

最近12年間の我が国の地熱ボーリング実績

金原啓司(地殻熱部)

Keiji KIMBARA

1. はじめに

石油・天然ガスなどのエネルギー資源 石炭・金属・非金属などの鉱物資源等の地下資源の探査・開発に当ってはボーリングが必要不可欠である。利用の歴史が比較的古いこれらの資源開発においては 国内に限って見ても その数量はこれまでに膨大なものに達しているものと思われる。一方近年代替エネルギー資源の一つとして注目されてきている地熱資源においても その探査・開発に当っては他の地下資源と同様にボーリングが必要不可欠である。

概算すると 最近我が国では年間40km 前後の地熱ボーリングが国(通商産業省)の調査事業で行われると共に 民間においても同程度のボーリングが行われているようである。ところで国による地熱ボーリングが本格化したのは 昭和48年の OPEC 諸国の石油大幅値上げに端を発した いわゆる石油危機を契機としている。当初は1地域あたり深度500~800m の構造試錐井が1~3坑程度掘削されたに過ぎなかったが その後深度・本数ともに次第に増加し 現在進行中の「地熱開発促進調査」では およそ60~70km² の調査地域内に深度400m の熱流量調査井が3坑 1,000~1,500m の構造試錐井が7坑程度掘削されるのが標準になってきている。

地熱ボーリングは 各種の地表調査によって賦存可能性が高いと判断された地熱流体資源を最終的に確認し これを取り出すために必要な手段であるばかりでなく その多くが火山地帯で実施されていることから このような地域の地質および地下構造についても我々に貴重な情報を数多く提供してくれる。企業を含めた我が国の地熱ボーリング活動については 日本地熱調査会が毎年出版している「わが国の地熱発電の動向」に要領よくまとめられているが 以下ここでは昭和49年~60年度の12年間にわたって国(通商産業省の資源エネルギー庁と工業技術院)が行ってきた地熱ボーリングの主に実績を中心にした概要をレビューしてみたい。

なお筆者は掘削技術が専門でないので この面からのレビューが出来なかったこと また 紙数の都合で内容に踏み込んだ解説が出来なかったこと さらには検討した資料が十分でなかったのではないかなどの懸念が残

ったことを予めお詫びしておきたい。

2. 地熱ボーリングの種類

地熱開発の調査・研究では その目的に応じて地熱井を ①熱流量調査井 ②観測井 ③構造試錐井 ④調査井 ⑤生産井 ⑥還元井などに分類している。このあたりについては松尾・中村(1977)が詳細な技術的解説を行っているが これら坑井の名称についての厳密な定義はまだなされていないようである。従ってここでは各坑井についての実績面からの私見を述べるに止めたい(第1表参照)。

(1) 熱流量調査井

地熱調査では 調査対象地域の地下温度分布・構造を把握することを目的として 深度数10~数100m 程度の坑井(熱流量調査井)をグリッド状に配置して掘削し 坑内の温度分布を精密に測定する調査がある。サンシャイン計画の「広域熱構造調査法の研究開発」(昭和49~53年度)では 特にこの目的のために軽量・小型の深度100m 級および500m 級の空気掘削式試錐機を製作し 東北八幡平地域において80m級×121坑 500m級×5坑の熱流量調査井を掘削している。その成果を受けて「大規模深部地熱発電所環境保全実証調査」(昭和53~60年度)では 九州豊肥地域において 初年度から2年度目にかけて深度80m級×82坑 500m級×10坑の熱流量調査井を掘削し 地域全体の熱構造の把握が行われた。また昭和55年度より開始された「地熱探査技術等検証調査」では 秋田・岩手両県にまたがる仙岩(八幡平)地域の地表を厚く覆う鮮新世の玉川溶結凝灰岩類を対象にして 深度200m 級の熱流量調査井が計画され 最終的には200m×9 250m×6 400m×6 800m×1 計22坑の熱流量調査井が掘られ これにより調査地域の熱構造の概要を知ることができた(写真1)。「全国地熱資源総合調査」(第2次)でも昭和60~61年度に北海道ニセコ 福島県南会津 鹿児島県国分においてそれぞれ50m×16~26坑のほかにも200m×7~8坑 また八甲田を含めた4地域で1,000m×1坑の熱流量調査井を掘削している。なお深度1,000m 程度の熱流量調査井になると後に述べる構造試錐井との区別はほとんど意味がなくなってくる。昭和55年度より行われている「地熱開発促進

調査」では 昭和59年度調査より約60~70km² の調査地域内に深度 400m の熱流量調査井が平均3 坑掘られている。

これまでに行われてきた熱流量調査の結果を概観すると 熱水上昇域では深度 80m 程度の比較的浅い坑井でも 熱異常を感知することが十分に可能であるが 天水下降域や冷たい地下水によって地下温度が擾乱されているような地域では 500m よりも深い坑井が必要になってくる。 実際北海道の屈斜路カルデラでは 深度1,000m程度まで冷たい地下水の流入を示す温度検層結果が得られており (NEDO 1985) このような場合の天水下降流による地下温度構造擾乱の影響は深刻である。 それ故熱流量調査井の掘削深度は地質状況に応じて柔軟に設定することが望まれよう。

(2) 観測井

地熱流体の生産および還元に伴う地下水の水位・水質等の変動を観測する目的で掘られる坑井は観測井と呼ばれている。 第1表に示すように「火山発電方式に関するフィージビリティスタディ」「熱水の 地下還元メカニズムの調査研究」「高温岩体発電に関するフィージビリティスタディ」「低温熱水還元に関する研究開発」などの各研究において 主に地下水のモニタリングを目的として深度100~500m程度の観測井が掘削されている。 また「大規模深部地熱発電所環境保全実証調査」では当初熱流量調査井もしくは構造試錐井として掘られた坑井が その後地下水位変動観測のために転用されている。



写真1 仙岩地域で掘削中の熱流量調査井 H-17 (深度 400m)

