

国連新・再生エネルギー会議に向けての地熱技術パネル

高島 勲 (地熱熱部)
Isao TAKASHIMA

1. ま え が き

1978年12月の第33回国連総会において 標記の国連会議が行われることが決議され 続く第34回総会で 開催地としてケニアの首都ナイロビ 時期は1981年8月とすることが決定された。この会議は開発途上国の将来のエネルギー需要を満たすため 新および再生可能なエネルギーの開発 利用促進措置を検討することが目的であり そのための基礎として 各種新・再生エネルギー技術の現状分析 利用可能性の確認 経済性の検討 技術開発の促進等について討論することになっている。

この本会議に提出される議案書の基礎となる上記問題の検討のため 次の8つの技術パネルの設置が決められた。

- ① 太 陽
- ② バイオマス
- ③ 風 力
- ④ 地 熱
- ⑤ 水 力
- ⑥ オイルシェール・タールサンド
- ⑦ 燃料木・木炭
- ⑧ 海 洋

各パネルは2回の会合が予定されており 地熱に関しては 第1回の会議が1979年12月10日—14日までの5日間ニューヨークの国連本部で行われ 筆者も参加した。

ここでは その内容を簡単に紹介するとともに 第2回の会議に向けて行った取りまとめ作業の一部を報告する。

なお この取りまとめのためにデータをまとめていただいた日本地熱調査会 地熱開発促進センターの方々 有益な助言をいただいた資源エネルギー庁火力課 地質調査所地熱熱部の方々そして会議出席についていろいろお骨折りいただいた工業技術院サンシャイン計画推進本部 国際研究協力課の方々にお礼を申し上げます。

2. 第1回地熱パネルの概要

会議には 各国から専門家9名 会議事務局そして UNESCO UNDP など各関係機関の担当者が出席した(第1表)。議長には Dr. S. MERCADO (メキシコ) 内容

の取りまとめ役に Dr. R. BOLTON (ニュージーランド) が選出された。

討議は 国連事務局の地熱専門家 Dr. J. R. Mc NITT が問題を提起し 各委員がそれに答えるという形を主体に進められた。内容は 次に述べるように資源問題から掘削 有効利用 経済性そして開発途上国での開発まで著しく広いものであった。

2.1. 世界の地熱資源

地熱エネルギーの概念が最近広くなり 既存の蒸気・熱水型に加え 高温岩体 地圧水 深層熱水 そしてマグマまで考えられるようになってきている。これらの各資源をどのように定義づけするかが問題となっているが 当面は蒸気・熱水に深層熱水を加えたものを考えれば良いのではないかとの結論になった。

世界の地熱資源の評価は 各国のデータを集めて作るという案も出されたが 時間的にも無理なので 米電力研究所が熱流量から推定した全世界の資源ベース(150°C以上の部分で効率3%として 9.6×10⁴万kW・百年)について 次回までに検討することになった。一応の問題として 火山周辺の高温部と3 km 以深が評価されていないことが指摘された。

2.2. 開発地点の評価・探査技術

地点評価・探査にはさまざまな種類があるが 有効性が広く認められる方法について意見を交換した(このことは 開発途上国の探査費用の算出に必要な要素である)。その結果 広域的な探査には衛星 航空写真データの分析 個別地点の探査・評価には 電気探査と化学的温度計法が有効であると認められた。その他の方法は地域の特性に合わせて選択実施すべきであるとされた。

2.3. 掘削および井戸仕上げ

2・3の国で掘削時の失敗が報告されたが 最近ではそのようなことはほとんどない。現在開発中の資源に関しては 井戸仕上げ用のセメントもポルトランドセメントで良く ほとんど問題はない。

