

もうすぐ発電所！－奥会津地熱地域－

水垣 桂子¹⁾

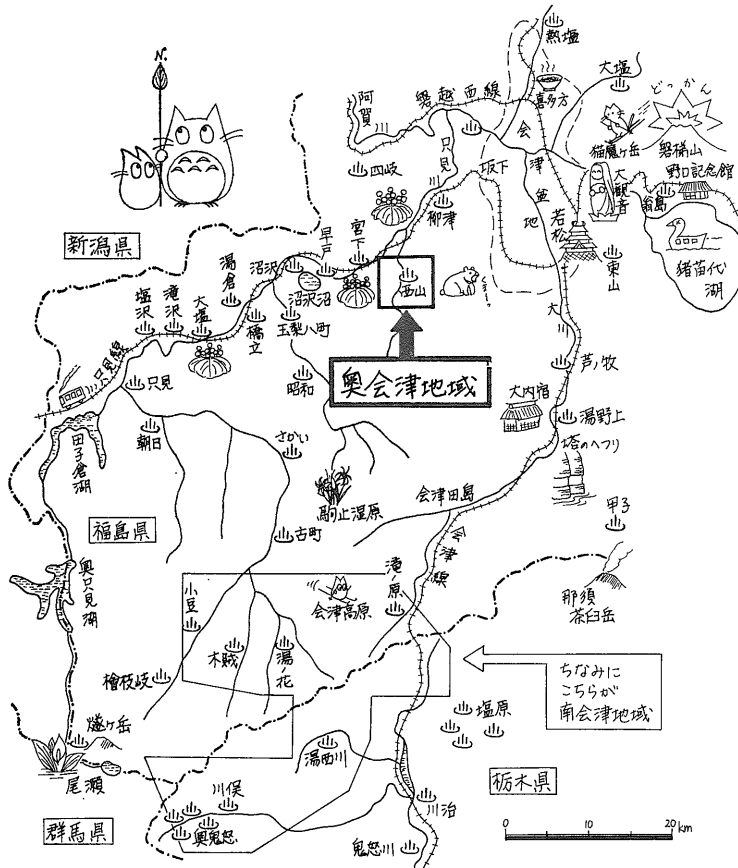
1. 奥会津って会津のどこ？

会津といえば民謡「会津磐梯山」を思い出す方が多いと思いますが、会津地方というのはこの磐梯山を東端として、福島県のほぼ西半分をさします。会津で一番大きな街は、会津盆地の南部、白虎隊で有名な会津若松市です。南北に細長い会津盆地の北部には、最近ラーメンで有名になった喜多方の街があります。

もともと「奥会津」の名称は、会津盆地とその周辺部を除いた会津地方南西部全体をさすようです（福島県, 1947）。観光的には現在もこの広い範囲が奥会津と呼ばれています。そのせいか地熱関係で「奥会津地域」と言うと「南会津地域とは違うの？」ときかれることがあります。南会津地域（全国地熱資源総合調査）は広義の「奥会津」の南端から栃木県にまたがる地域です。一方、「奥会津地域」（地熱開発促進調査）はずっと北の方で、会津盆地のすぐ西側にある柳津町の西山温泉周辺をいいます（第1図）。どちらも新エネルギー総合開発機構（現在は新エネルギー・産業技術総合開発機構、略称 NEDO）が実施した調査の名称です（品田ほか, 1987; NEDO, 1985）。

さて、奥会津地域に入るルートは鉄道なら只見線、車なら国道49号で会津盆地西端にある会津坂下町から会津盆地西縁の丘陵を越えて只見川に出ます。ここで49号線から252号線に入り、只見川を遡って奥会津へと入って行くと、すぐに「虚空蔵さん」のある柳津の町があります。これは日本三虚空蔵尊のひとつ円蔵寺で、柳津はその門前町です。円蔵寺前の只見川には天然記念物のウグイがいて、弘法大師が虚空蔵尊を彫った切り屑が化けたものと伝えられます。

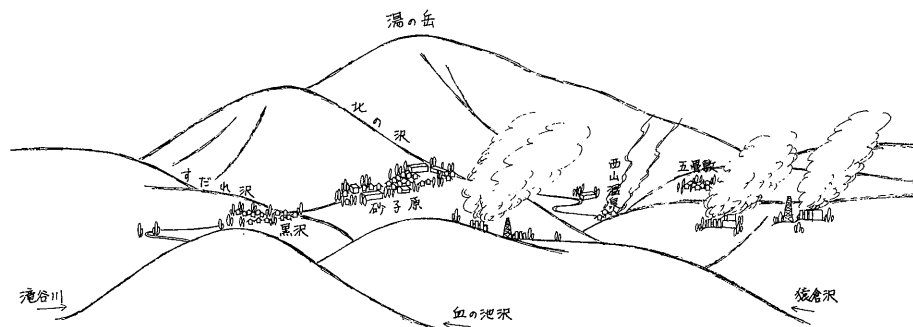
柳津には温泉がありますが、これは以前は町内南方の西山温泉から延々13 km も引いてきていたもので（福島県, 1978）、その間に冷めてしまうので、自前のボーリングが計画されました。1978年に虚空蔵さんの裏の駐車場の片隅で掘削したところ一発で大当たりだったとかで、深度は



