

霧島地域における地熱開発

日鉄鹿児島地熱(株)

児玉 牧 夫

Geothermal Development in the Kirishima Geothermal Area

Makio KODAMA	
Nittetsu Kagoshima Geothermal Co., Ltd.	

はじめに

近年高まりつつある地球環境問題への関心は地熱開発を含むエネルギー問題と表裏一体の人類にとって大きな課題の一つである。

特に先進国のエネルギー多消費型へのライフサイクルの変遷と発展途上国の人口増大はその傾向に拍車をかけているようである。

純国産のクリーンで且つ貴重なローカルエネルギーである地熱エネルギーは幸いにして我が国には豊富な賦存量が見込まれ、長年に亘る官学民の地熱開発努力に依り平成4年の地熱発電電力量は30万kw レベルに、近い将来(平成8年頃)に60万kw レベルに到達する見込みであり、地熱発電以外の地熱多目的利用分野での動向もほぼ同じような傾向である。

1990年(平成2年)10月に示された政府の石油代替エネルギー供給目標での地熱開発—中長期目標値は

年次	地熱発電目標値	原油換算
2000年	100万kw	180万Kl
2010年	350万kw	600万Kl

と示されている。

当社及び前身の新日本製鉄株式会社、日鉄鉱業株式会社は霧島地域に於いて1979年から国及び関係諸行政機関のご援助と地元関係者各位の深いご理解のもと本格的な地熱開発調査を継続実施して来た結果、1992年に3万kw規模の地熱発電に必要とされる蒸気量と関連する開発技術の確実な見通しが得られた。

地熱開発実現にはクリアすべき大小の課題がありますが地域活性化への積極的な推進役として地熱開発の役割は大きいものと期待されて居ります。

当社は地熱資源の豊富な霧島地域においてこれまでの開発調査をもとに地熱発電所の建設の中で蒸気供給事業の業務を推進し、併せて地熱資源の有効活用をはかる各種の多目的利用技術の研究をも推進して行きたい。

I 地熱開発の概要

1 地熱エネルギーの賦存量とその利用

1) 日本は世界有数の火山国

我が国は世界有数の火山国であり火山性の高温熱水の賦存が多く期待出来、実用化されている新エネルギーとして地熱はエネルギーの多様化、セキュリティの一翼を担うためその活用は大いに期待されている。

全世界 活火山数 829 日本 76(9.2%) であり

国土面積は0.27%であり面積当たりの活火山密度は全世界平均の34倍である。

2) 日本地熱資源の種類と賦存量(推定の一例)

資源の種類	資源の概要	賦存量—発電換算
浅部熱水系	深さ 数100~1000m 程度	蒸気 13,000万kw
	温度 100~250℃ 程度	熱水 5,000万kw
深部熱水系	深さ 2000~5000m 程度 (3000)	蒸気 6,000万kw
	温度 250~350℃	熱水 2,000万kw

他に深層熱水、高温岩体、火山エネルギー等の種類がある

出所；産業技術審議会 地熱分科会資料 より抜粋

又日本の地熱エネルギーの埋蔵量評価は4,000万kw×1,000年と言う推定の一例もあり、いずれにしても推定賦存資源評価量に対して温泉、地熱発電、地熱多目的利用を総合しても実用化されている割合は極めて小さいと言える。

2 地熱エネルギーの総合利用

今後地熱エネルギーの利用は従来の利用用途の拡大に加えて更に地熱発電関連の排熱水から熱水中の有効希少物質の回収や余熱交換後の各種用途への効率的な総合利用を展開していく必要があり、プロジェクト毎に総合利用概念を案画しその中で現在の地熱開発の位置づけを確認しつつ推進展開していくことが肝要である。

3 世界及び日本の地熱発電設備

1991年現在

世界18ヶ国 地熱発電設備容量 600万kw 総発電容量の0.3%

日本11ヶ所 同上 27万kw 同上 0.1%

となっており日本で近く実機化予定は8ヶ所約30万kwである。

世界各国の地熱発電設備要領、日本既存の地熱発電所および開発中の地熱発電所等は参考文献を参照されたい。

II 霧島地域の地熱開発

当社の霧島地域での地熱開発の主目的は地熱発電所への蒸気供給の事業化ではあるが併せて地熱エネルギー開発に関連する各種研究開発をも実施して来ている。

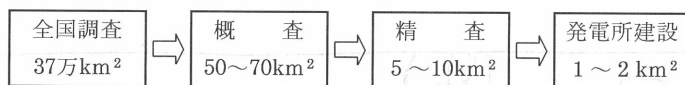
一般に地熱発電は規模の割に開発期間は長期に及び投下費用も大きく当社の霧島地域での地熱開発も他社開発例と同様ではあるが平成4年の現時点迄に大きな障害もなく着実に進展し開発実

