

新潟 環日本海圏工業開発の拠点“新潟東港工業地帯” 山形 高温岩体プロジェクト（熱水利用発電）を見る

平成3年度の現地見学会は恒例となった日本技術士会北陸支部との共催に加えて山形応用地質研究会との合同見学会を企画しました。細かい日程は後日ご案内し致しますが、環日本海圏工業開発の拠点として脚光を浴び急速に活気をおびてきた新潟東港工業地帯および工場見学を行ない、一路山形へ向かい、山形県の肘折で進められている高温岩体プロジェクト（熱水利用発電）の循環試験を見学する予定です。さらに時間が許せば新潟とはタイプの異なった大地すべりを見学する予定です。

概要は次のとおりです。

1. 日 程 平成3年9月28～29日（土・日）（予定）
2. 費 用 20,000円程度
3. 見学の概要

(1) 新潟東港工業地帯

新潟東港工業地帯は環日本海圏工業開発の拠点として脚光を浴び工場誘致も順調に進み、急速に活気をおびてきました。さらに、昨年12月から2つの東南アジア定期コンテナ航路が始まっていますし、将来は14mコンテナ専用埠頭の必要性が認められており、工業機能に加えて、国際貿易港としての商業港機能が加えられつつあり、国際経済港としての機能と、陸上交通機能整備とで拠点性の向上が図られようとしています。

現地見学はこの様な現状をルポし、1～2の工場を見学する予定です。

(2) 高温岩体プロジェクト（熱水利用発電）を見る

山形応用地質研究会の山野井氏（山形大学教授）から下記の資料をいただいていますので、そのまま抜粋させていただきました。

資 料

山形応用地質 第10号3～8ページ

山形県内での主なエネルギー開発

宮田良一・鈴木重考・須貝幸司

高温岩体発電システムの技術開発事業

1 事業の背景

わが国は、70余の活火山を有する火山国である。しかも、地質年代では新しい新第三紀と第四紀に生成した割れ目が多く空隙の多い岩石が広く分布していること、地質構造運動が現在も続いているので活断層など亀裂が深部まで発達していること、さらに、降水量に恵まれていることで地下水が深部まで循環しやすい環境にある。そのため、深部まで循環して地表部まで達したり、地表近くへ存在している熱水や温水は、従来から温泉として利用してきた。

また、地下深いところ(1,000~2,000m)の亀裂や空隙の多い岩石中に存在している蒸気は、ボーリングによって地上に導き、蒸気の圧力によってタービンを回して電気を得るのが地熱発電である。現在世界では18ヶ国で地熱発電が行われており、日本は、アメリカ、フィリピン、メキシコ、イタリアに次いで5番目の地熱発電設備容量を有している。わが国では、現在のところ10ヶ所で地熱発電が行われており、その設備容量は228,100kWである。

地熱発電のメリットは、環境への影響が少ないこと、火力発電や原子力発電にくらべ出力が小さいが、設備が比較的コンパクトでしかも水力発電に比較すると出力が一定していることと、熱水もエネルギーとして利用できることである。一方、隘路は、探査費がかさむこと、水質がわるい熱水を伴った場合、地下還元しなければならないことなどである。

最近、さまざまな探査技術が発達しているが、最終的には掘さくしないと確定できない。現に、高地温地帯は確認できても、水が循環しにくい構造のため、蒸気や熱水は賦存していない地域も多数存在している。

高温岩体とは、そのように天然の蒸気や熱水は含有していないが、膨大な熱エネルギーを有する高温の乾燥した岩体を指す。この高温岩体から地表まで熱を運搬できれば、天然の蒸気や熱水がなくとも発電や暖冷房に利用できることができる。

エネルギーを高温岩体から運搬してくる媒体はやはり水が一番効率的なので、高温岩体に水を注入して人工的に亀裂を造成し、1本のボーリング孔より水を送り、人工亀裂帯を天然熱交換器として利用、もう1本のボーリング孔より蒸気、熱水を得ようという発想が生まれた。

