

## 第 15 回 松代地震センター談話会発表記録

1. 日 時：昭和 45 年 3 月 30 日
2. 場 所：松代地震センター
3. 発表題目：検層とコアの測定について
4. 発表者：国立防災科学技術センター 高橋 博

いま(地質構造：大八木規夫)の補足となりますが、コアの調査なんかはまだ完全に終わっていませんが、検層と若干のコアの測定をしたので、その点についてご報告します。

速度検層、いわゆるウェル・シューティングを孔の中の長さで 400 ~ 1,800 m までしました。ごく上の方の孔の中で測定した速度がこんな具合になっています。これはどんなに多くても 2.45 km より多くはないという値だから、これよりかなり低いものと思っただけであればいいと思います。その深度も 400 m 以深なので、はっきり定まっています。400 ~ 550 m までの間の弾性波の平均速度が 4.6 km/s、それから 550 ~ 1,044 m までの間が 5.95 km/s、1,044 ~ 1,186 m までが 4.65 km/s、それ以深が 5.8 km/s、こういう速度分布をしています。実際は非常に細かく測っているので (50 m 間隔)、でぼこでぼこしているけれども、それをある程度まとめるとこういう速度になります。

これを **\*\* (以下不明)**。同じものについて **\*\* (不明) \*\*** 同じものではない。1,300 m 以深について、コアについて **\*\* (不明) \*\*** サンプルについてベロシティを測ったけれども、それでは平均すると P 波で 6.3 km/s ぐらいになります。詳しいことはあとでご報告します。

このウェル・シューティングの結果と。前の地下構造の結果とを松代地震の第 5 次でやって、屈折法による人工地震の探査の結果 **\*\* (以下不明)**。いくつか結果が出されていますが、一番始めに応急的に解析した結果の、瀬谷さんの名前で地震学会で発表されたものです。浅野さんが大将であとでやったのがあるけれども、それとは少し違っています。浅い所は第三紀層、ここが 4.3 km/s で、ここは第三紀層だろうと言われている。その下が 6 km/s の層で、これは基盤であるとそのとき言っておられました。

この基盤の深度も浅野さんはもっと浅くて、ここから松代辺だとその数が 900 m ぐらいですが、うちの方でもういっぺんやってみたところでは、もう少し深くなって 1.2 km ぐらいに出ている。それはいいとして、4.3 と 4.6 とが一致しているのかどうかあまり細かいことは止めて、とにかくこの辺の地震探査の結果、第二層の所が 4.3 km/s だったと。これは速度としてはだいたい妥当だったと思います。その下の 6 km/s 層が非常に浅くある。第三紀層の基盤である、そう思っていたんですが、こちらのウェル・シューティングの結果だと **\*\* (以下不明)**。ウェル・シューティングじゃないコアの調査の結果、どこまでいっても第三期層なわけです。とはいっても 1,933 m までしかいっていませんけれども・・・。

それは、さっき出た上の方の地層もちろん、保科玄武岩というのも中心を通過して第三紀のもので、石英閃緑岩もそういうものの中に貫入した第三紀の石英閃緑岩です。だから全部第三紀層だったわけです。なぜ 6 km/s 層を浅くよんだのかというのは、弾性波速度を孔内で測ってみると、5.95 というのが 550 ~ 1,044 m までの間にあるわけです。これが 5.95 になっている理由は、ちょっと速すぎるので、まだ検討しています。発破孔の石との関係もあるいはあるかも知れない。とにかく地層の中の弾性波 **\*\* (以下不明)**。まっすぐ通って行かないで、通りやすい所を通過して行くので、そういうこともあるかと思いますが、6 km 層イコール基盤とみる、あるいは 6 km 層を非常に浅くみたという原因は、屈折法だからこの下にある 4.65 というのは出てこなくなってしまうので、上からだんだん、だんだん下に行くほど

速度が速いときちんと出てくるけれども、反射法でやっているのではない場合には、上に速いのがありその下に遅いがあると、その遅いやつは通常出てこないの、それで6 km層を非常に浅くみたんじゃないかと思います。

それから、6 km あれば基盤だと考えたところに一つ問題があるわけです。それから、地震探査で6 km層とみたあの境は岩石かなんであるか、もう少しよく調べてみないとわからない。地震探査の結果の見直しをやりながら見ていきたいと思っています。ただ見かけだけから言うと、ちょっと深さが合わないけれども、1,200 mの下に緑色凝灰岩があるけれども、そこから上は全体に割れ目が多くてガサガサしている。ここからは岩石が見かけ上かなり締まっている。あるいは、これを境と見たのかという気もする。岩質の違いと速度の違いとは完全に一致しない点もあるので、もう少しよくこのウェル・シューティングの結果と、弾性波の結果と、地質とコアの試験の結果と合わせて、もう少しよく検討しないと、どれが何を表したのかよくわからない。