一方「地熱開発促進調査」では、貯留層評価手法開発のために圧力観測等を目的とした観測井を掘削している (Kitamura et al., 1988)。

(3) 構造試錐井

熱流量調査を含む各種地表調査の結果に基づいて 地下の地質・地熱構造や貯留構造を調査・確認するために 通常オール・コアで掘られる坑井が構造試錐井である(写真2)。 深度は500~1,000m クラスのものが多くが 最近では1,000~1,500m クラスのものが普通になってきている。「地熱開発精密調査」(昭和49~52年度)および「地熱開発基礎調査」(昭和52~54年度)における構造試錐井はいずれも深度 500~800m 級であったが 現在ではこの程度の深度の坑井は むしろ熱流量調査井と呼ぶ方がふさわしいかもしれない。 その後実施された「大規模深部地熱発電所環境保全実証調査」「地熱開発促進調査」および「地熱探査技術等検証調査」での構造試錐井の深度は そのほとんどが1,000~1,800m である。 上述のように 構造試錐井はオール・コアリングをする必要があることから 通常スピンドル式の小口径掘削法が採用される。 このために掘削深度にはおのずから限界があり この方式による国の最深の坑井は仙岩地域の S N-1 号井 (2,000m) であろう。

(4) 調査井・還元井

構造試錐の結果 地熱貯留構造の存在が確認されれば (もしくは存在の可能性が高ければ) そこからの地熱流体採取を目的として調査井 および地上に噴出した流体を地下に戻すための還元井が掘られることになる。 調査井の深度はおおむね1,000~2,000mのものが多いが 深度が2,000mを越すものや 大口径を必要とするものについては ロータリー式掘削装置が使用される。 また日本では還元井は調査井より深度を浅く (つまり貯留層より上位層に還元する) している場合が多い。「発電用地熱開発環境調査」(昭和52~54年度)では地熱流体の採取・還元を目的として深度約700~1,500mの環境調査井 (噴出井と還元井が地域に各1坑づつ) が掘削された。 また「地熱開発促進調査」では調査の最終年次に噴気を目的とした環境調査井 (平均1,500m×2坑) が掘削されることになっている。 このように調査井は地熱貯留層からの流体採取を目的として掘られるわけであるが 実際には掘って見ても貯留層に遭遇しないケースもしばしばあり 地熱開発のむつかしさを我々に見せつけることが多い。

最近では地熱貯留層は 石油のような帽岩 貯留岩といった構造的貯留構造ではなく フラクチャーもしくはフラクチャーネットワークからなる断裂型貯留構造であるとの認識が高まりつつあり、その適確な探査法の開

第1表 地熱ボーリングを実施した国のプロジェクト(昭和49~60年度)

プロジェクト	掘削年度(昭和)	国機関	実施機関	備考
火山発電方式に関するフィージビリティスタディ	50	工業技術院	日本電機工業会	薩摩硫黄島(鹿児島)において100~150mの水位観測井9坑
広域熱構造調査法の研究開発	49~53	"	地熱技術開発株式会社	八幡平地域(秋田・岩手)において熱流量調査井(80m×121 270m×1 400m×1 500m×3坑)
熱水の地下還元メカニズムの調査研究	50~52, 60	"	日本重化学工業株式会社 NEDO	水位観測井として滝の上(岩手)に200m×1 250m×2坑 濁川(北海道)に250m×2坑 鬼首(宮城)に800m×1坑
高温岩体発電に関するフィージビリティスタディ	55~57	"	NEDO	焼岳(長野)において破砕井 観測井(300m×5 330m×1坑)
深層熱水供給システム開発	54~60	"	"	雄和町(秋田)に採取井1,400m×1 還元井1,300m×3坑
低温熱水還元に関する研究開発	56~58	"	"	大岳(大分)に観測井400m×1 450m×1 還元井360m×1 390m×1坑
地熱探査技術等検証調査	55~	"	"	仙岩(秋田・岩手)(200m×9 250m×6 400m×6 800m×1 1,500m×4 1,700m×1 2,000m×1坑) 栗駒(1,200m×1 1,400m×2 1,500m×3坑)
バイナリーサイクル発電プラントの開発	60~	"	"	管原(大分)において調査井(900m×1 550m×1* 790m×1* 810m×1*坑)
全国地熱資源総合調査(第2次)	59~61	"	"	ニセコ(北海道) 八甲田(青森) 南会津(福島) 国分(鹿児島)において熱流量調査井(50m×64 200m×23 1,000m×4*坑)
深部地熱資源探査技術に関する研究	58~60	"	地質調査所	八幡平(秋田・岩手)において水圧破壊用坑井(400m×1 800m×1坑)
地熱開発精密調査	49~52	資源エネルギー庁	地熱調査会(49-50) 日本地熱資源開発促進センター(50-52)	駒ヶ岳北部 駒ヶ岳南部 支笏・洞爺 豊羽・定山溪(北海道) 下北 八甲田(青森) 栗駒北部 八幡平北部 八幡平南部(秋田) 肘折 蔵王(山形) 白根南部(群馬) 焼岳(岐阜) 紀伊山地(和歌山) 涌蓋(大分) 阿蘇(熊本) 薩南 霧島(鹿児島)で500~800m×1~3坑/地域
地熱開発基礎調査	52~54	"	日本地熱資源開発促進センター	大成 熊石 壮瞥 大平山 愛山溪(北海道) 沖浦(青森) 小和瀬(秋田) 花巻(岩手) 温海(山形) 西山(福島) 中尾(岐阜) 水分峠 伽藍岳(大分) 黒川(熊本) 栗野岳(鹿児島)で500~800m×1坑/地域
発電用地熱開発環境調査	52~54	"	"	澄川 孤ノ森 上ノ岱 下ノ岱 秋ノ宮(秋田) 朝日台(山形) 石津(群馬) 貝塩(岐阜) 野矢(大分) 岳ノ湯(熊本) 飯盛 尾八重野(宮崎) 伏目 大霧(鹿児島)で環境調査井(噴出井と還元井)(平均700~1,500m×2坑/地域)
大規模深部地熱発電所環境保全実証調査	53~60	"	電源開発(53-54) NEDO(55-60)	豊肥(大分・熊本)において熱流量調査井(80m×82 500m×10坑) 構造試錐井(1,100m×1 1,200m×1 1,500m×4 1,800m×1坑) 調査井(2,300m×1 2,400m×1 2,600m×1 3,000m×1 3,200m×1坑) 還元井(440m×1 720m×1 1,400m×1坑)
地熱開発促進調査	55~	"	NEDO	胆振 弟子屈西部 豊羽 南茅部 上川 八雲**(北海道) 下北 沖浦(青森) 湯沢雄勝 皆瀬**(秋田) 八幡平東部 湯田(岩手) 銅山川下流 吾妻北部(山形) 奥会津 猪苗代**(福島) 王滝(長野) 久住(大分) 栗野・手洗 池田湖周辺(鹿児島) 雲仙西部(長崎) 平均的な坑井数 55~58年度: 構造試錐井 調査井(約1,000~1,700m×7坑/地域) 59年度~ : 熱流量調査井(400m×3坑①地域) 構造試錐井 調査井(約1,000~1,700m×7坑/地域) 貯留層評価用観測井: 澄川(秋田) 霧島(鹿児島)(1,500~1,700m×2坑/地域)

