

八丈島におけるローカルエネルギーとしての 地熱開発について

松山 一夫¹⁾・村岡 政行²⁾・下田 昌宏³⁾・高村 光一⁴⁾・佐々木英代⁵⁾

1. はじめに

八丈島は、東京の南290kmの太平洋上に位置し、人口約8,500人、面積約70km²の島で、東山と西山の2つの火山体からなる。八丈島の東山南部地域には優勢な地熱資源が存在しており、これを利用して、八丈町による温泉開発、東京電力(株)による地熱発電所開発、温泉熱及び地熱発電所余熱を利用した農業利用など多目的に利用されている。

ここでは、八丈島における地熱開発について、地熱資源の分布、富士箱根伊豆国立公園内での地熱発電所立地地点選定のための環境調査からのアプロー

チ、運転状況及び貯留層管理の概要を述べるとともに、地熱発電所開発と並行して八丈町が推進してきた温泉開発について述べる。

2. 地熱開発の経緯

八丈島における地熱調査は、第1表に示すように、東京電力(株)により1984年度から開始され、1988年度までに地質調査、地化学調査、重力探査・地磁気地電流法探査・空中磁気探査等の物理探査を実施し、東山南部地域を有望地域として抽出した。

その後、八丈町からの陳情により、1989年度から

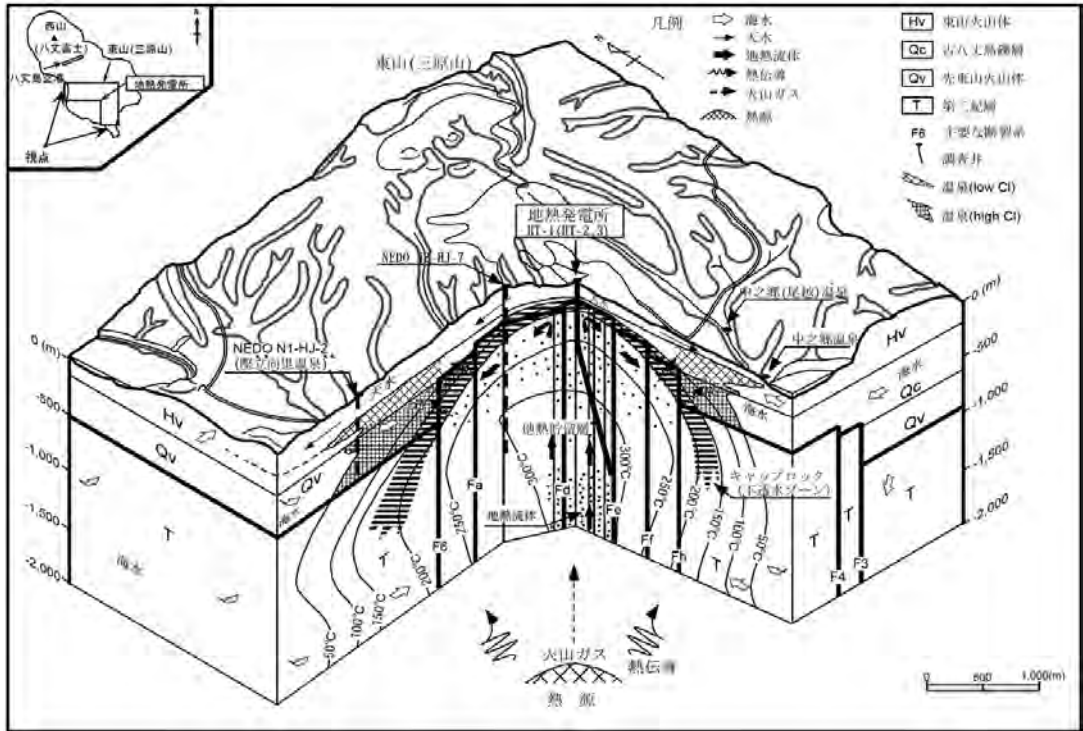
第1表 八丈島における地熱開発工程表。

項目	概 査					地熱開発促進調査			開発調査				発電所建設			運 転		
	広域調査		東山南部地域調査			1989 (H1)	1990 (H2)	1991 (H3)	1992 (H4)	1993 (H5)	1994 (H6)	1995 (H7)	1996 (H8)	1997 (H9)	1998 (H10)	1999 (H11)	...	2009 (H21)
	1984 (S59)	1985 (S60)	1986 (S61)	1987 (S62)	1988 (S63)													
1.文献調査	総合解析								地点選定				設計					
2.地質調査																		
3.地化学調査																		
4.物理探査																		
5.試錐調査						3本												
6.調査井掘削						1000m級, 1500m級							3本 1500m級			調査井→生産井転用		
7.環境調査																		
8.発電所建設																		
9.運転																3/25開業 3.30MW		