第1図 奥会津地熱地域とその周辺。

1) 地質調査所 地殻熱部

キーワード：奥会津，地熱地域



第2図
奥会津地域の風景（南東側から見た想像図）。

700m, 温度は46℃でした。

柳津から奥の只見川沿いでは、国道の両脇に会津名産「桐」の木がよく植えられていて、5月ともなれば一斉に花が咲きます。柳津町のとなり三島町では、ふるさと創生よりずっと早くから「桐の里」と銘打って町おこしに取り組み、毎年5月下旬の日曜日には「桐の里マラソン」を開催したりしています。

三島町の中心部の宮下から只見まで、只見川沿いには点々と温泉があり、いずれも秘湯の趣深いところです。国道沿いの早戸温泉は「つるの湯」といい、鶴が温泉に入っていたところから発見されたと伝えられます。早戸温泉の対岸にある沼沢沼(湖)は径2kmほどの可愛いカルデラ湖ですが、週末には湖岸にずらりと釣り人が並びます。

只見川とその支流沿いにある温泉は全般に塩分の多いものが主流です。昭和、さかいなど鉱床探査のボーリングで出た温泉もあり、只見は鉱山の廃坑から湧いている温泉です。只見川水系に多数ある温泉の中で、支流の滝谷川流域に位置する西山温泉の周辺がこれからご紹介する「奥会津地熱地域」です。

2. 奥会津地域のプロフィール

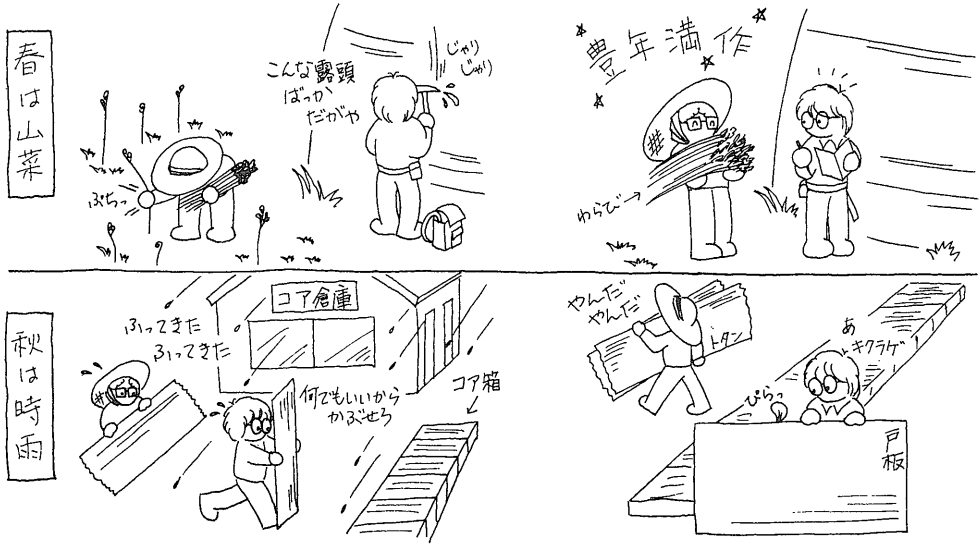
奥会津地熱地域はもとは大沼郡西山村でしたが、1955年に河沼郡柳津町と合併して河沼郡柳津町西山地区となりました。そのため西山地区の分だけ柳津町がぼこっと出っばった形になっています。この西山地区の北半分と三島町の一部を合わせて奥会津地熱地域と呼んでいます。

この地域は山に囲まれています比較的なだらかな地形で、その北西部に独立峰の湯の岳(729m)があります。湯の岳のすぐ東側に滝谷川がほぼ南から北へ流れ、これに沿ってメインストリート(県道柳津昭和線)があります。この県道沿いと東側の山沿いに集落が点在しています。この地域の集落は字名に「居平」が多くみられますが、

