

深部地質環境研究センターの東北南部地質巡検 〈第2報〉

富島 康夫¹⁾・成田 孝¹⁾・相馬 宣和¹⁾・瀬戸 政宏¹⁾・磯部 一洋¹⁾

1. はじめに

本誌562号において、新設直後の深部地質環境研究センターによる東北南部地質巡検(第1報)が紹介され、既にご覧の読者も多いことであろう。深部地質環境研究センターの研究者の専門は、地質学、地球化学、地球物理学などの理学分野に加え、岩盤工学や探査工学などの資源工学分野に及んでいる。今回の地質巡検に参加した工学系研究者の中には、日頃から野外地質調査に馴染みのない職員も少なくない。

磯部・関(2001)による第1報は、公式的かつ総合的な巡検の紹介が中心であったが、本稿(第2報)では工学系研究者によるより具体的で、率直な感想・意見が紹介されている。また、第1報では殆ど紹介できなかった花崗岩コースの3日目などの巡検についても詳しく述べられている。旧地質調査所(以下では旧地調と記す)の研究者にとってはごく当たり前の地質巡検も、専門分野の異なる参加者から見ればかくも違うものかなど、本誌の読者にはきっと驚きを持って読んで頂けることであろう。

本稿の作成に当たっては、旧資源環境技術総合研究所(以下では旧資環研と記す)の研究者の富島・成田・相馬・瀬戸が原稿の執筆を、第1報の筆者の一人磯部が企画・編集を分担した。

2. 工学系研究者のプロフィール

2.1 専門分野の紹介

本稿を執筆した資源工学専攻の研究者4名の専門分野を以下に簡単に紹介する。

富島地殻物性チーム員は、大学で探査工学講座を選び、旧資環研ではマンガン団塊、コバルトリッ

チマンガン鉱床に代表される海底鉱物資源の調査、採鉱技術の開発に携わるとともに、近年は弾性波を利用した岩盤内部の亀裂物性評価に関する研究も実施した。

成田地殻物性チーム員は、大学で岩石力学講座を選び、旧資環研では大学で学んだ専門を生かし、主に鉱山保安に係わる岩盤関係の研究開発に携わり、大深度地下空間開発技術や高温岩体発電研究の一部を担当した。

相馬地球物理チーム員は、大学で地球計測工学講座を選んだ。1年間勤務した旧資環研の入所前には、高温岩体利用に代表される次世代型地熱開発に係わり、そこでは深度3,000~5,000mを対象に微小地震を利用した地下計測技術の開発に携わった。

瀬戸副センター長は、大学で鉱物処理工学講座を選び、旧資環研では主にAE技術の地下計測への応用や岩石破壊力学の研究に携わり、鉱山保安技術研究、大深度地下空間開発技術の安全監視技術の研究及び岩盤工学に係わる原子力安全の研究を実施した。

2.2 巡検への期待

筆者の一人富島は、2001年5月16-18日に深部地質環境研究センター全員参加の巡検があると聞いた時、巡検に行くのは一体何年ぶりのことだろうかと思った。現場実験には筑波に来てから何度も参加しているが、巡検となると学生時代に大学近くの山などへハンマー片手に登って以来である。それも、午後から半日程度で1~2カ所の露頭をハンマーで叩いて帰ってきただけであり、本格的な巡検は全く経験していないと言ってよい。

旧地調の研究者に比べて圧倒的に実験室で仕

1) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: 深部地質環境研究センター, 東北南部地質巡検, 岩盤工学, 探査工学, 岩石強度試験

事をする事の多い筆者らにとって、野外での仕事は大きな楽しみであり、3日間の巡検で一体どんなことが見聞できるのであるかと期待に胸を膨らませた。さらに、4月初めに行われた本センターの各研究チーム員の紹介を除いては、つくば中央第7事業所(地質調査総合センター)においては直接研究に関係する人以外とは話をする事はもちろんのこと、顔を見る機会も殆どなかったため、今回の巡検で多くの職員と話ができることも楽しみの一つであった。