第1表 参加者名簿

専 門 家	
BOLTON, R.S.	Ministry of Works and Development, NEW ZEALAND
KHELIF, B.	Ministre de l' Energie et des Industries Petrochimiques, ALGERIA
BROWNLEE, R.R.	Los Alamos Scientific Laboratory, U.S.A.
CERON, P.	Centro Picerca Geotermica, ITALY
ISMET-AKIL	Pertamina, INDONESIA
MERCADO, S.	Instituto de Investigaciones Electricas, MEXICO
PALMASON, G.	National Energy Authority, ICELAND
TAKASHIMA, I.	Geological Survey of Japan, JAPAN
WAIREGI, W.J.	Mines and Geological Department, KENYA
国 連 会 議 事 務 局	
BI, JILONG	Department of Technical Co-operation for Development, UN, U.S.A.
LOVEJOY, D.R.	Division of Natural Resources and Energy, UN, U.S.A.
Mc NITT, J.R.	Division of Natural Resources and Energy, UN, U.S.A.
SUBBA RAO, G.V.	Dept. of International Economic and Social Affairs, UN, U.S.A.
関 連 国 連 機 関 ・ オ ブ ザ ー バ ー	
BERESOVSKI, T.	UNESCO, FRANCE
FALLEN-BAILEY, D.	World Bank, U.S.A.
GROENEVELD-MEIJER, W.J.	UNDP, U.S.A.
KOMISSAROV, G.	UNIDO, AUSTRIA
LARBI, M.A.	Ministere de l' Energie et des Industries Petrochimiques, ALGERIA

2.4. 貯留層評価技術

石油にくらべ 貯留層評価はあまり進んでいない。しかし 日本 米 伊などの各国で検層機器 (高温用 >250°C) の開発が進められ 他方で地下還元による実際の熱水流動の追跡など行われることにより 相当急速な進歩が認められた。

2.5. 排水の有効利用

小規模なものは各国に認められるが 大規模なものは実験中のものが多い。日本では1 MW 2タイプのパイナリー発電システムの実験が終わっており 米 伊などでも直接接触式熱交換器 トータルフロー発電などの実験が行われている。

有効利用技術は多くの項目が研究中で まだ利用法が確立されていないため 一般にその利用がむずかしいとの印象を与えているが そのような機器の開発がなくても利用可能であることを示すべきだとの指摘があった。

しかし 日本では 排水を全面的に地下還元しており 還元井を詰まらすおそれのある有効利用には慎重になっている。

2.6. 環境問題

インドネシアではボロンの毒性が問題となっている。熱水についてはとにかく 地下へ還元することが一番良いという結論になった。

日本では 環境問題は汚染以外に景観の問題があるが 出席各国からはこの点についての意見はなかった。

2.7. 発電原価

第2表に示すような値が各国から示された。また 開発の各段階毎に必要なとされる金額を見積って発電コストを算出した (第3表)。これから 1979年ベースの発電単価として 3.55円~10.25円という値が求められたが (日本は算出基準が異なるので 9~17円/kwh) この数字は

第2表 各国の地熱開発費の実例 (特記以外は1979年基準—過去のデータは1979年に換算)

ITALY (1978)

探査費		
広域 (10,000 to 100,000 km ²)		10/km ²
中域 (1,000 to 10,000 km ²)		840-1,200/km ²
地点 (10 to 100 km ²)		1,920-2,400/km ²
掘削費 1,000-1,500m 生産井		180/m
発電プラント		
背圧型		96/kw
復水型		144/kw
運転・補修費		0.0006/kwh

MEXICO

掘削費 3,000m までの生産井 1本	240,000-360,000
Cerro Prieto の第2期75MWプラントの建設費	216/kw

JAPAN

発電コスト	0.012/kwh
掘削費 1,000m までの生産井 1本	約 240,000

INDONESIA

掘削費 1,500m までの生産井 1本	132,000(1978)
----------------------	---------------

NEW ZEALAND

	Wairakei	Broadlands
探査・生産井掘削	49	30
坑口装置・パイプライン	59	52
発電プラント	191	168
排水処理	11	7
土地代	12	28
運転費	9	1
合計	331/kw	286/kw

(単位 千円 1\$=240円)

第3表 開発各段階の費用見積りと発電コストの試算

項目	建設費 (千円/kw)		発電コスト (円/kwh)	
	国連	日本	国連	日本
探査	2 — 5	14 — 40	3.6 — 10.3	9 — 17
生産井掘削	36 — 120	80 — 160		
坑口装置・パイプライン	7 — 58	30 — 60	a) 消却期間: 生産井・還元井15年, 発電プラント30年(建設費×8.18%) b) 金利: 12% (8%) c) 運転・補修費: 生産井と発電プラント価格の合計×1.5% (5.5%) d) 利用率: 年間85%	() ……日本の計算根拠
発電プラント	96 — 180	120 — 200		
排水処理・還元	7 — 48	40 — 100		
合計	148 — 411	284 — 560		