現の目標を平成7年度としている。

1 地熱発電

地熱開発調査

地熱開発フロー



(地熱開発促進調査)

国の先導的地熱開発促進調査の結果を承けて地熱開発デベロッパーは有望地域について地元のご理解を得た上で、精査を実施し坑井掘削等により地熱蒸気を確認実証し電力会社と開発協定を締結し、デベロッパーが蒸気供給を、電力会社が発電を分担担当する。

2 霧島地域 地熱開発調査の経緯

開発経緯 要旨

- ① 昭和48年から日鉄鉱業(株)は、地表探査を開始
- ② 昭和54年以降、新日本製鉄(株)及び日鉄鉱業(株)は国の補助金を受け調査井を掘削し、資源確認調査を開始
- ③ 平成元年7月、九州電力(株)と新日本製鉄(株)及び日鉄鉱業(株)との間で、地熱発電事業に関する基本協定を締結(両社は、蒸気の生産、供給、九州電力(株)は発電を分担)
- ④ 平成2年2月、新日本製鉄(株)及び日鉄鉱業(株)は、日鉄鹿児島地熱(株)を設立し、生産井、還元井を追加掘削
- ⑤ 平成3年12月、30MW規模発電可能な蒸気量を実証確認
- ⑥ 平成4年2月、九州電力(株)は、鹿児島県と牧園町、栗野町両町に調査申し入れ

3 開発調査結果の要約

霧島地域を調査対象とし大霧地区に集約した地熱資源調査に基づき実証試験及び資源量評価の結果、銀湯断層を主生産ゾーンとし銀湯西部と銀湯北部を主還元ゾーンとする開発発電規模3万kwの地熱開発が可能である。

1) 開発対象域

- ・対象貯留層—銀湯断層
長さ 1,200m, 温度 232℃, 透水量係数Kh 20~60dm, 主生産深度 1,300m~1,500m
- ・対象還元層—銀湯西部及び北部
透水量係数Kh 3~30dm, 主還元深度 900m~1,000m
- ・c f i 開発対象域図 第1図 ii 坑井掘削モデル図(ケーシングプログラム) 第2図

