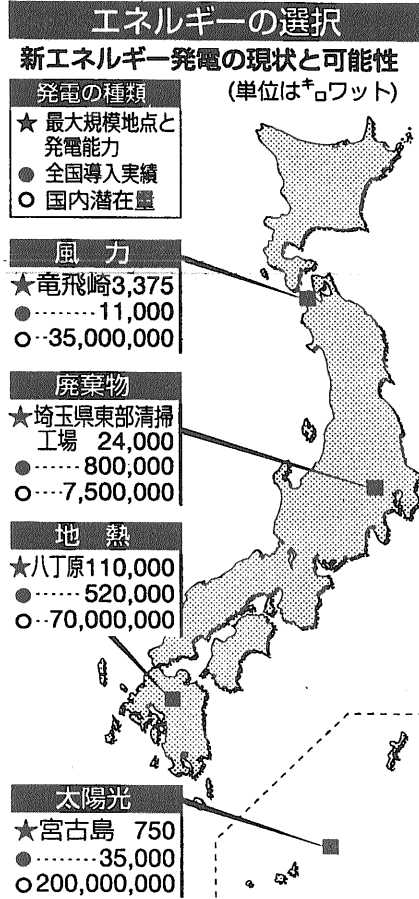
6)Bender, F. (1979) USGS Prof. Paper 1193

勿論今後ともこれらの資源の探査・開発努力がなされ、可採年数の延びることが期待されるが、また、埋蔵量が石油資源なみに豊富であるにもかかわらず技術的・経済的な理由で未利用のオイルシェール、オイルサンド等の資源の活用、海底のメタンハイドレートのような新たな資源の探索が必要となってくる。

一方、地熱、太陽、風力、海洋温度差、潮汐等の自然エネルギーは非枯渇・再生可能資源であり、かつ発電に当たってはCO₂ガス排出が少ない等、環境にも優しいエネルギーである(第3図)。自然エネルギーは希薄なエネルギーであるが、資源量は膨大である(第4表)。また、天候等の自然条件により左右される不安定なエネルギー源でもあり、しかも大規模導入に当たっては環境との調和が必要となる。

朝日新聞の平成8年12月17日付けの社説(第5図)は、「地球人の世紀へ、多様な電源を育てよう」という見出しで、「再生可能エネルギーも、大量に導入するとなると、マイナス面が出てくる。風力発電には騒音が伴い、廃棄物発電では、プラスチックからの猛毒のダイオキシンが発生するおそれがある。地熱発電や太陽光発電も環境との調和が求められる。開発の努力と同時に、技術の点検が欠かせない。」とし、「地球を守りながら電気の恩恵に浴していくには、再生可能な資源を使いこなす電気文明へと、脱皮しなければならない。」と結んでいる。

最後に、新聞記事の収集に御協力いただいた国立国会図書館の渋谷正雄氏、日本重化学工業の宮崎眞一氏に謝意を表す。



第5図 朝日新聞社説記事の一部(平成8年12月17日)

KIMBARA Keiji and TAKAHASHI Masaaki (1997): An Epilogue to the Series of the Geothermal Power Stations in Japan.

<受付: 1997年1月6日>