3. 巡検の紹介

第1報に準じて、筆者らが参加した三つの巡検コース(水文コースを除く)について、日別に個人単位で紹介する。ただし、37名が参加した地質巡検全体のコースや見学地点は、磯部・関(2001)の第2, 3, 5, 8, 12図を参照されたい。

3.1 花崗岩コース

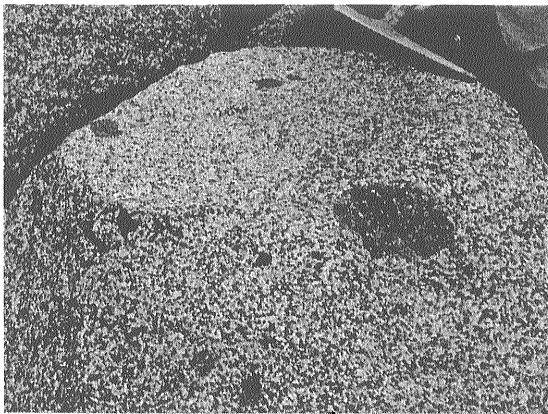
3.1.1 1日目〔1)は成田・相馬, 2)は瀬戸による〕

1)花崗岩コースの13名は3台の車に分乗し、今にも雨の降りそうな空模様を気にしつつ、午前9時につくばを出発した。予想通り常磐道を北上中、強い雨に幾度となく見舞われ、福島県浜通りで自動車道を下りて昼食を取るまではかなり激しい雨

が続き、午後予定の巡検の実行が危ぶまれる状態であった。しかし昼食を終え、さてこれから予定の7地点に向かおうという頃には、幸いにも小降りとなり、全ての予定箇所を回る事ができた。

本コースの初日の巡検は、浜通りの阿武隈山地東部の地質について主に高木哲一地質総括チーム員(以下案内者名を省略)の案内の下で実施された。磁鉄鉱系列とイルメナイト系列など、本地域の花崗岩の特徴や分類について説明を受けるために、それらの分布する場所へ案内された(第1図)。露出状態の良い箇所を回り、風化の進んだ地点も中にはあった。筆者によるこれまでの花崗岩のイメージと、完全にマサ化してしまった花崗岩(第2図)の姿とは大きく異なっていたために、地表部の観察から地下深部をイメージすることが可能かどうか疑問にさえ思えた。筆者らの目ではとても見分けがつかない花崗岩の二つの系列の違い、破碎帯側の岩質の違いなどを案内者らが詳細に調査されていることには大変驚かされた。

2)阿武隈花崗岩地帯における複雑な破碎帯分布及び風化花崗岩の説明を受けた。破碎帯分布の複雑さに目を奪われながら、破碎帯面のせん断強度はどの程度であるのか、破碎帯面の粗さ(roughness)はどの程度であるのか等々興味は尽きな



第1図 黒っぽいインクルージョンの多く磁鉄鉱系列に属する花崗閃緑岩の巨大円礫。第1,2図は、花崗岩コースの1日目(2001年5月16日)のStop2での写真。第1, 2, 4, 5, 11, 13図(写真)の撮影は相馬による。



第2図 花崗閃緑岩が完全にマサ化した砂取り場。第1図の玉葱状に剥離・落下した円礫は、斜面の基部に並べてあった。

った。もし、このような破碎帯地域に構造物を建設するとなれば、岩盤分類を行ってその等級を決める必要があるが、インタクト(無負荷)な強度、岩芯回収率の指標(RQD)、地下水流量、不連続面の間隔などを決めることによって、工学的な岩盤分類を行ってみるのも興味深いと感じた。

さらに、風化花崗岩の観察では、ここの阿武隈花崗岩ほど完全に風化したものを見るのは初めてであった(第2図参照)。ISOにおいて、現在ISO14689“Geotechnical engineering-Identification and description of rock”が、DIS(Draft of International Standard)投票にかけられているが、その中での風化岩盤の分類で言えば、風化状態は等級5(Grade 5)のCompletely weatheredに分類されるであろう。