一番最初にフィールドで実験されたのは、わが国のNEDO(新エネルギー産業技術総合開発機構)とアメリカの国立ロスアラモス研究所が共同でアメリカのフェントンヒルで行った研究である。

わが国でも、国のサンシャイン計画に基づいて高温岩体から熱エネルギーを抽出し、発電に供するための研究に力を入れることになり、まず、長野県の焼岳で小規模な実験が行われた。次いで、1980年から本格的な開発研究が本県の大蔵村肘折地区で行われることになった。

最近、日本にアメリカの他にイギリス、フランス、ノルウェー、西ドイツ及びECの間でも研究が行われており、1988年11月、日本で高温岩体の国際ワークショップが開催され、肘折地区にも内外の研究者が訪れた。

2 肘折地区のあらまし

肘折地区は、今から1万年ほど前に形成されたカルデラで、そこから放出された軽石や火山灰は軽石流となって銅山川と角川に沿って流下し、広い台地状の地形を形成している。

肘折カルデラの東限には肘折温泉が湧出している。肘折温泉は、16本ほどの掘さく自噴泉を主体とする源泉を有し、泉質は含重曹弱食塩泉で、最高温度は85.5°Cと県内でもっとも高温を示している。

地熱調査は、山形県が1968年から1973年にかけて地質調査、地温調査、電気探査及びボーリング調査を行ったのが発端で、1974年には地質調査所が全国地熱基礎調査として変質調査、放熱量調査、電気探査及び地化学探査を行った。また、翌1975年には財団法人日本地熱資源開発促進センターが地熱精密調査の一環として金山地区に深さ500mmの構造試錐を実施し、坑底において最高温度218°Cを得た。さらに、財団法人新エネルギー財団が1979年、朝日台地区に環境影響調査として900mと1504mのボーリングを1本ずつ実施し、1502mで花崗岩類に達している。

一方、企業探鉱として、石油資源開発株式会社が1500~1800m級の構造試錐を実施している。その際、現在、高温岩体間の実験井として利用されているSKG-2は、深さ1465mで花崗岩類を確認し、1800mでの坑底温度を253°Cと確認している。

