

「鳥取県淀江産業廃棄物処理施設計画地地下水等調査会」第9回会議

日 時 令和4年7月2日（土）

13：00～15：55

場 所 米子市淀江文化センター《さなめホール》
イベントホール

【傍聴】 さなめホール大ホール（西部会場）

県民ふれあい会館講義室（東部会場）

○大呂課長補佐

では、定刻になりましたので、鳥取県淀江産業廃棄物処理施設計画地地下水等調査会第9回会議を開会いたします。本日、司会をいたします大呂です。よろしくお願いいたします。

まず、事務的な確認をさせていただきます。本日は、委員全員に出席をしていただいておりますので、地下水等調査会条例第7条第2項に定める定足数の過半数を満足していることを報告いたします。

それでは、開会に当たりまして、鳥取県県土整備部長の蒲原が御挨拶申し上げます。

○蒲原部長

本日は御多忙の中、また、久々に現地開催となりました。遠路御足労いただきまして、誠に感謝申し上げます。前回の会議は3月26日でございます。一番の目的でありました福井水源地については、計画地の地下水は流れないとの結論をいただきました。一部課題が残りまして、追加調査を実施してきたところでございます。

午前中に追加調査の現場やボーリングコアの確認をしていただきました。追加調査を踏まえまして、結果の整理や解析を行ってまいりましたので、委員の皆さんにはそれぞれ御専門の立場からしっかり御議論をいただければ何よりかと存じます。どうぞよろしくお願いいたします。

○大呂課長補佐

引き続きまして、嶋田会長様から御挨拶をいただきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

○嶋田会長

皆さん、こんにちは。お忙しい中で時間に都合をつけていただいて、本日、9回の調査

会にお集まりいただき、ありがとうございます。

調査会は今回が9回目なんですけども、最終的な会議を目指した位置づけと考えておりまして、最初の令和2年の2月の1回から数えるともう2年半近くが経過しているわけなんですけども、これまで調査に関わっていただいた皆さんにこの場を借りて改めて御礼申し上げます。

前回の8回の会議のときに、そのときまでに得られた調査、観測結果を基に、解析を踏まえた一定程度のまとめを行ったところではあると思うんですが、その時点で三輪山の清水、地域の皆さんが関心をお持ちの水施設ですけども、そこに関しては、壺瓶山の裾野に当たり、塩川の谷の構造の影響も受ける複雑な地質状況である湧水なんですけども、それに関する既存の水理地質情報が必ずしも十分でないということで、そこをきちっと判断するためにはもう少し情報が必要だろうということで、今回の委員会に至っていると考えております。実際、4月以降、清水の近くで追加のボーリング調査が行われて、新たな水理地質情報を得られるとともに、水質、水文の解析も行って、今回はそれらの結果が報告されるので、それを確認させていただくという機会になっていると思います。

また、新たに得られた水理地質の情報を追加した三次元のシミュレーションも実施しているので、解析方法の確認に加えて、結果として得られたこの地域の地下水の流れについて、この調査会としてどのように取りまとめていけばよいのかを、今回、委員の皆さんの忌憚のない御意見をお伺いしたいと考えております。

本日の議論の状況次第ではありますが、調査会としての最終的な取りまとめまで至ればというふうに考えておりますので、どうぞよろしく申し上げます。

○大呂課長補佐

ありがとうございました。

本日の資料につきましては、次第の下のほうに一覧を記載しておりますので、不足のある方は職員にお申し出ください。

それでは、議題に入る前に、調査の経過につきまして、事務局から説明をいたします。

淀江産業廃棄物処理施設計画審査室長の山本室長、お願いいたします。

○山本室長

淀江審査室の山本でございます。私のほうからは、これまでの調査の経過等を、簡単ではございますが、御紹介させていただきます。モニターの画面のほうを御覧いただきながら説明させていただきます。

最初に、そこにありますが、調査の目的、方法でございます。御案内のとおり、淀江で計画されております産廃処分場につきまして、令和元年の11月県議会でございましたが、ここで第三者機関である地下水等調査会の設置を全会一致で決定しておりまして、その後、嶋田会長をはじめ、5名の地下水調査に関わる専門分野の先生方に委員として御就任いただきまして、公正中立に計画地周辺の地下水の流れを調査してきているものでございます。

続いて、次のシートをお願いできますか。これまでの調査の経過でございます。令和2年2月に1回目の会議をしております。それ以降、これまで8回の会議を行ってきておりまして、今回で9回目ということでございますが、この間、調査会で決定いただきました調査の方法や計画に基づきまして、現地におきましては地層が露頭している箇所を入念に踏査いただいたり、ボーリングによる地質調査、地下水位や河川流量の観測、水質調査といった現場のデータをまずはできるだけしっかり収集するという方針で調査を行ってまいりました。その後、これら現場で収集しました地質データや観測データなどを基にしまして、地下水を含む地下の構造につきまして解析を進めてきております。

次のシートになりますが、シミュレーションに関しましても、今回判明しました水理地質の構造を組み込みました解析モデルを基に地下水の流れを解析、検証しながら、丁寧な調査に努めてまいってきております。

次のシートをお願いできますか。前回、先ほども挨拶の中でありましたけども、3月末の第8回会議、こちらのほうでは、シミュレーション解析の結果、計画地を流れるいずれの地下水も、懸案となっております福井水源地には向かわないというようなことが確認されております。

一方、三輪山の清水につきましては供給源が不明ということで、十分な解析や判断ができなかったことから、三輪山の清水近傍での追加のボーリングを行った上で再検証することとされました。その後、4月に入りまして、追加のボーリング調査や各種の調査、解析を行ってきておりますので、本日は最初に追加の調査結果を御議論いただきまして、その上で調査会として取りまとめをお願いする予定で考えておるところでございます。

なお、お手元の参考資料2、こちらのほうには過去の会議結果の概要を取りまとめてございます。また、ホームページのほうでは、これまでの会議資料であったり、議事録も御覧いただけますので、併せて御案内させていただきます。

私のほうからは以上でございます。

○大呂課長補佐

それでは、議事に入りたいと思います。

議事の進行につきましては、条例第7条第1項の規定に基づき、嶋田会長様にお願いいたします。

それでは、よろしくお願いいたします。

○嶋田会長

それでは、規定に基づき議長を務めますので、よろしく御協力ください。

本日の議題は、次第にあるように3つです。

まず、議題の1の追加調査結果及び水理地質総合解析の見直しについて、事務局より説明をお願いします。

○和田管理技術者

それでは、説明させていただきます。

私は、今回の調査解析を担当いたしました、株式会社建設技術研究所及び株式会社地圏環境テクノロジー共同企業体の管理技術者を務めております和田卓也と申します。よろしくお願いいたします。それでは、画面共有させていただきます。

先ほど御紹介いただきましたように、第8回調査会の結果を受けまして、三輪山の清水の近傍にNo. 12孔というボーリング調査を追加させていただきました。場所は、2ページ、三輪山の清水がちょうどこの山陰道のすぐ西側にありますが、そこから距離的には20m程度離れたところにNo. 12というボーリング調査を実施いたしました。

なぜここが必要であったかといいますと、ちょうど既往の調査で、この3ページの赤のハッチを掛けた部分が第2帯水層の水位よりも、その下位の第3帯水層の水位のほうが高いエリア、すなわち、第3帯水層の地下水が第2帯水層のほうに上向きに向かって流れようとする力が強い。地下水の水位が上下逆転しているエリアというところに位置づけられているのですが、既往の観測井戸が、今、丸で困ったところにございまして、残念ながら三輪山の清水の直近傍には観測井戸がなく、また三輪山の清水の上の今の構造物を壊して、パイプの中にカメラとかを入れて調査するということができなかったのも、その近傍にボーリング調査をして、地質もちゃんと明らかにしようと。で、どこから湧き上がってきているのかを確認しようと、そういう目的で調査を実施いたしました。

当初、既往の調査で、この4ページの赤線部分の断面図ですが、ちょうど計画地から上下流方向に向かう断面図で描いているんですけども、今このペンで示したところが第2帯水層、その下に安山岩質火砕岩という地層が第3帯水層でございまして、それを下流側

で火山灰質砂礫層（日野川系）が削ったことによって、ここで第3帯水層と第2帯水層の地下水が混合していると考えられます。その直前ぐらいのところ、この辺りでこの地質状況が不明であるというところで、三輪山の清水の近傍でボーリング調査を実施しようという調査計画になりました。

先ほど説明したように、そこをもう一回おさらいしますと、5ページ、ボーリング調査前にはこういう地質断面図の想定だったというところでございます。

今回、調査した結果、No. 12孔ではこの6ページの写真でございますようなボーリングコアを採取することができました。全部で33m掘削いたしましたが、実は、先ほど5ページで想定していた第3帯水層を形成する安山岩質火砕岩、あるいはその上位の第2帯水層を形成する火山灰質砂層（大山系）、これが全く出てこずに、ちょうどこの位置ですが、違う地質が出てきた、ということでございます。

上から説明していきますと、ピンクのところは木材市場火砕流堆積物（仮称）ということで、その再堆積物と判断いたしました。この地層自体は、どうやら火砕流が起こった直後に、その火砕流が大雨とか、火砕流の直後というのは洪水が起こることがよく知られておりますが、そのときにできた堆積物であろうと考えられます。ですので、構成物は火砕流の本体の中に入っている溶岩礫が多いんですけども、マトリックスの部分はそのときの火山灰が中心なんですけど、ほかのものも入っていて、どうもこれは火砕流本体の堆積物じゃなくて、土石流堆積物に近いものと考えられます。ですから、火砕流が発生した直後に発生した土石流の堆積物であろうと考えています。しかも、堆積しているところがこの塩川の谷の中だけですので、恐らく火砕流の後、土石流が起こって谷を埋めた、そういう堆積物だろうというところなんです。非常に密実で、水を通さない地層でございました。

その下位に、やや水を通すのですが、難透水的な旧塩川の埋積堆積物、これも土石流堆積物ですが、そういうものがたまっていたというところでございます。

説明を飛ばしてすみません。先ほどの木材市場火砕流というのは、今、計画地のある台地の上に厚い火山灰、テフラ層がたまっているんですけど、その中期～古期大山火山噴出物という地層にまとめられていますが、その中にある1枚の火砕流と一緒にものです。

その下位に旧塩川の谷埋め堆積物、これらは時代は少し違うんですけど、一まとめにして古期塩川埋積堆積物として分類いたしました。これが小規模に分布していて、これは横にあまり広がらずに、壺瓶山の南側の塩川の谷の中に溝を埋めたような形で堆積しているものと考えられます。

その下位に壺瓶山安山岩の崩積土ということで、そのすぐ北側にある壺瓶山の溶岩が崩れてきて、その斜面にたまったものと判断をしております。それは構成している礫がほとんど安山岩の礫で、これらは壺瓶山起源であるというふうなことが分かっております。ただし、中には壺瓶山起源以外の雑多な礫が入っていますので、崩積土砂だろうというところで解釈いたしました。

その下位に未区分火砕岩類というものが出てきました。これは非常に広域で発見されておりまして、ここの一帯の、今、我々が調査をした対象の第3帯水層のさらにその下にあるものでして、近傍のNo. 3のボーリングでは、これは60mぐらいの深いところにあるんですけど、これが実はここでは25mと非常に浅いところにあるというのが確認されております。そういう構成です。

7ページ、ちょっとこのコアを見ていただきますと、このような形で、従前に、既往の調査、例えばNo. 1孔、No. 6孔で採取したこの火砕流堆積物と今回見つけたNo. 12の木材市場火砕流堆積物の再堆積物とはもうほとんど物が一緒であるということから、こういう対比をしております。

8ページ、これですね、ちょうど。ここは全部ローム層とか火山灰層とか、あるいは降下軽石層とか、これは一つの中期～古期大山噴出物として区分してはいたしましたが、その中の1枚の火砕流、これがボーリングでは大体5m近くたまっているんですが、これが洪水とかで塩川を流れ下って、一部堆積して残った、それが先ほどの堆積物であろうというふうに考えております。

9ページ、先ほどちょっと会場のロビーのほうにコアを並べているのがちょうどこの写真のところでございまして、下から未区分火砕岩類は、No. 3と全く一緒です。ただ、深度は、こちらは20数m、こちらは60数mということで、分布深度が全然違います。

その上に壺瓶山安山岩の崩積土がございまして、ここまでは組合せは一緒なんですね。ところが、その上に、No. 12のところでは旧塩川の埋積堆積物、No. 3のところでは第3帯水層を形成している安山岩質火砕岩が厚くたまっています。だから、やっぱり壺瓶山の裾野のところに行って、ちょうどもう安山岩質火砕岩がなくなっていて削り取られているというような形かなと考えております。

10ページ、そこにアバットした形で壺瓶山安山岩の崩積土が分布しています。ですからこれは、壺瓶山のほうから北から南側に供給されたと考えられます。ほかの堆積物は全部大山の弥山の山頂のほうから、南から北に向かって供給されたものですが、ここだけは

反対に北から南に向かって供給されてたまったとの解釈が成り立つというところがございます。

これは、既往のボーリング調査の結果とも比較しまして、今まで既往の文献に従って、壺瓶山の無斑晶安山岩と本宮の泉のところにある無斑晶安山岩、それと、もう一つ、孝霊山の西側にある無斑晶安山岩、この3つは同じ時代に噴出した岩体との記載が既往の文献ではございましたが、今回分かったのは、少なくとも壺瓶山の無斑晶安山岩は、先ほどの安山岩質火砕岩、いわゆる鍋山系と僕らは言っているんですけども、孝霊山を噴出源として流れ下って、ちょうどこの計画地の下一帯に広く分布する安山岩よりもさらに古いということが分かりました。ですから、3つの中でこの一つだけ少し古い火山噴出物だということが今回新たに明らかになったというところがございます。

あと、最後に、未区分火砕岩類が本当に一緒かというので、11ページ、No. 3のボーリングコアにあるこの礫、これは非常に珍しい特徴的な礫なんですけど、No. 12のところにも全く同じ礫がございます。マトリックスもほとんど一緒ですので、これはもう間違いなくNo. 3とNo. 12のところに出てきたこの未区分火砕岩は同じものであるということが分かりました。

12ページ、これを模式的に描きますと、ちょうど壺瓶山のほうから上流に向かって、No. 3のほうに向かって切った断面でいきますと、壺瓶山のほうに向かって未区分火砕岩類が非常に斜めに高まっていると。その上に薄く壺瓶山安山岩の崩積土が載っていると。その上に、恐らくそこで、孝霊山付近で安山岩の火山活動が活発になって、その安山岩質火砕岩がこのようにたまった。ですから、上面は非常になだらかなのですね、緩傾斜。その上の火山灰質固結粘土層、ロームが固まったものだと思うのですが、それが形成されたと。その上に火山灰質砂層（大山系）が、これは海の中でたまった堆積物と考えていますけども、それが本当はもともとこっちに、山のほうについていたのですが、この塩川が削ったと考えられます。