3.1.2 3日目〔1)は成田, 2)は富島, 3)は瀬戸による〕

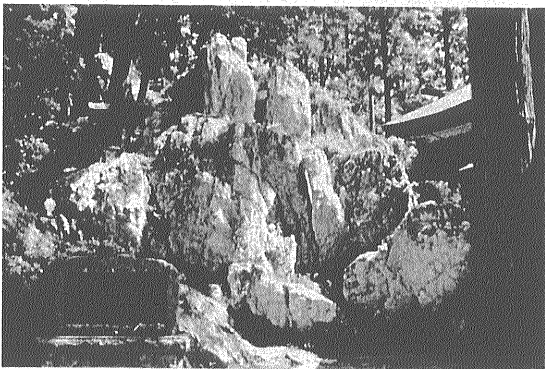
1)3日目はStop1(第1報のP2-1)で、まず阿武隈花崗岩と中通り変成岩との接触関係について説明を受けたが、何ぶん地質の素人のために詳しい説明もほとんど理解できず、申し訳なく思った。次のStop1'では、風化の激しい花崗閃緑岩の露頭で玉葱状剥離を示す巨大な球状の岩塊について、縞状構造の走向・傾斜の測定について説明を受けたが、これもよく理解できなく、ただ球形の大きさに驚き、またなぜこのように丸く風化したかなどに興味を覚えた。

次に御神体が巨大な岩石であるという鹿島神社

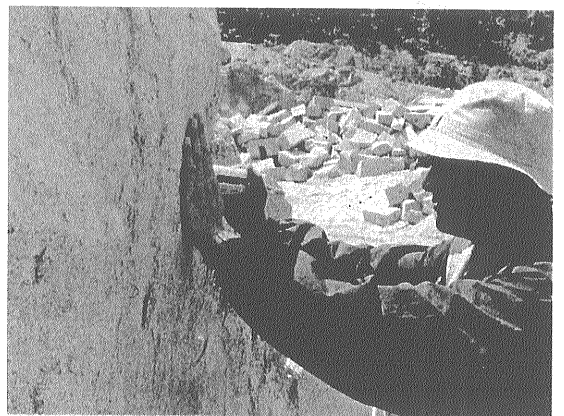
(Stop2)を訪れ、阿武隈花崗岩類に伴われるペグマタイト岩脈についての説明を受けた。神社の御神体となっているペグマタイトは周囲500m、高さ30m程の小高い丘全体に分布しており、神社の裏と境内(第3図)にそれぞれ露出する。神社裏手の露頭は、ほぼ全てが石英からなるとのことであった。続いて、Stop3の磐城興産採石場での大露頭において、中～細粒白雲母黒雲母花崗岩のインクルージョン(第1図参照)の成因などについて説明を受けた後、岩石力学屋には馴染みの深いシュミットハンマーでの反発係数測定(第4図)、簡易地震計を用いた弾性波速度の測定を行った。これらの測定は、筆者らにも非常に分かりやすくまた興味の持てる巡検内容であった。

2)この日の花崗岩コースでは、数カ所を訪れ主に花崗岩の観察を行った。工学系の研究者を主体にしたメンバーで巡検が行われたため、シュミットハンマーや簡易地震計を用いた物性測定も予定された。鹿島神社(Stop2)のペグマタイト岩脈は天然記念物にも指定されて図鑑などで見知っており、近くを通る機会も少なく無かったが、やはりこのような巡検でもない限り実際に目にすることはなかったと思う。

物性測定は採石場(Stop3)と大滝根川左岸の花崗岩露頭(Stop4)において実施された。簡易地震計を以前に使ったことのある人がメンバーの中にいなかったため、先に訪れた採石場ではまず簡易地震計の操作を確認し、ある程度使用方法が理解できたところで実際に測定を行った。採石場とい