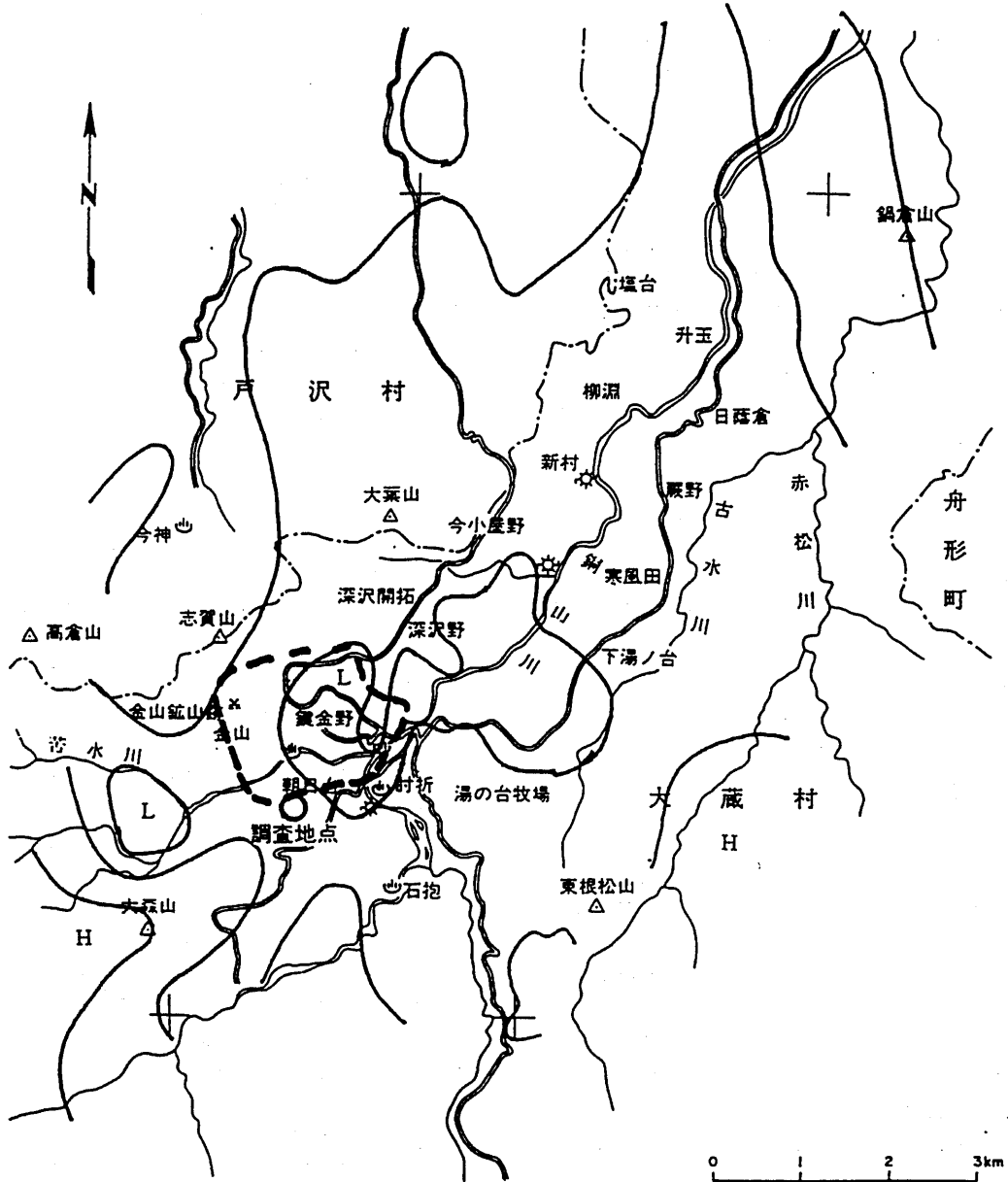
また、肘折カルデラより下流の銅山川に沿う地域は、銅山川下流地域としてNEDOによる地熱開発促進調査が1980年へ1982年まで実施された。その調査

では、1000m～1800m級のボーリングが6本掘さくされ、うち、カルデラ南東方の石抱温泉付近の深さ1800mの1本は、坑底温度最高247.5°Cを有し、深さ1690mで花崗岩類を確認している。

このように、肘折カルデラ内外には多数の構造試験が実施され、地質構造がかなり詳しく解明された。

また、地史的に新しいカルデラであることを裏付けるように、地下深部の温度は異常に高温であることを確認した。しかし、地下には、蒸気を含有するような入れ物は見当たらなかった。

ところが、肘折地区では、比較的塊状で人工的に亀裂を造成するに好都合な花崗岩類がわりと浅所に



図一 調査地点及び重力分布図

存在し、しかも深さ1500mをいどで250°Cを越す温度を確認していることから NEDO の高温岩体の実験場として選定された。

肘折カルデラは、NEDO (1982) によれば、火砕流の噴出、石英安山岩の噴出、カルデラ陥没が組合わさったものであり、一部にはカルデラ陥没後も火砕流の噴出がある重複した内容をもっている。火砕流は、一般には最上台、湯の台などの台地をつくっており、最大の厚さは、烏川中流であり、石抱温泉より約2km上流付近では、少なくとも120mと計算されている。なお、広い台地をつくっているところでは約40mである。宇井 (1972) によれば、この火砕

流の量は1~2km³と計算されている。

肘折カルデラの面積は、約4.5km²である。開析されてはいるがカルデラ内の台地より周辺の山地との標高差を約100mとすると、深さは約200mとなるので、カルデラの容量は約0.9km³となる。