NEDO: 新エネルギー総合開発機構

* 昭和61年度掘削

** 昭和61年度調査開始

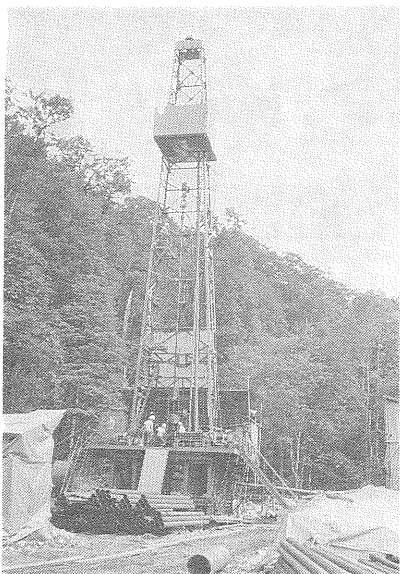


写真2 仙岩地域で掘削中の構造試験井 SN-2
(深度1,500m)

掘削地点には運搬道路が通じていなかったためにヘリコプターにより装置が運ばれた。

のほうがこれに当る確率が高いと予想されることなどから調査井の掘削は傾斜掘り工法を採用している場合が多い。なお国による最深の調査井は九州豊肥地域のDY-5 (3,200m)である(写真3、4)。

3. ボーリングを実施した国の地熱関連調査プロジェクト

昭和49年度以降ボーリング作業を伴った国(通商産業省)の地熱関連調査プロジェクトの実施場所を第1図にまたその具体的内容を第1表に示す。機関別に見れば工業技術院と資源エネルギー庁に2分されるが昭和55年度以降はそのほとんどが新エネルギー総合開発機構(NEDO)の手によって実施されている。

工業技術院がサンシャイン計画の一環として行っている地熱研究開発プロジェクトで坑井掘削を行ったのはこれまでに10テーマにのぼる。仙岩(秋田・岩手)・栗駒(宮城)両地域で現在進行中の「地熱探査技術等検証調査」の構造試験井および秋田県雄和町で実施された「深層熱水供給システム開発」の採取・還元井を除けば他はいずれも深度の比較的浅い水位観測井や熱流量調査井が中心になっている。

一方資源エネルギー庁は第1表に示すように事業ベース的な地熱調査を全国的な規模で展開しておりこれに伴ってこれまでに多数の地熱坑井が掘削されている。とりわけ深度3,000mクラスの深部貯留層を対象にした「大規模深部地熱発電所環境保全実証調査」と深度1,000

発が急務の課題となってきた。断裂型地熱貯留構造では坑井がフラクチャーを貫通した時(多くは掘削時の逸泥現象によってこの位置を知ることができる)そこから流体噴出が見られることになる。急傾斜で発達するフラクチャー(断裂)に対しては垂直掘りよりも傾斜掘り

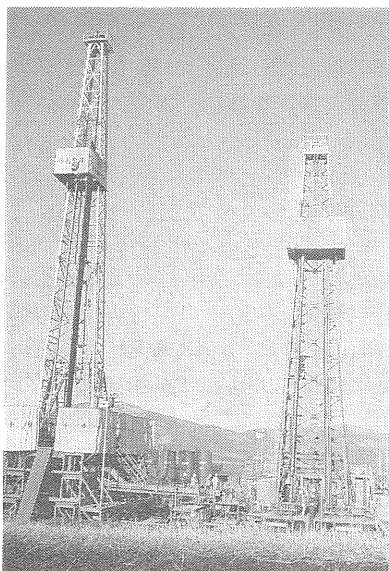


写真3 九州豊肥地域で掘削中の調査井 DY-5
(左)と還元井 DX-5 (右)