削った順番は、まず、溝口凝灰角礫岩がその次ですね、火山灰質砂層（大山系）の次に溝口凝灰角礫岩がたまって、その溝口凝灰角礫岩の台地をまた塩川が一回削って、一回ここまで深く掘りました。その中に古期塩川埋積堆積物がたまって、それをもう一回、沖積層の今の谷が削って、そこにまた沖積層がたまったと、こういう、塩川というのは昔から弥山のほうから流れてきていたんですが、そこに古くから壺瓶山がどんと立ちただかっているものですから、そこに川の流れが当たって、西側あるいは東側のどっちかに流れない

といけない。それを毎回西側に流れて、そこの西側に流れる東西の谷を深く削り込んで、その削り込んだ谷にまた堆積物がたまって、その堆積物がたまった谷をもう一回、塩川がまた削ってというのを繰り返していたのが、今のこの地層の形成機構であるということが分かってきたというところで、先ほどの見直したのがこの図面になります。

要は、未区分火砕岩類というのが、実は本当は上流側ではもっと深いところにあるんですけども、壺瓶山の安山岩が噴出したことによってキャップロックになって、ここの浸食を免れるようになったと。でも、その後、こちらの上流側では浸食されて深くなったと。その深くなったところに壺瓶山から崩積土砂がまた堆積したと。その次に、そうしたところに、鍋山系と言っています安山岩質火砕岩がたまって、どんどん溝口凝灰角礫岩までたまったところでもう一回、今の塩川の谷が掘ったと、こういう形成史ということになります。

ということで、今の結果で、既往の文献の地質層序を見直しますと、13ページのような形で、今まで我々もこの調査結果が出る前まではちょっと考え方は違ったんですが、こういうような形で壺瓶山安山岩というのは新しく、新称ですけども、名前をつけまして、時代は安山岩質火砕岩よりも古いものであるという見直しを行いました。あともう一つ、下流側で火山灰質砂層の日野川系というのは実はもっと新しいもので、塩川の削り込みでできた谷をまた日野川の堆積物が埋めたというところで、ちょっと時代を見直しましたというところがございます。ということで、地質図を全面的に見直しまして、壺瓶山安山岩というのはこのような形で新称で、ほかの本宮の泉のところにある安山岩とかと色を変えたと、時代も分けて一番古い火山岩に設定し直したというところがございます。

この地質断面図も、ここに、壺瓶山の南の縁のところには薄く顔を出していますけども、実は本体はこの谷を全部埋めていると。その上にまたこの沖積層が削って、今たまっていると、そういうような状況になっております。これが新しい解釈の断面図ということになります。ですので、空間的な位置としては、この古期塩川埋積堆積物というのは、ちょうど第2帯水層を形成する火山灰質砂層（大山系）と同じ高さぐらいにあります。ちょっと離れて、第3帯水層は実はもっと深いところにあるということが今回、地質構造としては分かったというところがございます。

14ページ以降でこれに関連する断面図をそれぞれこういうふうに見直しまして、一番大きな見直しのところは、22ページでございますように、もともと壺瓶山の下には安山岩質火砕岩が潜り込んでいるというふうな想定をしておりました。これはなぜかといいます

と、文献にそのような時代が、赤で示しております安山岩質火砕岩のほうが古くて、無斑晶安山岩のほうが若干新しいというふうな記載がありましたので、このような想定をしていたのですが、そうではなくて、もっと古いということが分かったので、それと、実際ここまで、緑色で示しております未区分火砕岩が上がってきているということから、この見直し前が上の図ですけども、見直し後のこの下の断面図のほうに変更したということです。

これで大きく違うのは、地下水の、特に第3帯水層が今までの想定では壺瓶山の下に潜り込んで流れるという想定をしていたのですけれども、そうではなくて、壺瓶山の下には潜り込めないことが明らかとなりました。緑色の未区分火砕岩類は難透水層なので、潜り込まずに壺瓶山の周りを迂回するはずだと、そういうふうな流れになっているという考えに大きく変わりました。これが、後ほどに御説明します地下水の解析のほうでも大きな見直しにつながったところがございます。

23ページの断面Dも同様な見直しを行っております。24ページの断面Yについても同様な見直しを行っております。断面Bについては、既往のボーリングの結果に加え、今回の新しいボーリング調査データがありましたので、ちょっと微修正を行っております。

あと、26ページの火山灰質砂層（日野川系）なのですけれども、要は、先ほど申しましたように、この塩川の谷、それと計画地の谷、笹子谷池の谷、これがちょうど三輪山の清水の手前のところで合流しまして、一つの谷になって、壺瓶山の西縁部を流れ下って、米子平野に抜けていくと、こういうところなのですけれども、これは今回の調査を機会に地質時代を見直しました。そうしたところ、結局No. 8で火山灰質砂礫層（日野川系）が結構深い位置で見つかっていて、最初はこの中期扇状地面堆積物の下位に入って分布しているように想定しておりましたが、そうではなくて、壺瓶山の西側に、塩川の谷の下刻によって出来た、この細い溝のところに分布するだけで、この台地、中期扇状地面堆積物の台地の下に潜っていないということが今回分かりましたので、そのような想定で全面的に地質を見直したというところなんです。27ページのこれも断面の見直しですね、断面Eですけれども、ここでも火山灰質砂礫層（日野川系）が中期扇状地面堆積物の下に潜り込んでいるという想定だったのを、そうではなくて、それを含めて、今回、日野川の堆積物が中期扇状地面堆積物を削っていると、そのように断面を見直したというところがございます。断面Fについても同じ見直しを行ったというところがございます。

続きまして、29ページから三輪山の清水の起源についてです。

今回、No. 12のボーリングで掘っていくときに、30ページに示すように孔内水位

の変動を見ております。この辺りは掘るときに粘土鉱物であるベントナイトが入った泥水を使って、孔壁、掘った孔の壁が崩れないように遮水しながら掘削するので、これは掘削孔内にたまっている水なのですが、実は掘っているときに、深度31～33m辺りで水位が一回上がっております。あともう一回、深度15～20mの辺りでもう一回上がっております。このことから、ここに被圧地下水が通る水みちがあるということがここで把握することができました。ただ、30m付近の水位上昇は、そこに分布する地質が未区分火砕岩類で、我々が今回の調査の対象外としている基盤岩、水理基盤のところなので、この地下水は今回関係ない地下水です。

重要なのは、旧塩川の埋積堆積物のところで水位変動があった、その上下の木材市場火砕流再堆積物の地層の中では全く変化しないので、ここはほとんど水を通していないということが分かっております。逆に、壺瓶山安山岩のところの崩積土のところでも水位変化はなかったということで、その旧塩川の谷埋め堆積物のところに水みちがあるということが今回分かりました。

その結果を受けまして、31ページ、先ほどお見せしましたボーリングコアの写真ですけども、ちょうど旧塩川の谷埋め堆積物のところに観測井戸のストレーナ、水の通り道を設けまして、その上下は全部遮水しまして、この水だけを観測できる観測井戸を設けたというところがございます。

では、このNo. 12の観測井戸と三輪山の清水は、水平距離で20mぐらいしか離れておりません、もう目と鼻の先です。我々としては、同じ地層であるというところで掘っています。それが本当にそうかということを確認するために実験を行いました。すなわち、どういうことかといいますと、この三輪山の清水というのは、地元の方から県の職員の方が聞かれた伝聞情報ではございますが、その地元の方といいますか、個人でボーリングを掘って、深度20mぐらい掘ったと、そうすると水が湧き出てきたと、それが三輪山の清水の起源になったというお話を聞いております。また、別の調査会社が、今のような状態になる前に何か機械を入れて深度を測ったら、確かに深度20mぐらいまで三輪山の清水のボーリングのパイプがあったことを確認しています。そのパイプは大体直径5cmのパイプらしいのですけれども、そういうことで、昔の、昭和の時代にその井戸が作られたということですので、恐らくその時代の井戸ですと、こういうドリルで開けた様な穴が、塩ビ管に穴を空けて水の取り込み口にして、それを井戸にしたのではないかということが推察されています。そういう想像図を32ページに描きました。

ストレーナの高さがほとんど同じぐらいのところに、今回、観測井戸No. 12のストレーナ、水の取入口をつけましたので、ではここの水が三輪山の清水の水源と同じ帯水層かどうかということを確認するために、次のページですが、三輪山の清水の今の竹でできた注ぎ口のところに栓をして水を出さないようにして、出さないようにするという事は出口を塞ぎますので、今までこういうふうに圧力が解放されて、水がこういうふうに流れ出ていたもの、こうやって自噴して水が出ていたものが、それを止めたことによって、その圧力が行き場を失ったら、水平距離で約20mほど離れた観測井戸No. 12の水位がぐっと上がるのではないかという予想の下に実験を行いました。実際34ページの写真のように、こうやって注ぎ口を手で塞いで、実際は塞いでもその下から水は漏れているので100%塞いではいないんですが、今日、現地でも先生方に確認いただきましたが、4つあるうちの3つを手で塞いで、残りの1つにはそこにチューブをつないで、確かにそこから水位がここまで大体上がるよというのを示させていただいて、大体1.8mぐらい水位が上がることをここで確認しております。この写真のとおりです。

この状態で、同じ仕組みのサイフォン式の水位計をNo. 12の観測井戸のところでも作りました。実験前、この写真の左下の写真にありますように、標高でE.L. 7.949mのところには水位がありました。三輪山の清水の湧水の注ぎ口を塞いでから少し時間が経ったら、どんどんどんNo. 12の観測井戸の水位が上がってきまして、最大1.8cm上昇しまして、これは写真の右のほう、ここまで水位が上がったということを確認いたしました。

それをグラフにしたのが35ページのグラフでございまして、三輪山の清水のほうの出口を閉塞してから5分遅れで水位がだんだん上昇し始めて、最大1.8cmまで上昇して、その水位が上がるのが遅くなってきたので、では、今度は三輪山の清水の湧水の注ぎ口の閉塞を開放してみましようかということで開放しました。開放した瞬間からまた5分ぐらい遅れて、今度はNo. 12孔の水位が下降を始めて、上昇するときよりもゆっくり下降して行って、約2時間かけて元の水位に戻ったということが分かりました。このことから、三輪山の清水とNo. 12は同じ帯水層を共有して圧力が伝播するということがこれで実証されたわけでございます。

No. 12の水というのは、三輪山の清水よりも地盤面が少し高いところにあるので、出てくる水の量も、水の通り道が小さいということもあって、ちょろちょろしか出てこないんですが、36ページの写真のような、こういうきれいな透き通った水が出てくるとい

うことが確認されております。

5月の末と6月の頭に、37ページに示すように全観測井戸の一斉水位測定を行いました。その結果、新たにNo. 12のところを加えた上で、地下水位のコンターマップ、地下水位等高線図を書き直しました。それがこの38ページからの図面でございます。水色の矢印で描いているのは、地下水位等高線図から推定される地下水の流れの方向。地下水の流れの方向というのは、等高線図の線に対して直行する方向に流れるというのが原則と考えられておりますので、このような形になっております。

ということで、ここに地下水の第1帯水層の尾根がこういう形で、今の地形の台地と全く一緒です。こういう地下水位の尾根がありまして、その尾根から谷の方向に向かって第1帯水層というのは全部流れていって、この谷の中をずっと下流のほうに向かっていく、これが第1帯水層の地下水の流れの基本でございます。こういう形です。

次に、39ページの第2帯水層、これが今度、三輪山の清水の近傍でNo. 12のボーリング調査を実施したことによって変わりました。それとNo. 12孔で分かった地層の見直しによって、この緑色の線で描いております壺瓶山の縁辺部、これより壺瓶山のほうには第2帯水層は入っていかないということが分かりましたので、こういう形になっていまして、地下水はこの矢印の方向に向かって流れる。ですから、三輪山の清水の付近ではどこから第2帯水層の水が流れてくるかということ、壺瓶山の南側の縁を通過して、東から水が流れてくる、こういうような地下水位コンターマップから読み取れる地下水の流れということになってございます。

さらに、40ページの第3帯水層、これも壺瓶山がここにありますので、No. 12のボーリング調査実施以前は壺瓶山の下に入っていく第3帯水層の地下水の流れになっていましたけど、今回の解析結果ではそのように壺瓶山には入っていかないという流れになっていますので、この地下水位コンター図から、三輪山の清水の方向には東から来る地下水の流れというのが卓越してこちらのほうに向かっているということが分かってきたというところでございます。

41ページの冒頭のほうでお見せしました第1帯水層と第2帯水層の、要は上位と下位の地下水位が逆転している部分がこの赤色のハッチで示したエリアでございます。やはり、塩川でありますとか、計画地の谷の、この谷の下ですね、一番谷底の部分がやはり地表の第1帯水層の地下水位標高が低くなるので、第2帯水層の地下水位は逆に相対的に高くなるので、水位が逆転してこの赤色のハッチで示したエリアでは第2帯水層から第1帯

水層に向かって逆向きの、上向きの地下水のフラックス、つまり地下水の流れがあるということが分かったというところでございます。

42ページのこれは第3帯水層と第2帯水層、この赤色のハッチで示したエリアは、要は下の第3帯水層から上の第2帯水層に向かって地下水が流れているエリアが改めて確認されたというところでございます。

43ページは水質の話でございますけれども、今回、水質分析の結果から、これは令和2年11月に採水した三輪山の清水の水質を示すヘキサダイアグラムです。その下、真ん中が同じ三輪山の清水で、この5月の24日に採水したものです。ちょっと色が変わっているのはマグネシウムとカルシウムの濃度の違いで、どっちが多いかで、マグネシウムが多い場合は紫、カルシウムが多い場合は黄色としています。もうほとんど差がないと言っているんで、この辺はもう本当に誤差の範囲という形なんですけど、全体の形を見ていただきますと、今回の令和4年の5月の採水で分析した結果と令和2年のほうの水質分析の結果とほとんど変わらない、ほぼほぼ同じ水だということが言えます。片や、今回5月に採水して分析したNo. 12、これもほとんど水質が同じ形をしておりますので、この結果から先ほど圧力伝播の件で三輪山の清水とNo. 12観測井戸の水源となる帯水層が、同じ帯水層だという話をさせていただきましたが、今回は水質の面からもNo. 12と三輪山の清水が同じ水質を持った地下水であるという結論に達しました。

三輪山の清水の起源につきましては、44ページ、この水質は、第3からか、第2からか、どちらの寄与度が高いのかということ周辺第3帯水層あるいは第2帯水層、一番近傍の地下水と比較いたしました。計算の結果が45ページで、例えば、これがNo. 3-1とNo. 3-2ですね、No. 3を比較した結果とか、第3帯水層はNo. 4とNo. 3とか、それを比較した結果です。結論的に言うと、大体、第3帯水層のほうで72%から93%の寄与率である、要はほぼほぼ第3帯水層の水質に近いということが、今回の水質分析の結果から分かってきたというところでございます。

