

## アメリカにおける地熱国際会議に出席して

馬場 健三

はじめに

昨年(1973年)10月1～5日アメリカにおいて地熱開発に関する国際会議が行なわれた。筆者は日本の出席者としてこれに参加する機会をえた。まず会議の経過を紹介しよう。会議はCCMS地熱会議とよばれるものでNATO加盟国をメンバーとしたCommittee on Challenges of Modern Societyとして行なわれたものである。会議の目的は地熱エネルギー開発についての国際協力計画の設立を議論することであった。会議はアメリカ原子力コミッションによって開催された。実際のホストはカリフォルニア大学のローレンス・リバモア実験所であった。

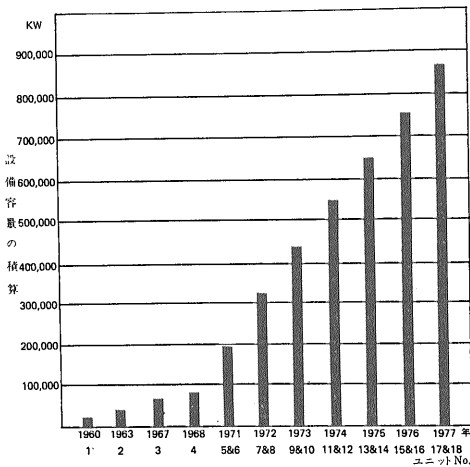
会議の出席者の構成は会議開催国アメリカの他11カ国とECの代表が加わるという国際色豊かなものであった。カナダ 西独 フランス アイスランド イタリア ポルトガル トルコおよびアメリカ合衆国のNATOに属する8カ国から43名の専門家が出席し それに加

えるにアメリカよりの特別招待として非NATOの日本 メキシコ ニュージーランドの3国とECから計9人の専門家が参加した。日本からは筆者が唯一人の出席者であった。

ここに掲げた写真は会議の初日の会場にあてられたローレンス実験所でもったもので右端の中段に会議の議長として活躍したJ. H. HOWARD博士がいる。前列の右より7人目が筆者で それより2人おいて10人目にアメリカ地質調査所のMUFFLER氏の顔が見える。全員にこここしているのはシャッターがきられる寸前に通りがかりの若者が「チーズ」と大声をはり上げたための爆笑のおかげのようである。来日してわが国の地熱関係者におなじみの顔を見られる。ニュージーランドのELLIS博士 イタリアからアメリカに移ったFACCA氏 ドイツのKAPPELMEYER氏らである。



会議出席者一同そろっての記念写真



第1表 ガイザー地熱発電所の設備容量の増加経過と今後の予定

### 会議の日程

会議は 10月1日から5日の5日間にわたって行なわれたが 第1日目は カリフォルニア・リバモアのローレンス実験所の会議室を会場とした。朝9時よりはじめられ この会議の議長をつとめたアメリカの J. H. HOWARD 博士の開会のあいさつよりはじめられ 午前中はアメリカ側の講演と会議スケジュールの説明 午後前半には同じく会議主催国として議題の提案がなされた。後半においてはまず NATO 加盟国の提案とコメントが国名のアルファベット順に行なわれた。その後非 NATO 国である日本 メキシコ ニューゼーランドそしてEC の代表の発言が続けられ自由討論がなされた。用語は英・仏語でそれぞれ同時通訳がつけられた。同日の夜のデイナーには アメリカのガイザーの地熱開発を行なっている ユニオン・オイル会社の地熱部門のマネージャーである Carel OTTE 博士の演説もあるという