先ほどの柱状図に出たように、下の方に行ってから急にどんどん曲がった。平面的に投影するとこんな関係になります。これが松代荘で、ここが松代の駅、役場がこの辺、これが皆神山で例の牧内の地すべりがあった所はここ。どういう理由かよくわからないけれども、普通は掘削しているとスパイラルに曲がるけれども、この辺に発生した断層と同じ方向にすっかり曲がった。一番先は、池田の宮の近くまで行ってしまっている。東大の断層の動きを測っている所がちょうどこの辺で、そのすぐそばまで行ってしまった。

次に、コアについてペロシティーを測った。浅い方の速度の測定はまだやっていないので、1,400 m以深の深いものについてやった値をとりあえず報告します。先ほど出た保科の玄武岩類と言われているもので、P波の速度で速いもので6.66 km/s、ウェットの状態です。保科の玄武岩、石英閃緑岩、それから遅いもので5.88 km/s。これのS波が半分より少し多いくらい。サンプル数は7個。石英閃緑岩のサンプル数は4個。これの速い方で \*\* (以下不明) 。遅い方が \*\* (以下不明) 。P波も同じく半分くらいで、\*\* (以下不明) 。これくらいの速度になっている。

ペロシティーは非常に \*\* (不明) \*\* は非常に小さくて1%以下です。1%ぐらいのも若干あるけれども、ものすごく少ないようです。コアだから割れ目とか長い間に脈とかが、なるべく入っていないのを探して、そしてやったから、ウェル・シューティングの速度に比べると速くなっている。

実際の地層の中だと、割れ目があったり挟みがあったりするから、これから1割か2割ぐらい引かないと地層の値にならない。こちらの結果とはだいたいよく合っている。

温度がどれくらいか、ごく大雑把に温度検層をやった結果ですが、2,000 mの下で98度ぐらい。

先ほどのこれで、垂直深度としたのは孔曲がりがあるので、これを完全に垂直になおした深さです。1,707 というのは1,800 というのが孔の中の長さです。これの熱伝導なんかも測ってはあるんですが、平均  $5 \times 10^{-3}$  cal/cm·sec·deg 程度。岩石の熱伝導については、私 \*\* (不明) \*\* くらいなので、熱をやっている人の意見を聞きたいと思っています。だいたい普通の値のような気がします。

次に圧入の量ですが、第1回は15日の19時から始め、プレッシャーは始めから終わりまで50キロです。1日分ずつ集計すると、こんな値になりました。2日目が一番よく入っています。3日目になるとガクッと入らなくなって、トータルで \*\* (以下不明) 。これはそれを引いた真の圧入量です。

実際はポンプを通して中に入れたのは55トンぐらいですが、ケーシングにちっちゃな穴が空いていて、その漏れを差し引いた値が32.55トン。圧入を止めたあと、若干なおケーシングの小さい穴から漏れがあり、漏れた量がこれだけ。結局トータルとして32.391トンを第1回で圧入したことになります。

この時の圧入深度は1,334 m以深の所で、一般に岩質が非常に堅くしっかりしていて、先ほどお回

ししたようなスリッケンサイドがない場合もあるけれども、ああいう割れ目が所々にあり、そういう割れ目を通して圧入したことになっています。だから、この水はあまり遠くへは行っていないと思います。

第2回目に圧入した量は、このようになっている。31日10時35分に圧入を開始した。この時、一番始めが23キロ。しかし、1日経つうちにそんなに圧力をかけなくてもだんだん入るようになって、だんだん圧力を減退していった。入れれば入れるほど入り易くなった。酒呑みみたいです。

この時は120リットル/分ぐらいのポンプ容量だったけれども、それでどんどん入れた。実はあまりよく入るので、ポンプの容量を大きく変えました。倍ぐらいにした。始めは20キロぐらい。ちょっと圧力が高くなったけれどもすぐまた下がり、だんだんと少なくとも入るようになってきた。

ここからこちらの所では水道の水を使ったので、ポンプがあんまり引きすぎると周りの水の出が悪くなる。入れる量を減らしたり増やしたり、減らしたり増やしたりした。ここあたりは、うそじゃないかと思うぐらいよく合っているわけですが、入る量のむらが大きいのはポンプの容量を変えたりなんかしたし、若干故障があったりしたからです。トータルとして13日0時0分までやりました。時々運転を止めた。ポンプを取り換えたりプーリーを取り換えたり、若干の故障があったりして、時々中断しているけれども、\*\* (不明) \*\* で15昼夜プラス数時間、合わせて2,850トン568。最後の数字は、また見直すと下の方が少し変わる可能性があります。