旧西山村内だけでなく只見川沿いにも分布していて、この地方の平坦地集落の一般的名称のようです。森林基本図ではその中に「湯平」と表記されたものがあったり湯の岳が「猪の岳」と表記されていたりしますが、実際湯の岳の北西方の林道では道標に「猪岳林道」と書かれていることから、「い」と「ゆ」の混用があることがうかがわれます。このあたりの人はおおらかで、例えば2万5千分の1地形図「宮下」昭和63年版では、それまで「松が下」であった集落が「松ノ下」と表記されているので、現地に行ってきたとみると「ここは松が下ですか、松ノ下ですか」「んだ、松ノ下だ」「松が下ではないんですか」「んだ、松が下だ」という具合でした。

さて、この地域の中心的集落は砂子原で、町役場の出張所や郵便局、小中学校があります。このあたりは古い伝統をよく残している所で、最近まで集落ごとに名字が決まっており、他集落への嫁入りや婿入りの際は必ず行った先の名字になったそうですが、集落内で一番の旧家だけが違う名字だったといいます。その中で砂子原だけは昔からいろいろな名字があったということです。また砂子原には「よろずや」などの店も多く、一軒の店でもよろずや兼自転車屋兼自動車修理屋だったりします。これらの集落間の道路も最近ではよく整備され、冬でも除雪して車が通れるようになっていますが、少し前までは雪が積もると歩く他なく、病人が出ると滝谷まで背負って歩き、途中で亡くなることもあったという話です。

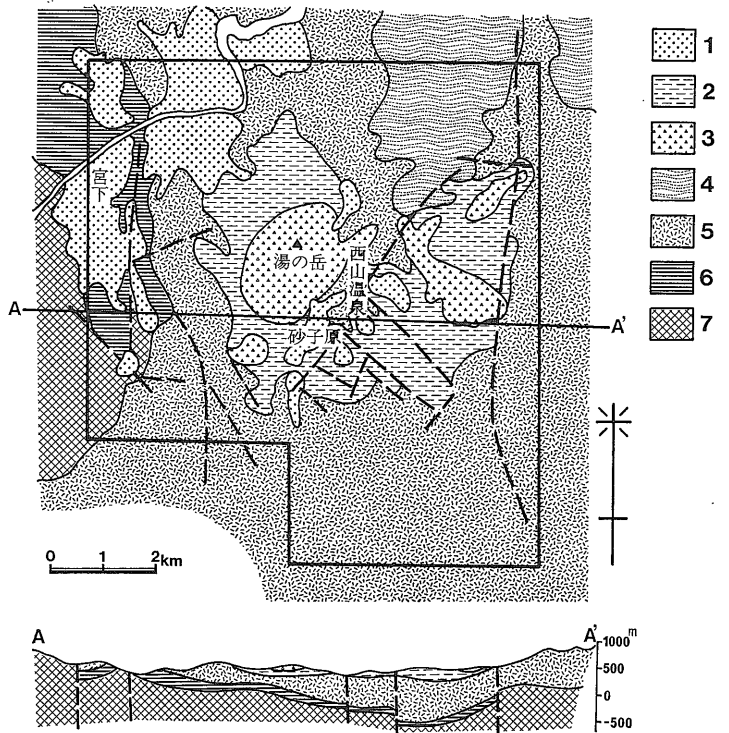
さてこの地域の主要産業といえばやはり農業と林業です。農業は稲作と自給自足の野菜作、またタバコや椎茸などを栽培しています。椎茸は最近増えてきたそうで、林間の道沿いによく見かけます。またタバコは売れ行きがよくないためアスパラガスなどに転換した畑も多いそうです。売れ行きがよくないのは特産の桐の木も同様で、値段が下がって採算が合わないため手入れをしていない草ぼうぼうの桐畑もあります。余談ですが会津地方では「き」の発音が「ち」に近いので、桐の木が「ちりのち」に、桐畑は「ちりばたけ」になり、最初は何のこ



とかさっぱりわかりませんでした。林業は杉の植林が主ですが、川沿いなどには畦道のある杉林があって、以前は水田であった所を不便な場所だからか減反のせいか杉林にしてしまったものとみえます。

こういう所ですから山の幸は豊富で、地元の人を雇って歩いていると山菜などに詳しくなります。春の山菜は雪解けとともにコゴミ、ゼンマイなどが取れます。5月に入るとワラビ、ウド、ミズナ、ウルイなどが出てくるので、ワラビ取りの人によく出会います。ウルイというのはギボウシの類で湿っぽい所に生えているのですが、葉柄だけを食するので、この時期に水辺を歩くと時々葉っぱが捨ててあります。夏には滝谷川で鮎を釣っている人によく会いますが、天然ものではなく養殖鮎を放流したものだそうです。