<八丈町温泉開発> (1) 標立向里温泉 (2) 中之郷尾越温泉 (3) 中之郷越江温泉 (4) 標立伊勢名温泉 (5) 末吉道沖温泉 (6) 中之郷尾越温泉代替井 (7) 末吉かん沢温泉									●●							●埋孔 ●H13 ●H19		

●: 温泉井の設計、掘削

1) 東電設計(株)土木本部地熱調査技術専門職
 110-0015 東京都台東区東上野3-3-3
 2) 東電設計(株)土木本部環境調査技術専門職
 3) 東京電力(株)東京支店島嶼業務センター八丈島事務所副所長
 4) 東京電力(株)東京支店島嶼業務センター島嶼発電グループ副所長
 5) 八丈町健康課係長

キーワード: 地熱, 環境, 八丈島, 八丈島地熱発電所, 温泉, 貯留層管理



第1図 八丈島東山南部地域の地熱系モデル。

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) による地熱開発促進調査が開始され、1991年度までに8本の調査井が掘削され、東山南部地区に300℃以上の高温地熱資源が存在することが確認された。

この地熱開発促進調査の結果を受けて、東京電力(株)では1992年度から地熱発電所立地地点の選定調査を進め、精密地表調査及び既往地熱調査のレビューを行って地熱資源の分布状況を把握するとともに、自然環境の現況調査、アクセス道路の状況等を総合的に検討し、中之郷北部の富士箱根国立公園普通地域内を開発地点として選定した。

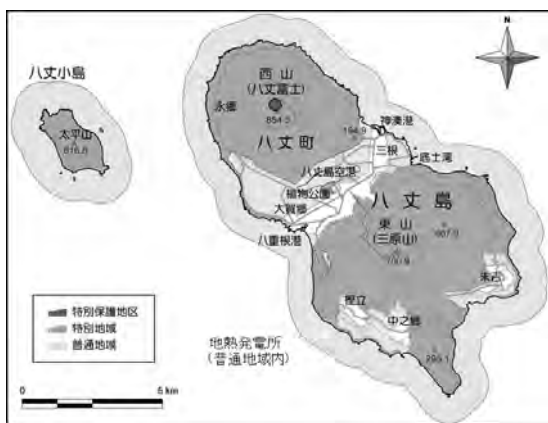
これに基づき、諸手続きを進め、1994年度に坑井基地の造成工事を行い、1995年度に3本の調査井を掘削し、噴気試験により蒸気卓越型の地熱資源を捕捉した。この噴気試験結果を踏まえ、八丈島での電力需要を勘案して、発電規模を3,300kWとした地熱発電所の建設が進められ、1999年3月25日に営業運転を開始した。地熱発電はベース電源として利用され、ミドル・ピーク対応は内燃力発電で行われている。

また、八丈島には1992年以前は2箇所の温泉ホテルと1箇所の自治会による温泉(洞輪沢温泉)が存在

していたが、地域住民にはほとんど利用されていなかった。そこで、八丈町は、地熱開発促進調査の結果を受けて、地域住民及び観光客がいつでも利用でき、健康増進及び観光に役立つ温泉を提供したいとのコンセプトで、1992年度から温泉開発を進めることになった。東京電力(株)グループは、八丈町の要請を受けて、この温泉開発に積極的に協力している。