2) 資源評価結果

1 貯留層モデル

各地表調査, 坑井掘削調査, 噴出還元試験, 一斉噴出還元試験, 及び広域地熱構造解釈に基づき貯留層モデルをまとめた

- c f i 地熱モデル概念図 第3図 ii 地熱構造模式図 第4図
- iii 温度分布平面図 第5図

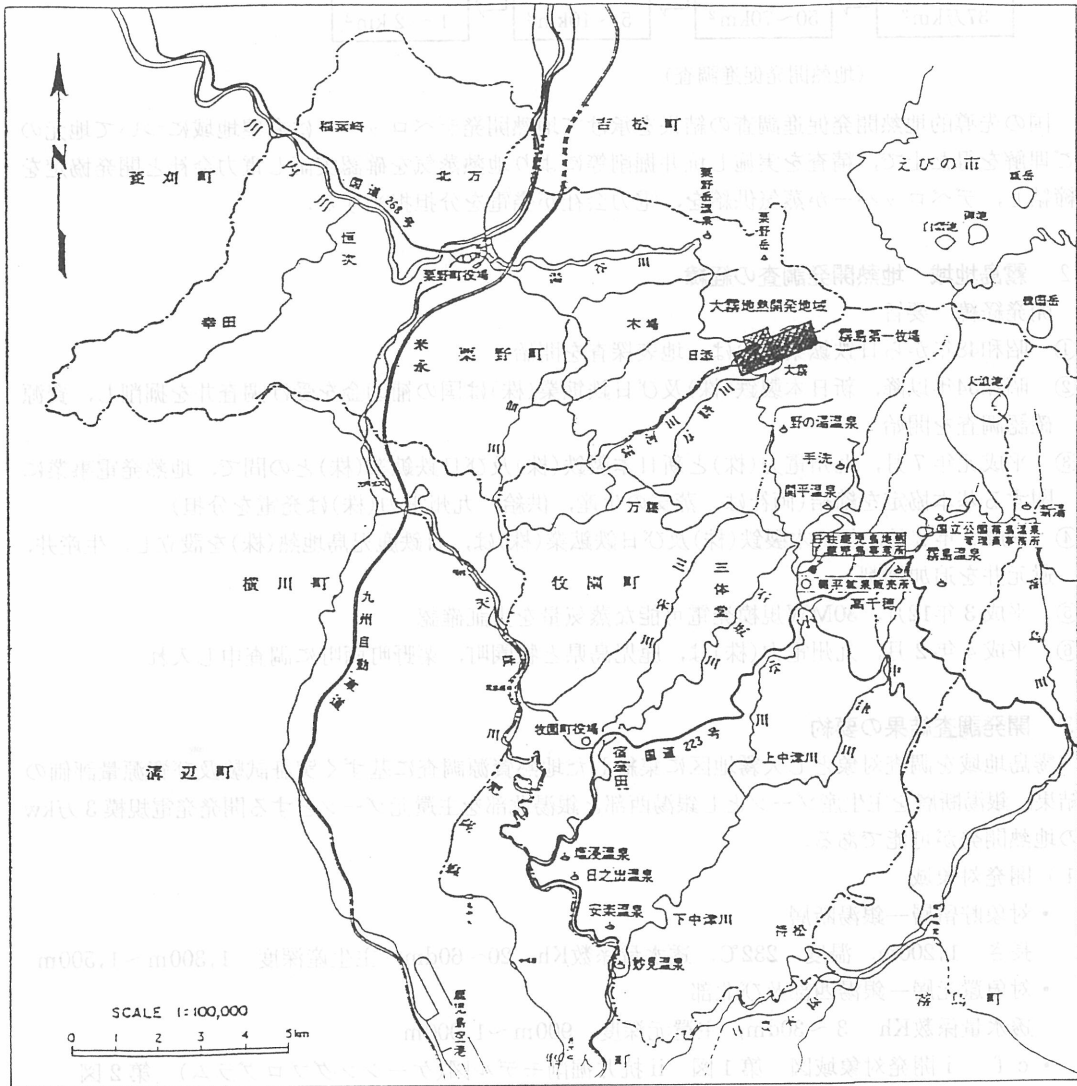


図1 地熱開発地域位置図

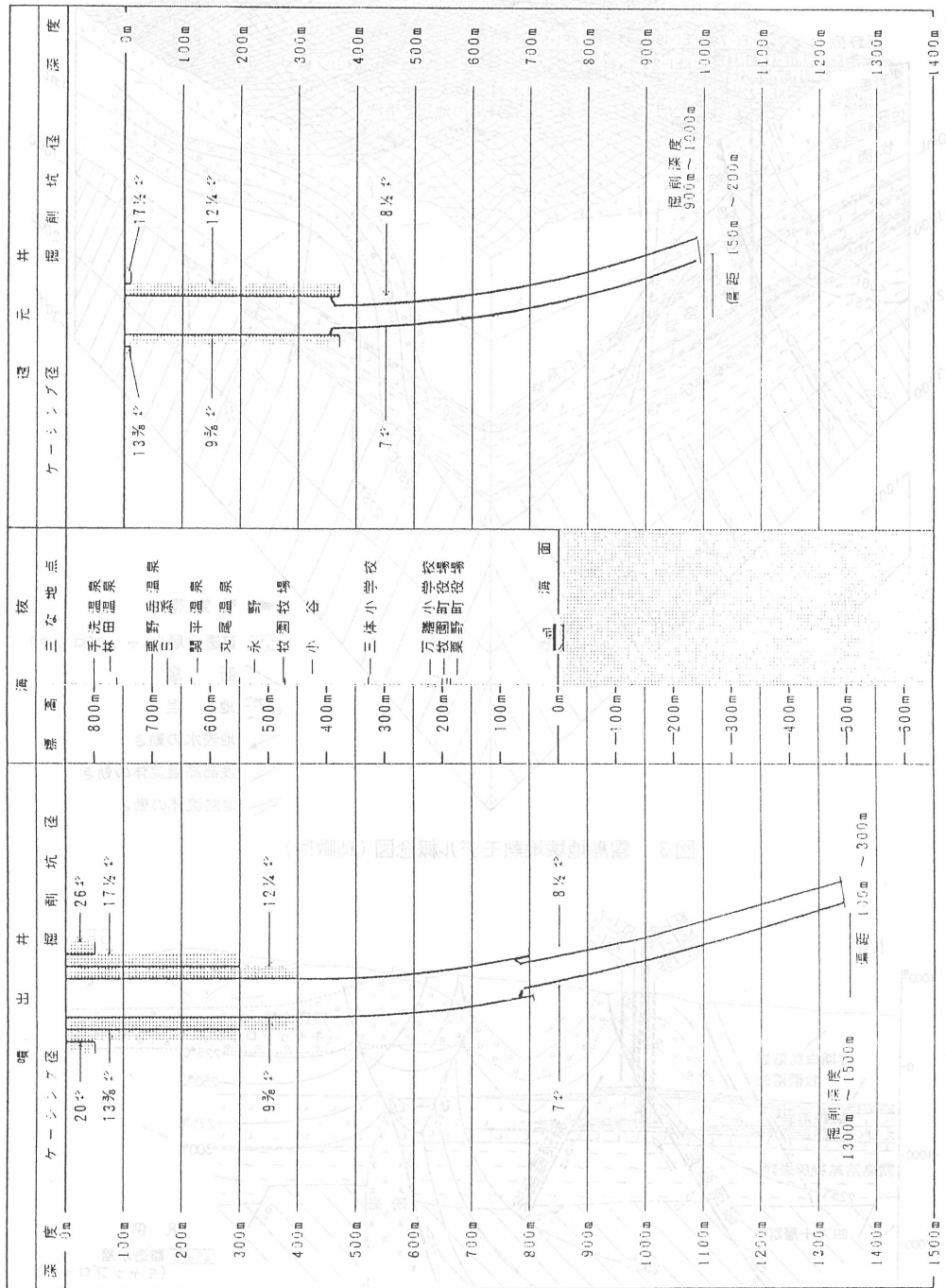


図2 坑井掘削モデル図

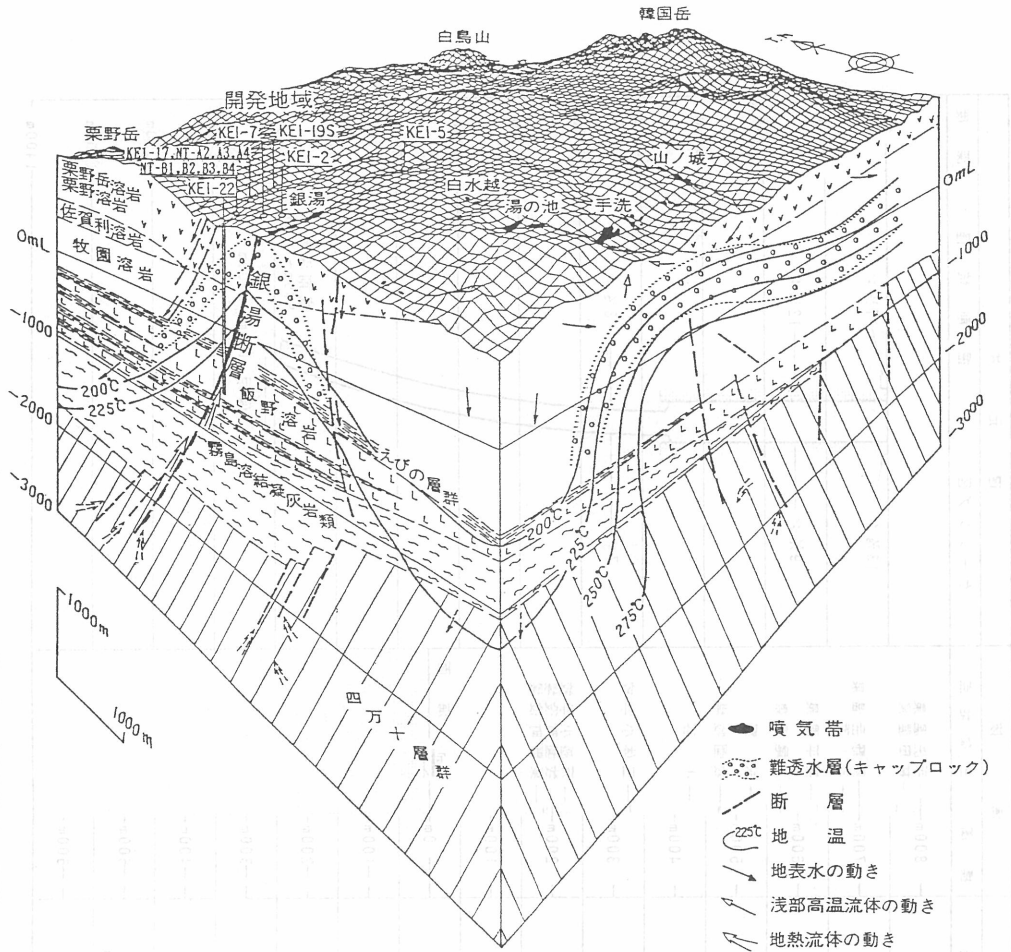


図3 霧島地域地熱モデル概念図(鳥瞰図)