ところで西山温泉というのは、五疊敷の集落から滝谷川へ下りた所が中心で、以前は五疊敷温泉とも呼ばれていました(中村ほか, 1962)。温泉宿6軒の他には何もなく、湯治場の趣を伝える秘湯です。砂子原付近の滝谷川の岸にも源泉があって、砂子原集落の共同利用で全戸に給湯され、どの家でも毎日温泉に入れるわけですが、1本の管から配湯されるため冬場など何軒も同時に使うと「隣の家でた



第3図 奥会津地域の地質図および地質断面図 (NEDO, 1985を簡略化)。枠線は促進調査の範囲。

- 1 : 沼沢火砕流, 2 : 砂子原層 (泥岩・砂岩・礫岩), 3 : 湯の岳流紋岩類 (以上第四紀), 4 : 藤峠層 (凝灰岩・礫岩), 5 : 漆窪層および萩野層 (凝灰岩類), 6 : 宮下泥岩, 7 : 滝沢川層 (凝灰岩類) (以上第三紀)。

くさん使うからウチでは出が悪いんだべ」なんてことになるそうです。砂子原の対岸にあたる滝谷川岸には神の湯という露天風呂がありますが、宿も何もないのに効能が広く知られているらしく、県外から湯治に来る人もあれば、「郡山市 某」と書かれた洗面器が置いてあって遠方から定期的に来ているらしい人もあります。

3. 地質と地熱の概要

ここでは NEDO (1985) に基づいて地質を概観することになります (第3図)。この地域ではいわゆるグリーンタフを主とする第三系が大変に厚く、2000m級のボーリングでも基盤岩 (花崗岩など) が確認されていません。この厚い第三系の上に第四紀前半の湖成層である砂子原層が分布し、湯の岳流紋岩類が貫入しています。湯の岳流紋岩類の年代測定値は20-50万年 (K-Ar 法およびフィッシュ・トラック法) です。これらの上に、地熱地域の西方約10kmにある沼沢火山の噴出物がのっており、その年代は5000年 (^{14}C 法) です。地熱地域はちょうど砂子原層に覆われているところから、カルデラではないかという説もありますが、まだ証拠がなく決着のつかないまま現在に至っています。

第4図には奥会津地域の地熱徴候と断層を示しましたが、これらの断層はリニアメント (沢筋) やこれに沿った地熱徴候から推定され、後に奥会津地熱 (株) のボーリングで確認されています。しかしこの地域の地熱徴候は

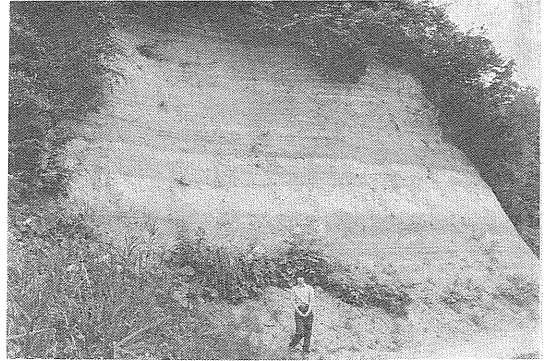
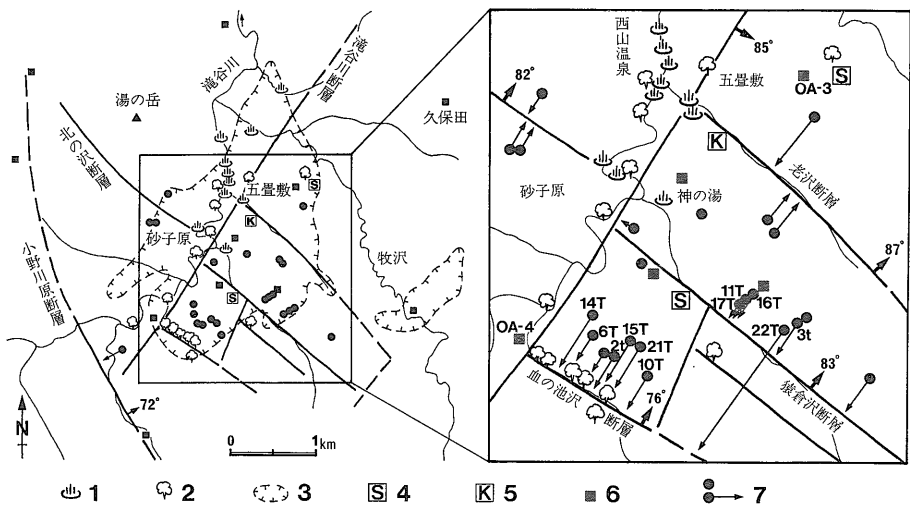