- 1) 想定発電所規模は国連試算 50—350MW, 日本50MW程度
- 2) 算定基準年は1979年
- 3) 探査開始から発電開始までの期間は5—10年程度とする
- 4) 1ドル240円

第4表 日本の高温地熱地域 (地下温度180°C以上が確認されたもの)

No.	地点名	位置	確認資源量 (MWt)	電氣出力 (MWe)		最高温度 (°C)	エンタルピー (KJ/kg)	推定資源量 (MWt)	備考	文献
				*2	*3					
1	松川	岩手(119)	22.0 (22.0)	*4 7	*5 945-1,501	250			蒸気卓越系	No. 1-6 (未公表データ)
2	大沼	秋田(119)	8.6 (10.0)	5 (4)	1,260-1,767	275				
3	葛根田	岩手(119)	50.0 (50.0)	11 (15)	887-1,600	289				
4	鬼首	宮城(123)	12.5 (25.0)	12 (2)	112- 378	288			蒸気卓越系	
5	大岳	大分(172)	11.0 (11.0)	4 (8)	350-1,300	211				
6	八丁原	大分(172)	55.0 (50.0)	6 (11)	739-1,600	241				
7	小安	秋田(123)	2.8	1 (1)	1,304	284	1,804	1,431	*6 別に10-15本の井戸が企業により掘削されている(未公表)	No. 7-16 地熱開発促進センター (1976, 1978, 1979)
8	澄川	秋田(119)	6.9	1 (1)	1,001	234	988	477		
9	秋ノ宮	秋田(123)		3 (1)	1,002-1,370	269	687	238		
10	岳の湯	熊本(172)	22.0	5 (1)	242-1,000	214	1,067	392		
11	薩南	鹿児島(181)		1 (1)	500	247		544	別に5本の井戸が企業により掘削されている(未公表)	
12	焼岳	岐阜(153)		2 (1)	800-1,000	185	431			
13	肘折	山形(124)		1	500	218				
14	霧島	鹿児島(179)		2	500-1,550	208			No. 13-15 噴出テスト不許可	
15	伽藍岳	大分(172)		1	601	228				
16	白根	群馬(144)		2	1,265-1,301	236			No. 12, 16, 17 地熱流体なし	No. 17 日本地熱調査会(1976)
17	豊羽	北海道(106)		2	500	211				
18	大白川	岐阜(154)	6.0	6	200- 700	205	2,721			No. 18-19 地熱別冊第3号(1970)
19	那須	栃木(135)	1.9	2	106- 190	194				
20	阿蘇	熊本(174)	14.3	2	450- 512	187	2,721			No. 20 山崎他(1978) No. 21 佐藤(1980)
21	濁川	北海道(110)		6 (3)	430-1,600	=240			各井戸の詳細は未公表	
			合計 159.1 (MWe) 53.9 (MWt)	*2			合計 3,513			

*1 日本地熱資源賦存地域分布図(地質調査所 1980)の地熱地域番号
 *2 認可出力(1980年5月1日現在)
 *3 設置容量
 *4 生産井(発電所) 蒸気噴出または180°Cを超える温度の井戸の数
 *5 還元井の数
 *6 推定資源量は体積法で求めた。

既存の火力 原子等と十分対抗できるものである。

2.8. 開発途上国の地熱開発上の問題点

開発途上国の地熱利用の特徴としては 辺地で小規模のものが多い。このため 小型発電機について各国から意見が出された。日本は そのような小型システムは商品として作られており 商業ベースの運転実績 コスト等は次回まで集めることとした。イタリア インドネシアでは 1~2 MWのものを運転しており メンテナンスフリーであることが強調された。詳細なデータは同じく次回までに調査することになった。国連事務局によれば 50¢/kwh 以内であれば 辺地のデーゼル発電より有利であるとの試算がなされた(同時に石油の消