第3図 鹿島神社における天然記念物指定のペグマタイト岩脈。第3, 7-10, 12図(写真)の撮影は富島による。



第4図 シュミットハンマーによる反発係数の測定状況。



第5図 大滝根川左岸の花崗岩露頭写真。左上は片曾根山の遠景。

う場所柄危険な所もあり、とりあえず手近な岩石で弾性波伝播速度の測定を行った。程々の精度で簡単に測定でき、予備実験や実験サイトの決定のための基礎データを取る目的で使用するのには有効な測定装置である。

大滝根川左岸の花崗岩露頭(第5図)は地下水などの移動経路になるであろうと推定される亀裂(裂罅系)が発達しており、亀裂で囲まれた部分や亀裂そのものの弾性波伝播特性を知るために裂罅系を横切る測線を設定して何カ所かで測定を行った。比較的簡単な測定装置であっても使い方を工夫すれば、現場で弾性波特性測定が効果的に実施できることが分かった。

花崗岩を数カ所で観察し、単純に花崗岩といっても新鮮なものから著しく風化したものまで千差万別であることを改めて認識できた。普段実験に用いている岩石が稲田花崗岩であり、それが全ての花崗岩を代表しているような錯覚につい陥りがちである。しかし、このように花崗岩を連続して観察するとともに、簡易試験装置で物性を測定し、その違いを肌で感じる事ができた。そのような意味においても3日目の巡検は、今後岩石試料を用いた物性試験を継続していく上で貴重な体験となった。

3) Stop3において観察した花崗岩は、直交する不連続面が明瞭であり、分類としてはPrismatic blockと言える岩盤形態であった。また、シュミットハンマーによるシュミット硬度も50程度と高く、一軸圧縮強度に換算すれば約150MPa以上で、工学

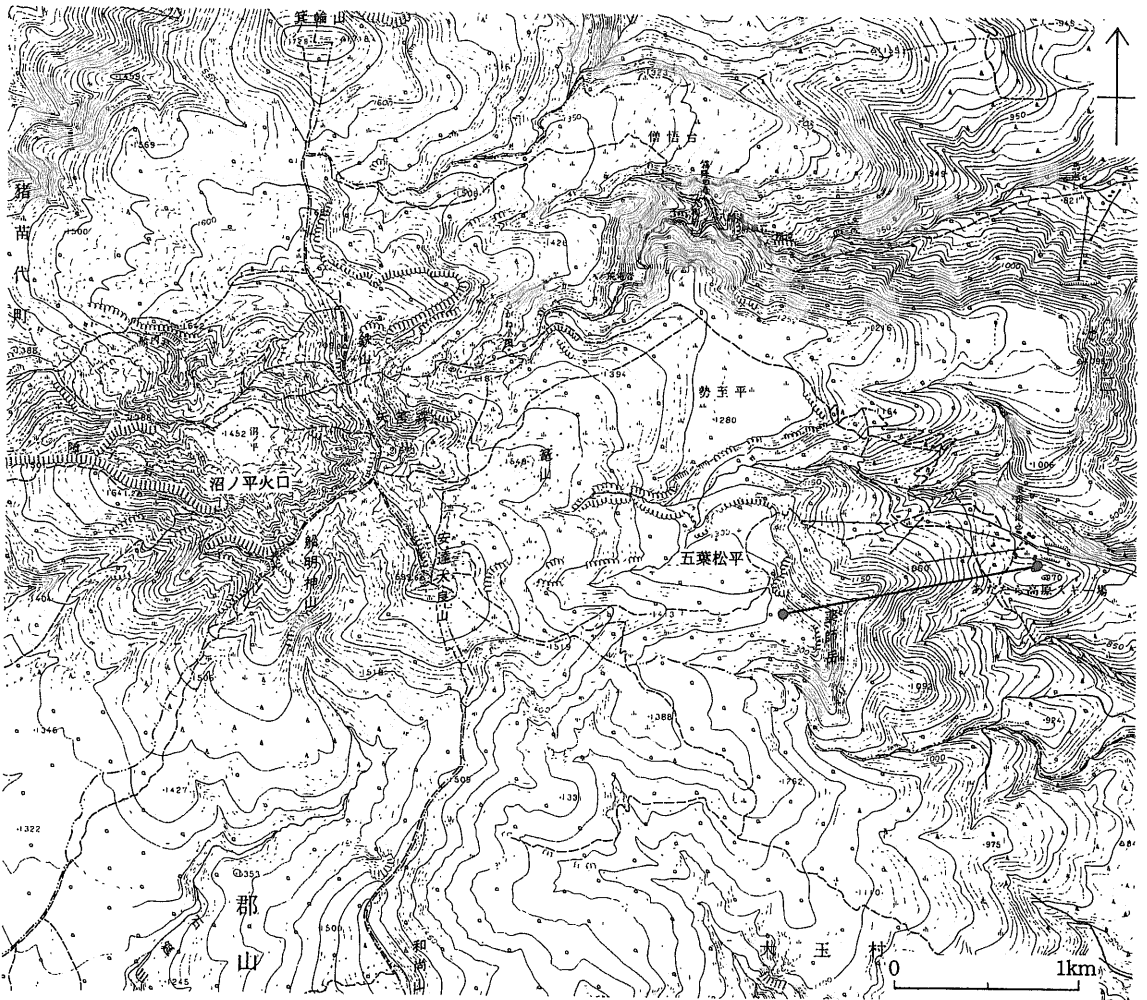
的にはいわゆる硬岩(Very strong)と評価できた。また、良質な花崗岩体に貫入して認められた脆弱なせん断帯の成因に興味をそそられた。岩盤の水平変位が発生したせん断面という推定もできるが、果たしてこの地域の応力場はいかなるものであるのか、またあったのか。広域的には三角測量や震源の押し引き分布などで大まかな応力分布は推定され得るが、局所的にはそれを推定することはなかなか難しい仕事であり、実際の測定を行ってみるのも一法ではないかと感じた。