写真1 砂子原層。水平な泥の層が続く。

意外に地味で、期待して行くとがっかりします。たとえば血の池沢の入口に行くと硫化水素臭はかなりあるのですが、沢底から小さな泡がぼこぼこ出ているだけで温度も低く、沢底の石に褐鉄鉱が付着して赤くなっているところから血の池沢というらしい、という程度のものです (それだけしっかりシールされている、とも考えられます)。温泉にしても温度は高いものの観光の目玉になるほど盛大に湧いている所はなく、地熱関係者の間では「よくあんな徴候のない所であつたなあ」という声も聞かれます。

この地域では最初は黒鉱を目的とした探査が盛んに行われていましたが、その後地熱地帯として注目され、地熱開発基礎調査「西山」、地熱開発促進調査「奥会津地域」が実施されました。その後調査は奥会津地熱 (株)



第4図 奥会津地域の地熱徴候・断層とボーリング位置。

通産省 (1973), 日本地熱資源開発促進センター (1978), NEDO (1985), 新田ほか (1987), および奥会津地熱 (株) のご好意による。1: 温泉, 2: 噴気, 3: 変質帯, 4: 旧硫黄鉱山, 5: 旧粘土鉱山, 6: NEDO の調査井, 7: OAG の調査井 (矢印は目標断層)。

第1表 奥会津地域の調査史

調査名	調査者	調査年度	内容	公表資料
1/5万図幅 「宮下」	福島県	1965-1968	地質	北村ほか(1968)
広域調査 「西会津地域」	金属鉱物探鉱 促進事業団	1968	地質・変質 重力・地震	通商産業省(1970)
広域調査 「東会津地域」	金属鉱物探鉱 促進事業団	1970-1972	地質・変質 重力・地震・磁気 坑井1(地質)	通商産業省(1972) 通商産業省(1973)
精密調査 「東会津地域」 (宮下地区)	金属鉱業事業団	1972	坑井9(地質)	金属鉱業事業団(1973)
地熱開発 基礎調査 「西山」	地質調査所 資源エネルギー庁	1976	変質・放熱量 地化(編集) 電気	通商産業省(1978)
	日本地熱資源開発 促進センター	1977	坑井1(地質・検層)	日本地熱資源開発促進 センター(1978)
地熱開発 促進調査 「奥会津地域」	新エネルギー 総合開発機構	1982-1983	地化(Hg, CO ₂) 地温・電気・電磁 坑井13(地質・検層 ・噴出還元・熱流量)	新エネルギー総合開発 機構(1985)
(企業化調査)	奥会津地熱(株)	1984-	地質・変質 地温・電気・地震 地化(Hg, CO ₂ , FP) 坑井(地質・検層・ 噴出・還元・評価)	新田ほか(1987)

(以下 OAG と略称) に引継がれ、1989年までに24本に上るボーリングを含む本格的な調査が行なわれました(第1表)。OAG による調査は現在も引続き行なわれています。

地熱地帯として注目された理由は、70-90℃以上という高温の温泉があることと、白色粘土化変質帯があり、この粘土の採取場(第4図の旧粘土鉱山)でかなりの高温を経験したと言われていることなどです。まず基礎調査「西山」では五畳敷の旧硫黄鉱山の近くでボーリングを実施し、まあまあの温度とかなりの熱水変質を得ました。これを受けた促進調査では多方面からの探査を行うとともに13本の坑井を掘削し、うち2本で噴出に成功しました。

促進調査でこの地域の地熱構造を最も端的に表わしたのは温度でした。五畳敷で掘削された OA-3 では、深度150mあたりまでは一気に温度が上がって120℃位になりますが、そのあとは頭打ちになります。これは坑井位置が西山温泉に近いことから、100-200mの浅い場所に温泉のリザーバーがあり、深部には高温のリザーバーがないことを示すと解釈されます。一方、血の池沢で掘削され噴出に成功した OA-4 は地表から1300mまで直線的に温度が上昇し、坑底で260℃となります。このようなデータに基づいて作成した温度分布が第5図です。これまでの調査結果から、この地域では温泉リザーバーは西山温泉付近の浅部、大規模高温リザーバーは血の池沢から猿倉沢中央部の深部と、はっきり分かれているものと考えられています(第6図)。

熱源については、地域内に湯の岳紋岩類があるのでこの活動と関連するものと考えるのが地理的には最も妥当ですが、リザーバーが現在も高温(深部では300℃以上)であるところから湯の岳紋岩の年代ではちょっと古すぎるのではないかという意見もあります。これに代わる案は10km西の沼沢火山から地表に出ない枝がのびているというもので、年代から言えばこちらの説が有力です。いまのところ決め手はありません。