あと、地下水位の観測を行っております。今この46ページの図面の示しているところで観測を行っているわけでございますけれども、47ページのこれが水位の生データといいますか、昨年度からの測り始めからずっとお示ししております、これは第0、第1帯水層がメインでございます。

48ページ、これが第2帯水層の水位で、この短い赤で描いたところが今回新設したNo. 12孔ですね、短期間になっておりますけれども、49ページのこれは第3帯水層と比

べた場合ということになっております。

特徴的なのは、50ページを見ていただきますと、短い期間ではあるのですが、青で示した線というのが実は第3帯水層の動きでございます。黄色で示したラインというのは全て第2帯水層の地下水位のグラフでございます。これを見ていただきますと、例えば一番近いNo. 5でありますとか、No. 3-2、この水位が、No. 12がここで、No. 3がここで、No. 7がここで、No. 5がここなのですけれども、第2帯水層の地下水位というのは、ほとんど水位が変化しておりません。地下水位グラフでは、このギザギザした細かな振動はあるのですが、大局的にはほぼほぼ水平という結果が出ております。

ところが、第3帯水層は逆に、終盤、この観測の終わりぐらいにキュッと上に地下水位が上がっています。この地下水が上がる位相といいますか、上がり始めのタイミングから上がる角度、これを見ていただきますと、ことごとく第3帯水層の水位の変化とNo. 12の水位の変化というのが同じだということが分かります。先ほどNo. 12というのは、空間的、深度的には第2帯水層の高さのところToStrainerを設けていると申し上げましたが、この水位に関しては完全に第3帯水層の水位変化とシンクロしている、いわゆる同期しているということが分かりました。

先ほど水質の面から、第3帯水層からの影響がほとんどだということを申し上げましたが、この地下水位の変動状況からも、実はNo. 12というのは第3帯水層の影響を強く受けているということが分かりました。しかも、No. 12というのは、その前の実験で、三輪山の清水と同じ帯水層であるということを確認したと申し上げました。ということは、この結果から言えることは、三輪山の清水の供給源というのは、実は我々は今まで第2帯水層と同じ高さでStrainerを設けているので、第2帯水層から上がっているというふうに思っておりましたが、実はこの結果を素直に解釈すると、第3帯水層から三輪山の清水の水は供給されているという可能性が極めて高いというふうな思いに変わってきたというところでございます。

ということで51ページ、既往の水質分析の結果、ヘキサダイアグラムの特徴から見ても、実は第3帯水層の一番特徴的な計画地の周辺のところ、左下のほうの紫色の水質の特徴を持つグループのところですが、下流に行くとだんだん黄色の水質の特徴を持つグループほうになっていくのですけれども、その中のグループにあって、最初は第2帯水層の水質と同じのが出てくるのかなと思っていたら、そうではなくて、第3帯水層の水質に

近いものが出てきていることが分かりました。しかも、このエリアというのは、第3帯水層から第2帯水層のほうに向かって、要するに地下水の水圧の力関係で、第2帯水層のポテンシャルよりも第3帯水層のポテンシャル、すなわち地下水位のほうが高いので、下から上に向かう地下水の流れがあるエリアの中、あるいはエリアの一番端っこのところに三輪山の清水という湧水があって、No. 12もあって、それはことごとく第3帯水層からその水が、地下水が供給されているということを示しています。

それらのデータは水質の面からも、水圧の面、あるいは水位変化の面、全てがそれを示しているということで、52ページ、結論としては、三輪山の清水は第3帯水層から大半が供給されていて、一部第2帯水層も混じっているというふうに考えられますけれども、結論は、ここに書いておりますとおり、三輪山の清水とNo. 12の関係から、三輪山の清水とNo. 12の地下水は同じで、その水位変動の結果から、第3帯水層から地下水が供給されているということが最終的に結論として言えたのではないかということが、今回のNo. 12を追加して我々が得た結論でございます。以上でございます。

○嶋田会長

ありがとうございました。

ただいまの追加したNo. 12のボーリングの調査結果と、それを基にした地質総合解析の見直し及び水質分析の結果について、この部分に関して、質問、コメントがある方はよろしくをお願いします。

小玉委員、どうぞ。

○小玉委員

御説明ありがとうございました。

1回目の会議のことから考えると、すごく地質情報というかが分かってきたなと感心しておりました。ボーリングがやっぱりこれだけ密に行われて、やっと火山体の地下構造というのが、初めて少しこうやって見えてくるんだなということを実感しました。ありがとうございました。

その中で、今回、壺瓶山の下のところ、非常に浅いところに水理基盤と見られるようなものがちゃんとボーリングで捉えられていたというのは、すごく大きな発見であったなと感心しました。それによって地下水の流動にすごく影響するような事実が出てきたんだなということと、この実験、今出されている34ページのような、今日現地で見させていただいたような三輪山の清水のところでの水圧がちゃんと伝播していく様子、しかもそれ

が地質と呼応していて、5分遅れてというのは非常に面白いと思うんですけども、最初に三輪山の清水を止めたときも5分遅れて、少し圧が伝わるのに遅れるんですかね、それでようやく反応してくる。しかも開放したときにもやっぱり5分遅れて、ゆっくりと今度下がっていくというのはすごく説得力のあるデータだなと感心しました。

それで、唯一気になったことなんですけど、塩川の堆積物ということで、埋積堆積物ということで上げていましたけど、今の塩川というのは、このずっと続く台地の中で発生する谷になっていますね。今の図で結構ですね、17ページの大きい図で。その中での塩川、その薄紫で塗られているところの台地の中で発生した谷で、そこですね。それが塩川の流れなので、実は台地自身をつくっている古期扇状地礫層というのは、分布からいっても台地をつくっていたのはさらに上流から来る精進川が流してきた扇状地礫層と見るべきなんだろうなと。古期台地をつくったときもそうだし、それをさらに切って中期の扇状地礫層をつくっている黄色のところも、今、緑で塗っていただくところのほかに、そこですね。そこもやっぱり精進川がつくっていたところなので、実はこのエリアのことを考えるにはやっぱり精進川の働きというのはすごく重要なのだろうなということを知っていて思いました。それで見てくると、今回は言葉として塩川の谷埋め堆積物と書かれていますが、ひょっとすると、精進川が掘った谷を、精進川から流れてきたものが、上流から流れてきたものが何か埋めているんじゃないかなということかも、だからルートが今のルートなのか、それともその黄色の右端というんですか、東端、そういうところのルートで来たときの精進川だったのかもしれないなと、そういう可能性もあるかなと思いました。ただ、今回、今のところではそのところを確定することまではなかなかいかないかなという気がしました。

ボーリングコアを見させていただくと、例えば9ページのところに未区分火砕岩の直上1mから1.5mぐらいのところを見ると、石の形が両方とも円礫に見えるんですね。レベルは全然違いますけども。ほんの下から1mぐらいの、そういうところですね、それが、時代は違うけども、精進川がそのままに未区分火砕岩を削ったときの証拠なのかなと。基底礫層のようなものですね。その上を埋めてきているのかなというふうに見えるかなという気もしました。ただ、これは確証はございませんけども、地形の配列等々考えて、あと、川がどれぐらいのパワーを持っているかなということを見ると、そういう可能性も検討してもいいのかなと。ただ単にストーリーをイメージするときのものとしてそういうことを感じました。

以上、コメントまでです。ありがとうございました。

○嶋田会長

ありがとうございました。ほかの委員の方、いかがですか。

勝見委員、どうぞ。

○勝見委員

ありがとうございます。

私の印象も、最初、小玉委員がおっしゃったことと同じで、多数のボーリングの試験と、それからその調査、解釈ということでまとめられたということで、敬意を表したいと思います。

水質、ヘキサダイアグラムを基に第2帯水層、第3帯水層、どちらがどれぐらいの割合かというところを計算されているんですけど、計算は計算でこういう結果が出ると思うんですけども、これ6成分のうちで、濃度のレベルが若干違いますので、やはりどれかの成分に引っ張られるんじゃないかなと思うんですが、その辺りはどうなのかということと、それが今回の結論を導かれていることと整合性があるのかということだけコメントをいただきたいなと思いました。

○嶋田会長

お願いします、事務局。

○小林グループリーダー

こちらのほうですけれども、今回、ここの部分で水質起源を推定するという方法の中で、単純な水質の混合をしたときに、第3帯水層と第2帯水層の水をどのような比率で混ぜたらば三輪山の清水相当になるかという簡単な検討として、右下の評価式を最小化する、誤差が小さくなるような割合を推定してみたというところなんです。その際に、大きく左側と右側の2つのブロックがあるんですけども、単純な量の違いを最小化する部分が左側で、右側が濃度の比率を、それぞれの成分の比率の違いを最小化した形にしていますので、特段特定の成分に引っ張られるようなことはないかなと。濃度の大小については左側の部分でやっていますけれども、比率は右側で調整していますので、全体的に形が近くなるようなものを推定してみた結果が、次の45ページ目に示した第3帯水層の割合がいずれの組合せでも大きくなったというような結果になったというところでございます。

○勝見委員

どうもありがとうございました。よく分かりました。

○嶋田会長

ほかの委員の方、いかがですか。

伊藤委員、どうぞ。

○伊藤委員

御説明いただき、ありがとうございます。非常に難しい火山性堆積物を肉眼観察を中心に非常に精緻に区分されて、説得力のある地質の断面図ができているなというふう感じております。

聞き間違えたかもしれないので確認させていただきたいのですが、30ページのボーリング掘削時の孔内水位変化図の御説明の際に、壺瓶山安山岩の崩積土のところもほとんど水位変化がなかったとおっしゃっていたような気がしたんですが、第3帯水層から地下水が上がってくるためには、この壺瓶山安山岩の崩積土が水みちになっているというふうに理解したんですけれども、水みちになっているはずなのにその水位変化がなかった点について、もし聞き間違えていましたら追加で補足説明いただきたいことが1つ目の質問です。それから、50ページの水位の連続観測の結果ですけれども、右上の説明の文章のところに、③として第3帯水層と並行して顕著に上昇していると書かれているんですが、具体的に何mぐらいの変動があったのかというのが、ちょっとこの縦軸のスケールが結構大きいので教えていただきたいです。あとNo. 12は測定期間が短いんですけれども、もう少し継続して、少なくとも1年ぐらいは観測される予定があるかどうかということ、もし現時点で決められていましたら、教えていただきたいと思います。

○和田管理技術者

ありがとうございます。

まず先に、こちら今、図面が出ていますので、地下水位の変動につきましては、ちょっとすみません、左側に標高で10mと30mと0mが見えておりますので、この線の間隔というのは大体10mになります。ですので、すみません、手元に詳しいデータが今ないので分かりませんが、感覚的に見ると1m弱ぐらいは水位が、このスケールで目に見えて分かるぐらい変化がありますので、たくさんの標高が違う地下水位データを同じグラフに閉じ込めているので、非常に見にくくて恐縮ですけども、見ていただいたとおり、青で示している第3帯水層の地下水位グラフが、No. 12の地下水位グラフと全く位相も角度も一緒ぐらいの、本当に同じように上がっているのに比べて、黄色で示している第2帯水層の地下水位グラフは、若干上がっているのもあるんですけれども、上げ幅が小さいです。

そのほかはもうほとんど水平といいますか、変動しているのかもしれませんが、その変動を除いた部分ではもうほぼほぼ水位が変わっていないとみなせると思いますので、そういうことを思いますとNo. 12の地下水位は第3帯水層と明確にシンクロしている、同期していることが分かります。確かに観測したのは短い期間ですが、この調査会の日程に間に合わせるためにここで切らざるを得なかったのですが、その短い期間中だけでもこれだけの明確な違いがあるので、我々としてはこれは地下水位変動が同期しているというふうに評価しました。今後、地下水位観測を続けるかどうかについては、私どもで決めることはできませんので、また県のほうと御相談させていただきたいと考えております。

それとあともう一つ最初にいただいたご質問で、我々の結論としては、いわゆる壺瓶山安山岩の崩積土砂、要は壺瓶山の山裾に斜めに崩れてきてたまった土砂中の水みちを通過して第3帯水層の地下水が伝わってきたと考えています。断面図では、高さを水平に対して5倍に拡大していますので、物すごく急斜面を転がり落ちてきたようなイメージに今の断面では見えるのですが、実はあれは5分の1に圧縮して見ていただかないといけないので、そう考えますと割と緩傾斜になります。崩積土砂ですから、今回のボーリングでは、たまたま難透水層なところを抜いてしまった可能性があるのですが、恐らく崩積土砂ですので、一般的には不均質であるというのが大前提ですし、谷をつくっている、要は、今の山の斜面を見ていただいたら分かる通り、崩れてきた土砂であっても、丘になっているところもあれば、谷になっているところもあって、谷になっているところには、またそこに違うもの、ガサガサの高透水性なものがたまって、それをまた土砂が覆っている。要するに、そういうとことというのは結構水みちになるんです。山の斜面でも災害とか起こったときに崩れているところの断面を見ると、よく昔の谷のところに水みちになって、そこから水が湧き出てくる現象というのを僕らはよく見るのですが、まさにそういうところが、パイプといいますか、水の通り道みたいなところがあちこちにあって、そういうところを通過して水が上がってきているのではないかと。ちょっと想像をたくましくし過ぎかもしれませんが、これは自然現象としては普通にある現象でございますので、たまたまボーリングをしたところは、最初にボーリングしたときに難透水だったので、これは難透水層なんだと思っていました。でも、今回の現象を説明するのに、水質も第3帯水層、地下水位も第3帯水層、地下水位の変動も第3帯水層、これだけの証拠がそろっていて、第3帯水層の深度から上がってくる水みちを考えるとすれば、そこをつないでいる地層は、唯一先ほど申し上げました、この斜めに分布している壺瓶山安山岩の崩積土砂ということに

なります。ここに先ほど申しました、壺瓶山安山岩が崩れたときに土砂がたまって、不均質な、水の通り道になるようなところが何本もあって、実際はこの第3帯水層のこの水が、この斜めのところを伝って、ここまで上がってきて、この古期塩川埋積堆積物の中に入り込んでいると。それがこの三輪山の清水として、今、地表に人為的に掘った、もう本当にラッキーだと思うんですけど、その水脈に当たった。水脈に当たって水が出てきたから、そこを水源とされたんだと思うのですけども、それをこの地域の皆さんも利用させていただいている、そういう非常に幸運なところから出てきた地下水であると考えています。そういう意味で、ボーリングでは難透水層のところをたまたま抜きましたけれども、全体として考えれば、決して難透水が全て連続するような地層ではなくて、地層の出来方から考えても、透水性の高いところがあるのは、これは当たり前なので、今回はたまたまそこを抜かなかったという、そういう、ちょっと都合のいい解釈かもしれませんが、合理的な範囲で解釈できるかなと考えております。