この圧入の時には、中のケーシングを抜いて \*\* (以下不明) 。1,072 mまでケーシングが入っている。先ほど申し遅れましたが、第1回の時の孔の径は64 mmです。第2回目になると孔が太くなって78 mm。1,334と1,072の間は78 mmのだ孔が開いている。これだけ入るようになったので、ほとんど大部分の水は、この1,334から1,072との間に入ったものと思われま。

1,320 m前後の所に、かつて160リットル/分ぐらい地上に湧き出した水があったけれども \*\* (不明) \*\* 、温泉があったわけですが、そこを軽くセメンティングしたけれども、意外にセメンティングが良く効いて、何としても孔が空けられなかった。それで、1,301 mから1,334 mまでの間はパイプが下に残っています。パイプの背中が1,001 mまでセメンティングされているわけではないので、10 mぐらいはパイプがあっても変わりないと思います。1,072から1,334まで200 mぐらいの間にドカドカと入った。

入ったときは、正確には決めかねますが、その全部の断面から入っていますけれども、1,100前後とか1,150前後とかには破碎帯もあるし、ベロシティーなども遅くなったりなんかしていますから、その辺が一番良く入ったんじゃないかと思えます。

圧入に使った水は、全部水道の水ですから非常にきれいで、圧入の過程で目が詰まったりなんかすることはなかった。圧乳のまでの経過をこれで終わらせていただきます。

## 【質疑応答】

質問) 圧入する前の掘っていく過程で、各深度での水圧は測ってありますか。湧水の水圧。

答) 湧き水の水圧ですか。湧出の強い時には測ったのがあります。完全にずうっと測ったわけではない湧出圧力の強いところは、箇所としては \*\* (以下不明) 。400 mまでぐらいのときに一番でかかった。そのあとは1,300 mの時に湧出があった。それはたしか測ったと思います。むしろ引くのが時々ありました。

質問) 湧き水のあったのは1,300 mだけですか。

答) 自噴してきたのは1,320 mぐらいのところ。それから250～400 mの間は大量に出ました。そのほか自噴したことが若干あるけれども、非常に微弱です。

質問) 温泉の出たのは 1,300 m ?

答) はい、1,320 m です。野口先生がいちおう分析されましたけれども、圧入する前になるたけいろんな深さの水を採っているんで、その分析はこれからやらなければならない。1,320 m から出てきたのを舌で味わった感じだと非常に食塩の濃い、純粹ではないけれども単純泉に近い性質です。上の方から出てきているのは、非常に苦味がある。マグネシウム、カルシウムという成分がかなり多い。

質問) 上の方は温度はそう高くない?

答) 45℃以内ぐらいです。

質問) 下の 1,300 というのは?

答) 湧き口で 60℃、下で 73℃。

質問) 弾性波速度とか、ウェル・シューティングとか、人工爆破とか、室内実験とか、結果をいろいろ聞いていると何だか非常に懐疑的になる。高橋さんの個人的なお考えをお伺いしたいんですけども、震源決定を正確にしたいために弾性波速度を測るというんだったら、まだ話は分かるけれども、下にどういうものがあるか調べる立場にあると、やはりウェル・シューティングの結果と、初めにお話し下さった地質のやつとを比較するのが、一番正確なんだろうと思います。けれどもウェル・シューティングで、5.95のやつが 500 m ぐらいありますね。その下に 4.65 が 100 m ぐらいあるために、人工爆破の結果と非常に大きく違ってくる。というより、人工爆破の結果を処理しがたいわけですね。高速層が上にあるか、低速層が絡まっているか、いったい \*\* (以下不明)。

答) 本当から言えば、人工地震も測線が非常に長いから、あんまり細かなことを言うのは間違っていると思います。それから人工地震のやつ \*\* (以下不明)。このへんのことを本当に詳しくやるためには、このへんの近くでもっとピックアップ間隔を短くして、ちゃんとやらないと無理だと思います。だから、そういう意味であんまりいろいろ言うのは酷なんです。ただ純粹に個人的な考えで \*\* (以下不明)。

怒られるかも知れませんが、今までの爆破をやっておられた方は、爆破ばっかりやっていた。そのチェックがない。油屋とか鉱物を探すやつとかは、あとを必ず掘られてしまうものだから、また掘るのに相当お金がかかるので、地震探査をやると必ずテストボーリングをやって常に修正している。それに比べると、今まで大爆破をやっていたほうは、そういうチェックがなされないままでずうっとやってきた。結果に対しても、解析についての知識はやや不足しているんじゃないかという感じがします。