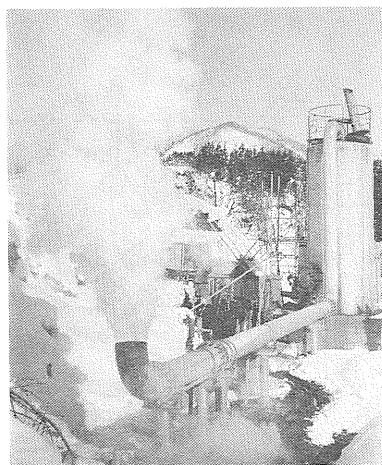
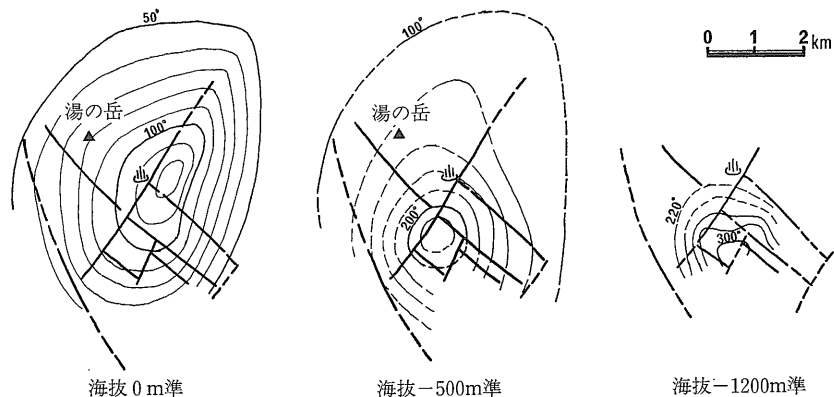
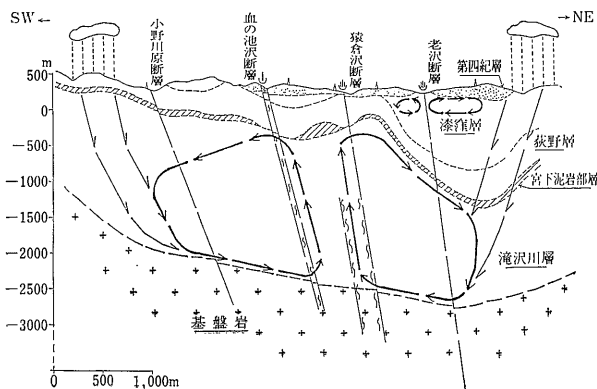


写真2 昭和58年度に実施された NEDO の調査井OA-4の噴出試験。この成功が以後の調査の大きな足がかりとなった。写真提供：地殻熱部 金原啓司氏



第5図
奥会津地域の温度分布と断層・西山温泉の位置。
左・中：NEDO（1985）を簡略化，右：新田ほか（1987）を簡略化。断層位置は第4図を参照。



第6図 奥会津地域の地熱系概念モデル（新田ほか，1987）。

4. 断層を狙えば百発百中？

OAG の調査は当初から先に推定された断層破砕帯をターゲットとして行なわれました。地表調査では自然電位、QMT、TDEM、フィンガープリント法で断層に規制された構造が確認されています（新田ほか，1987；坂井，1987）。次にその断層の傾斜や変位の向きについては促進調査のコア地質などから、NW-SE 系の断層は NE 落ちの正断層、NE-SW 系の断層は SE 落ちの正断層、傾斜は 70-80 度と予想して、上盤側から断層に向かって掘削する方法で次々と当てていき、予想の正しかったことを証明しました（第4図）。血の池沢断層と北の沢断層では、深部で破砕帯を確認したあと浅部に向けて低角度の傾斜掘りをして確認しています。

こうして確認された断層のうち、優勢なりザーバーがあったのは深部で高温の予想された血の池沢断層と猿倉沢断層でした。同じ区域の澗谷川断層は温度も噴出量も今ひとつです。また1本の断層でも端から端までリザーバーになっているわけではなく、猿倉沢断層では真中あたりで掘削された坑井は優秀なのに、南東の端に近い坑

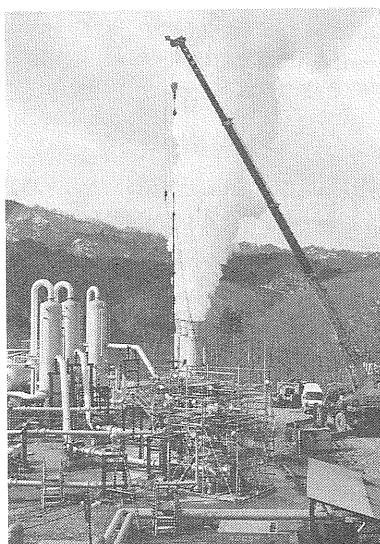


写真3 昭和63年度17Tプロダクション検層の様様。圧力を変えて温度、流量などを測定し生産特性を調べる。蒸気を上げているのがサイレンサー、その左側に3つ並んでいるのがセパレーターで、いずれも手前から16T、11T、17Tのもの。