○伊藤委員

ありがとうございました。

○嶋田会長

すみません、和田さん、今の伊藤さんの質問にあった50ページの図ですけど、縦軸は10mスパンと言ったけど、一番上の30mは20mの間違いじゃないですか。5mスパンですよ、これ。

○和田管理技術者

5mスパンです、すみません。ちょっと確認します。申し訳ないです。

○嶋田会長

多分、前の2つの、第2と第3の両方のデータを重ね合わせて1つのグラフにされたんですよね。だから、前のページに出ている第2と第3で同じ井戸が出ているんですが、それと見比べると、縦軸のスケールは多分30mは20mの間違いだと思います。

○和田管理技術者

申し訳ございません。ちょっと確認して、訂正いたします。申し訳ございません。

○嶋田会長

ほか、ございますか。

じゃあ、ちょっと私から1件聞きたいんですが、やっぱりNo. 12のボーリングを打ったことによって大分情報量が増えて、地質に関しても、地下水に関しても三輪山の湧水

の諸元に関して、随分情報が増えたというのが第一印象です。それで、パワポの19ページに、この付近のNo. 12を踏まえて書き直した地質の平面図があるんですが、ここで壺瓶山の下に肌色で書いた古期塩川埋積堆積物というのが薄く段丘上にあるんですけど、これは地表面でこういうものを、ボーリング孔No. 12で確認したのと同じようなものがこの辺の地表に堆積しているというのを確認されてこういう図にされたということではないんですか。

○和田管理技術者

例えば13ページの地形図で見させていただきますと、ちょうどここに少し段丘状に地形が残っているんですね。ですから地表に出ているのは、この部分は同じものであるというふうに今回推定させていただいております。ちょうどこの部分ですね。これを見ますと、ちょうどここは道路が走っていきまして、その縁、南側は全部田んぼの沖積面の平らな面なんですけども、そこからぐっと丘になります。三輪山の清水も実はそのエリアに入ってきて、沖積面のところからは外れるような形になっていますので、この丘になっている部分を、最初、地形からこちらの壺瓶山安山岩の、壺瓶山の山から崩れてきた崩積土砂だと最初想定していたんですが、そうじゃなくて、崩積土砂も表面にはちょっとあるんですけども、掘っていくと、実は昔、塩川の谷を埋めた谷埋め堆積物がもう一回削られて段丘化した堆積物だということが分かりましたので、地質平面図を19ページに示しますような段丘化した堆積物であるというふうな形で修正させていただきました。

○嶋田会長

分かりました。

それでNo. 12のボーリング孔では、ある程度の深さのところに同じ堆積物が出てきたわけなんですけど、それを基にして描いた断面図が20ページのこれだと思うんですが、これでいくと、古期塩川の埋積堆積物というのが、ちょうど今の沖積層の塩川の谷の部分の下ぐらいまでがこれがあるという形だと思うんですが、その考え方でいくと、さっきの19ページの、ちょうど塩川の堆積物が分布している範囲に関しては、この沖積層の下にもこれが展開しているというふうに想定をされたというイメージでいいんですか。

○和田管理技術者

そうですね。ですから地表から見ると、今、地表に出ているのはこの部分だけしか出ていないんですね。この部分、V字谷のこの沖積層が覆いかぶさっている部分は、平面図でいくとちょうどこの部分になりますので、この部分は表面には見えません。ですから、も

ともどこも全部旧塩川埋積堆積物で埋積されていたんですが、それをこの沖積層の以前の谷が1回削ったので、今のこの地表に見えているこの古期塩川埋積堆積物のこの部分だけが地表面に段丘状に残って、ここに水流が来ないので、こちら側が谷として削られた。そこを今、沖積層が埋積しているということになります。なので、その下に削り残されているこの古期塩川埋積堆積物は、地表では見えませんが、先ほどの断面図でお示したように、地下にはこういうふうに残っていると、そういうことだと思います。

○嶋田会長

分かりました。

その情報が、後に紹介するシミュレーションのところのモデルの中にもそのまま取り込まれていると考えていいんですね。

○和田管理技術者

そうでございます。

○嶋田会長

分かりました。ありがとうございます。

どうぞ。

○杉田委員

すみません、杉田と申します。

ほとんどコメントなんですけれども、先ほどからあります三輪山の清水の起源についてのヘキサダイアグラム、非常に納得しました。今回新たに計算をしていただきまして、第3が主であるということで、しかもパターンを幾つも試していただいて、4-2と掛けたパターンの3と4がよく合ったというところで、これも非常に流れの方向からしても納得しましたし、それから、No. 12の水位が非常に高いところからも、本当にすっと納得できました。ありがとうございました。

一つ、崩積土なんですけれども、例えば20ページの図で、崩積土があって、そこが水みちになってというところで、それも納得しました。この崩積土と壺瓶山の安山岩が同じ色になっているんですが、崩積土自体はどの部分ぐらいになるのか、ちょっと教えていただければと思います。

○和田管理技術者

すみません。御指摘のとおり、本来であれば、厳密に言えば安山岩のいわゆる本体、溶岩の本体と崩積土砂というのは分けるべきでございますが、時代的に、先ほど説明させて

いただきました、この一番下の未区分火砕岩類の直上にあつて、時代としてはほぼ同時期といえますか、恐らく壺瓶山安山岩の噴出がありながら、横方向にもぐっと広がっていつて、崩れながらみたいな、あるいは、もうそれから時代的には本当にごく僅かな時代間隙しかない時代にあつて、このほかの全てのイベント、この安山岩質火砕岩とか第3帯水層とか第2帯水層を形成した地質の形成がもっと後の時代でございますので、ちょっとここは便宜上、一括して示させていただいた次第です。場所的にどこかというお話ですと、この辺りから、本当にもう表面のところぐらいで、本当はもっと大きな崩積土砂あるいは溶岩、壺瓶山安山岩の溶岩が壺瓶山の山体の周りに広く多く分布していた可能性が高いと思います。それを、昔はもっとここが低くて、海とかあるいはそれに近い地形のところ、壺瓶山が実は島のように独立峰としてそそり立っていたところに水流で削られて削られて僅かに削り残された地層がこうやって残っていたというのがこのNo. 3で見つかった壺瓶山安山岩の崩積土と考えられます。だから、壺瓶山安山岩の崩積土は、昔はもっと本当は厚かったと思うんですね。それが削られて、削られた表面が今のこの、ちょうどこの状態になったときに、恐らくこの鍋山や高井谷溶岩を形成した安山岩質火砕岩の火山活動が始まって、下面はこういうふうに、元の地形どおりにいろいろ不陸、地形的な凹凸があるんですね。要するに深いところもあれば浅いところあると。ところが安山岩質火砕岩の上面というのは非常に平らといえますか、僅かな傾斜で大山山頂の方に向かって高くなっています。非常にフラットなんです。だから、これが堆積した直後、まるで平原みたいになったといえますか、今のなだらかな斜面のような形になったと考えています。だから、どっちかといつてこの未区分火砕岩類の上面形状は、削られた後の形をしていますので、もともこんな形に分布したわけではなくて、削られてこうなったというのが本当のところかなといつて思っています。ですので、ちょうどその崩積土の境界といつてのは、少なくともこのNo. 12のところでは崩積土でしたが、砂防のボーリングとかで壺瓶山斜面のところを掘っていきますと、ちゃんと溶岩の本体に当たっていますので、本当にごくこの一番縁の僅か、この辺りぐらいに取り残されたものを今、我々は見ているのであろうといつてお考えしております。

○杉田委員

よく分かりました。ありがとうございました。

○嶋田会長

ありがとうございました。

それでは、次の議題に移りたいと思います。2番目の議題は、地下水シミュレーションの解析結果についてということで、説明をよろしくお願いします。

○和田管理技術者

それでは、説明者交代させていただきます。

○小林グループリーダー

それでは、資料2について、地圏環境テクノロジーの小林から説明させていただきます。よろしくお願いします。

まず、解析モデル及び検証データの更新というところです。3ページ目にこれまでの成果と課題を示しております。第8回調査会までの結果としまして、定常・非定常の水循環解析及び物質移行解析によるモデルの検証・再現性向上を実施してきました。第8回調査会における最終モデルは2021年末までの観測データとよく整合し、その最終モデルからは計画地の地下水は福井水源地に流れていないことを確認しました。また三輪山の清水については、計画地の地下水が付近を流れる可能性はあるが、地層が複雑で湧出構造も不明であるため影響が判断できないとの結論になりました。こういった経緯から、課題解消のため三輪山の清水近傍で追加ボーリング調査を実施したというところになります。

資料の1のほうで説明がありましたが、新たに得られたデータとしまして、三輪山の清水周辺の地質構造データ及び新たに設置したNo. 12孔の地下水観測データがあります。今回、これらの地質総合解析の結果を三次元モデルに反映し、新たに得られた地下水位観測データとの比較により、モデルの検証・再現性確認を実施したというところになります。

4ページ目のこちらは第8回モデルの解析結果のリマインドになります。先ほど話していたように、上の①、②について第8回モデルで第2帯水層、第3帯水層の特徴を再現できたというところで、下の③の流線のほうで計画地付近からの第2、第3帯水層の流れの一部が三輪山の清水付近に到達する可能性を確認したというものでした。

5ページ目のこちらは、そういった経緯を受けて追加ボーリング調査を行ったというところで、これはNo. 12の位置図になります。

6ページ目は、これによってNo. 12地点では、溝口凝灰角礫岩から安山岩質火砕岩までいずれも確認できず、壺瓶山の下部には主たる帯水層は存在せず、未区分火砕岩類が分布しているということを確認したというところになります。

新たにNo. 12孔の観測水位を得たことで、第2、第3地下水位コンター図も更新されました。このNo. 12孔の水位と7ページ目のように第2、第3帯水層の水位の関係

というものの再現状況は、地下水の流向に大きく影響を与えているものと考えられます。そして、この第2、第3帯水層との関係、特に第2帯水層について、No. 12孔の水位が、下流のNo. 8及び上流側にあるNo. 7の水位よりも高い状況というのを今回確認しました。ここのNo. 12のところの8.05mというのが、こちらのやや上流側のNo. 7よりも高いような状況を確認したということになります。

というわけで、解析モデル及び検証データの更新のまとめを8ページ目に記しております。追加調査で確認された地質モデルの見直し項目としまして、No. 12地点では、溝口凝灰角礫岩から安山岩質火砕岩、いずれも確認できず、壺瓶山の下部には主たる帯水層は存在しないということが確認されたということになります。第8回モデルから地質モデルを更新することにより、第2、第3帯水層の流動が変わると想定されることから、再現性の検証が改めて必要ということになります。

この再現性確認のポイントにつきまして、No. 12孔の観測水位と第2、第3帯水層水位の関係の再現状況は地下水流向に影響するだろうというところで、特にNo. 12孔の観測水位は上流と想定したNo. 7の第2帯水層の水位よりも高いというところで、No. 12孔の水位がNo. 7の第2帯水層の水位よりも高くなるような状況が再現できるかの検証が必要となってきます。こういった再現性の更新によりまして、第8回モデルから地質モデルの更新によって、第2、第3帯水層の流動が変わることが想定されまして、三輪山の清水付近の流れも第8回モデルで想定したものと変わる可能性が出てきたというところになります。

続きまして、9ページ目から現況再現解析の内容について報告させていただきます。

まず、地質更新後のモデルに第8回モデルの物性値を適用し、第2帯水層及び第3帯水層の再現性の確認を行いました。これをRUN1というふうに呼んでおります。地質モデルの、先ほど話しておりました地質総合解析の見直しを反映してシミュレーションモデルを更新しております。大きな変更としまして、壺瓶山安山岩、古期塩川埋積堆積物を新たに区分しております。

12ページ目、左側は第8回モデル、右側が更新後のモデルとなりますが、こちらのよう壺瓶山安山岩を新たに区分しております。

こちらは代表的な断面で、先ほどののは三次元でしたけども、断面図で示したのが13ページ目で、古期塩川埋積堆積物、壺瓶山安山岩が新たに区分され、未区分火砕岩類や壺瓶山安山岩の分布見直しがされているということになります。

この新たに加わりました古期塩川埋積堆積物及び壺瓶山安山岩につきましては、いずれも基本的に難透水層と評価されているところから、14ページ目、15ページ目に示すように無斑晶安山岩相当の物性値をRUN1では与えております。その他の地質の物性値につきましては、第8回モデルを基本的に踏襲した形となります。

16ページ目に、第3帯水層の地下水位の再現性を示しております。こちら、RUN1の解析の結果で、青が計算の地下水、オレンジ色が観測から推定された第3帯水層の地下水位を示しております。こちらの課題としまして、今、赤丸で示しております範囲、全体的に計算水位が観測水位より高いんですけども、特にこの赤丸で示した範囲、淀江平野部側の観測点で水位が高くなっているような状況が確認されます。この原因としまして、壺瓶山下部に安山岩質火砕岩が分布しなくなったことにより、下流への流動が阻害されたことが考えられます。

また、RUN1の第2帯水層の地下水位の再現性を17ページ目に示しております。こちらは第8回モデルと同様に、壺瓶山南部で水位が高まる尾根形状を再現できているような状況は確認できました。ただ、今回新たに追加されたNo. 12について、観測ではNo. 12の水位がNo. 7の水位よりも高い状況、観測がNo. 12が7.91mに対して、No. 7が7.5mという状況に対して、計算では逆にNo. 7のほうが高い状況が見られております。また、この赤枠で示した下流側の地点は、いずれも観測水位より計算水位が低い傾向が見られます。これに関しまして推測される要因としましては、下に3つ書いておまして、この要因について、それぞれこの後確認していく形になります。詳細については後ほどのフェーズで示させていただきます。

というわけで、RUN1の結果、第2帯水層、第3帯水層の再現性について、18ページ目のとおり課題が明らかになりましたので、その課題について検討して、モデルの再現性向上を図っていくということになります。

確認した課題について、20ページ目に示しております。課題1、第3帯水層について、全体的に計算水位が観測水位よりも高く、特に淀江平野部の観測地点での水位差が大きいというもの。課題2、第2帯水層について、観測水位と異なり計算水位ではNo. 12の水位がNo. 7よりも低いという状況。課題3、No. 7よりも下流側では、観測水位よりも計算水位が低い傾向が強いといったところがございます。これらについてそれぞれ順次対応していったということになります。

21ページ目、まず、課題1について対応したものとなります。課題1に対しての対応

ですが、安山岩質火砕岩の透水性の局所性を見直しております。左側がRUN 1の設定になります。こちらは第8回モデルを踏襲しているRUN 1の設定になるんですけども、安山岩質火砕岩の透水性にエリア①'から④'の4つのエリアを設定しております。この中で、水位の上昇が大きい平野部側については、計画地周辺を含むエリア③'として一括した設定を行ってございました。ここから、淀江平野部側の水位が高いということで、それを下げる狙いで透水性の高いエリア⑤'をこの淀江平野の範囲に設定したということになります。