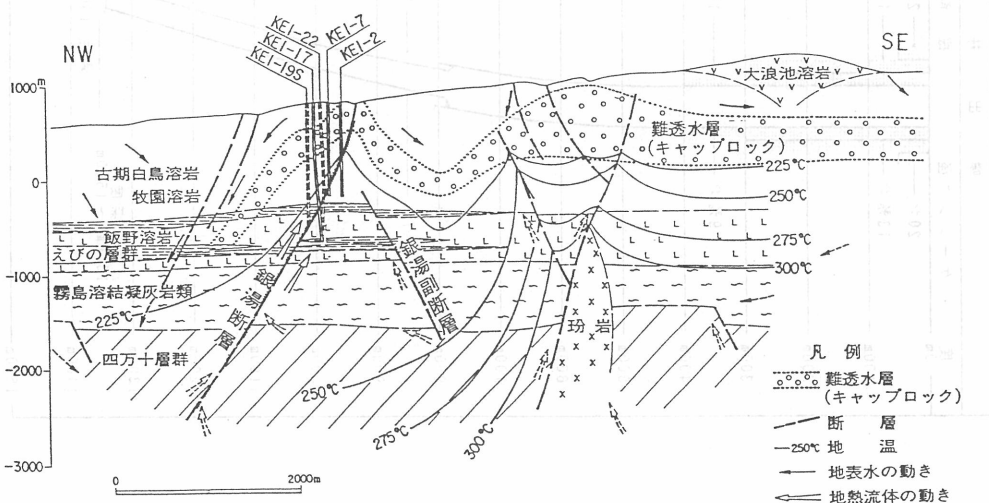


図4 地熱構造模式図

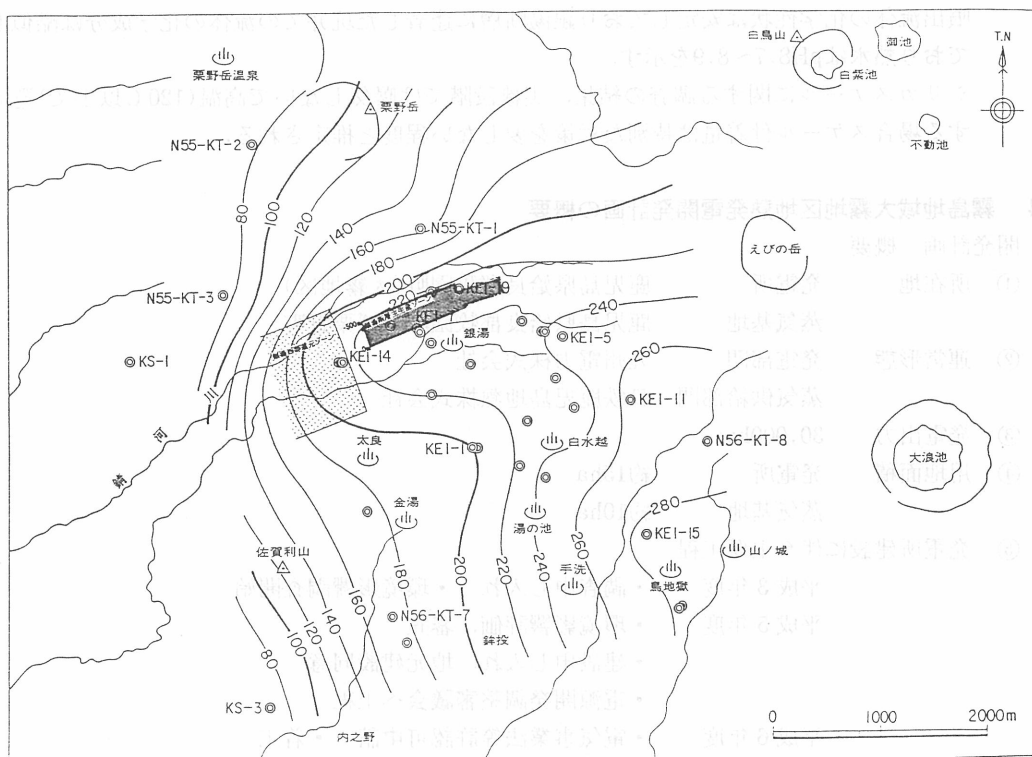


図5 地温温度分布平面図(標高-300m)単位°C

2 資源量

資源量モデル計算と実績の対比によりモデルの信頼性を確認した。

貯留層シミュレーション手法による資源開発可能量は350T/Hr以上×20年以上、発電電力量換算 3.7万kw×20年以上の結果を得た。

干渉、減衰予測に基づき坑井配置面積法による資源量評価は380T/Hrでありシミュレーションと略同量である。

3 資源量の総括

3.0万kwの発電規模に必要な蒸気を量、品質共に確認、実証出来た。

① S 62.1.17～S 62.4.17 4坑井一斉連続噴出試験

KEI-7, KEI-17, KEI-19S KEI-22の実績噴出蒸気量は135T/Hrで開発規模3.0万kwの40%程度の蒸気量を確認した

② H3.9.24～H3.11.25 一斉噴出還元試験

生産井10本 NT-A1, NT-A2, NT-A3, NT-A4, NT-B1, NT-B2, NT-B3, NT-B4, NT-C1, NT-C2, 実績合計蒸気量 360T/Hr

還元井9本 NT-D1, NT-D2, NT-D3, NT-D4, NT-D5, NT-E1, NT-E2, NT-E3, NT-E4, 合計還元電力量 2,300m³/Hr

実績合計還元量 1,400m³/Hr

③ 噴出の長期安定性と噴出流体の品質

前記①, ②の試験の結果長期寿命の予測見通しがえられた。

これまでの調査期間を通じ坑井に起因するトラブルは全く発生していない。

噴出流体の化学性状は安定しており銀湯断層に逢着した坑井での流体の化学成分は酷似しており熱水はpH8.7~8.9を示す。