写真提供：奥会津地熱(株)

井では噴出に至りませんでした。猿倉沢断層中央部の坑井3tでは、掘削中に坑が勝手に曲がっていくと思ったらロッドがすぼっと落ちてしまい、やむなくそこで掘り止めにしたそうで、地下1800mにそれだけの空間がある（もちろん熱水や蒸気は詰まっている）ことを実証しました。

血の池沢断層の方は、図に実線で描いてある範囲（猿倉沢断層にくらべて短い）は全面的に優勢なりザーバーです。特に2tは小口径では日本新記録という噴出量があり、最初の噴出試験では口を開けただけでどんどん噴き出し、止められなくなって大変だったそうで、関係者の間では初めのお祓いのときにかける御神酒をけちったからだというもっぱらの噂であったということです。血の

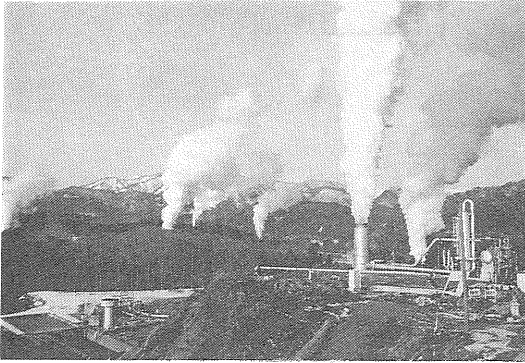


写真4 平成元年度9坑井一斉噴気試験(1989年12月21日撮影)。
噴気は左から10T, 15T・21T(重なって1本に見える), 6T, 14T, 22T, 11T+16T+17Tで, 9坑井合計の蒸気量は毎時496.6トン。写真およびデータ提供: 奥会津地熱(株)

池沢断層は温度や物理探査結果からもっと南東方に続くのではないかと言われていて, 1989年に3tの横から猿倉沢断層を通過して血の池沢断層南東部を当てようという坑井が掘削され, 計画通りの位置で破砕帯に当たり噴出に成功したそうです。

ところで生産井ばかりでは地熱開発はやっていけません。奥会津地域では最初のうち, 血の池沢断層が優勢なリザーバーなので猿倉沢断層を還元ゾーンにしようと思っていたら, 猿倉沢断層でも次々と生産ゾーンに当たってしまったので, 還元困って一時はかなり優秀な生産井を還元転用するなどしていました。その後, 北の沢断層に掘った坑井が還元に適していることがわかりましたが, 北の沢断層に還元するためには滝谷川を渡らなければならず, 配管工事が面倒になります。そこで老沢断層をターゲットにした結果, 良好な還元ゾーンが得られました。もっとも老沢断層は西山温泉に近いので反対する温泉宿もあったようです。

地熱開発といえば普通は温泉組合の反対と国立公園の規制がつきものです。この地域は国立公園でも国定公園でもないので(県立公園はありますが)開発規制はほとんどないという点で恵まれた条件にあります。また温泉宿は1箇所が集まっていて, 地熱開発域とは少し離れているので, 温泉宿からの反対はあまりなく, 関係者が大勢泊まってくれるのでむしろ歓迎ムードです。地熱の調査開発に伴って地元では, 温泉宿にお客が増えたり, 土建業者に仕事が来たり, 開発地に土地を持っている人には借地料や杉の補償料が入ったり, 持っていないでも日雇いで賃金がもらえたり, というわけでけっこう活性化に役立っています。もっとも借りている土地が畑の場合は,

借地期間が長びくと「来年は小豆さ作んだから困るでねっかよ」なんてこともあるようです。

5. 噴出試験の見学

1987年7月29日, 幸運なことに16T(猿倉沢断層中央部の坑井)の仮噴出試験に立ち合わせて頂くことができました。これは本当は28日の予定だったのですが, 前年に使った装置をそのまま使おうとしたらバルブの径が違っているので装置が入らなくて1日延びるというオマケが付きましました。この装置というのはスワッピング(汲み上げ)をするもので, 普通は地熱の坑井というのは開けただけではダメで, 汲み上げて勢いをつけてやらないと噴出しないものなのだそうです。汲み上げなくても噴出した2tがいかに優等生であったかがわかります。