3. 地熱資源の分布

八丈島東山南部地域の地熱系モデルは第1図に示すとおりである。熱源は東山南部地区の火山を形成したマグマ溜まりである。地熱流体は、新第三紀層中のほぼ垂直方向に伸びる断裂に沿って上昇し、新第三紀層上部に自己閉塞作用(セルフシーリング)により形成されたキャップロックによって側方へ流動している。温度分布はキャップロック以深で急激に上昇して300℃以上を示し、圧力はキャップロック以深では掘削中に溢泥現象が起こるほど高い。高温高压の地熱資源は、発電所地点をほぼ中心に直径約3kmの範囲に分布している。



第2図 八丈島の国立公園区域図。

この地熱系モデルを踏まえ、キャップロック内の高温高圧地熱資源は発電に利用し、キャップロック上部の温泉帯水層を温泉に利用している。発電に利用している生産井熱水の塩素濃度は約2,500mg/Lに対し、温泉水の塩素濃度は20,000mg/L程度と海水の混合率が高く、成因の異なる地熱資源である。

4. 環境調査による立地地点選定

(1) 適切な開発エリアを抽出するための自然環境基礎調査

八丈島は、第2図に示すとおり、ほぼ全島が富士箱根伊豆国立公園に指定されているため、自然環境保全上の視点から適切な開発エリアを抽出する必要があった。

①立地の必然性

自然公園区域は、本来、自然環境の保全を図る区域として指定されているため、公園区域内でしか当該開発行為が成り立たないことを示すことが求められる。

②自然公園への影響の最小化

開発行為の性格上どうしても自然公園内に立地することが避けられないことが明らかである場合は、自然公園指定の趣旨を極力損なうことのない場所を選定することが求められる。

①については、ほぼ全島が国立公園に指定され、かつ離島という位置づけから「立地の必然性」は比較的容易に理解される。

②については、一般的には特別地域を避け普通地

域内に立地する方向性となる。さらに、適切な開発エリアを抽出するためには、自然環境資源に関する客観的なデータに基づいて評価を行い、影響の最小化の説明が求められる。この一連の過程では自然環境資源に関する客観的なデータが必須となるため、以下に示すように八丈島全島を対象とした自然環境基礎調査(学術調査)を行った。

[自然環境基礎調査]

○調査目的：島内の自然環境資源の現状に関し、最新の情報を整備して保全すべき資源の内容、保全すべき理由、位置等を明らかにする。

○調査対象地域：八丈小島を除く八丈島全域

○調査項目：

- ・ 地形・地質
- ・ 植生(現存植生, 植物相, 貴重な植物と植物群落)
- ・ 動物(哺乳類, 鳥類, 両生・は虫類, 昆虫類, 淡水魚類, 貴重な動物)
- ・ 景観及びレクリエーション
- ・ 社会環境(土地利用と主要な産業等)