22ページ目がRUN 2の結果を示しております。左側は先ほどお見せした設定変更前のRUN 1、右側が設定変更後のRUN 2になります。右側のRUN 2になりますと、10mのラインを見ていただくと、この観測の10mのラインと計算10mのラインが非常に近いところに来たということで、淀江平野部側の水位が低下したことで再現性の改善が見られております。

続きまして、課題の2、No. 12の水位がNo. 7の第2帯水層の水位より低いものについての検討となります。こちらは2つの方法で対応を行っております。1つ目が、RUN 3と書いております古期塩川埋積堆積物の高透水部の設定となります。No. 12が低い理由として、古期塩川埋積堆積物は地質総合解析から一部に隙間があり、上下層よりもやや透水的であることが示されておりますが、RUN 1では全体的に難透水の物性値を与えております。そこで、地層全体としては難透水としつつ、部分的に透水性を上げることで、No. 12に水が供給される構造が出るのではないかというものを検討したということになります。

具体的な方法を24ページ目に書いておりますが、古期塩川埋積堆積物の隙間から第2帯水層の地下水が流入する構造として、透水性に異方性を設定しております。これは鉛直方向については難透水、水平方向については透水的な値を与えるというもので、これにより水平方向の流動を促進し、No. 12に第2帯水層の地下水が流入するような構造を設定したというものになります。

また、もう一つの対応としまして、25ページ目、壺瓶山安山岩崩積土に高透水部を設定するというものになります。こちらは、No. 12近傍の地下水が第3帯水層のほうが水位が高いというものを先ほど資料1で説明させていただいたんですけども、そういう状況であり、かつ第3帯水層からの寄与が三輪山の清水の水質的に大きいというものを示しましたが、現在のモデル上、第3帯水層から水が来るような水みちが存在しておりませ

ん。そこで、透水性のある経路を設定することで、第3帯水層の地下水が供給される構造を検討したというものがこのRUN 4になります。具体的なものとしまして、26ページ目以降に示す通り第3帯水層、安山岩質火砕岩は、モデル上は難透水の火山灰質固結粘土層によりキャップ、遮水されている状況になっていますけども、壺瓶山安山岩の崩積土について、透水性の高いゾーンが存在し、第3帯水層の水が供給されるような構造が考えられますので、それをモデルに設定したというところになります。

ということで、27ページ目、RUN 3、RUN 4の2つの対応を行ったというところで、RUN 3は古期塩川埋積堆積物の透水係数に異方性を設定して、第2帯水層からの地下水の流れを促すもの、RUN 4につきまちは、壺瓶山安山岩から未区分火砕岩の一部のところに高透水の崩積土ゾーンを設定することで、第3帯水層から水を供給する形を検討したと、この2つの方法になります。

このRUN 3、4を合わせた結果を28ページに示しております。RUN 1の結果と異なり、No. 12の水位が計算で6.91m、No. 7のほうが6.59mと、No. 12の水位のほうが高い傾向が観測と同様に再現される形となりました。

29ページ目、ここまでのRUN 1からRUN 4によって、課題の1番目と2番目については解決しました。しかしながら、No. 7より下流側で全体的に水位が低い状況であるという課題3についてはいまだ未解決となっております。これについて、火山灰質砂礫層、日野川系の透水性を見直したRUN 5を行ったというところになります。

30ページ目に、課題3に対する対応としてRUN 5、火山灰質砂礫層（日野川系）の透水性を検討したというものを示しております。この検討では、火山灰質砂礫層（日野川系）の透水性を全体的に下げること、この日野川系の分布図周辺の観測地点の水位を上げて改善することを狙ったというものになります。ただし、単純に変える、火山灰質砂礫層（日野川系）の透水性を全体的に下げてしまいますと、特に近傍のNo. 7に影響が大きく出てしまうことが考えられましたので、局所的にこの赤色で設定した部分について高透水を設定することで、先端部の水位差を小さく抑えるようなことを狙っております。

RUN 5の結果を31ページ目に示しております。こちら、下流側の地点、赤枠で示した4つのところですが、いずれも観測と非常に近い値が出ている、観測データの値が非常に近い整合を得られたという状況になります。

ということで、この課題1、2、3全てに対応しましたRUN 5を本調査会における最終モデルとすることといたしました。

最終モデルについて、地下水位及び湧出量の再現性を示しております。全体的な地下水位及び湧出量については、最終モデルが第8回モデルと同様の再現性を得ております。

非定常解析における地下水位の変動についても確認しております。33ページ目から35ページ目に、それぞれ第1帯水層、第2帯水層、第3帯水層の結果を示しておりますが、全体的な水位変動がいずれも整合したというところになります。非定常解析による河川流量変動の確認を36ページ目に示しておりますが、こちらも第8回モデルと同様の再現性を得ております。

37ページ目に、物質移行解析によるCFC-12濃度の再現性の結果を示しております。こちら、最終モデルにおいて、第8回モデルと同様に、深度による濃度の違いを再現することができております。細かく安山岩質火砕岩の局所性を検討していくことで、さらにこの再現性を改善していくことはできるかと思いますが、定性的にはこの濃度の差を、第8回モデルと同様に深度による濃度の差を生じるような構造を再現できているということで、再現性があるというふうに判断いたしました。

また、38ページ目に $\delta^{18}\text{O}$ の再現性を示しておりますが、こちらも第8回モデルと同様、全体的に観測との大小関係の整合を得ているという状況になります。

39ページ目には、地下の温度の再現性を示しておりますが、こちらも各観測井の地下温度プロファイルについて再現性を得ております。

以上の現況再現解析結果のまとめについて、40ページ目にまとめております。更新した地質モデルに第8回モデルの物性を反映したRUN1で再現性の課題を確認しました。以下のとおり、課題に対応したモデルを見直しまして、観測とよく整合する最終モデルを作成しました。

見直し内容としては、安山岩質火砕岩の透水性の局所性を見直すことで、第3帯水層の観測水位の再現性を得ました。古期塩川埋積堆積物の透水性に異方性を設定、及び壺瓶山安山岩崩積土に高透水の水みちを設定することで、No. 12の水位がNo. 7の第2帯水層の水位より高くなる関係を再現しました。また、火山灰質砂礫層（日野川系）の透水性及び局所性の更新により、下流側の第2帯水層の水位が観測と整合しました。

最終モデルについては、その他の水循環解析及び物質循環解析の観測情報についても再現性を得ることができました。

ここから、41ページ目以降で地表水・地下水の影響検討について、説明さしあげます。

ここままで再現性を得た最終モデルを用いて、地表水・地下水の影響検討を実施しまし

た。

ここで行ったこととしては、42ページ目、以下の2つの図を基に、計画地近傍の詳細検討領域を中心とした大局的な地下水流動状況の把握、及び計画地に近い福井水源及び三輪山の清水への地下水流動経路の把握を行いました。用いた図の1つ目は流線です。流線というのは地表面直下に粒子（水）を配置した粒子追跡解析の結果を示しまして、これによって、解析領域内でどのように地下水が流れていくかを把握するというものです。もう一つは、計画地周辺の水収支で、計画地周辺の各帯水層における地下水の流入出を把握するというものになります。

43ページ目に流線、地表面直下からの流れを示しております。こちら、今申し上げたとおり、粒子（水）を配置してどこに流れていくかというのを平面的に示した図でして、地下水について通過する帯水層ごとに右上の凡例に異なる色で示しております。こちらの解析結果から分かることとしましては、第8回調査会と同様の結論を得ておりまして、地域全体の地下水の流れとしては孝霊山・鍋山付近から西方面に第3帯水層、緑色で示しておりますが、この第3帯水層を経由し、計画地や福井水源地へ向かう地下水の流れというものが主要というふうに考えられます。こういった流れとなります。

これを拡大したものが44ページ目になります。計画地付近を流れる地下水に着目しますと、第2帯水層、第3帯水層から北西に向かっていく流れとなりまして、これは福井水源には向かっていかないというところも、第8回調査会と同様の結論となります。

これをさらに拡大した図を45ページ目に示しているんですけども、三輪山の清水につきましては、計画地よりも東側を流れる第2・第3帯水層の流れが向かっているような状況が見られております。ここで、資料1の水質分析の結果も踏まえますと、両者のうち第3帯水層からの流れが三輪山の清水の主な供給源と推測されるというところになります。こちらについても福井水源地と同様、計画地付近の地下水の流れは向かわないというふうに解析からは考えられるということになります。

46ページ目に計画地周辺の水収支の結果を示しております。計画地周辺、右上の図の黒点線で示した範囲について、帯水層の流動の大小や鉛直方向の移動の大小を表したものとなります。こちら、第8回調査会で示したのものからより細かな情報を得るために、難透水層を区分して表示しておりまして、第1帯水層、第2帯水層の間の溝口凝灰角礫岩。第2帯水層と第3帯水層の間の火山灰質固結粘土層を区別して表示する形に更新しております。

ここで解析結果から分かることとしましては、計画地周辺では、各帯水層がこの2つの難透水層によって遮水されているということがまず分かります。こちら見ていただきますと、帯水層では水平方向、赤で示した流動量が卓越しまして、鉛直方向のやり取りというのは水平方向の流動に比べると少ないということが分かるかと思えます。この難透水層につきましては水平方向の流動というのはほぼ見られずに、鉛直方向も僅かにしか動いていないような状況というのがこの水収支の図から分かるということになります。

ということで、地表水・地下水影響のまとめを47ページ目に示しております。解析結果から確認されたこととしましては、以下の3点となります。

1つ目は、三輪山の清水へは第2・第3帯水層を経由した流れが見られており、水質分析の結果を踏まえますと、その起源は第3帯水層を経由する流れが大半を占めているというふうに考えられます。

2つ目として、三次元シミュレーション解析で示された流線図では、計画地から涵養された地下水は、第1、第2、第3帯水層とも福井水源地及び三輪山の清水には向かわないということになります。

最後に、解析範囲の地下水は水平方向の流動が卓越し、鉛直方向のやり取りは少ないということが分かりました。以上となります。

○嶋田会長

ありがとうございます。No. 12の井戸の情報が追加されたことによって、モデルのその部分の再現性を高めるためのチューニングの作業を行って、ほぼ観測値とマッチするような結果が得られたので、それを基に地表水との関係性を踏まえた周辺の湧水等の関係、この地域の地下水の流れですね、その実態に関してシミュレーション結果をお示しいただいたということだと思えますが、どなたからでも結構ですので、質問、コメント、よろしくをお願いします。

小玉委員。

○小玉委員

ありがとうございました。確認をさせていただきたいんですが、22ページの図で、淀江平野のほうの、16ページと22ページの比較になるんですかね、淀江平野のほうはシミュレーションで地下水位が高過ぎたので、そこに透水性のいい地層に置き換えて22ページの結果になったということですが、22ページで見ても、16ページで見ても、一部は逆に計算のほう水位が低いところが、特に天の真名井とかそちらの方向から出てくる

ような水に関してはそのような結果が見えますので、全体の透水性を1個上げましたよね。

(「はい」と呼ぶ者あり) それを部分的に上げるのも手だったのかなという気が、これを見ていたらしましたけども、いかがだったでしょうか。

○小林グループリーダー

御指摘についてですけども、こちらの資料が分かりやすいですかね、今回の検討は平野部側として、下流をエリアごとで一括で上げております。御指摘いただいたように、No. 2ですかね、ここの地点については計算のほうがやや低い方向に、多分3、4mくらいですかね、多分低い形になったかなと思うんですけども、この辺りをさらに細かく分けることによって、そこまで下がらない形にはなったかと思えます。これは実はこの後のスライドの37ページのCFC-12の濃度の再現性にも絡んでいるところではありまして、こちら第8回モデルよりも濃度差は小さくはなっているという状況です。これはエリア⑤として透水性を上げた範囲に入っていますので、より速く水が流れてくる、それによって地表起源で与えているCFCの濃度がより速く来て上がったような状況にはなっているというところで、このグラフが同じくNo. 2の地点の観測値を使っているものになりますので、No. 2のエリアをさらに限定して透水性を下げる、あるいは元に戻すでもいいのかもしれないですけど、することによって両者とも再現性の改善は狙えるものとは考えます。ただし、ここをピンポイントでまた下げることでそういった再現性の改善は狙えるところではあるんですけども、先ほどのCFCのほうで濃度差が出るような上下の帯水層の関係を示すような構造は入っていること、このピンポイントの透水性を若干変えて水位を変えることによって、そういう全体的な影響は小さいだろうというところで、そこまで細かな再現は今回しなくても、大局的に十分な再現は得られているというふうに考えているところです。

○小玉委員

了解しました。

○嶋田会長

ほかの委員の方、いかがですか。

勝見委員、どうぞ。

○勝見委員

解析のほうもありがとうございます。非常に広い範囲で、それから複雑な構造の中で解析結果を得られているということで、先ほどの前半の御説明との関連もよく分かったとい

う具合に思っているんですけども、最後の46ページを見せていただくと、第2帯水層、第3帯水層、非常に特徴が違くと、特性が違ふということ、第2帯水層、帯水層とはいいながら、第1、第3に比べると流入量も流出量も非常に少ないと。この比率も第3と比べると、何倍ですか、50倍ぐらい違ふということなんですかね。先ほどのヘキサダイアグラムで第2、第3の割合を見られたときは、3:7とか、1:9とか、そんな割合だったと思うので、先ほどの前半の御説明をお聞きしていると、壺瓶山安山岩の崩積土の層に水みちがあって、そこで第3帯水層の水が供給されているんだと、それはそれで間違いではないという具合に思っておりますけれども、第3がよく続いていると、第2はあんまり来ないよということよりも、第2はもともと水が少なくって、第3が非常に多くって、それが非常にこの全体の地下水を特徴づけている、それは第3には上流側に大きな涵養源があって、非常に豊かな地下水を育て、それが三輪山の清水のところでぐっと出てきている、そんなふうな解釈をしたんですけども、それはあまり間違っていないかどうかということをお聞きしたいなと思いました。

○和田管理技術者

ありがとうございます。建設技術研究所の和田でございます。まさに勝見先生から御指摘いただいたとおりでございます、私どもの印象も、実はここに示している図面がもう本当に端的に示しているのですが、先生からの御指摘のとおり、第2帯水層というのは基本的には一応帯水層としては区分してはいますけれども、水の運ぶ量も速度も非常に第3帯水層に比べて圧倒的に小さいものであるというふうな考えております。ですので現場でも、先ほど三輪山の清水のところでもお話しさせていただきましたが、あの直径5cmの小さな三輪山の清水のボーリング孔からあれだけの地下水がこんこんと湧き出すさまというのは、我々の印象から見ても第2帯水層での状況というよりは、むしろ第3帯水層のポテンシャル、あれだけの大帯水層で水がものすごい速度で、深いところでですね、先ほどの流速のほうで考えてもものすごい速いスピードで流れている、しかも帯水層の厚みもものすごく厚い、しかも間隙率がものすごく大きくて、透水係数もものすごく大きい、地下水の水位も、特にこの三輪山の清水の辺りでは高いわけですね。普通に考えると第3帯水層の力が圧倒的であり、同じような水質でもありますので、割合ですとそういうふうに見えてしまうかも知れませんが、もう実質的にはほとんど第2帯水層というのは関与していても僅かであって、ほとんど、先ほどの水位の変動が第3帯水層とリンクしている、全く一緒の動きしているということから考えても、もうほとんど第3帯水層からは供給されてい