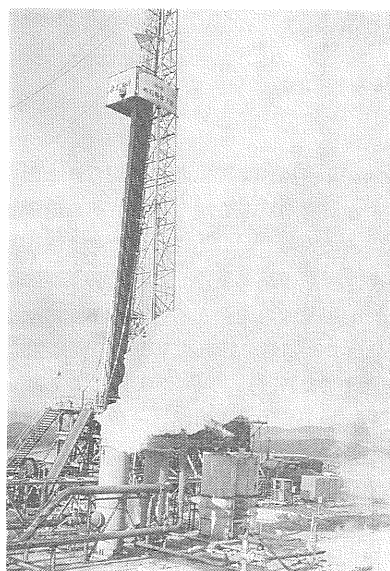
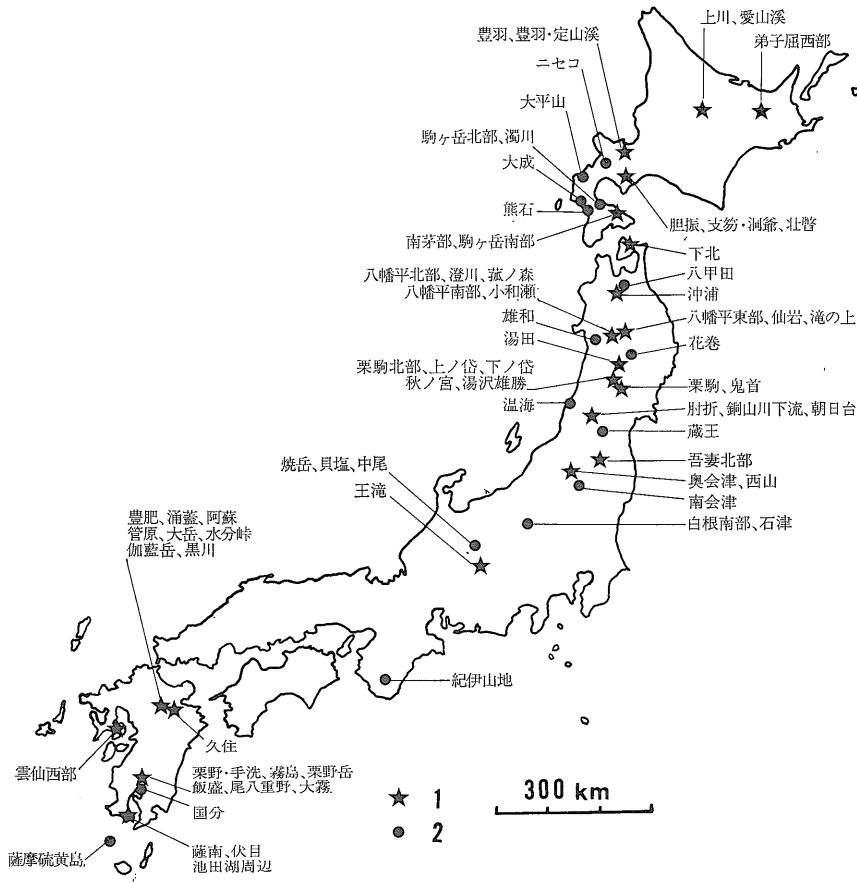


写真4 噴気試験中の調査井 DY-5 (深度3,200
m)



第1図 ポーリングを実施した国の地熱プロジェクトの調査位置図(昭和49~60年度)

1. 地熱開発基礎調査などの比較的ボーリング本数の多い調査が実施された場所
 2. 地熱開発基礎調査などの比較的ボーリング本数の少ない調査が実施された場所
- 地域名は第1表の備考欄の名称に一致している。

~1,500mクラスの浅部地熱資源の開発促進を謳う「地熱開発促進調査」が注目される。

4. 地熱ボーリングの実績

(1) 掘削実績

昭和49~60年度の12年間にわたり掘られた国の地熱ボーリングの総坑井数は620坑であり その総延長は309kmにも及んでいる。第2図にその年度別推移を示すが ボーリング工事が本格化した昭和49年度には年間わずか3.5kmであったものが 昭和60年度にはその10倍以上の40kmにも達していることをこの表は物語っている。参考までにHigo (1985) によってまとめられた企業(国の補助も含む)による地熱ボーリングの年度別推移を見ると 最近では国とほぼ同じ年間40km程度の坑井を掘削していることがわかる(第3図)。

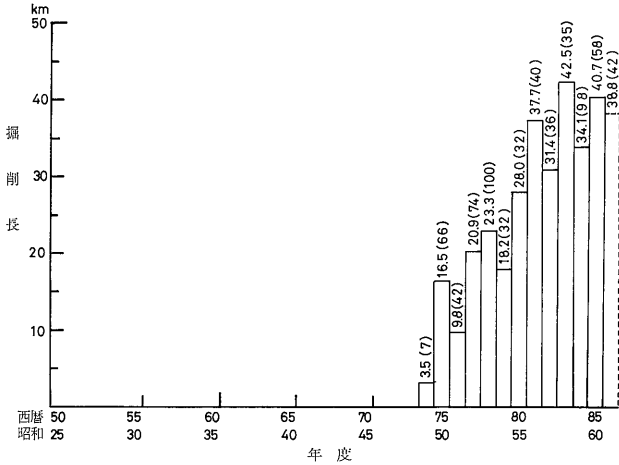
掘削場所を地域別に眺めて見ると 第4図に示すように 北海道・東北(6県)九州(5県)に著しく偏しており これらの地域のみで総掘削長の実に98%を占めている。この理由として近畿 四国地方のように 元来

火山地帯ではない地域は別として 例えば関東・中部地方のように これらの地域には伊豆・白根・日光・那須などの有望な地熱地帯を抱えているものの 主に公園・温泉等の問題で本格的な調査がまだなされていないケースが多い。

(2) 掘削深度

これまでに国が行ってきた地熱ボーリングを掘削深度別に見ると 50m程度の浅いものから 最大3,200mの深いものまで様々である。1坑当りの掘削深度と坑井数の関係を示したのが第5図であるが 深度別に見ると 500m以浅の坑井(そのほとんどが熱流量調査井)が全体の70.3%で最も多い。次に多いのが深度500~1,500mクラスのいわゆる浅部地熱資源を対象にした構造試錐井で 165坑(26.6%)にのぼっている。一方 1,500mより深い坑井はその数が急激に少なくなり 2,000mまでの本数はわずかに14坑(2.3%)に過ぎない。