○実施体制：専門学識者よりなる学術調査委員会を設置

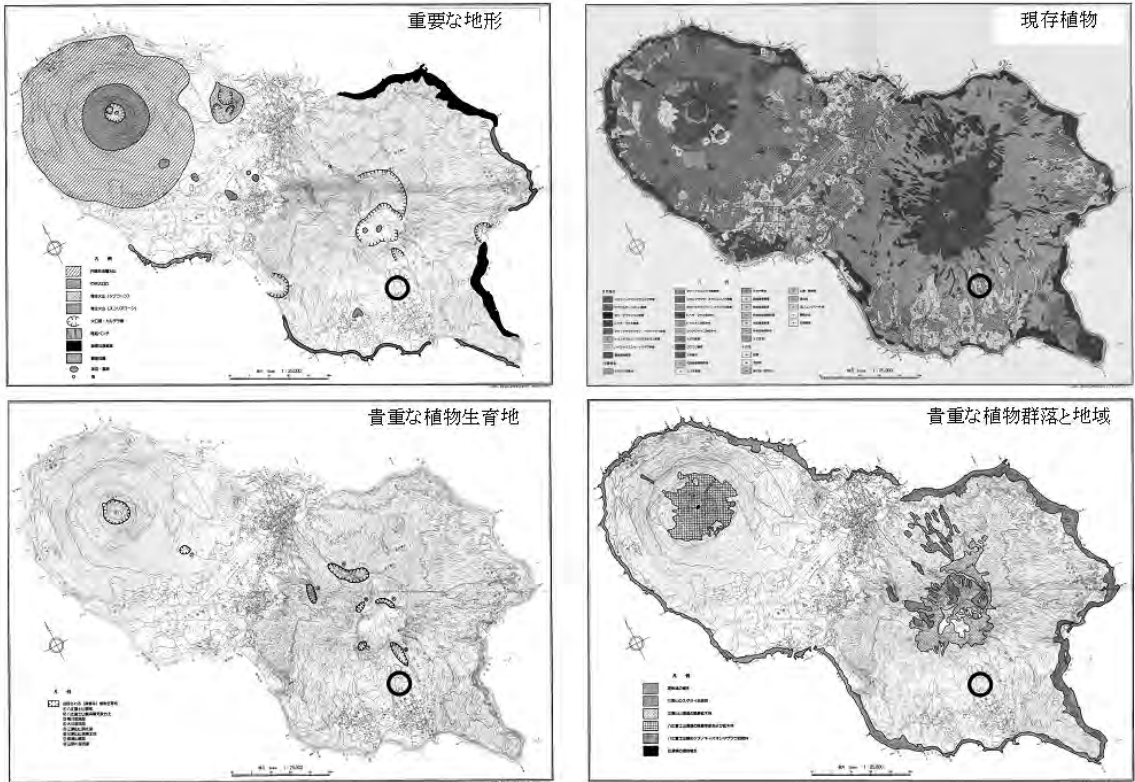
学術調査により得られた基礎情報は、「重要な地形の分布」, 「現存植生図」, 「注目される(貴重な)植物生育地」, 「注目される(貴重な)植物群落と地域」, 「注目される景観地」などの自然環境資源の評価図(第3図)としてまとめ、地熱資源の分布図と重ね合わせるにより「適切な開発エリアの抽出」に使用した(並行して実施した詳細な地熱資源調査に基づく開発エリアの抽出経緯について適宜各専門学識者に報告)。