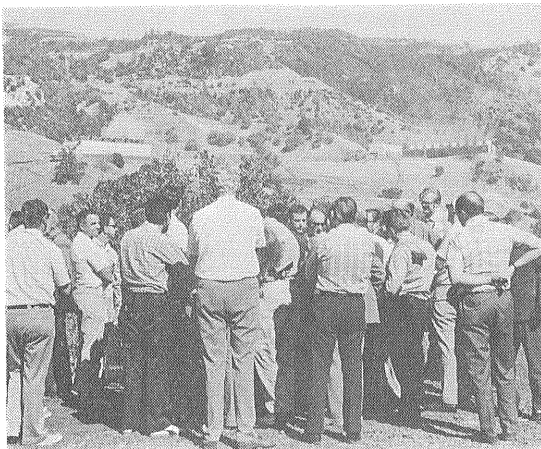
盛りたくさんの一日となった。この日の会場となったカリフォルニア大学のローレンス・リバモア実験所はサンフランシスコより バスで約1時間の静かな郊外にあり 1952年以来アメリカの原子力コミッションとの契約にもとづき カリフォルニア大学によって運営されている研究所である。

第2日目は有名なガイザー地熱地域の見学にあてられた。早朝チャーター機にのって出席者のほとんど全員が参加した。ガイザーの地熱発電所については本誌でもすでに紹介されたことがあるが 蒸気井より蒸気を取り出す会社と発電を行なっている会社が別々になっている。総出力 396,000kW とのことで 1974年および75年の2年にそれぞれ 106,000kW の増設が予定されている。左上の第1表はガイザー発電所に紹介されている設備の発展の数字であり 1910年にはじまったこの地域の地熱発電は 今日では先行のイタリアのラルデレロやニューゼーランドのワイラケイ発電所をその設備出力の大きさで抜き世界一の座を確保した。

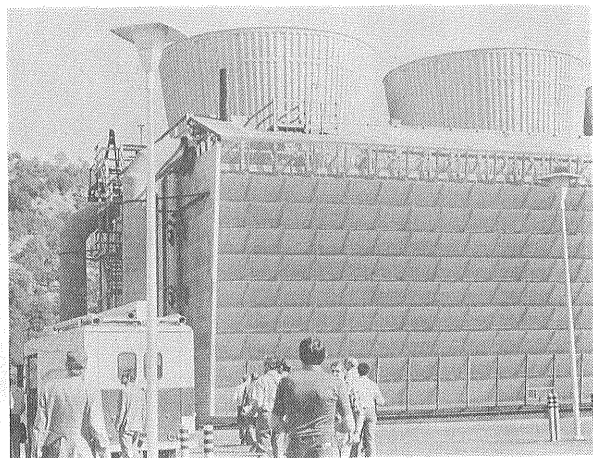
我々は発電所を運転している PGE 会社の技術者と蒸気井を担当するユニオン・オイル会社の技術者の説明を聞き現地の見学を行なった。

会議の第3日目は カリフォルニア南部の地熱地帯の見学にあてられた。即ちインペリアルバレーの名で近年アメリカがその開発に力を入れている地域である。Holtville/East Mesa と Salton Sea の両地域を訪問した。

第4日目は 国境を越えてメキシコに入国しメキシコのセロプリエトの地熱発電所の見学にあてられた。この発電所には37,500kW のタービン発電機が2機設置さ



ガイザー地熱発電所遠景



ガイザー発電所の1つの近景 冷却塔を収容した建物

れ 訪問した時はそのうちの1機の試験運転が行なわれるという時であった。メキシコのこの地熱地域についての地熱探査の説明や発電設備の話などがメキシコの技術者よりなされた。

会議の最終日である第5日目は 場所をサンディエゴ市内のホテルに移し 最終討論がなされた。午後2時すぎに議長報告がまとまり この会議の全日程が終了した。

**提 案**

会議の第1日にアメリカ側で用意された4つの提案が提出された。それらは

- (1) 情報交換の手段
- (2) 地熱資源の発電以外の利用
- (3) 地熱流体の脱塩化
- (4) 小規模発電所の開発

である。以下に各項目毎に説明を加える。

**(1) 国際的地熱情報センターについての提案**

オークリッジのナショナルラボラトリーの R. N. RYON 博士によって説明がなされた。地熱に関する公開された情報は 現在のところ散逸しているし不完全であるがその理由として次の事が考えられる。少数の例外を除けば 地熱は現状では小規模に開発されているものにとりすぎず 各開発地域の全体的エネルギー需要への貢献が結局は小さいものであること それに関係する科学および技術の分野が広いことなどそれらである。そしてその結果公開される情報はそれほど多くなく しかもそれらは数多い種類の専門誌に分散されているということになる。その上世界の各地域における地熱探査と開発は発