図-1に、高温岩体の調査地点と重力分布の概念を示したが、肘折カルデラの南西方向にも重力の低異常地帯が存在し、一応、肘折カルデラより古期の赤砂山カルデラとされている。

また、図-2には、やはり NEDO の手による地熱開発促進調査で明かにされた肘折カルデラ付近の地質断面図をかかげた。

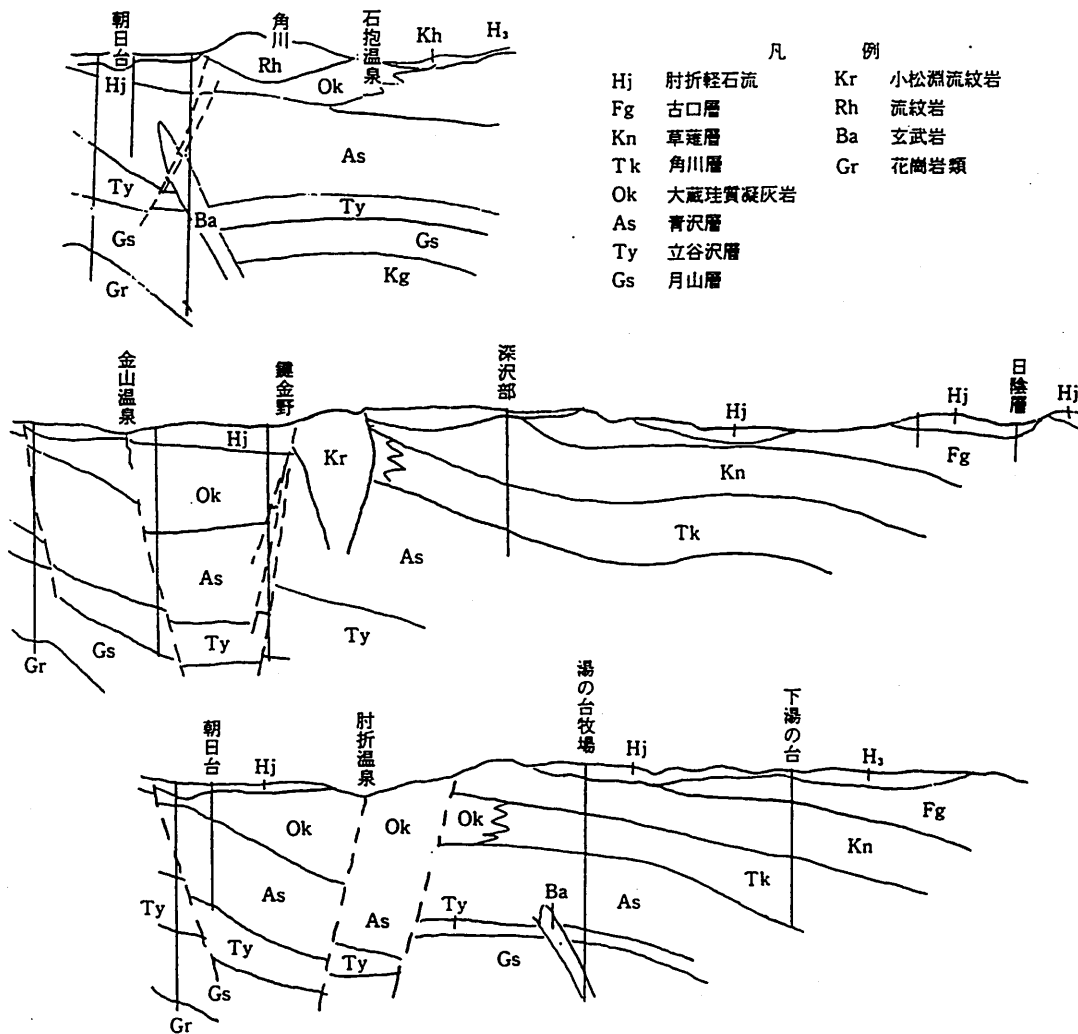


図-2 肘折カルデラ付近の地質断面図

3 高温岩体肘折プロジェクトの概要

わが国における高温岩体研究開発は、通商産業省のサンシャイン計画に基づいて、1978年度より岐阜県焼岳北西部山麓で基礎的研究が始められ、次いで、本県の肘折地区で本格的な研究に着手された。以下、NEDOの資料(主に小林, 1989)に基づいてこれまでの研究概要を紹介する。