(2) 開発エリアに係る環境影響評価

開発エリアについては、具体的な計画諸元に基づき、各環境要素に係る現況調査、予測評価並びに保全措置の検討を実施した。主な保全措置は以下のとおりである。

○地形改変面積を最小限としたこと：3本の調査井(傾斜井)掘削の坑井基地を造成し、その敷地内に発電所を設置した。

○景観保全上の配慮として工作物の高さを13m以下としたこと：自然公園の趣旨を損なわないよう居住区・道路上から見えないようにした。



第3図 環境評価図における地熱発電所位置(O印)。

5. 八丈町の温泉開発

(1) 温泉の開発

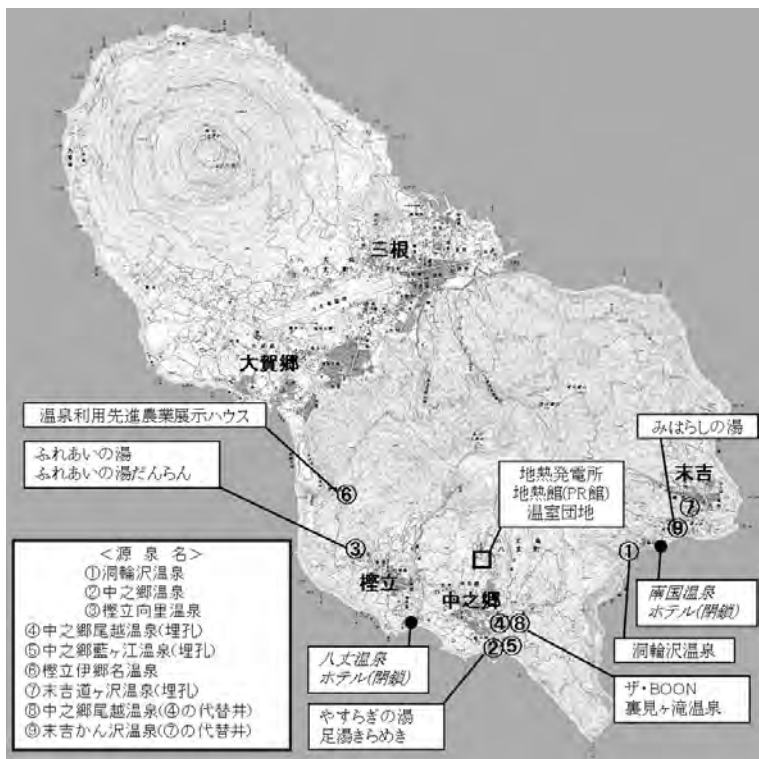
八丈町は、地熱開発促進調査の結果を受けて温泉開発を進めることになった。八丈町からの要請を受けて、東京電力(株)グループは温泉開発に積極的に協力することとし、1992年度～1995年度までに5本の温泉井位置選定及び温泉井設計を行い、温泉の採取に成功した。これ以降、八丈町の温泉については、揚湯ポンプの設計、温泉井の浚渫等の維持管理についても技術協力を行っている。なお、これらのコンサルタント業務は八丈町から東電設計(株)へ委託されている。

温泉開発に当たっては、八丈島東山南部地域の地熱系モデルを踏まえ、キャップロック内の高温高圧地熱資源は発電に利用し、キャップロック上部の温泉帯水層を温泉利用することとした(第1図)。また、温泉井の掘削地点選定に当たっては、利用地から近いこと、泉温が適温であること、掘削深度が比較的浅いこ

と等を考慮し、決定した。

1992年度～1995年度に東山の檜立、中之郷、末吉に5本の温泉井が掘削されたが、それぞれの温泉井の深度、泉温、揚湯量は第2表に示すとおりである。これらの温泉井の成功に伴って、順次、町営の浴用施設として、「ふれあいの湯」、「やすらぎの湯」、「ザ・BOON」、「ふれあいの湯だんらん(体の不自由な方の利用施設)」及び「みはらしの湯」等が建設され、地域住民や観光客に広く利用されている(第2表、第4図)。

檜立伊郷名温泉は、当時、将来の地熱発電所の余熱を利用した農業利用を見据えて、温泉利用先進農業展示ハウスが建設され、現在、発電所周辺に立地している地熱発電所余熱を利用した温室団地の基礎研究施設として活用され、現在も利用されている。また、「やすらぎの湯」及び「足湯きらめき」の源泉は、1986年に個人が掘削した温泉井を八丈町が買い取ったものである。中之郷藍ヶ江温泉については、泉温が低いこと、近傍に中之郷尾越温泉が存在している



第4図 平成21年9月現在の温泉井位置と利用施設。

第2表 温泉井の掘削状況。

掘削年度	源泉名	掘削深度	泉温	揚湯量	利用施設	利用開始年月
S53	① 洞輪沢温泉	60 m	40.5 °C	150 L/m	共同浴場洞輪沢温泉	S54/1
S61	② 中之郷温泉	60 m	61.0 °C	90 L/m	やすらぎの湯 足湯きらめき	H7/4 H18/3
H4	③ 樫立向里温泉	450 m	57.8 °C	386 L/m	ふれあいの湯 ふれあいの湯だんらん	H6/10 H8/4
H4	④ 中之郷尾越温泉(埋孔)	300 m	64.2 °C	440 L/m	ザ・BOON 裏見ヶ滝温泉	H8/4 H6/9
H5	⑤ 中之郷藍ヶ江温泉(埋孔)	300 m	32.4 °C	423 L/m	ザ・BOON に利用, その後埋孔	—
H6	⑥ 樫立伊郷名温泉	700 m	57.7 °C	208 L/m	温泉利用先進農業展示ハウス	H9/3
H7	⑦ 末吉道ヶ沢温泉(埋孔)	1000 m	49.9 °C	370 L/m	みはらしの湯	H10/8
H13	⑧ 中之郷尾越温泉(④の代替井)	270 m	53.1 °C	500 L/m	④と同じ	—
H19	⑨ 末吉かん沢温泉(⑦の代替井)	1300 m	49.8 °C	500 L/m	⑦と同じ	—