2,000m以深に賦存する地熱資源を行政的には深部地熱資源と呼び 将来の地熱発電量を飛躍的に増大させる

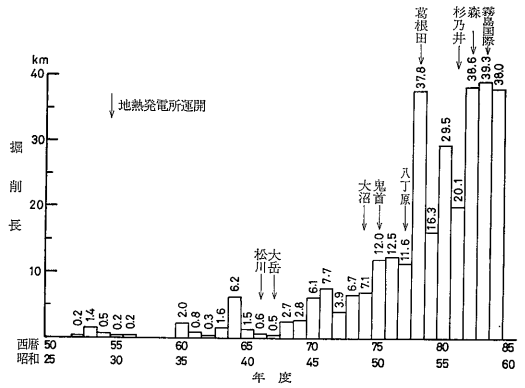


第2図 昭和49年度以降の国による地熱ボーリングの年度別推移 (単位 km)

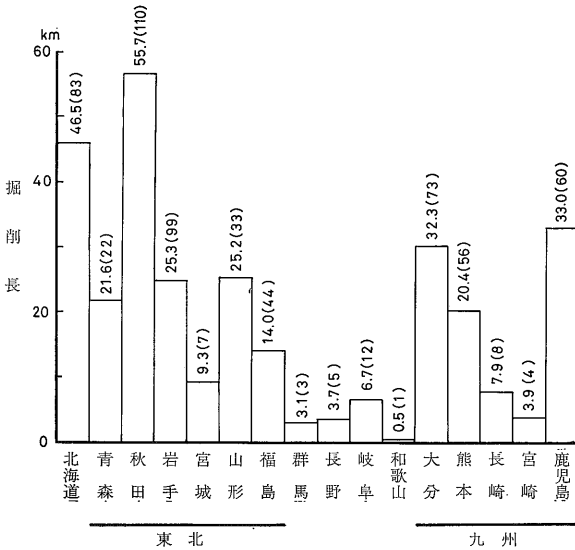
1974~1985年度の12年間の総掘削延長は309.1km
総坑井数は620坑である。()内の数字は坑井数を示し 1986年度(破線)は推定値である。

第3図 企業による地熱ボーリングの年度別推移 (単位 km)

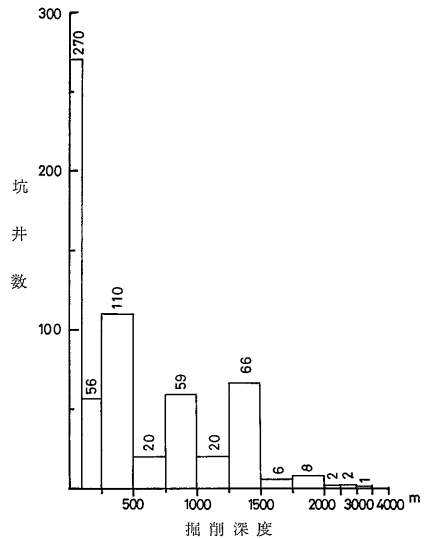
国による補助井も含んでおり 1952~1984年の
総掘削延長は 315.8km (データは Higo, 1985
による)



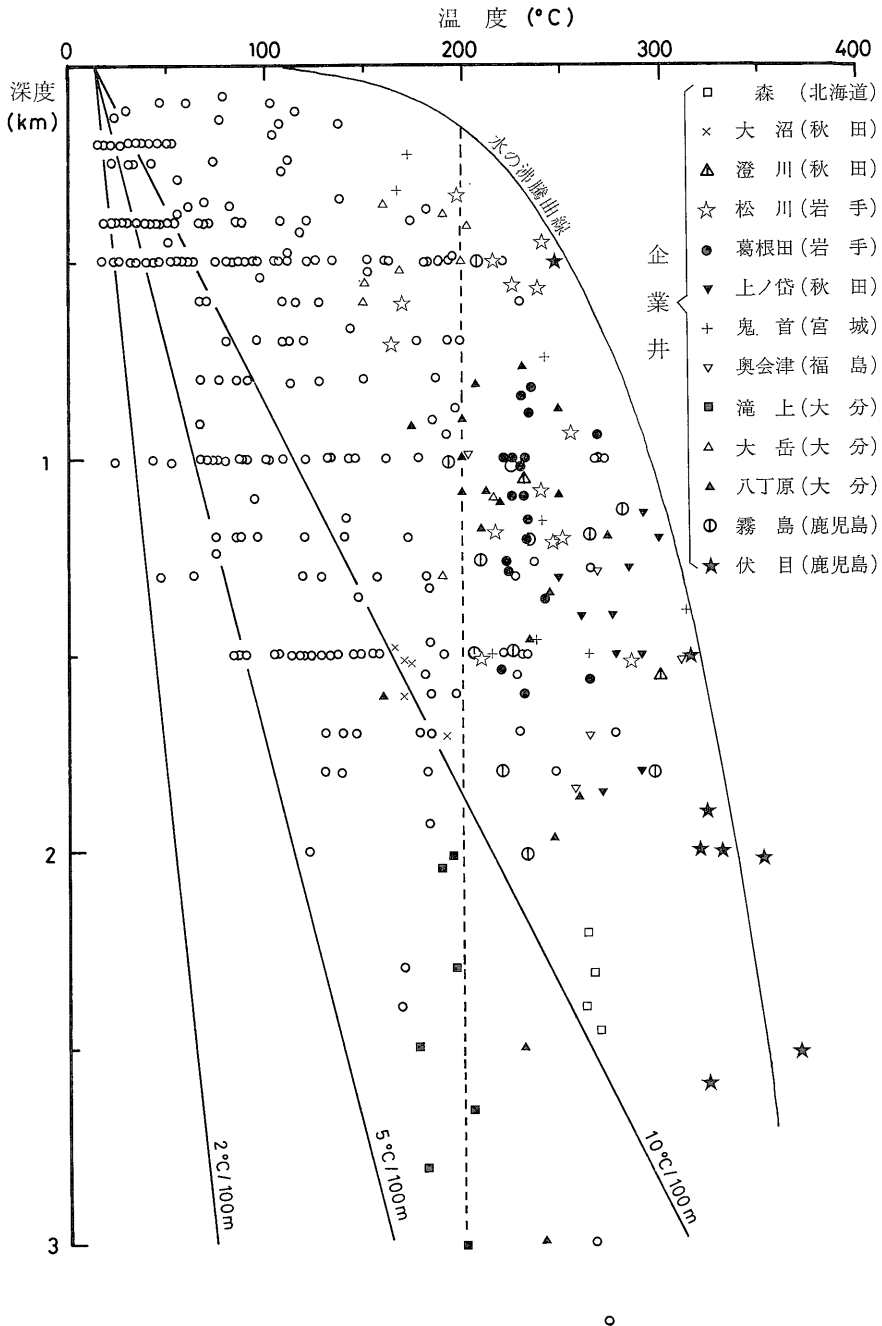
必要性から その探査・開発に国はこれまで特別の関心を払ってきた。この程度の深度のボーリングになると 通常大口径のロータリー式の掘削装置が使用され 経費もスピンドル式に比較して1桁程度大きくなることもまれではない。実績から見る限り 深度2,000m以深に達した坑井は九州豊肥地域のわずか5坑(0.8%)のみであり 最深は3,200mのD Y-5坑(写真3 4)である。他方企業による開発では 第6図にも示すように 北海道森で深度2,000~2,500m 九州の滝上で2,000~3,000m 同伏目で2,000~2,600