電所の建設より早い時期に行なわれるので そういう時期での情報の公開はあまり行なわれないのが通常である。他方地熱は各国で開発されそこで消費されるものであるから 他国の脅威になる性格をもっていない。従って国際協力が成り立ち易い条件をもっている。以上のような論旨で地熱情報についての国際情報センターの設立が提案された。各国の専門家が相寄り きめられたフォーマットでデータバンクを作り それをまた各国の関係者が適当に利用できる機能を作ろうというのが主旨であるが 実際化にまつわる問題も多いことが指摘された。

**(2) 地熱資源の電力生産以外の利用についての提案**

この提案はアラスカの W. E. OGLE 博士によって行なわれた。激増するエネルギー需要予測をまず説明し 地熱エネルギーの直接利用の有利さが強調された。これはもちろん電力変換の効率を考慮すれば そのまま使用できれば 当然有利であるわけである。電気が何故有利なエネルギーの形態かといえば 清潔であること 設備資金が少なくすむこと 利用に便利であることなどがあげられるが アイスランドにおける地熱流体利用の住居の暖房の例を見ると上記諸特性を満足している。従って今後各国でこのような地熱の利用をもつと積極的に考えて行くべきであるという主張がなされ その促進のための研究の委員会の設立が提案された。暖房用 ある種の化学工業用 魚の養殖用 グリーンハウス用 冷房用などに地熱流体の直接利用が大規模にとり入れられる可能性が考えられるので その促進策を考えようというのがねらいである。

**(3) 地熱流体の脱塩化についての提案**

カリフォルニアのインペリアバレーの地熱開発計画は



メキシコ セロプリエト地熱発電所



メキシコ セロプリエトの地熱井の1つと見学する会議出席者たち (ウェット蒸気がえられている)

アメリカ政府の開拓局によって行なわれているものでその計画の雄大さは正にアメリカならではのものといえよう。内務省開拓局の W. C. KLOSTERMEYER 氏はこの計画によってすすめられつつある現況について説明をすると同時に 関心ある各国の協力の提案を行なった。

インペリアバレーにおける地熱開発計画（高塩分含有の熱水より ま水をえて沙漠地の用水に使用すると同時に大規模な地熱発電を考える）については 最近の地熱関係のニュースでしばしば紹介されているので ここであらためてふれることはさけることとする。現在開拓局によって作られてある地熱流体の脱塩装置は 2つの井戸と2つの脱塩装置 すなわち多段フラッシュ装置と垂直管の蒸発器である。ただしそのうち1つの井戸は廃水用の注入井として使用されている。インペリアバレーのメサ異常地（探査の結果見つけ出された異常地）のこの2本の井戸は 約440mの距離をへだてて掘削された井戸で 1972年に1号井が完成した。約2,410m深度のもので 2,190mから坑底まで $9\frac{5}{8}$ インチの孔明管が入れられてある。坑底温度約204°C 圧力218kg/cm<sup>2</sup>gと記録され 噴出時には0.7kg/cm<sup>2</sup>gにて107°C約46トン/時間の流量である。塩分濃度は20,000ppmである。2号井は1973年に完成されたもので深度約1,800mと1号井よりは浅い。そして1,634mから $7\frac{5}{8}$ インチの孔明管が入れられてある。坑底温度は188°Cとされており 口元温度は3.1kg/cm<sup>2</sup>gにて143°Cと記録されているが これは流出中のものではないと思われる。流量記録については 1号井を若干上廻るとの記録があるのみであった。そして現在は先の1号井の方が注入井として用いられ 2号井よりえられる熱水の塩