注)H4以降の③～⑨の温泉井掘削地点選定及び設計,申請図書作成,掘削工事監理等について八丈町から東電設計(株)が受託

ことから埋孔された。

また、中之郷尾越温泉については、孔内の錆などにより水中ポンプが引き揚げられなくなったことから、近傍に代替井を掘削することとし、ステンレス管を使用などの改善を行った。末吉道ヶ沢温泉については、孔内に異常が発生し泉温が低下したため、代替井を温泉施設近傍に掘削することとし、同じくステ

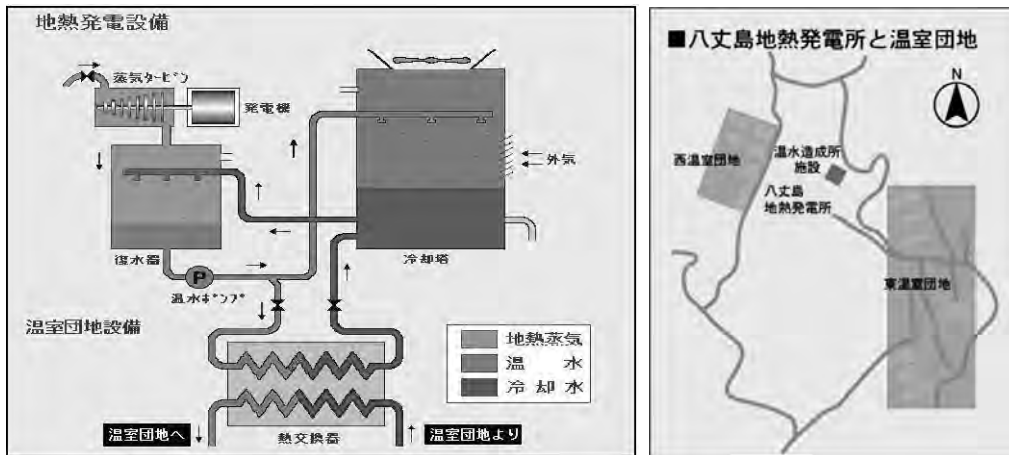
ンレス管を使用するなどの改善を行った。現在、樫立向里温泉については、代替井の掘削計画を進めており、水中ポンプの設置位置に当たるケーシングパイプ径を大きくしてステンレス管を使用などの改善を行っている。

(2) 温泉施設の利用状況

第3表 温泉施設の利用者数.

温泉施設	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
ふれあいの湯	66,388	72,198	72,753	78,222	75,412	75,815	72,621	81,829	83,051	73,058
やすらぎの湯	40,910	38,283	47,858	38,481	42,535	42,009	39,231	43,110	41,837	44,922
ザ・BOON	22,488	19,764	5,562	20,285	18,365	17,699	21,010	17,556	15,990	16,601
みはらしの湯	45,572	44,687	52,163	46,028	46,143	44,699	45,721	34,244	26,271	11,791
計	175,358	174,932	178,336	183,016	182,455	180,222	178,583	176,739	167,149	146,372
累計	922,527	1,097,459	1,275,795	1,458,811	1,641,266	1,821,488	2,000,071	2,176,810	2,343,959	2,490,331

注；累計は平成6年10月のふれあいの湯利用開始時からのものである。



(東京電力ホームページより引用)

第5図 地熱発電所から温室団地への熱供給

八丈町の温泉施設、「ふれあいの湯」、「やすらぎの湯」、「ザ・BOON」及び「みはらしの湯」の4施設の利用者数は第3表に示すとおり、年間で約17～18万人である。1994年10月の「ふれあいの湯」の利用開始以降、2009年3月までの利用者数の累計は約250万人となっており、地域住民及び観光客に広く利用されている。