るとみなして間違いないと考えています。ところが、なかなかそう言い切るというのは非常に難しく、水質というのも第3帯水層の中でも場所によって水質の形が若干違いますので、どれと比べるかにもよるのですが、たまたま今回、割合でいくと先ほど計算では7割から9割ちょっとというふうな話でした。でも、私の個人的な感覚っていいですか、今のその水位のポテンシャルから考えても、ほぼほぼ第3帯水層から供給されていて、だから、地下水位の変動も第3帯水層とリンクしていて、湧水量もあれだけ大きい、圧力もあれだけある。三輪山の清水のところの標高はすごく高くて、今回No. 12のところはもっと高いところですよ。その直近傍のNo. 7のところの第2帯水層の水位ってもっと低いわけですね、地上よりは高いですけども、No. 12のところと比べたらものすごく低いところにあると。ですから、第2帯水層のポテンシャルというのは非常に低くて、地下水の供給量も小さくて。だから、三輪山の清水というのはほぼほぼ第3帯水層の水が湧き出しているのを我々は見ているという先生のお見立てと私どもの意見とは全く一緒でございます。ありがとうございます。

○勝見委員

今日の前半の御説明で、崩積土の層の解釈ということで、だいぶ水理構造の見直しをしていただいたというところなんですけども、それは第3帯水層の水を上を持ってくるためにように誤解されがちですけど、そうではなくって、第2帯水層も第3帯水層も両方とも上に持ってこれるように構造を変更した、更新したんだけども、結果的にこれだけ涵養量が違うので、第3が卓越して上に上がってきたと、そんな見方でよろしいんですかね。

○和田管理技術者

おっしゃるとおりでございます。ありがとうございます。

○嶋田会長

ほか、いかがでしょうか。

杉田委員、どうぞ。

○杉田委員

すみません、杉田です。まず、今、同じ崩積土のことで、27ページの左下の図が随分かくかくしているのが気になるんですけれども、モデル上も本当にこんなにかくかくしているんですか。

○小林グループリーダー

そうですね、これはモデル上こういった形で、崩積土が滑り落ちてきている部分という

のがこう入っているというところを区分して、茶色になっている形ですね。

○杉田委員

それは、スケマティックというか、ダイヤグラムではなくて、本当にこういう形が入っていますか。

○小林グループリーダー

解析モデルの断面図です。こちらに示しているのが地質モデルじゃなくて、解析に用いているモデルのほうでは、実際にこういうふうに与えていますというのを示しているものですね。

○杉田委員

何かつながっているのかつながってないんだかよく分かんないようで、これはつながっているんですね。

○小林グループリーダー

そうですね、つなげた形で、ちゃんと第3、第2帯水層から古期塩川埋積堆積物に上がってくる構造として、連続性を持たせたものを入れているという形です。

○杉田委員

分かりました。ありがとうございます。

それから、すみません。前にも伺った気がするんですけども、30ページの高透水部を入れて、別に入れることは、それで合ってくるのでよいと思うんですけども、何か根拠がありましたっけ。

○小林グループリーダー

こちら根拠としては、観測の水位差が、こちらより前のがいいですかね、こちらについては、観測の水位差ですね、この方向、No. 7からNo. 8に向かっていく方向を見たときに、No. 7とNo. 10の水位差が観測では7.5mと7.07mと約43センチですね、一方で、No. 10からNo. 8に行くと、いきなり5mと2m以上差がついてくるというところで、この同じ第2帯水層を見ている中で、この距離としても、No. 7から10、No. 10から8と同じ程度にもかかわらず、水位差にかなり差がある状況でございます。

○和田管理技術者

すみません、和田でございます。もう一つは、地質学的な観点から申しますと、このNo. 8で捉えている、日野川系の堆積物ですね、火山灰質砂礫層。これは、もともと今の

日野川の流域であります米子平野にたまっているいわゆる砂礫層と一緒にございますので、しばしばそこも、米子市さんの水道水源に使われている地層と一緒に地層でございますので、基本的には高透水性な地層というふうな評価をしております。そこで透水試験とかやったときに、たまたまちょっと低い層をつかまえてはいるんですけども、全体の層相から見ても物すごく大きな砂礫層で、マトリックスの締まりの非常に緩い、どっちかという粗粒な堆積物を主体とする堆積物でございますので、もしそこが塩川の、もしと申しますか、今回の見立てでは塩川が谷で削っているのは間違いないということは調査で分かってきていましたので、そういう堆積物ですと、恐らく高透水性であるというふうな評価を与えても、地質学的には整合する話であるというふうに考えてございます。

○杉田委員

ありがとうございました。地質学的にも、それから、水位差からということで、よく理解しました。ありがとうございました。

○嶋田会長

ほか、よろしいですか。

伊藤委員、どうぞ。

○伊藤委員

御説明ありがとうございます。ファクトデータに基づくきちっとした解析がなされているので、かなり信頼性が高いのかなと思いつつ拝聴しておりました。

細かい点なんですけれども、まず、確認ですけれども、地層の区分で、先ほど資料1で御説明いただいた木材市場火砕流堆積物の再堆積物と、その下位にある旧塩川の谷埋積物、この2つと、その一番上の崩積土をまとめて、例えば24ページでは、古期塩川埋積堆積物と呼んでいるという理解でよろしいですか。

○小林グループリーダー

そのとおりです。解析上は、この3つの地質をまとめて古期塩川埋積堆積物として扱っております。

○伊藤委員

そうですね。23ページの課題2に対して、RUN3の対応として、古期塩川埋積堆積物の高透水性部の設定ということで、部分的に透水性を上げるという操作をしていただいているんですけども、先ほど資料1の御説明では、ボーリングコアの状況、あるいは掘削時の水位の状況などから、一括されている古期塩川埋積堆積物のうち、特に茶色の色で

示してある旧塩川の谷埋積物が高透水ではないかという御説明だったかと思うんですけども、部分的に透水性を上げるなど、モデルに反映されているのでしょうか。

○小林グループリーダー

モデルとしてこの3つのものを分けている形ではなく、1つにしている形です。その中で、一部で上下の層よりも透水性が高いというものがあるというところで、それがこの中の一番下の部分だけという、ボーリングではなっていますが、このボーリング地点以外のところも含めて、全体的に、どこかでそういった層があるだろうというところで、鉛直方向には、まとめた中で流量は弱いものであるとしつつ、横からは入ってくるというところはあるだろうというところで、特にこの3つの一番下だけの部分というふうに今回分けてはいないんですけども、この古期塩川埋積堆積物としてまとめたものの特徴をそのように解釈したというところになります。

○伊藤委員

それでも実データとは整合的だったというところですよ。

○小林グループリーダー

そういうことになります。

○伊藤委員

分かりました。ありがとうございます。

○嶋田会長

よろしいですかね。

ちょっと、じゃあ、私から1点だけ質問したいんですが、流線図とか水収支というの、これ、三次元のモデルをやらないとつukれない情報だろうと思うんですが、そういう意味では極めて重要な情報が出てきていると思うんですが、流線図の考え方なんですけども、例えば45ページの流線図というのがありますけども、これは第1、第2、第3って書いてありますけども、第2帯水層とか第3帯水層とかいう定義は、それぞれ固結の粘土層とか、あるいは溝口凝灰角礫岩の不透水部とか、そういうのが設定されているエリアに関してはそういう定義はいいと思うんですが、例えば今回の三輪山の周りとか、あるいは前回はそうだったと思いますけど、日野川の堆積物があるようなところは、そういう意味では、第2とか第3というのを厳密には定義の上ではつながらないと思うんですが、たしか前回はその部分に、第2、第3の帯水層相当の深度の水がつながるといふふうにしたときにこういうふうに流れますというような図にしたと思うんですが、今回も、例えば三輪山の

周りは第2、第3を分けている固結の粘土層がないわけですが、そういう意味では、それに相当する深度の部分の流れを描いたというふうに理解すればよろしいんですかね。

○小林グループリーダー

そうですね、おっしゃるように、ここまで安山岩質火砕岩を第3帯水層って言ったり、第2帯水層もその特定の地質で言っていましたけども、ここでは対応する深度の地質を通過するものというところで、第1、第2、第3帯水層という色分けを便宜上しているというところになります。

○嶋田会長

分かりました。ありがとうございます。

それから、46ページの水収支図に関しても、今回は、先ほどの御説明で、難透水層の入口と出口ですか、上端と下端の両方でフラックス計算をされたということですが、それはどういう位置づけでやられたか、ちょっと理解できなかったんですが。

○小林グループリーダー

これは単純に、前回、第8回調査会では、第1帯水層の中の一部に溝口凝灰角礫岩、第2帯水層の一部に火山灰質固結粘土層を入れた形で、第1、第2、第3帯水層だけで図を作成したものを提示させていただきました。ただ、それですと直接、第1と第2がつながっているように伝わってしまうのかなと思ひまして、間にこういった遮水層があり、それを介して帯水層間で移動していくということを分かりやすくするために、今回、間に難透水層2つを入れたという形になります。直接、結局この図から言えることは、こちらで示しましたけども、帯水層の中の流れに対して、この難透水層を介しての鉛直方向の流動というものが非常に小さいというのが明らかになったかなというところを考えていると。一応、難透水層の中はほとんど流動がないという側方についても、それについてはほとんど動いてないようなものが明らかに、分けたことも明らかになったかと思ひます。

○嶋田会長

その難透水層の側方流というのは今回初めて出てきたんですね。

○小林グループリーダー

この前は、溝口については第1と一緒にしている形になりましたので、この図でいうと、この流入側でいうと2、548足す1で入っていったような形ですね、前の図の描き方ですと。

○嶋田会長

分かりました。より厳密に計算をされたということですね。

○小林グループリーダー

はい。

○嶋田会長

結構です。ありがとうございました。

よろしいですかね。

じゃあ、ここまでで、今回追加したシミュレーションを踏まえた解析結果の説明がありました。

続いて、本日最後の議題なんですけど、議題3のこれまでの調査・解析結果のまとめについて、事務局より説明をお願いします。

○和田管理技術者

説明者、また建設技術研究所、和田に代わります。ちょっと今から共有いたしますので、少々お待ちください。

資料3について説明させていただきます。資料3と申しますのは、これまで第1回から今回、第9回までの調査結果を全てまとめまして、1つの資料として取りまとめたものがございます。最後に、今回の一番の懸案と申しますか、調査の目的でございました福井水源地への地下水の水の流れと、それと三輪山の清水への地下水の流れということに対して、個別にこれまでのデータからどう評価できるかということについて取りまとめたものがございます。非常に分量が多い資料になってございまして、120ページからございまして、もう前半の部分はこれまでの調査会で説明させていただきましたので、省かせていただきます。簡単にちょっと見ていきます。

最初に、これまでの調査会の流れというものを書かせていただいております。5ページ以降、どういう範囲で調査をしたのか、どこでボーリング調査した、今回ボーリング調査は7ページに示すとおり12地点で新しくボーリング調査を行ったということで、地下水の観測井戸は1か所に3ないし4本まで、最大4本の観測井戸を、そこに存在する各帯水層ごとに井戸をつけまして、47本ですね、河川の流量観測を3地点というような形で調査を行ったと。代表的な地質とボーリングのコアの状況については、8ページのようにこういうコアの状況ですよということで、地表露頭とかでは風化とかして、地層の本当の在り方というのがなかなか分からないんですが、こうやってボーリング調査をさせていただきますと、きれいな地質コアとして取りましますので、その地層が透水的なのか難透水的

なのか、あるいはどういう構成物でできているのかということが正確に分かってきたというところがございます。今回一番大きく変わったのは、9ページ、左側の既存の文献調査の、文献で示されているこちらの地層の、古い・新しい順番、あるいは地質時代、こういうものを今回の新たな知見に基づいて見直しまして、右側のような、特に赤枠で囲ったところ、本調査で追加した新しい地層が出てきたというところで、今回こういう地層の見直しというものを行ったというところがございます。その見直しの根拠といたしましては、このようにボーリング調査だけではなくて、広い範囲で地表の地質踏査を行いまして、今、図面の10ページに出ていますような地点でそれぞれ地層を確認したと。地層の分類ごとに色分けしていて、これについて一つ一つ、1か所ずつ、カルテのように資料を作りまして、例えばこういう、11ページ、中期扇状地面堆積物、12ページ、中期～古期大山火山噴出物とかですね。13ページ、古期扇状地I面堆積物、14ページ、これ、よく話題になりました溝口凝灰角礫岩、これは第1帯水層と第2帯水層を区分している非常に厚い土石流堆積物を主体とする堆積物なのですが、これが計画地周辺で大きな役割を果たしている。例えば15ページは安山岩質火砕岩、これが第3帯水層を形成している今回の主役に近い地層なのですが、これが広い範囲で分布が確認されて、これが第3帯水層を形成している。そういうのを一つ一つまとめているというところがございます。

調査地の近傍の地質層序に関しましては、21ページの代表的なボーリングの調査地点をつなぎまして、こういうボーリング柱状図の対比図をつくって、ボーリングのどの地層とどの地層がつながるかというのを精査していきました。そういうような形で、その地表踏査の結果とボーリング調査の結果を総合的に解析いたしまして、24ページのこういう広域の地質の、大山の山頂まで含むこの流域全体の解析範囲全体の地質平面図を作成しました。先ほど説明しましたように、その中で何度か見直しを行いまして、この中で一番古いのはこの緑のですね、一番濃い、地表に出ているのは、水理基盤として考えているのは、精進川の南に露出している未区分火砕石岩類、これが一番下位にありまして、その次に古いのは壺瓶山安山岩、その上に孝霊山のデイサイト、孝霊山のところから噴き出したであろう安山岩類ですね、この辺りがその上に来ている、あと、この上に来ている第2帯水層を形成している火山灰質砂層（大山系）は、実は地表には露出してないということが分かりました。こういう地質断面図です。

これは大山山頂、25ページは大山山頂から壺瓶山を通る大きな断面ですね。一番古い地質、最下位には、花崗岩が実は深いところにあるということは既存の文献資料で分かっ

ておりまして、一番下には花崗岩、その上に、先ほどの未区分火砕岩類、その上に安山岩質火砕岩系ですね、高井谷溶岩ができています。すみません、未区分火砕岩の次に出てきたのが壺瓶山の火山ですね。その後、今回の計画地周辺に堆積している溝口凝灰角礫岩堆積したというような地質形成史ということになっております。そういう断面図をずっと掲載させていただいているというところで、これはこれまでに説明させていただきましたので、ちょっと割愛させていただきます。