分を除去し ま水をえるテストが行なわれているのである。脱塩装置は前記のように2種あるのであるが それぞれ76~190トン/日の処理能力があるとのことで ま水のない沙漠地帯の有望な水源がえられる可能性のテストがここになされている。現在の装置で脱塩された水の塩分濃度は 約30ppm 以下ということである。また近い将来には 1,900トン/日の処理ができる設備が作られる予定であることが説明された。

研究対象としてはおもに3つの項目があげられた。すなわち

- ① 塩分の多い地熱流体の脱塩のための大規模プラントの設計に必要な技術の開発
- ② 腐食・スケールなどの問題
- ③ メサの地熱流体貯留層についての貯留層工学の問題

などである。

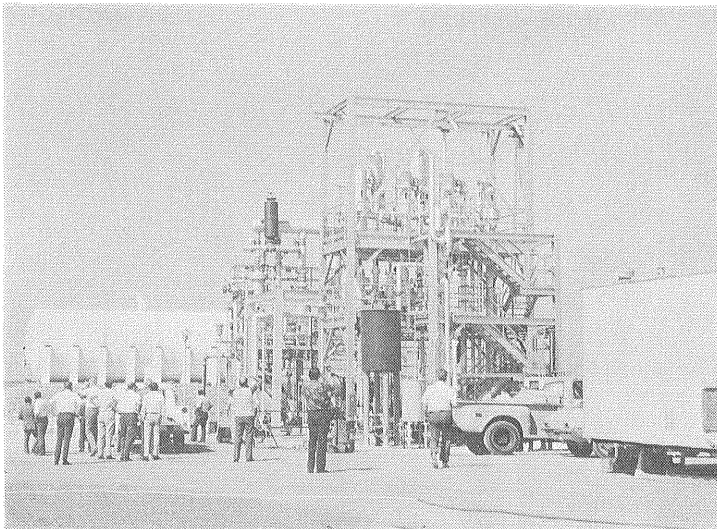
インペリアバレーにおけるような塩分の多い地熱流体そのものの存在および開発目的は 必ずしも各国に共通するものではないが 別の分野で研究される成果の応用はいろいろ考えられる。従ってそのような共同研究の方法もあろうと提案がなされ各国の技術者の関心が求められた。

#### (4) 小規模発電所の開発についての提案

この提案はカリフォルニア大学の A. W. LUNDBERG 氏によってなされた。ここでいう小規模地熱発電所は0.5~3.5MWのもので 現在実現している地熱発電所より規模の小さい発電所をいわば手軽に作り 世界各地の地熱開発を急速に発展させることをねらったものと見られる。提案者が説明する利点は

- ① 遠隔地に電力を供給する場合少量で充分であれば 中央の大発電所より低価格でできる小規模地熱発電の方が有利である場合がある。
- ② 大規模な地熱開発を行なうに際しても まず小規模のものを早速に作るようにした方が有利である場合がある。

などであった。後者については歴史的にもイタリアで行なわれて来たことであり 手軽にできる小規模発電プラントの研究の有用性は大方の受け入れられ



インペリアルバレー・メサにおける地熱水の脱塩プラント

るものと考えられる。国際的に協力してよりよいプラントの設計を作り上げようというのが提案である。

#### 会議発言者のその他のおもなコメント

会議中にアメリカ側から発言されたおもな事柄につきメモによって以下に紹介することとする。

インペリアバレーを中心とする地熱開発に当たっているカリフォルニア大学の J. B. COMBS 博士は地熱開発のための国の科学研究費の説明を行なった。それによると計画は1971年よりはじまり現在までに200万ドルが次の8項目の研究にあれられている。

- 1) 比抵抗法および電磁法による探査
- 2) サルトンシー地域の坑井の岩石試料についての岩石学および岩石物性に関する研究
- 3) 地熱貯留層のモデル化の研究
- 4) リオ・グランデ地域の地域的な熱流量調査
- 5) ハワイにおいて行なわれた物理探査結果を評価するための掘削計画
- 6) 以上の他の各地の探査
- 7) エネルギー変換についての研究を含む多くの試験的計画に対して
- 8) 地熱開発の法律的小および社会的面の調査