さらに、Stop4の花崗岩の裂罅系の観察においては、その見事な花崗岩とそこに複雑に分布する裂罅に目を奪われた。この複雑な裂罅系の分布も恐らく自然界のある一定の法則の中で成立したものであろうし、月並みにフラクタル性を有しているであろうとも想像した。また、個々の裂罅を挟んで幾つかの弾性波速度測定を試みたが、裂罅によってその速度値に有意な差が認められた。弾性波速度測定だけからでも裂罅毎に違いを有しており、露頭で観察できる多数の裂罅においても、岩盤の水利的また力学的な挙動を支配するキージョイントが存在するのであろう。しかし、その評価は如何なる手法が有効なのか、地質学的な考察や弾性波測定、せん断面評価などを組み合わせて、その手法が確立できれば面白い。

3.2 火山コース(富島)

2日目の火山コースの目的地は安達太良山であった。磐梯山周辺にはよく遊びに行くものの安達太良山に登るのは初めてであり、地質学的な興味もさることながら、山頂から見る景色はどうであろうか、裏磐梯や遠くに福島市の町並みを見渡せるであろうかといささか不謹慎な期待を持って出発した。前日の雨模様とは打って変わった快晴であり、岳温泉で昼食を調達した後、安達太良エクスプレス高速ゴンドラで標高1,340m地点まで上り、そこから1,700mの安達太良山頂をめざしての出発である(第6図)。

五葉松平南東端のロープウェー終点のすぐ脇に過去の噴火履歴が見られる露頭があり、安達太良山周辺における噴火の歴史についての説明を受けた。雪の重みで削り取られただけの土の斜面も、見るべき人がみれば多くの地質情報を含むことが