(1) 1985年度

選定したポイントは、カルデラ南隅に位置する企業探鉱で用いたSKG-2である(図-1)。

本坑井は、深さ1800m、坑底温度は254°C、1460m以深が花崗岩類となっている。この坑井は、もともと1300m以深が裸孔となっていたが、水圧破碎を行うため1788mまでケーシングパイプを設置した。1986年度以降の事業は図-3に示した。

(2) 1986年度

1986年10月、SKG-2坑井から合計1,080m³の水を注入し、水圧破碎を行い、人工的に亀裂を造成した。注水後、最高105°Cの房水が約1/2あったことが確認された。

水圧破碎実験に際して、水圧破碎で発生する岩盤の微小な音(AE)の観測を行い、その震源分布を図-5のように立体に把握することにより亀裂(フラクチャー)の位置や形状の推定が試みられた。

図-4は、AE観測地点の配置である。

(3) 1987年度

人工的に造成したフラクチャーの位置や広がりを確認するため、AE震源が集中しているSKG-2坑井の南側にHDR-1号坑井を掘さくした。二つの坑井の坑底部の距離が約30mとなるようにHDR-1坑井のターゲットを決め、方向・傾斜を制御しながら掘さくされた。

両坑井の坑底がフラクチャーで結ばれているかどうかを確認するため、SKG-2坑井から水を注入する短時間の導通確認試験が実施された。その結果、SKG-2坑井からHDR-1坑井への流入が認められた。

(4) 1988年度

1988年度には、①2坑井の導通促進を目的とする加圧試験、②貯留層特性把握を目的とする循環試験の実施及び、③今後の下部貯留層達成の準備を行うことを目的として研究が実施された。

1) 加圧試験

1988年7月、SKG-2坑井から2,000m³の水を注ぐ加圧試験が実施された。注水終了後、HDR-1坑井から熱水が湧出したが、湧出温度が100°Cに達した時点で熱水及び蒸気の湧出が活発化し、温度は170°Cを上回った。

2) 循環試験

循環試験は、8月2日から15日間実施された。注入流量は0.5m³~1.0m³/分で、100~180°Cの熱水や蒸気を連続的に回収することに成功した。

3) 下部貯留層造成準備

さらに深部に亀裂をつくり、下部貯留層とするための準備として、HDR-1坑井を深度2200mまで増掘された。

(5) 1989年度

1989年度は、現在の循環システムの特性を把握するため、3本目の坑井(HDR-2)が掘さくされ、人工の亀裂の位置、割れ目状況をさらにくわしく調査すると共に、注水循環試験が行われた。

HDR-2坑井の深さは1900mであり、循環試験は10月中旬から11月下旬までおよそ30日間実施され1988年度同様、最高温度180°C熱水・蒸気の抽出が成功した。

(6) まとめ

1986年、SKG-1坑井から水を注入し、人工貯留層を造成し、さらに、1988年にはその人工貯留層に掘さくしたHDR-1坑井1本からそして、1989年にはもう1本のHDR-2号井を合わせて2本の坑井から熱水蒸気を抽出することに成功した。この推移については図-3に示した。

今後の予定としては、現在の深さ1800m台の人工貯留層のさらに下部である深さ2200m付近に人工貯留層を造成し研究を継続する予定となっており、世界的なプロジェクトとして関係方面から大きな期待が寄せられている。