などである。わが国が地熱開発に投じた科学研究費とは大きな差があるといわねばなるまい。

アメリカ地質調査所の L. J. P. MUFFLER 氏は地質調査所の4つの主要な責任を説明した。それらは

- 1) 地熱資源についての基礎的科学的理解を確立すること
- 2) 地熱資源の探査技術を発展させること
- 3) 地熱開発に伴う環境への影響を評価すること
- 4) 地熱開発が国の経済およびエネルギーの需給バランスに及ぼす影響を評価すること

などである。これは公式の場における発言であるのでこれらの事柄が具体的にどのような予算的裏づけと対応体制をもって処理されているのか筆者には今のところ知るすべも無いが地熱開発の問題に本格的に取組んでいるアメリカとしては地質調査所がこのような任にあたるべきなのは当然の事であろう。ひるがえってわが国の地質調査所についてみるに筆者としては内心忸怩たる思いであった。幸い工業技術院においては49年度から新エネルギー開発技術の研究の大規模な予算化が認められたのであるから地熱開発に対するわが地質調査所の役わりの明確化をはじめ完全な研究体制が国内的に整備されることなどが今まさに求められているといえよう。ロスアラモス研究所の M. C. SMITH 博士は彼を中心としてすすめられている新しい型の地熱

発電の説明を行なった。これは地熱流体貯留層を持たない高温岩体の熱の抽出を研究しているもので地熱エネルギーの開発の飛躍的發展の成否がこの研究にかかっている。彼らの考えは高温岩体中に最少2本の坑井を掘り坑井を利用して水圧による岩体のフラクチャリングを行ない水を井戸の口元より注入し他方の井戸から人工的地熱流体をとり出そうというものである。フラクチャリングが冷却による岩石の収縮によってもある程度進行する点にも言及している。この研究についての現状の説明がなされた。

以上は会議を主催したアメリカ側の出席者の発言であるが他の各国の出席者からは先の4つの提案に対してのコメントおよび各国の地熱開発の現況紹介がなされた。今回の会議の主メンバーである NATO 加盟国中ではアメリカ・イタリアを除けば地熱発電を行なっている国はなくわずかにアイスランドが地熱の利用を大規模に行なっているという程度であるので技術的に立入った議論になり難い面が筆者には感じられた。

会議の最終日には先にあげた4つの提案を中心としての議長報告案が審議された。その内容の詳細についてはここでは触れないこととするが4つの提案はいずれも採択され今後具体化していく勧告を内容とした報告書が作成された。この報告書は後日ヨーロッパで開かれこの会議の親会議に提出され採択され実現の方向に向うと説明された。また NATO 加盟の各国代表はこの勧告を各代表国に勧告することが同意された。

そしてその結果アメリカを中心として NATO 加盟国を主体とした地熱開発技術の促進の一つの具体的動きがここにはじめられることとなろう。

アメリカの地熱開発によせる意気込みは随所で印象づけられた。アメリカ人は日本人の10倍以上のエネルギーを消費している。ニューヨークでは冬期に暖房がなければ凍死するいきおいアメリカ人はエネルギー問題に深刻なのだという言葉を聞くとその意気込みも当然の気がしてくる。最近言いつくされていることながら必要な石油のほとんどの量を輸入に頼るわれわれはアメリカ以上に深刻なエネルギー問題に直面している。この会議が終る頃中東の紛争が再燃し世界は石油危機におそわれた。エネルギー資源の問題はますます努力を要す課題となりつつある。地熱エネルギーの開発にはまだまだ研究課題は多い。わが国でも着実な地道な研究をますます発展させると共にこの会議に寄せられた各国のみなみなならぬ熱意と関心を考慮しつつ国際的技術交流の道を常に求めますます有効な地熱開発の道を探しそれを歩んで行くべきであろう。