第6図 安達太良エクスプレス(黒丸と太い直線)の記入された安達太良山付近の地形図。国土地理院発行の2.5万分の1地形図「安達太良」を基図に使用。

明白で、多少なりとも地質学的知識を持っていれば、山歩きの楽しみも増えるものであると実感した。露頭観察の後、前日の雨と雪解け水で所々ぬかるむ登山道を歩き始めた。途中何カ所かの露頭で説明を受けたが、筆者のような地質学的知識の乏しい者にとっては何ということも無い低木の生い茂った登山道であっても、専門家にとっては価値ある研究対象であることを改めて認識した。残雪を横切りながら登り続け、約1時間半後の10時30分頃山頂に着いた(第7図)。

不謹慎な期待は裏切られることなく山頂からの眺めは素晴らしく、東には阿武隈山地、北東には福島市、北西方向には遠く飯豊の山々がはっきりと、そして西には磐梯山が間近に眺められた(第8図)。

山頂で休憩した後、現在活動している沼ノ平火口の観察を牛の背より行った(第9図)。近年活動が弱まりつつあるとのことではあるが、火口底には泥熱水噴出も見られ、今なお活発に活動していることがよく分かった。

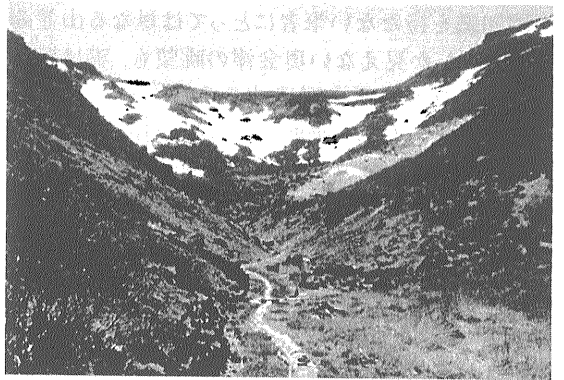
下山途中くろがね小屋で昼食を済ませたが、その西側には奥岳温泉の泉源があり、登山道に沿ってパイプラインが敷設されていた(第10図)。また、この泉源を越えてさらに西に当たる、鉄山の南東側の急な斜面に沿って会津に通じる道が江戸時代には存在し、多くの人が利用したということである。今ではとても普通に歩けるような場所が見つけられず、当時の間道が如何に筆者らの想像を越えた険しいものであったかが偲ばれた。くろがね小屋か



第7図 安達太良山の山頂風景. 左上(北北西)は吾妻山.



第8図 安達太良山から見た磐梯山.



第10図 くろがね小屋西側の泉源付近の凹地. 雪の残る鞍部は牛の背, 右上は鉄山.



第9図 写真中央の凹地は沼ノ平火口. 1900年7月の噴火によって硫黄製錬所の多数の作業員が被災した.

らは、途中溪流沿いの安山岩の露頭を観察しつつ下山した。岩石を見ると噴火の規模はどの程度であったかということよりも、その強度はどのくらいか弾性波速度はどのくらいかなどと、物性に興味が湧くのは工学屋の宿命であろうか。

下山後、造成現場に立ち寄り火口から数キロも離れた地点での火山噴出物の堆積状況を観察した。このような民間の工事(観察)現場への立ち入りが、国研から独立行政法人への移行によって種々の障害が今後生じるであろうとの話を聞いた。国土の成り立ちや地質を明らかにし、さらにそれらを防災の基礎データとすることは、国が本来行うべ

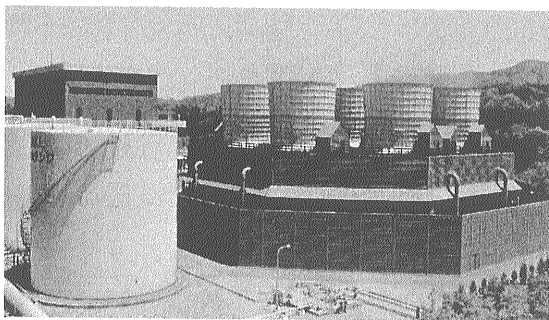
き大事な仕事である。少なくとも中立的な立場に置かれている産総研が国益のために調査するものであり、今後さまざまな障害が従前同様生じないように、十分な対応策を検討してもらいたいと切に希望するものである。