質問) もう一つ、その玄武岩と石英閃緑岩とは速度がほとんど変わらないですね。

答) むしろ石英閃緑岩のほうが少し低目な感じさえます。

質問) そんなことをして、ここの地質構造は調べられない。つまり、速度はほとんど同じだから \*\* (不明) \*\* 、出るはずがない。とすると、そういう爆破はいったい何を調べているんでしょうかと思えますね。

答) 爆破は \*\* (不明) \*\* 、こうやって調べたからいろいろ違いが \*\* (不明) \*\* 、まあ合わなくなってきたわけですけども、 \*\* (以下不明) 。ただ、地上から地下のやや深い所を推定するには爆破しかない。第 1 近似的には \*\* (以下不明) 。やはり価値があったんだろうと思います。

質問) 550 ~ 1,000 m までのペロシティーは 5.95。これはさっきのボーリングでみるとだいたいシェルばかりのところですね。

答) この辺は、シェルであってもかなり硅化されているので、あるいは速く出ているのかと思うんですが、少し速く出過ぎている気がします。

質問) 腐食頁岩だとおっしゃっていましたが。

答) 黒色、黒いやつです。

質問) 黒色ですか。

答) ここの坑内に入っているのと同じようです。

質問) ウェル・シューティングの処理の間違いということはある得ないですか。つまり、早い所を伝わって行くわけですね。

答) これからようやく報告書が出てきたところですから。記録も来ていますから、みんな見直しをしてみなければいけない。

質問) 余談ですが、松代荘で村雨石、あれは黒色ですね。

答) あれもそうです。この観測所の坑内の奥のほう、例の CGS の地震計、あの辺も黒色頁岩です。ここに「ひん岩」と書いてあるのは、この地震計の坑道に入ってくる入り口あたりにある、あの緑っぽいような石です。

質問) 4.6 ないし 4.65 というのは、だいたい厚さが薄いですね。

答) はい。

質問) 下のほうの低速層 4.65、その信憑性はどのくらいですか。例えばボーリングは超音波でもチェックしておられるんですか。その 4.65 そのものを \*\* (以下不明)。

答) これは走時を出していますから。

質問) 別に実験室で超音波でやっておられるんですか。

答) ここの所のコアの測定はこれからです。

質問) それがローカルティが非常に強いのかどうか、たまたまそこでそうだったのか、かなりそういう層が \*\* (以下不明)。

答) 実際、50 m ごとの区間速度は別に出しているんですが、それになるとかなりでこぼこしています。

質問) 底で厚ければ問題がある。薄いからボーリングの所でそう出たのか、つまり松代地域全体にそういうことがあるのかどうかということです。むしろ、ここの所をこのままとっていいのかという気がしてしょうがない。それが大きいですね。これが大き過ぎる。

答) 実際はここで発破をかけて、孔の中に地震計があって、ここに伝わってくる速さを垂直に直す。

質問) 速度検層というのはウェル・シューティングですか。

答) ウェル・シューティングです。いわゆるペロシティー・ロッキングではないんです。あれはこんな細かい孔には入らない。ペロシティー・ロッキングのほうは信頼性が高い代わりに、表層ばかりなすから、ペロシティー・ロッキングをやったやつを全体に広げるときに、もう一つ問題があるんですね。

質問) 多少それを整理する段階で問題がありますね。

答) 呼び方なども問題があるし、その波がどのように伝わってきたものか、ちょっと考えなければいけないと思っています。

質問) ウェル・シューティングする場所は、上から何メートルぐらい離れないと \*\* (以下不明)。

答) 400 ~ 600 の間は孔口から 25 m ぐらいです。深い所、これは 300 ぐらい離してあります。

そばでやると上からケーシングが行って、ケーシングがサーッと下りて行くやつを先に拾ってしまう。そのケーシング・エフェクトを避けるために、これを 300 にもっていった。それで出ているのでちょっと \*\* (以下不明) 。また、ケーシングの速さとほとんど同じなものですから、ちょっとこのままいただいて良いのかどうか。

質問) そういう意味で \*\* (不明) \*\* 、こちらは捨てたものではない。こう並べられると、非常に懐疑的になる。

答) 元に戻って、本当に基盤が浅いのかどうかということになると、よく分からない。ただ、中央隆起帯というところには石英閃緑岩、要するに御影石みたいなものが、やはりかなり厚く入っているんじゃないか、そういうことは思って良いと思います。本当に第三紀層の基盤までここはこのように高くなっているのかどうか、このデータからは分からない。初め考えたほどは甘くなかった。