第4図 地域別に見た国の地熱ボーリングの総掘削長 (単位 km)
1974~1985年度の12年間の総延長は 309.1km 総坑井数は
620坑である。()内の数字は掘削坑井数を示す。



第5図 1坑当りの掘削深度 (m) と坑井数 (総数620) の関係



第6図 坑内最高温度をプロットした深度-温度図

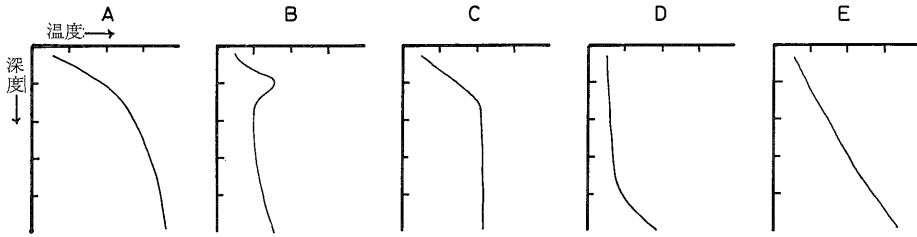
○印は国の地熱井を示す。また企業井のデータはすべて Higo (1985) によるが、一部に国のデータも含んでいる。

mの深部探鉱がなされているが 全体としてその坑井数は決して多いとは言えない。なおイタリア フィリピン アメリカ ニューゼーランド等の地熱開発先進諸国では現在、2,000mを越すような深部開発調査を積極的に

進めているようである (金原 1985)。

(3) 坑底温度 (最高温度)

昭和49~60年度の12年間に国が掘削した総数620坑の地熱ボーリングは、すでに述べてきたように、様々な目



第7図 温度—深度図で示した温度検層曲線の概念図

対流型：A—沸騰対流型 B—側方流動型 C—上昇流型 D—下降流型
伝導型：E

的で掘られているために 一概に最高温度のみを取り出して議論するわけにはいかないが 現状技術で地熱発電が可能となるような200℃以上の温度が得られている坑井数は以下の通りである。

200～250℃：31坑 250～300℃：17坑 300℃以上：3坑 計51坑

なお最高温度は宮城県鬼首のKR-4（深度1,390mで314℃）であり（工業技術院 1986）逆に最低温度は北海道弟子屈西部のTS-1（深度1,010mで24.8℃）であろう（NEDO 1985）。なお企業井では鹿児島県伏目のSKG-7D（深度2,505m）が373℃（Higo 1985）を記録しているのが最高値であろう。

第6図は国およびHigo（1985）による企業の地熱井の最高温度（その多くは坑底温度に一致）を深度—温度図にプロットしたものである。この図からも明らかのようにそのほとんどが5℃/100m以上の地温勾配を有しとりわけ地熱発電所がすでに稼働している（大沼を除く）もしくは企業による開発調査が進行中の12地域の貯留層温度は いずれも200℃から水の沸騰曲線の間にある。

(4) 温度検層曲線

地熱ボーリングでは掘削終了後 通常最大120時間まで間隔をおいて何回か坑内温度分布が測定され この測定値を用いて地下での地層平衡温度が推定されることになる。得られる温度検層曲線は単に地下の温度分布を示しているばかりでなく 数値解析などによって地熱流体挙動を含む様々な情報を得ることができる。温度検層曲線の持つ厳密な意味については別途専門家の手によって平易な解説がなされることを期待するが ここでは定性的な解説を試みることにする。

これまでの調査で得られている数多くの温度検層曲線を独断と偏見を交えて眺めて見ると 第7図に示すように 大きくは2つの型に分類することが可能であろう。

(ア) 対流型

水やガスなどの対流によって熱が伝えられる場合に見られ さらにその対流の様式によって次の四つの型に細分することができよう。

①沸騰対流型（第7図A）

最も高温・活発な熱水系で 地熱貯留層が何らかの理由で地表と導通しているような場合には 地下温度は水の沸騰曲線（第6図参照）に沿って上昇するであろう。このような温度パターンは地熱発電所がすでに稼働している あるいは地熱発電を可能とするような優勢な地熱地帯に普通に見られるはずである。

②側方流動型（第7図B）

熱水が地下浅部の透水層部を通じて側方に流動しているような場所を坑井が貫通した時 得られる温度曲線はBに示したようにその部分で凸状を呈する。このような型の温度検層曲線は温泉湧出地点 もしくはその近傍で掘削した坑井によく見られる。経験的に見ると通常そのような場所（温泉帯水層）の直下にはその温泉の根源となるような地熱熱源は存在していないことが多い。