費が0であることも大きなメリットとなる)。

開発途上国への援助に関しては 国連で10年間にわたって実施してきたが 予算的に厳しく World Bank の方で策を考えてもらいたいとの意見が国連担当者から出された。実際 開発途上国では初期の探査費用を自前で出すことはむずかしいが この点は UNDP World Bank EC OPEC 等の援助で解決されることもある。

2.9. その他

情報交換に関する希望がアルジェリア アイスランド メキシコから出され UNESCO で検討することになった。インドネシアはこの点について アジア太平洋地域では ESCAP が一応の役割を果せるかもしれないと述

第5表 日本の低温地熱資源の利用

利用形態	地名	泉源		エネルギー(J/day) *1		備考	文献
		温度(°C)	湧出量(L/min)	温泉からの放出熱量	実使用エネルギー		
I 総量	別府, 指宿, 草津等 (1624カ所)			3.87×10^{14}	$\approx 3 \times 10^{14}$	浴用を主とし 暖房 給湯 融雪など多くの目的に使用	角(1977 a, b) 角(未公表)
II 個別使用							
1. エアコンデション	別府 大分県	120	50t/h (蒸気)			ホテルのエアコンデションング	地熱エネルギー(1978)
2. 給湯・暖房	十和田 青森県	70	840	2.8×10^{11}	1.8×10^{11}	パイプライン 11.5km	UNESCO(1970)
	大川 静岡県	70	1,320	4.4×10^{11}	2.8×10^{11}	パイプライン 12km 3,000戸の給湯	"
	浮山 静岡県	40	720	1.1×10^{11}	2.2×10^{10}	55°Cまで加熱して利用	"
	青森 青森県	60	1,320	3.6×10^{11}	2.0×10^{11}	旅館34戸 一般家庭 140戸へ給湯	"
	上宝 岐阜県	70	3,300	1.1×10^{12}		パイプライン 7km	未公表データ
	望月 長野県	28	600	3.7×10^{10}		65-80°Cに加熱して利用	地熱エネルギー(1978)
	諏訪 長野県	(60)	(6,305)		1.7×10^{12}	パイプライン32km 2,000戸の旅館	長田(1979)
	草津 群馬県	(56)	(135)		3.3×10^{10}	家庭へ給湯(1979)	伊藤他(1979)
		54	296		7.0×10^{10}	パイプライン26.4km 600戸の旅館	
						家庭へ給湯(1978)	
	大岳 大分県	(70)	(3,333)		1.11×10^{11}		荻原・関岡(1974)
	松川 岩手県	(70)	(1,000)		3.32×10^{11}	地熱発電所排水・蒸気の熱交換水の利用	"
	大沼 秋田県	(65)	(250)		7.53×10^{10}		"
3. 道路融雪	定山溪 北海道	76-83	150			延長1,328m 面積10,400m ² (1978)	地熱利用研究委員会(1979)
	上宝 岐阜県	80			他の利用エネルギー中に含まれる	延長 600m 面積 1,350m ² (1977)	"
	山ノ内 長野県					延長 300m 面積 1,800m ² (1978)	"
	草津 群馬県	56	250			延長 210m 面積 717m ² (1978)	"
4. 産業利用	指宿 鹿児島					醸造	
5. 農・水産利用	南伊豆 静岡県	115	300	1.8×10^{11}	1.4×10^{11}	養鶏場 8,000羽	荻原(1970)
	南伊豆 静岡県	93	100	4.8×10^{10}		温室 595m ²	荻原(1970)
	熱川 静岡県	105	2,000	1.1×10^{12}	8.4×10^{11}	ワニ飼育 観光植物園	荻原(1970)
	鹿部 北海道	86	1,230	5.3×10^{11}		温室 1,880m ² ウナギ・コイ養殖	"
	指宿 鹿児島	75	1,500	4.5×10^{11}		温室 43,000m ²	