3.3 地熱系コース

3.3.1 1日目(富島)

地熱系コースの目的地は柳津西山地熱発電所を中心とした奥会津地熱地帯である。参加者4人で9時につくばを出発した。あいにくの天候で常磐道・磐越道の通過中何度も強い雨に降られ、うかつにも雨対策をしっかりとこなかったのが、この先どうなることかと心配したものの現地到着の頃には殆ど雨も上がり、足下が多少ぬかるむ程度で済んだ。

最初に西山温泉近くの北の沢橋付近から地熱地域全体を眺めた。遠くに地熱発電所から立ち上がる蒸気が小さく見え、奥会津地熱地帯を一望できる場所である。地質に興味が無い訳ではないが、



第11図 柳津西山地熱発電所。

専門知識を持たない筆者にとっては単なる山並みや河川にしか見えない奥会津の眺望も、実は砂子原カルデラの外縁を形成する山並みであったり、足下の滝谷川が作る絶壁にも沼沢火山の火砕流堆積物が見られるなど、説明を聞いて初めてなるほどと感心することばかりである。野外で実験をすることがあると言っても、その多くが金属鉱山の狭い坑道、坑壁を利用して物性実験などを実施してきた筆者にとり、このようにスケールの大きな地質学的視点に立って観察することが殆どないため、案内者による説明の一つ一つが極めて興味深いものであった。

地熱に関しては旧資源研で同じ部(地殻工学部)に地熱開発の研究を行っている研究室があり、実験装置も一部共有していたこともあり、知識は多かったものの、地熱発電所(第11図)を訪れるのは初めてであった。ましてや生産基地(第12図)と還元基地を見学しながら、現地事業所の技術部長から直接説明を受けることなど初めての経験ばかりであり、地熱抽出・地熱発電の実際について、文献では分からない現場ならではの工夫・問題点など多くの貴重な知見を得ることができた。実際、理論的に設計されたプラントが必ずしも設計通りに機能しないことが往々にして起こるものである。そのような場合、如何に現場で工夫し対応するかは現場実験を行う者にとっては非常に興味深いものであり、その意味においても生産基地や還元基地を直接管理運営し、状況に合わせてさまざまな対応策を検討する立場にある現地事業所の幹部から、直接話を聞く機会を得たことは極めて有意義なことであった。

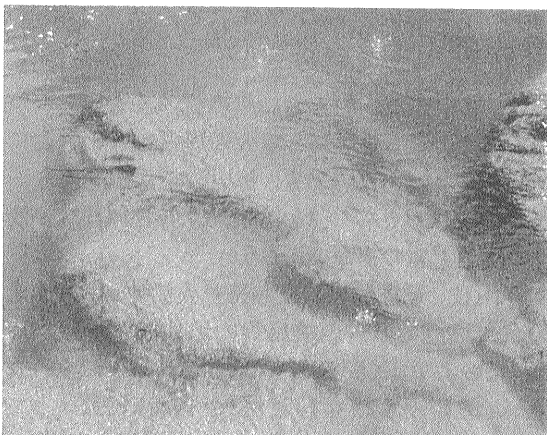


第12図 大深度の坑井などから構成される生産基地。

3.3.2 2日目(相馬・成田)

奥会津地熱地帯における地形観察、柳津西山地熱発電所の生産井付近とPR館の見学の後、地熱徴候や変質などについて巡検が行われた。地熱発電そのものについてはそれなりに理解しているつもりでいたが、硫黄含有量の大きな本発電所に関する説明には興味深いものがあった。

温泉やガスの湧出などの地熱徴候の見学では、指も差し込めないほど河川水が熱せられているのを確認し(第13図)、川底からの徴候をも見落さない案内者の観察眼に感心すること頻りであった。



第13図 川底から湧き上がる気泡。白い粒々が気泡で、暖められたために河川水が揺らいで見える。

また、今回の巡検地域では地表部からの熱の放出(地熱微候)が僅かであり、1,500mほどの地下に300℃を超える高温の地熱流体を効果的に貯留できる地質構造になっているとの説明に大変興味を覚えた。さらに、地熱と言うキーワードについても、資源工学で抽熱・エネルギー、地質学で変質・成因の究明と捉え方が大きく異なっていて、筆者らには興味深く感じられた。