この研究が成功すると、日本だけでなく、世界的にも応用できる。わが国は、前に述べたように熱水の循環環境には恵まれているが、火山体の付近にも温度は高いが熱水や蒸気の貯留が認められない地域が広く存在しているため、本システムが成功すれば、地熱エネルギーは急増するものと思われる。また、熱水の性状も、天然のそれよりはるかに良質と考えられ、クリーンなエネルギー源として利用が拡大する。

1986	1987	1988	1989
上部貯留層 造成	貯留層進展 方向確認	加圧循環試験	上部貯留層 評価
SKG-2	HDR-1 SKG-2	HDR-1 SKG-2	HDR-1 SKG-2 HDR-2

図-3 肘折プロジェクトの地下システムの開発の経緯 (小林, 1989)

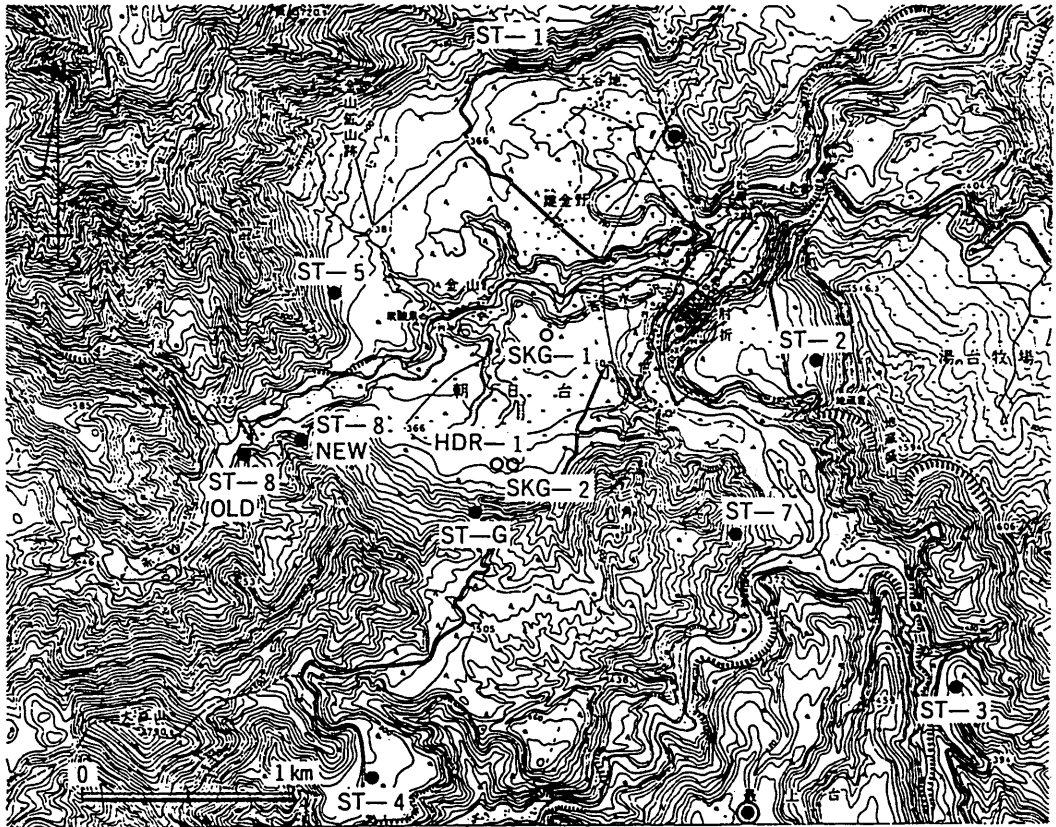


図-4 A E観測点の配置 (小林, 1989)

SKG-1, SKG-2, HDR-1 各坑井と地元 A E 観測点の位置図
(ST-9, ST-10 (二重丸) は1988年度に新設した坑井観測点)