一番代表的な断面図として、例えば40ページですね、2番の地質断面図で見いただきますと、未区分火砕石岩類の上に安山岩質火砕岩系が載っかりまして、これが第3帯水層を形成していると。その第3帯水層を形成している安山岩質火砕岩の上に固結粘土層があって、これが難透水層で、その上に火山灰質砂層（大山系）、黄色で示したのもですね、これがあって、これが第2帯水層を形成、その上に溝口凝灰角礫岩があって、これがまた難透水層になっているという、その上に第1帯水層を形成している中期から古期大山火山噴出物が堆積しているというところがございます。下流側では、先ほど申しましたように、塩川が削った谷埋め堆積物がこの火山灰質砂礫層（日野川系）、こういうものが堆積している、こういうことが分かったというところがございます。

それらの地層に対しまして、透水試験も行いまして透水係数を測定しました。ただ、45ページに示したように、一つ一つの地層で非常にばらつきが大きくて、なかなかこれを一括で評価するというのは非常に難しいのですけれども、中央値を取って、おおむね46ページの今の赤い線を引いている10のマイナス5乗から6乗あたりを境に、それよりも透水性が低いのを難透水層、それよりも透水性が高いのを透水層というふうな評価をしてございます。

そういう区分の中で、第1、第2、第3の帯水層を区分したのが47ページからのこの図面です。上で重要なのは、繰り返しになりますが、赤で示した安山岩質火砕岩、これが下の図面で見ますと紫色の第3帯水層を形成している。これが先ほども話題になりましたとおり非常に良好な透水層で、この地層から水が本当にこんこんと湧き出します。その理由は、大山の山腹の中腹ぐらいまで第3帯水層を形成する安山岩質火砕岩類の地層がつながっていて、その辺りから広く水を集めているというのが大きな理由でございます。

先ほどお話がありましたとおり、なぜ第2帯水層の火山灰質砂層（大山系）はそれほど水が来ないのか。もともと地層が透水性が比較的低いということに加えて、ちょうどNo.1のすこし上流側、この辺りですね、火山灰質砂層（大山系）の分布が切れるんですね。

要するに水を集める面積が非常に狭い。地層自体の広がり非常に狭い範囲でしかこの帯水層は存在しません。ですので、もともと透水性が低いことと、キャッチメントエリア、いわゆる集水域が非常に狭いということから、それだけの大きな差ができていくことが理由でございます。

49ページで、第3帯水層は、図面の切れた右のほうもずっと広がっているんですけども、火山灰質砂層（大山系）はこの図面の一番右端のこの辺りで、その分布が切れます。要は、ちょうど大体この辺りですね、図面のB断面とかこの辺りで分布が切れますんで、そういう小さいエリアでローカルな地層であるというふうなことで、やはり水の供給量が少ないということが言えるかと思えます。

先ほどお示したように、52ページは第1帯水層の地下水の水位コンター、これは水位観測の結果から素直に引いたものでございまして、これから見ますとやはり地下水の流れというのは、第1帯水層はこの丘の上から谷のほうに向かって流れておりますので、基本的に表面的な流れです。

53ページ、第2帯水層は、先ほどの地下水の流れですね。こういう形で、地形にあまり関係ない流れ方をしています。ただ今回、最後に分かったのは、壺瓶山が難透水で、ここに水の流れを阻む壁があると、水の流れに対して壁があるということで、54ページの第3帯水層も第2帯水層もこの壺瓶山の山体中には行かなくて、壺瓶山を迂回して流れるということが分かってきたということでございます。あと、こういう水文観測で、地下水位観測ですね、各地下水位観測孔に自記水位計を入れて、連続観測を行ったのと、川で流量観測を行ったというデータを利用しております。

60ページからは地下水位の変化を示してございまして、今回No. 12の観測井戸が加わって、No. 12の地下水位連続観測の結果、地下水位の変化は第3帯水層とシンクロしている、同期しているということが分かったということがいえます。

あとは、第3帯水層の地下水位ですね、第3帯水層の地下水位は地下水位変動が、特に福井水源地のほうは毎日ポンプが動いたり止まったり動いたり止まったりしております。その影響というのが、63ページに示すように第3帯水層の水位変化には非常によく伝播するけど、第2帯水層のほうの水位はあまり動いてないということが分かってきて、やはりこの福井水源地の水というのは第3帯水層の地下水を引っ張っているということが明らかだということが分かったというところでございます。

あと、66ページからが水質の分析結果で、水質の分析も、主要項目の4項目から、シ

リカ、あるいは酸素、水素の同位体、トリチウム、それとあと、クロロフルオカーボンという微量物質についても分析をしたというところで、一つは、シリカ、 SiO_2 のほうにつきましては接触時間が長い、これは古い地下水ほど濃度が高いという傾向もありますので、そういう傾向が第3、第2、第1と普通、大体薄くなっていくんですけども、中には第1の帯水層でもシリカの濃度が高いものがあったりしまして、そういうのはやはり下から上に向かう地下水の涵養で、下位の地下水の帯水層の影響を受けているのではないかとということも示唆されました。

あと、特に注目すべきは70ページの硝酸イオンなんですけれども、硝酸イオンはよく人為由来ということで、農業の施肥でありますとか、畜産廃棄物とか、そういうものからも出ることが知られておりますけれども、当然ここは農業地帯ですので、第1帯水層では土地の耕作を行っておりますのでその影響が出ているんですが、第2帯水層も第1帯水層から水が涵養されていてその影響を若干受けているのがあると考えられます。ところが、第3帯水層は地表の農業の影響をほとんど受けてないということが分かっております。今回、三輪山の清水をはじめ、本宮の泉とか天の真名井とかは硝酸イオンの濃度が低い、この第3帯水層の水とほとんど変わらないということが分かりましたので、それらは、やはり地表の農業活動の影響をほとんど受けてない水であるということが今回分かったというところが示されております。

それと、もう一つ、今回分かったのは、ヘキサダイアグラムで示されますイオンの濃度のパターンが、この71ページにお示ししましたように、上流側の本宮の泉で示されたイオンバランスですね、これと下流側のものが非常によく似ている。濃度の差、太さといいますか、横幅が広いものは濃度が高い、細いものは濃度が低いというふうに見ていただいても結構なんですけど、形は相似形なんですけど、よく似ていると。ということは、パターンは一緒です。ですから、当然上流のほうはまだ若い水ですから、接触時間が短くて痩せていると。下流に行けばそれがどんどん太っていくというので、でも同じ形を維持しているということから、この第3帯水層の水とこの各主要な湧水の水というのがほとんどこのパターンが一緒だということで、これらは同じ水源っていいですか、同じ帯水層を通ってきた水を捉えているのではないかとということが結構早い段階でこれ分かったというところでございます。

このモデルを考えますと、今72ページにお示ししているように、結局この第3帯水層の地下水はどこから来ているかというと、本宮の泉よりさらに上流の大山の中腹ぐらいの

山腹面に降った雨が浸透して、一部は途中で本宮の泉のところに湧き出して、本宮川、下流側では宇田川ですけども、これを形成している。それと同じ水質の地下水がずっとこの計画地の周辺の第3帯水層の観測井戸でも見つかっていて、福井水源地も同じ水である。天の真名井も湯口の泉も同じ水質であるということから、この山の中、特に高井谷溶岩の大きな溶岩の丘ですね、昔、山頂にゴルフ場があって、今、ソーラーパネルが置いてあるところですが、その下に同じ安山岩質火砕岩の地層があって、本宮の泉の辺りで地下に潜っている、一部が本宮の泉として途中で湧き出していますけども、その本体はそのまま地下を潜って、下流のほうに流れて行って、計画地のところもそれを通して、福井水源地や三輪山の清水の地下水を涵養していると。この水の流れが一番の大もとだということが分かってきたというところでございます。

その分布を平面的に示しますと、73ページにお示したように、やはり第2帯水層とはちょっと形が違うんですね。ですから、紫色の形したもので、下流側に行くとだんだんそれが混ざってくるので、形がちょっと違ってくるのが若干ありますが、大きく見ると第3帯水層はこの紫色のパターンですね。第2帯水層はこの黄色のパターン、要は、マグネシウムとカルシウムの濃度は、若干マグネシウムのほうが多い紫色のパターンが第3帯水層の代表的な水質でございます。もともと似通った水質なんでなかなか判別は難しいのですけれども、そういうことが言えて、先ほどの72ページの概念図のような地下水の通り道はこういうふうな形ですね。高井谷溶岩の下にある安山岩質火砕岩の中を通過してきて、計画地の周辺では地下60mとか70mとか、非常に深いところまで潜っていて、それをいろんなところで水源としてくみ上げて利用していると。あるいは最終的には湧水として利用しているということが、ここの地域の地下水、あるいは湧水の成り立ちということがだんだん分かってきたというところでございます。

その地下水シミュレーションの結果については先ほど御説明したような結果を74ページからまとめておまして、こういうモデルをつくって、一番最後、RUN5で一番整合性が取れたデータで使った透水係数、こういうものを載せております。先ほどお示しましたように、非常に再現性が高い、この84ページのグラフの45度の直線に近ければ近いほど再現性が高い、整合性が高いというところでございますけれども、観測値と計算値は非常に高い整合性を示したというモデルを最終モデルとしたというところでございます。

先ほどお示したように、この計算結果もこのように各色の水位の再現性も非常に高いものが計算で導き出されたというところから、今回、最終モデルでお示した、例えばこ

の地下水流線図ですね、この流線図というのは高い再現性を示すシミュレーション結果を基に描いた流線図でございますので、それなりの高い信頼性を持っているというふうに考えております。

94ページからのこれがその流線図、先ほどお示ししたものと同じでございます。98ページのこれが先ほどの水収支の図面でございます、先ほど話題になりましたとおり、間に難透水層、第1帯水層と第2帯水層を分ける溝口凝灰角礫岩、それと第2帯水層と第3帯水層を分ける火山灰質固結粘土層、これらが難透水層として存在するというのを分かりやすくするために、あえて表示させていただいております。上からの降雨浸透と横から流入してくる地下水の2つあって、それが下流側で湧き出すものとそのまま側方流動するものというふうな形でお示ししております、これを見ましても、第1帯水層は横から入ってくるもの、あるいは上から浸透してくるものが多いですけども、先ほど申しましたが、丘の上で降った雨が谷底に行って湧き出して川になると、これが一番多いパターンでございます、第1帯水層の中をそのまま流れる割合というのは、もう湧き出す割合よりもごく僅かであって、ましてやこの地下に浸透していく割合というのは、ここに書いておりますとおり、上から浸透するのが $9,323\text{ m}^3/\text{d}$ に対して、下に浸透していくのは $95\text{ m}^3/\text{d}$ ですから、もう桁が2つ違うということですね。片や第2帯水層は横から $130\text{ m}^3/\text{d}$ が入ってきますけど、上からは $95\text{ m}^3/\text{d}$ しか入ってこない。ところが、下流側に出ていくときは $173\text{ m}^3/\text{d}$ 出ていきますが、そのさらに下の第2帯水層から第3帯水層に行くのは $39\text{ m}^3/\text{d}$ しか行かない。片や第3帯水層は横から流入するのが $8,500\text{ m}^3/\text{d}$ 入ってきます。下流側に流出するのが同様に $8,576\text{ m}^3/\text{d}$ ですから、この第3帯水層というのはほとんどが横から入って横に抜けていく地下水であり、上からの浸透というのは僅かしか受けないと、そういうような水収支が分かってきたというところでございます。

その結果について99ページでまとめております。今回の計画地の地下水の流れに対しましては、福井水源地と三輪山の清水との関係ということで、まず、福井水源地のほうは、福井水源地のその地下水の井戸、揚水井戸、これは101ページの図-2に示しますとおり第3帯水層のところから取水しているということが分かっております。これは先ほどもお示ししたとおり、水位変動のグラフが第3帯水層のほうが近傍の井戸とよく反応しているということからも、これは証明されております。それに対して、先ほどの地下水の流れを考えますと、102ページのこれ第1帯水層ですが、ここに地下水位の尾根がありまし

て、結局この尾根があることによって、少なくとも福井水源地に向かう地下水はこの尾根よりも東側のものしか水は流れません。西側のものは全部塩川のほうに流れていきますので、そういうことから計画地からの地下水というのは、第1帯水層は福井水源地には流れないということが分かりました。

同様に第2、第3はどうなっているかといいますと、104ページ、第2帯水層の地下水の分水界というのは、ちょうどこのピンクのラインのところにあります。第3帯水層の地下水の尾根というのが、ちょうどここに分水界がございます。ですので、これも双方この分水界を越えて、地下水は尾根を越えて向こうには流れませんので、少なくとも計画地の流れる地下水の流れは福井水源地のほうには向かわないということは、この地下水位のコンター図からも示されると。さらに今回、シミュレーションの結果で、これも同様に流線図を見ますと、ちょっと分かりにくいのですが、105ページの流線図を見ますと、第2帯水層の流線図の分水界、黄色のラインが第2帯水層の地下水の流れなんですけれども、ちょうど私が今図面で示しております緑の線、真ん中にピンクの破線がありますが、ピンクの破線を挟んで東側、図面の右側の水は福井水源地のほうに向かう流れになりますけれども、左側の、西側の水の流れは三輪山の清水のほうに流れていく流れになってございます。

同様に下の図面、第3帯水層はちょうどこのピンクのところは分水界になっておりまして、この緑の流線を追っかけていきますと、ちょうどこのピンクのラインを挟んで東側のものを流れるものは福井水源地のほうに流れますが、西側のものはこの三輪山の清水っていいですか、というよりも、壺瓶山の西側に向かって流れていく。ここで地下水が、先ほど申しましたように壺瓶山というのは第2帯水層も第3帯水層も水を通しませんので、そこで水の流れは迂回します。迂回っていいですか、分流することになります。分流して、壺瓶山の東回りでいくか、西回りでいくかのどちらかに分かれまして、その分かれ道が、ピンクの破線のところで示したラインがちょうど分かれ道っていいですか、中間点になるというところございます。ということで106ページ、福井水源地に流れる水の流れっていいものは、これまでの結果、流線図から第1、第2、第3帯水層とも福井水源地へは向かってないということが明らかになっております。

それと、福井水源地は第3帯水層の地下水を取水していて、計画地を含む第1から涵養された地下水は第2、第3帯水層間にある連続性のよい火山灰質固結粘土層、これは難透水層ですけども、によって第2から第3帯水層への地下水の流れはほぼ遮水されている。

それは先ほど水収支の図面でお示したように、非常にごく僅かしか、あのエリアの広い中全体であれだけしかないということですので、ほとんど流れないということが分かったという、そういうことから、計画地から涵養された地下水が福井水源地に影響するような懸念材料はないということが確認できたというところでございます。