6. 地熱発電所から温室団地への熱供給, PR館

地熱発電所から周辺の温室団地へ12月～3月の間、温水を供給し、暖房で温室内を約15℃にしている。熱源は、タービンを回した蒸気を復水器により凝縮した約40℃の温水を用い、熱交換器より農業用水を温めている(第5図)。暖められた農業用水は温水

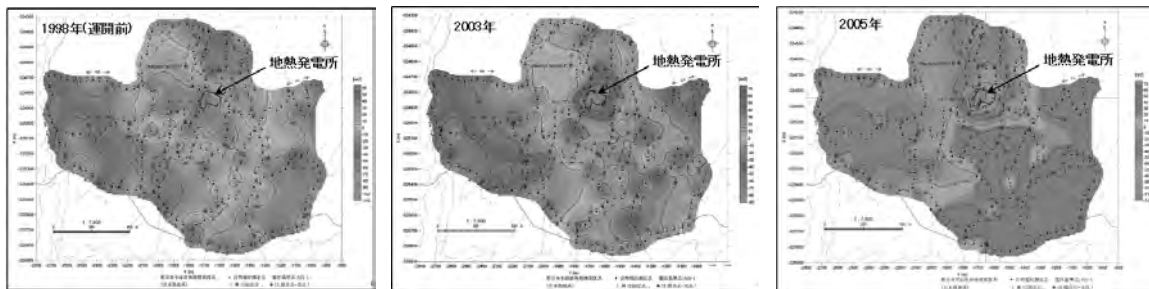
造成所から各温室へ供給されている。地熱蒸気の熱は、最初は発電所に使用され、その後は暖房に使用し、無駄なく利用されている(熱のカスケード利用)。

また、地熱発電所にはPR館として地熱館が併設されており、いつでも無料で見学できる。町営の定期観光バスのルートにもなっており、観光資源として地域住民及び観光客に広く利用されている。

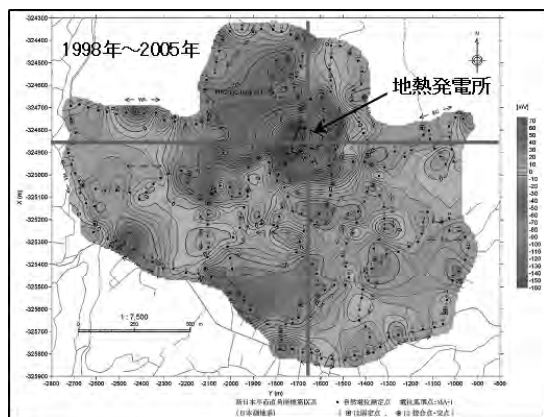
7. 地熱発電所の運転状況及び貯留層管理

(1) 運転状況

八丈島地熱発電所の運転状況は、現在、生産井1本により約2,000kWの発電を安定して継続している。設備の利用率は80%を超え、地熱発電所の発生電力量は、八丈島の1年間の発生電力量の約4分の1を占



第6図 自然電位分布図の変動.



第7図 自然電位変動量図.

め、二酸化炭素排出量の削減にも寄与している。

(2) 貯留層管理

八丈島地熱発電所における貯留層管理としては、次の項目についてモニタリングを行っている。

- ①坑井蒸気：3～4回／年
- ②坑井熱水：1回／月
- ③還元熱水：3～4回／年
- ④周辺4源泉：3～4回／年
- ⑤固形物分析（タービンスケール等）
- ⑥蒸気量、熱水量、運転データの整理
- ⑦自然電位測定（約2km×1.5km, 1回／約3年）

これらのモニタリングデータを基に、貯留層シミュレータ‘STAR’を用いて、自然電位ポストプロセッサを使用した熱水流動シミュレーションを3年に1回程度実施し、発電所の運用計画に利用している。