質問) 御影石はどうするんですか。

答) この 5.8 の \*\* (以下不明) 。

質問) 石英閃緑岩というのは御影石ですか。

答) 御影石の少し黒っぽいのだとだけ思っていたら・・・。

質問) 前に宇津さんがここにおられた時分、関東地方の地震を調べられて、S 波で 4.3 かそこらへのきれいな層があると言っておられたんですが、そういうのを見てもっと下にも別の層があるような感じがするんですがね。

答) コアで 3.8 だから、実際のこの土地でみれば 3.5 以下だと思うんです。下に S が 4 キロという層があるとすれば、2,000 よりもう少し下の所にある。あるいは、それが基盤と考えられているものかも知れない。

質問) 伝波の速度はそんなものでしょうか。ぼくは超音波でやる室内実験と普通のフィールドのやつとを比較するのはあまり感心しない。というのは、これはまたどうせ 2 割か 3 割減らしたのを \*\* (以下不明) 。2 割か 3 割というのが、またポロシティでなんぼでも違ってくる。また圧力とか水分の含み具合とかでどんどん違ってくる。室内実験のやつをどの程度信用していいのか、ぼくは分からない。

答) それは室内実験ではないんですね。検層 \*\* (不明) \*\* 、こういうのと黒板に書いたのとを比較するのは、何だか考えものだという気がする。ここに書いた値は、できるだけウェットの状態にしたやつのもので。

意見) 実験結果から見る限り、なかなか正確な実験で、普通はもっとばらつくものだと思います。1 キロしか違っていませんから、非常に精度の良い実験だろうと思います。

質問) 孔曲がりについて水平から見た場合、ほとんど屈曲せずに \*\* (不明) \*\* 、あそこの左側です。ああいうふうに直線的になってしまうわけですか。

答) ほとんど直線です。

質問) ディップの量が変わっても、方向はいいのですか。

答) 初めちょっとごちゃごちゃとしたけれども、あとはスーッと真っ直ぐ。これも連続に孔曲がり測っているわけではなくて 100 m 間隔でやっているから、その誤差はあるけれども・・・。

質問) 推定断層は、どっちに傾斜しているのでしょうか。

意見) 今それを考えたんですけれども、どちらへディップしているか、実は分からないわけですが、強いて言えば北側にディップしているんじゃないか。何からそう考えるかということ、実際に断

層に沿って鉛直方向の変位は北側が下がっている。それから、その断層をまたいでクロスする方向には水平方向に広がっている。断層は横ずれじゃなくて広がっている。広がって下がっているということから、ちょっと水平断層の気味があるんじゃないか、そう考えるのが良いかも知れない。もしそうだとするとすれば、北側から孔を下ろして行ったわけだから、あるところまで直線に行って、断層面にぶち当たってから下がって行った、ということで話はうまいんですけども・・・。

質問) 断層とボーリングとは 100 m ぐらいですか。

答) はい。

質問) 今でも水が湧いてくる所がある？

答) ぶち当たっている可能性がある。1,000 m ぐらいはほとんど真っ直ぐ下りている。その辺りでぶち当たった可能性がありますね。

電気検層の結果がまだ完全でないので、今日は出していないんですが、なんで断層と見るかは面倒なんですけど、900 から 1,000 m までの間というのは、ものすごく湧水がたっぷり入っている。電気検層をやると、ゼロということはないけれども、20  $\Omega/cm$  とかいうものすごい低い値をずうっととっている。おかしいと思ったんですけども、往復やってそうなる。測定の方の問題ではない。

それから、1,070 からだいたい 1,250 ぐらいまでの間は、掘るのものすごく難航した。2 ヶ月かかって 200 m しか行かなかった。

質問) 崩れてしまうんですか。

答) ええ、何回セメンチングしてもまた壊れてくる。そういう難航をした箇所だから、上の低抵抗の所か下かどっちかで \*\* (以下不明)。完全に 1 枚であると考えする必要もない。

もう一つ、650 ぐらいの所でもやはり崩壊が激しくて、セメンチングを何回もやって掘進が進まなかった。

質問) 印が付いていませんね。

答) 元図にはあったんですけども、あとで掘進図などはプロットして印刷しようと思っています。掘進の遅い所は、だいたい岩盤の良くない所です。

質問) 水を注入していたのは、断層の中にどんどん入れていたことになりますか。もし、ぶつかっていたとすれば・・・。

答) そうだと思います。あとでまたこんなやつもありますから、合わせてあとで議論していただければ・・・。