③上昇流型（第7図C）

熱水が縦方向に発達する何枚かのフラクチャーや断層に沿って湧出・上昇し 上部が不透水層（帽岩）によって覆われているような場合 地下温度はCのように帽岩に達するまで深度とともに上昇するが それより深部では温度が飽和してしまうような傾向を示すことがある。このような型の温度曲線が得られる地熱地帯は優勢な地熱源からはやや離れた場所に位置し 極端な地下温度の上昇は期待できないものの フラクチャーや断層に起因する地熱貯留構造の発達がある程度期待できる可能性がある。

以上① ② ③の型はいずれも熱水の discharge 域に見られ 地表には温泉・変質帯などの地熱徴候の発達していることが多い。

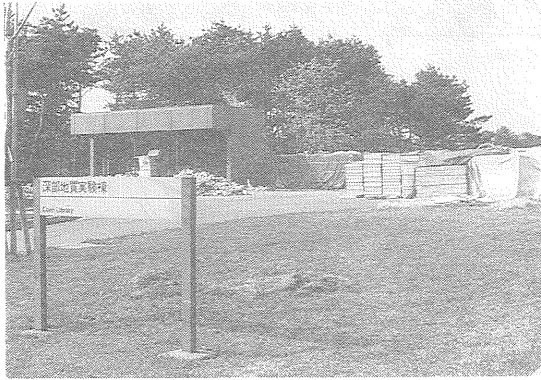


写真5 深部地質実験棟 (Core Library) 横のボーリングコア整理スペース
 ここには現場より搬入された未整理のコアと縮減に伴って廃棄されるコアが一時的に仮置きされる。

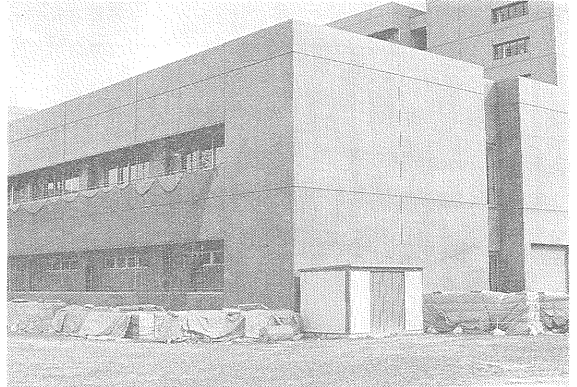


写真6 地質調査所 深部地質実験棟 (Core Library)
 1階の大部分と2階の一部が主にコアのための収納スペースになっている。手前の広場には現場から搬入された地熱ボーリングコアが仮置きされている。

④下降流型 (第7図D)

地表から透水層が発達しているために 冷たい天水・地下水が地下深部までどんどん浸透する地域 (re-charge 域) では 例え地下深部に高温の熱源が存在していても 浸透水による冷却効果で地表下かなり深い

部分まで温度が上昇することはない。しかしながら 透水層を一旦抜けると温度は急激に上昇し始める。このような例は軟弱 もしくは多孔質堆積物が厚く埋積しているカルデラ内や 水を湛えるカルデラ湖の近傍で掘削された坑井にしばしば認められている。また 標高の高い山地や 間隙に富む溶岩流や碎屑岩類によって覆われる火山体斜面で掘削された坑井においても 地形や伏流水の影響のためにこのような温度パターンを示すことがある。



写真7 深部地質実験棟 1階のコア試料を収納するための電動式スタックランナー
 1階には13段×12列が37台 (内地熱ボーリングコアが33台に収納されている) 13段×10列が30台 (同9台) 13段×6列が3台* (同1台) 設置されている。また2階にも 13段×10列が22台 (同8台) 設置されている (*は固定式)。

(イ) 伝導型 (第7図E)



写真8 電動式スタックランナーの金属製モロブタ内へのコア収納状況 (豊肥 DW-4号井)
 現場から搬入されたコアは特製ベニヤ箱に移し替えられた後に このモロブタ (40×60×13cm 大) 内に収納される (写真の場合モロブタ内に2段重ねになっている)。



写真9 収納スペース節約のために
2 mあたり 10cm (5%) に
縮減されて モロブタ内に
入れられたコア試料(薩南 S A-
1号井).

地下深部からの熱が伝導のみで地表にまで伝わってく
るような場所では 温度は深度に対して直線的に上昇す
ることになる. このような坑井では通常掘削時に地熱
貯留構造の存在を示唆する逸泥現象は全く認められな
いはずである.

こうした資源は高温岩体 (Hot Dry Rock) 資源とも呼
ばれ 現状技術では利用することができないが 将来的
には水圧破砕するなどして人工的に貯留層を造成して熱

を抽出するような技術が現在研究されつつある. 実際
の地熱地帯では E のような理想的な伝導型は比較的少な
く対流型との中間型が多い.

5. 地熱ボーリングコア

国の地熱調査ボーリングによって最近では 年間 40
km にも及ぶ膨大な岩芯試・資料が得られていることは
すでに述べた通りである. これらの試・資料類は単に
地熱開発のみではなく 国土 とりわけ火山地帯および
その周辺の地質・地下構造についても貴重な情報を数多
く提供するものである.

地質調査所では かねてからこのようなボーリングコ
アの重要性を痛感し 地熱資源開発促進センター (現在
の新エネルギー財団 (NEF) の前身) 新エネルギー総合開
発機構 (NEDO) 等のボーリング実施機関の協力を得て
ボーリングコアの受け入れを組織的に行ってきた. 昭
和54年度までに調査が完了した「地熱開発精密調査」お
よび「地熱開発基礎調査」によって得られた深度 500~
800m 級ボーリングコアの主要なものが 当時神奈川県
川崎市にあった地質調査所溝の口庁舎 (北海道分につい
ては北海道支所) の試料倉庫に受け入れられ 整理・保管さ
れてきた. その後昭和54年10月の筑波地区移転に伴い
これらのコアを縮減・再整理した上で 筑波地区の深部
地質実験棟 (Core Library) に移した (写真5 6 7
8).