坑井蒸気・熱水等の地化学モニタリングでは、ほとんど変化がなく、安定している。自然電位の分布は、第6図に示すように、運開前に発電所地区は高電位

分布域であったが、蒸気生産に伴い自然電位が低下した。自然電位の変動量図を第7図に、発電所を通る南北・東西断面図を第8図に示す。これらの図から、発電所を中心に約300mの範囲で自然電位が150 mV程度低下している。

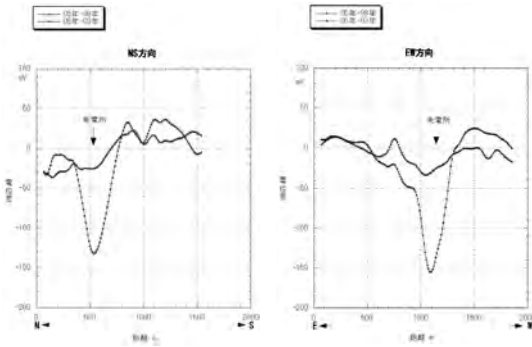
この現象は、運開前は地熱流体の上昇流により発電所地区は高電位異常を示していたが、運開に伴う蒸気生産により、キャップロック直下のガス溜まりが徐々に拡大し、その圧力により熱水の下降流が発生したことを反映していると考えられる。

8. まとめ

八丈島の東山南部地域に存在する地熱資源は、キャップロックを境として高温帯と低温帯に区分される。キャップロック内の高温帯は発電に利用し、キャップロック上部の低温帯は温泉に利用し、発電利用と温泉利用の地熱資源の棲み分けを行っている。

八丈島における地熱利用は、発電、温泉（浴用）、地熱発電所の余熱を利用した熱供給による農業など、多目的に利用されている。発電はベース電源として利用され、温泉施設については年間の利用者数が17～18万人に上っており、地域に貢献している。

八丈島での地熱開発に当たった八丈町行政サイド・地域住民の地熱開発へのコンセンサスは、開発によって得られる電気エネルギーが島内で使用されるという「地産地消」に支えられたものである。八丈島の地理的位置は、エネルギー資源に乏しい我が国の縮図とみなすこともでき、電気を得るためには本土からはるばるタンカーにより油を運んでくる必要がある。八丈島の潜在的な地熱資源を開発・活用することにより、「油の運搬」、「油の燃焼」を省略し、蒸気を取り出して電気エネルギーが得られるということは、「環境



第8図 自然電位変動量の断面図.

負荷の少ないクリーンな自然エネルギー」とともに「エネルギー・セキュリティー(必要最小限度の電気エネルギーが自前の資源で確保可能)」をも同時に手に入れることになる。

さらに、地熱開発が発電利用にとどまらず、温泉の開発、余熱の農業利用が同時並行的に進んだことも地域住民のコンセンサスを得る上で大きな役割を果たしたと考えられる。地域住民の日常的な電気利

用・温泉利用は、文字どおり地熱資源の「地産地消」というコンセプトを具体化したものであり、行政サイドを含む地域住民が求め、手に入れたものである。

今後、八丈島に存在する優勢な地熱資源の利用が順調に継続され、地域貢献できるように努力していきたい。

文 献

Kazuo Matsuyama, Nobuya Narita, Kazuo Tomita and Toshiaki Majima (2000) : Geothermal resources of Hachijojima. GEOTHERMICS 29, 213-232.

松山一夫・成田伸哉・真島俊昭(1999) : 八丈島における地熱探査とそのローカルエネルギーとしての開発, 資源地質, 49(1), 1-14.

NEDO (1992) : 地熱開発促進調査, 八丈島地域報告書.

斉田洋三・真島俊昭・松山一夫・成田伸哉(1996) : 八丈島における地熱開発の現況と計画. (社)日本地熱調査会, 地熱, Vol.33, No.3, 20-32.

東京電力株式会社(1994) : 八丈島地熱地点に係わる自然公園内環境基礎調査報告書.

MATSUYAMA Kazuo, MURAOKA Masayuki, SHIMODA Masahiro, TAKAMURA Koichi and SASAKI Hideyo (2010) : The geothermal development in Hachijojima island as local energy.

<受付 : 2009年11月10日>