4. 巡検の感想〔1)は富島, 2)は成田, 3)は相馬による〕

1) 今回の巡検は直接研究に反映されるものでは無いかも知れないが、岩石を研究対象にしている以上、地質学的知識は不可欠なものであり、現地で岩石を観察し成因を明らかにすることは重要なことである。また、視点の異なる研究者と現場で意見交換を行うことは今後研究を進めていく上で大いに参考になるものである。さらに、2泊3日の合宿形式で実施されたことは、夕食後にその日の巡検内容などについて自由に意見交換ができるという利点もあり、同じセンターに所属していても共通のテーマで議論することが殆どない職員同士が、ゆっくりと意見交換を行える場として極めて意義深い。筆者にとっても、今回多くの方と話をする機会を得たことは、本研究センターでの活動に大いに役立つものであったと思う。巡検参加者はそれぞれ密度の濃い時間を過ごせたのではないだろうか。

2) 筆者を含めて多くの岩石力学に携わる研究者が岩石を工学的に見た場合、まず頭に浮かぶのはその強度ではないだろうか。岩石力学関係の研究発表においては岩石の種類に続き、岩石の強度として一軸圧縮強度、引っ張り強度くらいは一通り述べられているはずである。

地質研究者と工学系研究者の考え方の最大の違いは、時間の長さをどの程度にするか、例えば何百万年以上かあるいは全く時間を考慮しないかではなからうか。通常、筆者らが実験室内で岩石を用いて試験を行う場合、特殊な試験(クリープ試験など)を除いて、その一回の試験に掛かる時間というものはせいぜい2、3日くらいが殆どである。このような短期間の試験結果を用いて本研究センターの対象とする何万年、何十万年、いやそれ以上に

及ぶ実際の岩盤(地殻)の変動を評価しようとした場合に、有意な形でデータを適用するためには大変に難しい問題が生じてくるのではないかと、改めて気づかされたところである。

3) 今回の巡検は、この4月から本研究センターに所属した筆者にとり、非常に有意義なものであった。旧地調で行われていた研究の一端を知ることができ、また調査地域を見ることにより研究業務についてより具体的イメージが深まった。その中で、やはり専門分野が違うためか、例えば巡検という聞き慣れない言葉、岩石・地層名などの多くの地質用語、地質調査の方法などに違和感を覚えた。これは巡検そのものに関する訳ではないので、今後の業務ではむしろその感覚を大事にして、本研究センターがより良いものになるように貢献できたらと願っている。

5. おわりに

本稿では、新設の深部地質環境研究センターにおいて多くの理学系研究者と一緒に仕事をすることになった工学系研究者による地質巡検の参加記録が詳細につづられている。筆者らの専門分野や研究内容は、第2章で紹介したとおり同じ資源工学系の研究者と言えども一様ではなく、4名による記載内容も個性的なものばかりであり、個人単位に列記することとなった。合宿形式による巡検の企画・実行に対して謝意が表され、好意的な表現が目立つ一方、専門分野の差に基づく違和感や戸惑いも随所に表現され、産総研の設立目的の一つである融合へ向けて一生懸命に努力する姿が垣間見えたのも事実である。

参考文献

- 磯部一洋・関 陽児(2001): 深部地質環境研究センターの東北部地質巡検(第1報)。地質ニュース, no.562, 54-64。
ISO/TC182/SC1(2001): ISO/DIS14689 "Geotechnical engineering- Identification and description of rock".

TOMISHIMA Yasuo, NARITA Takashi, SOMA Nobukazu, SETO Masahiro and ISOBE Ichiyo (2001): Field excursion of Research Center for Deep Geological Environments through the northeast Japan in May, 2001, Part 2.

<受付: 2001年7月16日>