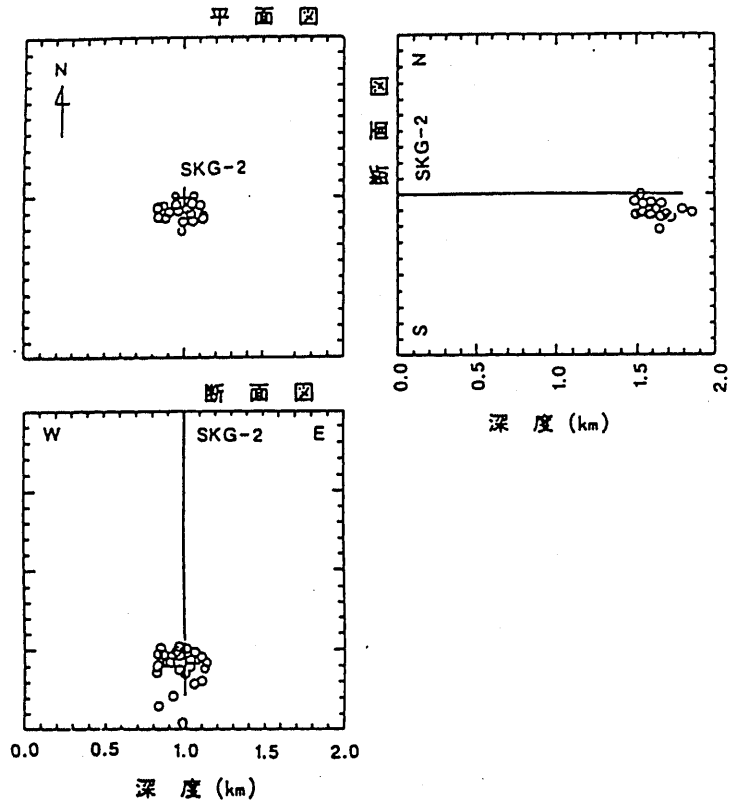


図-5 地表ネットによるフラクチャーマッピング結果 (1986年度)
(小林, 1989)

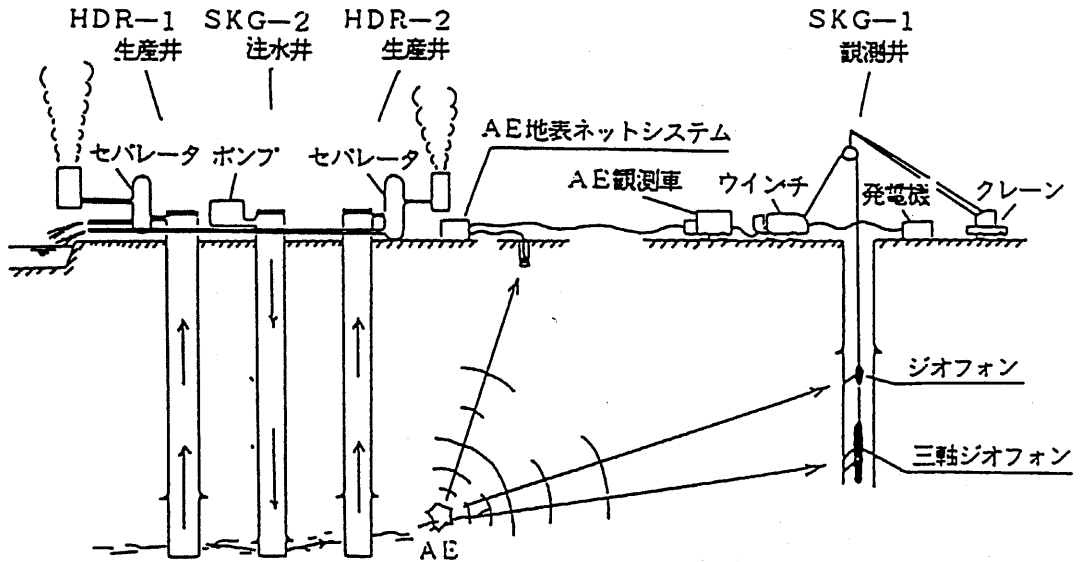


図-6 AE観測システム概念図 (新エネルギー産業技術総合開発機構)