*1 熱量は 15°Cまで利用するとして計算

*2 カッコ内は熱交換された清水・河川水等についての値

べた。

3. 今後の作業

第1回の会議で討議された内容をより具体化し さらに詳細なデータを最終報告に盛り込むため 1980年11月に予定されている第2回の会議までに各国の資料をできるだけ集めることとなった。日本についても 次のような項目についてデータを採取し 取りまとめを行うことになった。

- ① 高温資源および多目的利用のための温水資源 (開発量 確認量 資源量 評価法等)
- ② 深部 新種 (高温岩体 マグマ等) 資源の評価

- ③ 総合地熱図の作成
- ④ パイナリー発電等新発電方式の解析・評価
- ⑤ 泥水 セメント 検層など関連技術の検討
- ⑥ 開発途上国向け小型発電機の検討
- ⑦ 経済性の検討
- ⑧ 研究組織 予算 開発途上国への研修等

以上の問題については できるものについては なるべく統一した形でまとめることが望まれており 高温地熱地域の記載などは一応原案的なものが示されている。第4表は この形式に従って日本の高温地熱地域をまとめたものである。多目的利用に関しては このような方式の統一はむずかしく 特に日本の場合には 小規模な温泉利用が全国に分布しており 今回のまとめでは

泉源からの総放出エネルギーの評価と各種利用の一部を記載する(第5表)に留まっている。

今後 地熱開発の進展に伴って どの程度の地熱エネルギーが実際に使われているかを統一的に把握することが重要になるものと思われる。 そのための基礎として統一方式の検討が必要であろう。 同時に 地熱地域あるいは多目的利用の総括的な報告には 統一された形式のデータ表に要求される項目を必ず記載することが望まれる。

以上述べた資源に関する項目の一部 そして第3表に示した経済性の検討の結果以外については 現在作業を進めており その内容は別の機会に報告する予定である。 なお 第4 5表の内容に関する文献も 総括的な報告に掲げることとし 今回は省略させていただいた。

4. おわりに

原油価格の急上昇は 先進諸国はもちろんだが それ以上に開発途上国の経済に対してより重大な影響を与えている。 このような状況下 石油以外の安く 安定したエネルギーの開発は 開発途上国のみならず先進諸国を含めた世界経済の正常な発展のための最重点の課題といつてよいであろう。 地熱エネルギーは 国連の援助活動ですでにエル・サルバドルやケニアなどの国々において利用が始まっており 新・再生エネルギー会議を契機に より一層開発が促推されることが望まれる。

同時に 日本をはじめ アメリカ イタリアなど地熱先進国にとっても 地熱パネルそして本会議での討論が技術面での総括となり 将来の地熱エネルギー開発に資するところが多いものと期待される。

地学と切手



中米エル・サルバドルの
サン・ミゲル火山切手

P. Q.

サン・ミゲル (San Miguel) 火山はエル・サルバドルの東南部にあって 標高2,132mの孤立した円錐形の火山で 絶えず噴煙を上げている。 世界で一番古い火山切手は1867年にエル・サルバドルで発行されたこの切手といわれている。 もっとも1862年にニカラグアがモントンボ火山を 1863年にボリビアがポトシ火山を画いたという切手を発行しているが いずれも叙章的であり現実的でないの。 最初の名誉はやはりサンミゲル火山のものである。 この切手は4種1組で エル・

サルバドル最初の切手であるが サン・ミゲル火山はその後もしばしば切手の図案として採用された。

この火山は1586年にはすでに頂上部が破壊されて火口からは噴煙が上がっていたが それ以前には山頂は尖っていたといわれているので 1586年の遠くない以前に山頂部を破壊した大噴火があったものと想像される。 それ以後は山頂火口から噴煙を上げる活動が多く 熔岩流は主に側火口から 1699 1778 1844 1855 1867年に流出して山麓に拡が

り 1884年と多分1931年には山頂火口から噴出した。 非常に激しかったのは1844年の噴火だった。 熔岩の大部分は橄欖石普通輝石玄武岩である。

- 1r 1867年 最初の4種のうちのひとつ、火山を画いた切手としては世界最初
- 1c 1891年 発行10種のうちのひとつ
- 1c 1896年 発行自由の女神とサン・ミゲル火山
- 5c 1896年 発行
- 50cと70c 1967年 切手発行100年記念2種