同じサイトで前年に掘削した坑井のときには20回汲み上げたので今回もそのくらいの回数だろうということなので, 11回目から見学させてもらいました。OAGの新田社長がじきじきに説明して下さいたところでは, スワッピングで汲み上げる原理というのはちょうど水鉄砲と同じだということです。坑内から上がってきた装置を見るとなるほど水鉄砲のピストンによく似ていて, 熱水につかっていたので湯気が立っています。このピストンはワイヤーで吊され, ワイヤーはやぐらの頂上の滑車を通して地上のウインチで巻き戻しをします。水鉄砲ですからピストンの径は坑内径とほぼ同じはずで, これをそろそろと坑内に下ろし, 水面に着いたら一気に引き上げることで水位を上げます。一回下ろしてから引き上げるのに数分かかります。その一回ごとに坑内水位を測ってトランシーバーで報告していますが, この水位が毎回着実に上がってきます。通算15回目, 引き上げと同時に熱水が噴き上がり, 「噴出か」と思ったらすぐに止まってしまう。これを何度か繰り返したのち連続噴出に至るということです。それから一回ごとに流出量がだんだん増え, ついに20回目に止まらなくなりました。噴出成功です。万歳三唱!をやっているうちに噴出流体をセパレーターにまわってしまうので, 直上噴気の感激を味わっている暇がありません(でも直上噴気を続けると噴出熱水で現場が水浸しになります)。そんなことにはおこまいなしに噴出量はどんどん増えていき, それとともに音がすさまじくなって, 隣で新田社長が何かどなっても聞こえませんが, もちろんサイレンサーはちゃんと働いています。少し離れて気水分離後の蒸気量メーターを見ていると, みるみるうちに上がって行き, 間もなく毎時60トンを超えてしまいました。これはやはり優秀な部類に入るそうです。

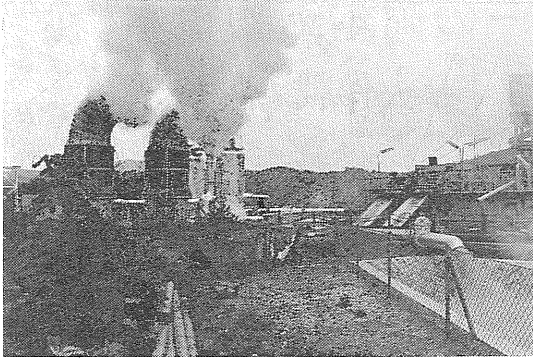


写真5 16T仮噴出試験（1987年7月29日）で連続噴出開始後に分離された蒸気と熱水。左後方が蒸気，右手前が熱水，右端はやぐらの一部。

このあたりで現場からは失礼しましたが，後で聞いたところでは，夕方まで噴出する予定だったのが，熱水プールが一杯になってしまったので早めに打ち切り，蒸気量は最高で毎時86トン，最終的には少し下がって毎時60トンで安定ということでした。

6. おわりに

この地域に地熱発電所ができるのはまだ数年先になりますが，上に紹介したように優秀な生産井が多数確保されており，「五万五千キロワットはかたい，七万いけそうだ」と順調に推移していることがすでに報道されています。開発に直接には関わっていませんが，地熱関係者としてはうれしいことです。

最後になりましたが，新田富也社長をはじめ奥会津地

熱(株)の方々，三井金属鉱業(株)の安達正敏氏にはいろいろとお世話になったほか資料や写真などを多数提供して頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

文 献

- 福島県 (1947)：奥会津地域地下資源調査書。
 福島県 (1978)：福島県の温泉。
 北村 信・菅原祐輔・鈴木養身・藤井敬三・伊藤 修・高橋 清治 (1968)：5万分の1地質図幅「宮下」及び同説明書。福島県。
 金属鉱業事業団 (1973)：昭和47年度精密調査報告書「東会津地域」。
 中村久由・鈴木孝・前田憲二郎 (1962)：福島県五疊敷温泉について。地調月報，13，39-42。
 日本地熱資源開発促進センター (1978)：地熱開発基礎調査報告書「西山」そのII。
 新田富也・寿賀祥五・塚越重明・安達正敏 (1987)：福島県奥会津地域の地熱資源について。地熱，24，26-56。
 坂井 茂 (1987)：フィンガープリント地化学探査法による地熱探査。地熱エネルギー，12，182-190。
 品田正一・阿部昭夫・玉生志郎・高木慎一郎・村岡 洋文・堀 昌雄・坂井 茂 (1987)：全国地熱資源総合調査の地域レポート〔4〕南会津地域（高温可能性地域）。地熱エネルギー，12，282-324。
 新エネルギー総合開発機構 (1985)：地熱開発促進調査報告書，No.8，奥会津地域。
 通産省 (1970)：昭和43年度広域調査報告書「西会津地域」。
 通産省 (1972)：昭和46年度広域調査報告書「東会津地域」。
 通産省 (1973)：昭和47年度広域調査報告書「東会津地域」。
 通産省 (1978)：地熱開発基礎調査報告書「西山」そのI。

MIZUGAKI Keiko (1990)：Okuaizu geothermal area.

<受付：1990年5月8日>