シリカスケールに関する調査の結果、実機段階では曝気しないで高温(120℃以上)で還元する場合スケール付着量は特別な対策を要しない程度と推定される。

4 霧島地域大霧地区地熱発電開発計画の概要

開発計画 概要

① 所在地	発電所	鹿児島県始良郡牧園町(大霧地区)
	蒸気基地	鹿児島県始良郡牧園町及び栗野町
② 運営形態	発電部門	九州電力株式会社
	蒸気供給部門	日鉄鹿児島地熱株式会社
③ 発電出力	30,000kw	
④ 用地面積	発電所	約15ha
	蒸気基地	約10ha
⑤ 発電所建設に伴う主要工程	平成3年度	・調査申し入れ ・環境影響調査開始
	平成5年度	・環境影響評価・審査 ・建設申し入れ・地元建設同意 ・電源開発調整審議会へ上程
	平成6年度	・電気事業法等許認可申請 ・着工
	平成7年度	・運転開始

III 地熱開発の課題と対応の考え方

1 地熱資源の開発要件と霧島地熱資源の特性

霧島全体として地域、資源は開発要件に充分マッチしていると評価できる。

2 ローカルエネルギーとしての地熱と地域活性化

日本の地熱直接利用-県別、目的別 設備容量

鹿児島県は県別には上位にランクされ且つ養殖漁業、設備園芸と畜産にその用途別特徴がある

3 地熱開発と環境の調和、地域社会との共存

開発調査期間~環境影響調査期間~(建設期間)~(操業期間)の各期間にわたり調和、共存を計っていくことを基本方針としている。

これまで環境等に関する諸調査は行政各機関のご指導と地元のご理解を得ながら資源調査と同様に併行して実施し特に問題はなく推移してきている。

建設前段階の環境影響調査は電気事業法に基づき開発前の環境影響調査を網羅的に実施し且つ開発後の影響をも予測して、全体として開発が環境と調和し地元と共存出来る事をデータにて示し中央官庁及び地元にご理解を戴く事としさらに開発、運転開始後のフォローアップの考え方、実施体制をも示す事としている。