現在地質調査所の深部地質実験棟には 当所が昭和53
年度の調査開始時点から全面的な協力を行ってきた「大
規模深部地熱発電所環境保全実証調査」のコア試料のほ
とんどが保管されている. また NEDO との共同研究
プロジェクトとして仙岩・栗駒両地区で進行中の「地熱
探査技術等検証調査」およびニセコ 八甲田 南会津
国分で実施した「全国地熱資源総合調査」(第2次) の岩

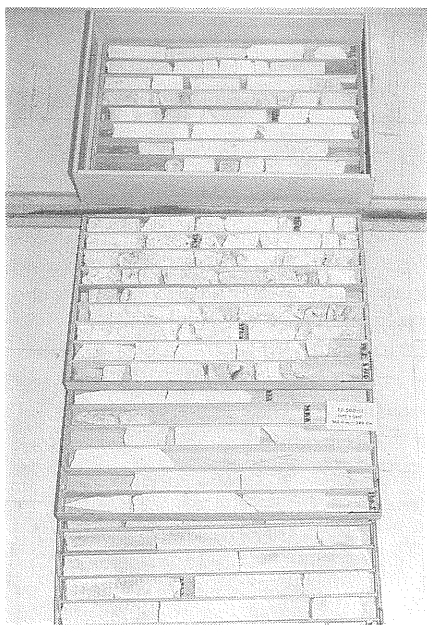


写真10 収納スペースを節約するために コアを縦
方向に切断して半分にし モロブタ内に4段
重ね (ベニヤ箱 4箱) にして収納したコア
試料 (八幡平52-500-11号井)
コアを切断する経費が必要となるが これに
より収納スペースが2倍以上節約可能となる.

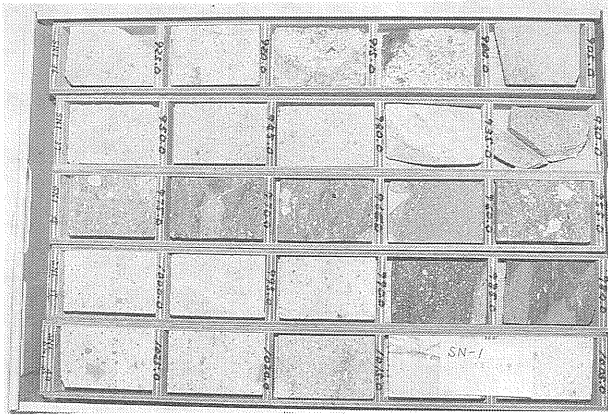
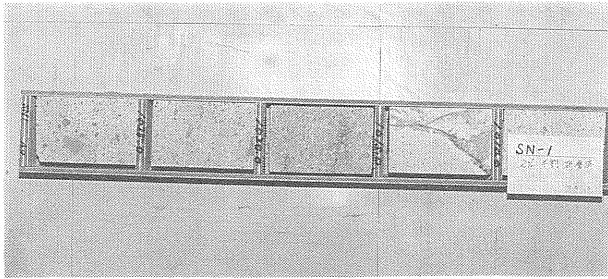


写真11 コア5m当り10cm(従って2%)を半分
割りにして その表面を研磨して研究に利用し
ているケース(仙岩SN-1号井)。上:研磨
後のコアを深度順にベニヤ箱に入れた状態(1
列が深度20m分に相当する)。下:ベニヤ箱
5列(深度に換算して100m分)をモロブタ
に収納した状態。

その有効活用は単に資源開発のみならず国土の保
全・利用研究にも大きな役割を果たすことが期待
される。このために他の分野からも得られるコ
アも含めて これらを組織的に収集・整理して常
に利用可能な状態にしておくことは国としての大
きな責務ではないであろうか。そのためにはこ
のようなボーリングの試・資料類を国家の基本的
財産として一元的に収集・管理し 利用に資する
ような態勢の整備が早急に望まれる次第である。

謝 辞

原稿に目を通していただき 内容について適切な助言
をいただいた地熱熱部の須藤 茂・松林 修の両氏に感
謝します。

芯試料もそのほとんどが筑波に搬入されている。これ
以外にも地質調査所の研究と密接に関係のあったプロジ
ェクト(火山発電方式に関するフィージビリティスタディ「広
域熱構造調査法の研究開発など)についても その関連コ
アの受け入れ・整理の努力が払われてきた。

現在最も大量のコアを生産しつつある「地熱開発促進
調査」のコアについては NEDO の厚意により その
うちの10%が機械的に選別されて地質調査所に搬入され
ており 当所ではさらにこれを数%まで縮減した上で深
部地質実験棟に収納することになっている。

大量に持ち込まれる地熱ボーリングコアを有限スペ
ースに整理・保管するためには 常日頃からのコアの縮減
の努力が必要であり このために負担しなければならない
労力と経費は決して少なくはない(写真9 10 11)。
一方ではこのような努力を常日頃払っても 今後入って
くるであろうコアのための収納スペースの余裕は地質調
査所にはもはやほとんどない状態である。

ボーリングコアは国土の地下の地質状況を直接目で見
たり 手にふれたりして確かめることができることから

追記:本原稿の校正の段階で昭和51年度実施の「地熱開発精
密調査」の北アルプス(富山県)の構造試錐井(深度502m)
のデータが抜けているのに気が付いた。しかしながら本文中
このデータを取り込める時間的余裕がなかったので今回は割愛
させていただいた。

文 献

Higo M. (1985) 1985 International Symposium on
Geothermal Energy (International Volume) p. 119
-134 Geothermal Resources Council.
金原啓司(1985) 地質ニュース no.365 p.26-38
Kitamura, H., Ishido, T., Miyazaki, S., Abe, I. and
Nobumoto, R. (1988) 13th Workshop on Geothermal
Reservoir Engineering.
工業技術院(1986) 昭和60年度サンシャイン計画成果報告書概
要集(地熱エネルギー) p.113.
松尾圭二・中村昭一(1977) 地熱エネルギー Vol.2 no.
3 p.54-62.
NEDO(1985) 地熱開発促進調査報告書 No.6 弟子屈西部
554p.