日本を含め世界の地熱開発は既に実用化段階に入った新エネルギーであり地球にやさしいエネルギーとしての立場を確実に果たしている。

表1 地熱資源の要件

大項目	小項目	地熱資源の要件	霧島大霧地域の特性
開発ゾーン	深 度	<ul style="list-style-type: none"> ●坑井掘削深度 ●浅部(1000m深近傍)で優勢で有ることが望ましい 	<ul style="list-style-type: none"> ●比較的浅部で開発可能 (1300~1500m深)
	広 び	<ul style="list-style-type: none"> ●設備(発電設備, 流体輸送パイプライン等) ●通常数万kwが適正規模といわれている ●コンパクトに地上設備がまとまれば, 小規模でも可 	<ul style="list-style-type: none"> ●コンパクトにまとめられる ●少数基地で, 坑井間隔を短くし開発可能
貯留層特性	貯留層温度	<ul style="list-style-type: none"> ●噴出量, 噴出圧力, 気水比を規制する ●蒸気直接利用の場合, 220~280℃であること ●低温では, シングルフラッシュ方式になる ●高温は坑井の制御困難 ●220℃以下では, パイナリー, パイフェーズ発電方式となる 	<ul style="list-style-type: none"> ●232℃——低いレベルである ●シングルフラッシュ方式, 坑口圧力5 ata程度が運転条件として適正となると考える
	貯留層圧力 (水 位)	<ul style="list-style-type: none"> ●噴出量を規制する ●貯留層圧力が高い方が噴出量多い 	<ul style="list-style-type: none"> ●60ata (水位600m深前後)
	産 出 容 量 (Kh)	<ul style="list-style-type: none"> ●噴出量及び干渉, 坑井間隔を規制する ●Khは大きい方が良い 	<ul style="list-style-type: none"> ●Kh=61dm——極めて大きい (5dm以上あれば, ほぼ充分)
	流体性状 (pH)	<ul style="list-style-type: none"> ●中性~アルカリ性(pH7~9)が望ましい ●強酸性(pH4以下)では開発困難 	<ul style="list-style-type: none"> ●熱水pH 8.7~8.9
	シリカスケール	<ul style="list-style-type: none"> ●高温の場合には, スケールの要因となるシリカの溶存が多く, 温度差が大きいと折出しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ●スケールの折出は極めて少ない
生 産 井	噴 出 量	<ul style="list-style-type: none"> ●平均 30T/H/坑井 以上 ●最小 15T/H/坑井 以上 	<ul style="list-style-type: none"> ●初期噴出量 40T/H (5 ata)
	噴 出 圧 力	<ul style="list-style-type: none"> ●坑口圧力5.5ata以下—シングルフラッシュ方式となる ●坑口圧力 7ata以上—ダブルフラッシュ方式も採用出来る 	<ul style="list-style-type: none"> ●シングルフラッシュ方式とする
	気 水 比 (熱水/蒸気)	<ul style="list-style-type: none"> ●気水比は小さい(熱水が少ない)ほど良い 	<ul style="list-style-type: none"> ●熱水量多い
還 元 井	還 元 能 力 と 減 衰	<ul style="list-style-type: none"> ●平均 150m³/H/坑井 ●減衰率 10~20%/年 	<ul style="list-style-type: none"> ●還元能力—160~370m³/H ●水位低く, 還元には有利である ●減衰は10%/年と推定
	還 元 位 置	<ul style="list-style-type: none"> ●深度は浅く, 生産ゾーンと干渉して冷却しない位置が望ましい 	<ul style="list-style-type: none"> ●800~1000m深, 還元ゾーンを生産ゾーンから離して, 冷却を避けることが可能である
立 地 条 件	工事のし易さ	<ul style="list-style-type: none"> ●平坦地形, 進入道路 	<ul style="list-style-type: none"> ●緩傾斜地で開発容易 ●地権者少ない

表2 日本の地熱直接利用 (道県別地熱直接利用の設備容量, 1990年1月)

	暖房給湯 (MWt)	設備園芸 (MWt)	養殖漁業 (MWt)	道路融雪 (MWt)	プー ル (MWt)	工 業 (MWt)	畜 産 (MWt)	合 計 (MWt)
北海道	9.47	23.09	0.92	3.81	0.65	0.45		38.29
青 森	0.73	0.12	0.03	1.40				2.28
岩 手		3.22						3.22
宮 城	0.19	1.65	0.03	0.74				2.61
秋 田	0.65	7.19	1.21	1.18	1.33	0.82		12.38
山 形	0.08	0.00	3.29	1.18				5.18
福 島					1.95			1.95
群 馬	4.44			1.81	0.39			6.64
栃 木	0.09	0.05		0.05				0.19
長 野	1.85	0.40		1.14	0.01			3.40
静 岡	0.86	1.27	3.58				0.10	5.81
岐 阜	16.37	0.05	1.41	0.52	0.21			18.56
兵 庫					0.09			0.09
和歌山			0.17					0.17
岡 山	0.12	0.02						0.14
島 根			0.01	0.35				0.36
山 口		0.20						0.20
佐 賀		0.01						0.01
熊 本	0.96	0.93	1.06					2.95
大 分	12.55	20.52	4.24					37.31
鹿児島	3.45	8.24	12.92		0.08	0.02	0.10	24.81
合 計	51.81	66.96	28.87	12.81	4.71	1.29	0.20	166.65

地熱発電所別二酸化炭素放出量

地熱発電所	kWh 当り二酸化炭素排出量
森	146 (g/kWh)
大 沼	6
松 川	90
葛 根 田	4
鬼 首	28
大 岳	28
八 丁 原	37

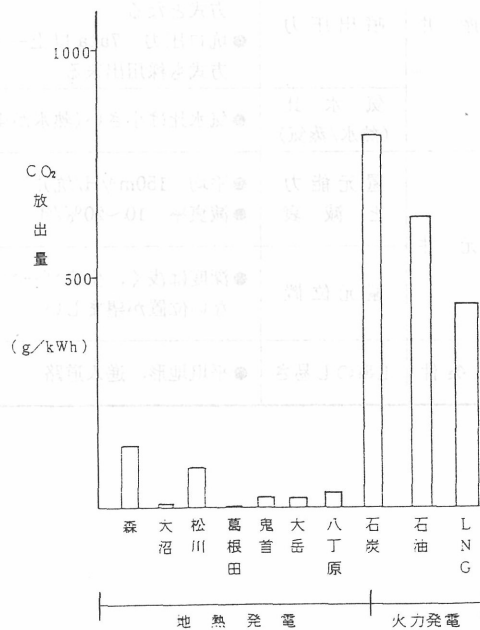


図6 kWh当り二酸化炭素排出量の比較

既開発済実用化技術の中の環境技術に加えて資源開発技術の重要な部分としての環境技術開発を業界として今後とも取り組んでいく必要がある。

IV その他関連事項

1 簡易型中小地熱発電設備

NEDO〔新エネルギー産業技術総合開発機構〕が鋭意推進中の表記設備の実証試験に関し霧島地域大霧地区のKE1-19S坑井を活用し設計、製作、運転について1987～88の2ヶ年にわたり受託、協力した。

尚同機は現在霧島国際ホテルに移設して長期実証試験を継続実施中である。

2 鹿児島県資源開発協議会

表記協議会のローカルエネルギー部会に所属し県下に賦存する地域資源の開発、高度利用、企業化に関し地熱資源の発電利用と併せて地熱多目的利用についても協力、提言してきている。特に、

H2年度委託調査研究「地熱熱水多目的利用施設の実情、問題点の調査研究」

H3年度委託調査研究「地熱多目的利用の高度化」

H4年度委託調査研究「地熱熱水多目的利用システムの調査研究」

を受託実施し協議会活動に資すると共に近い将来当社プロジェクトの本格化に伴い地元の多目的利用に関し開発展開への援助、協力の準備を整えていく。

おわりに

霧島プロジェクトを推進してきた遅い歩みではあるが資源量実証確認の大きな峠を越えて次のステップに邁進している。平成6年には大霧地区での本格的な地熱発電設備への建設に着手、推進出来る様にした。

開発調査に着手した時期に比べ社会構造は脱工業化、ハイテク化、サービス化へと変遷し、ライフサイクルは大きく変化し個性ある需要、余暇時間の活用、人と人との関連へのサービス等への対応が必要になって来ている。

温泉との共存、環境との調和をはかりつつ地熱発電を実現し更に地元地域社会と共存共栄出来る地熱エネルギーの総合活用へと幅を広げる発想に富み、魅力溢れる事業の芽を情熱を傾注して育てていきたい。

参考文献

- 1) 児玉牧夫, 中島完: 開発地域霧島地区における探査手法の評価 地熱 vol.24 No.5 (Ser.100)
- 2) 児玉牧夫, 中島完: 霧島地域の地熱開発調査 地熱 vol.25 No.3 (Ser.103)
- 3) 新エネルギー財団: 地熱開発技術マネジメント研修会資料 平成1年度 NEF
- 4) 同上 平成2年度 5) 同上 平成3年度
- 6) 新エネルギー産業技術総合開発機構: 期待される地熱開発 NEDO
- 7) 日本地熱調査会: わが国の地熱発電の動向 1991年版
- 8) 新日鐵 技術開発本部 中島浩衛: 地球環境, エネルギー問題と材料