続きまして107ページから三輪山の清水について御説明させていただきます。三輪山の清水はどこから来ているのかということは、先ほど資料1のところでお説明させていただいたとおり、ストレーナの深度というのは、高さ的にはこの第2帯水層である火山灰質砂層（大山系）のこの高さにあつて、当初我々もこの第2帯水層が影響しているという目で見えていたんですが、どうも実際のデータを見ていきますと、全くそれを示しておりませんで、むしろ第3帯水層の影響があつたというところでございます。ですので、ここ、先ほど現地にも行っていただきましたが、この三輪山の清水というのは、そもそも今の旧塩川の埋積堆積物の地層の中にどうもストレーナが開いているということが、この複数の、伝聞情報ではありますけれども、地元の方からの情報提供によって大体分かったということでございます。ですので、その地層は高さでいうと、先ほど申しましたように、繰り返しになりますが、第2帯水層のところと同じ高さにはあるんですけども、違う地層の中にあつたというところでございます。これに対して、その横にNo. 12孔という観測井戸を設けまして、では、このNo. 12と三輪山の清水のストレーナの開いている部分が同じかどうか、これがNo. 12が三輪山の清水の地下水と同じであるということじゃないと意味がないわけですね。この観測井戸No. 12が三輪山の清水と同じ地下水であることを表しているということでないという意味がないので、108ページ、109ページですが、地下水がちゃんと連続しているかということ調べるために圧力伝播試験をしたら、先ほども報告させていただいたように、こういうきれいに、もう本当絵に描いたように反応を示しまして、この結果からNo. 12の観測井戸で観測されるデータを三輪山の清水と同じ水源から出ている地下水として評価してよいという結果に至つたというところでございます。これが先ほどお示した資料の再掲ですけれども、こういうふうに関、水位がビュッと上がったと、三輪山の清水の出口を塞ぐとですね。これで連通していることが分つたということでございます。

さらに加えて、110ページからですが、水質も同じであるということが分つたと。先ほどお示したように、水質が三輪山の清水とNo. 12が非常に似通っていると。では、その三輪山の清水の水質は何かというふうに関分析しますと、計算上はこのように第3

帯水層の地下水の影響がほぼ影響が高いと。これなんか93%対7%ですので、寄与率からいうと、もうほとんど第3帯水層の水質を示していると言って差し支えないという結果が出ております。

さらに加えて、113ページ、第3帯水層の水位の変化がNo. 12の水位の変化とシンクロ、同期していると。全く同じ時期に同じタイミングで同じ傾きで同じ高さだけ上がったと。このとき、その上位にある第2帯水層の水位というのは、もうほとんど無反応といますか、ほとんど変わらない、あるいは僅かに変わりましたが、全くこの傾斜とか合わないということから、水位の変化も、三輪山の清水は第3帯水層であるという結論になったということです。

このような複数の結果から、114ページ、まず最初に三輪山の清水とNo. 12は同じ帯水層で同じ水質であるということを確認した上で、No. 12の水位変化を見たところ、それは第3帯水層の水位の変化であった。水質も第3帯水層の水質にほぼ同じだということが分かったと。ということで、寄与度に関しましては、三輪山の清水の水質は第3帯水層の水質の寄与度が非常にもう圧倒的に高いということが分かったということから、三輪山の清水の起源というのは、これは我々は当初は第2ではないか、ストレーナの深度の高さからちょうどすぐ横にあるのが第2帯水層であったことから、そっちではないかと最初思ったんですが、そうではなくて第3帯水層から供給されているということが明確に分かってきたという、これですね。要は、116ページ、ちょっと矢印で描きますけども、第2帯水層の流入というのも僅かあるとは思いますが、ほぼほぼこの第3帯水層から上がってきている地下水で涵養されている、この三輪山の清水もNo. 12もですね。先ほどもちょっと先生からも質問いただきましたが、ではどこを通過しているんだ、ということになると、この壺瓶山安山岩の崩石土砂がここに斜めに薄く第3帯水層のところまでつながっているというのが今回確認できましたので、恐らく崩石土ですから、崩れてきた土砂の中に透水的なところが僅かにあって、そこを伝って、水が上ってきて、三輪山の清水のストレーナが開いているこの古期塩川埋積堆積物の中にその水が流入して、たまたまその水みちに三輪山の清水をつくられた方はボーリングをして穴を開けたら、たまたまそこから水がこんこんと湧いてきたから、井戸をそこに造られて、昔そこは、何かプールのようになっていたみたいですね、山陰道ができるまでは。古い地図を確認しますとそういうデータがありますが、そういうふうにして水源として使われていた、それを今、我々は見ているということがだんだん分かってきたというところがございます。

その根拠を補強する一つの傍証といたしましては、116ページ、先ほどもちょっと説明しましたが、この硝酸イオンの濃度がこの三輪山の清水も、先ほどの本宮の泉とか、あるいは天の真名井とかも皆総じて濃度が低いんですね。第3帯水層もみんな低いと。ところが、第2帯水層は、第3帯水層の影響を受けている部分ではちょっと低いですが、大半の第2帯水層では硝酸イオンの濃度が結構高いんですね。だから、これから比べると、硝酸イオンの濃度が非常に低いこの三輪山の清水というのは、どっちかという、やっぱり第3帯水層のグループにこの水質からも属すると言って差し支えないのではないかと考えています。もしこれが三輪山の清水の硝酸イオンの濃度がどんと高ければ、これは第2の影響かなというふうに思いますけども、低いわけですので、そういうことから考えても、三輪山の清水の起源が第3帯水層であるということの補強するデータではないかというふうに考えております。

加えて117ページ、先ほどもお見せしましたこの地下水のポテンシャルですね、いわゆる第3帯水層というのは、第2帯水層よりも深いところに位置するのにもかかわらず、その中に持っている地下水の水位は第2帯水層よりも第3帯水層のほうが高い、いわゆる水位が逆転している。下の層の水位のほうが高いエリアというのは、この赤色のハッチで示した部分になりますけども、今回、三輪山の清水というのは、第2帯水層も第3帯水層もそこには分布しないのですが、その近くには分布しますので、もしこれがそこにあつたら、要は第3帯水層の影響を受けるところでございますので、そういう意味ではその話も整合するなというところでこのデータをお示ししております。

さらに118ページでは、計画地付近を流れる地下水が三輪山の清水に向かうかどうかというところでございますけども、先ほども御説明しましたように、まず第1帯水層の地下水の流れは地形に非常に左右されます。計画地の左右岸には丘がありますので、その丘の水がどっち向きに流れるかといいますと、右岸側ですね、東側の丘はちょうどここに分水界、このピンクの線で示したところに分水界がありますので、この分水界よりも手前の第1帯水層の地下水は全て計画地の谷のほうに向かって流れ下るので、これを超えて反対側、塩川のほうには到達できないということになります。逆も同じでして、左岸側にはこのピンク色のところの破線の左岸側の分水界がございまして、これより向こう側の地下水は今度、笹子谷池の谷のほうに向かって流れますが、手前の計画地の谷のほうの地下水は計画地の谷のほうに向かって流れて、計画地の谷の中に湧き出すということになりますので、この計画地の谷の中の第1帯水層の水というのは、基本的にはこの計画地の谷のほ

うに向かって流れて、谷の底で湧き出したり、あるいは谷の斜面で湧き出したら、全て計画地の谷を流れて、最終的には塩川に流れて合流して米子平野のほうに流れていくこととなります。ですので、その向こうには塩川が流れていますので、この塩川を乗り越えて三輪山の清水には物理的に到達できませんので、基本的には第1帯水層の水の流れというのは、今ですと青で示した線ですね、こういうふう流れまして、三輪山の清水の手前を通過して、三輪山の清水には到達できない。三輪山の清水のところはその背後に壺瓶山がありますので、当然、壺瓶山の山から第1帯水層として下ってくる水の流れに支配されますので、三輪山の清水の地点に立つと、背後から、山のほうから流れてくる水の勢いのほうが当然水位が高いので、勝ちますので、計画地から流れてきた水というのは、当然三輪山の清水には到達しない、これは一番分かりやすいお話です。

次に119ページ、第2帯水層、第3帯水層で同じようなことを見ていきますと、地下水位のコンターから考えますと、ちょうどこの地下水位のコンターの境界が、先ほども同じものを示していましたが、このピンクの破線のところがちょうど分水界になります。この分水界より東側は全て福井水源地のほうに流れますので、逆に言いますとピンクの分水界より西側の水は全て壺瓶山の西側を通過していく流れになっております。壺瓶山のところに立った視点で考えますと、この矢印の方向を見ていただいたら分かる通り、その左側の図ですね、壺瓶山がここで通せん坊していますので、当然、これより先には行かないわけですね。左が第2帯水層ですけども、この第2帯水層の水というのは、上流から流れてきて、南側からずっと流れて行ってこの壺瓶山にぶち当たりますので、そこでどっちかに流れを変えないかん。ピンクの破線よりも左側、西側はこの壺瓶山の西側に回ろうとしますので、当然その途中で三輪山の清水、あるいはNo. 12のところを通過して、壺瓶山の南端から西端の縁に沿ってずっと流れていくわけですね。ですので、三輪山の清水、あるいはNo. 12のところに流れる水の流れというのは、この青い線で示した、ほとんど分水界のところを沿って通ってきた地下水が、そのまま縁をずっと伝って流れていくような形になるというふうに考えております。

計画地付近を通った地下水というのは、ほぼほぼ真つすぐ壺瓶山の西のほうの塩川の谷を目指していくような流れになるというふうに考えられますので、こういう点から考えますと、計画地の谷から出た水が仮にその計画地の谷から出て、実はその下に厚い溝口凝灰角礫岩の難透水層があるので、その下には鉛直下向きにはなかなかそう簡単には行かないのですが、もし仮に行ったとしてもこの流れは三輪山の清水のほうには行けなくて、なぜ

かという、三輪山の清水に行こうとすると三輪山の清水のほうには横から、東側から来る地下水が当然そっちにも来ようとするので、その流れに逆って水というのはそっちに行けませんので、基本的にはこのような形で真っすぐ壺瓶山、今の計画地の谷とほぼほぼ同じところを通過して壺瓶山の西側をずっと通っていくルートになると考えられます。これは地下水位のコンター図だけから、この地下水位のコンター図のこの等高線に直交する方向に地下水の流向を描くと、全部を示しているわけではないですが、代表的なところだけ矢印で示しておりますが、この矢印の流れの方向を見ますとそういうふうに取り取れます。

同様に、右側の図面は第3帯水層ですが、これも結局はこの分水界のすぐそばを通る地下水がどうしても壺瓶山南側の縁をずっと通っていきますので、三輪山の清水のところに通る地下水はちょうどその縁を通った地下水が一番通っているはずで、同じように、三輪山の清水のところには壺瓶山南側の縁を通った地下水が、ちょうど分水界の一番近くを通った地下水が当然回り込んで通るはずですので、こういう形を通るのではないかと。逆に、これも計画地から真っすぐ下には当然地下水は降りていけないので、先ほど申しました2つの難透水層と、水を通しにくい第2帯水層がその中であって、第3帯水層まで一気に鉛直に浸透していくというのはほぼほぼないので、実際はそういう流れはないのですが、流れだけ見ますと第3帯水層の流れはこうやって真っすぐ、これもほぼほぼ真っすぐ壺瓶山の西側を通ることになると思いますので、三輪山の清水のところには到達しようと思っても東側から来る地下水が邪魔をして、それは通すことは多分できないだろうというふう考えております。

今のは地下水位のコンター図から想像した、推定した地下水の流れでございますけれども、今度はこれをシミュレーションで解析したらどうかということで、120ページ、これも同じでございます、ちょっと第1帯水層は省いて、第2帯水層から説明させていただきますが、このシミュレーションの流線ですね、黄色の線で示したのが第2帯水層ですけども、ここにちょうど分水界があって、この流線を見ていきますと三輪山の清水のところを流れている流線はこの黄色の線なんですね。その線というのは、上流側に行きますと、ちょうど先ほどと一緒に分水界のちょうどすぐ西側を通るラインになります。ですので計画地のところは通らない。同じように、今度、緑の第3帯水層の流線、この流線に沿って、ちょっと分かりやすいように矢印を私のほうでつけています。だから、第3帯水層はこの緑の矢印のところがこの流れている方向なんですけれども、これも同様に三輪山の清水のところには流れる線というのは、これもちょうど分水界の縁を通りますので、計画

地のところは通らない線。逆に計画地を通る線というのは、もっと三輪山の清水よりも東側を流れることになります。これは第2帯水層も同じでございます。ということで、いわゆる地下水位のコンター図から推定する地下水の流れの線、それとシミュレーションの結果から出てきた地下水の流れの線、いずれも計画地の範囲を流れる地下水は三輪山の清水のほうは通らなくて、そのさらに西側のほうを通っていく流れになってきます。第3帯水層、あるいは第2帯水層の地下水がここに流れるというのは、先ほどの水収支の図面からあまり行かないということが分かっておりますが、仮にそこに点を置いたとしても、全く違うところを流れるということから、三輪山の清水の地下水は計画地のところを通っていない地下水で涵養されているということが今回これで明らかになった、ちょっとこの青い線ですね、明らかになったというところが今回の大きな結論でございます。

最後121ページ、まとめですが、三輪山の清水に向かう地下水については、これまでの調査解析の結果から三輪山の清水の水源となる帯水層は第3帯水層が大部分で、一部第2帯水層の地下水が混入していると考えられます。流線図では、計画地から涵養された地下水は第1、第2、第3帯水層とも三輪山の清水には向かっておりません。三輪山の清水に向かう地下水の流れは、第1帯水層は背後の壺瓶山から流下する地下水流が主体であります。第2、第3帯水層は計画地の東側に位置する分水界ですね、要は壺瓶山の西側を流れるものと、東側を流れるその地下水の分かれのところを分水界と今、称しておりますけれども、その分水界の付近を流れてきた水が三輪山の清水のほうに流れていますので、これは壺瓶山に行く手を遮られた水がそこをどうしても通らざるを得ないからなんですね。ということで、三輪山の清水の地下水というのは、その計画地のところを流れた地下水ではなくて、もっと東側を流れた地下水がそこにやってくるということが今回明らかになってきたというところでございます。

三輪山の清水付近の地下水位が今回の水位観測の結果からも非常に高いことが判りました。近傍の第2帯水層のNo. 7の地下水位よりもはるかに高いところにありますので、そういうことから、計画地と三輪山の清水の間にNo. 7がありますので、そこが低いということは、逆に言うと、そこで水は低いところを通過してNo. 8のほうに流れているということでございますので、むしろ三輪山の清水というのは、横から流れて、東側から向きを変えて、壺瓶山に遮られて、そっちを行かざるを得なかった地下水でほぼ涵養されているということが分かったというところでございます。

以上から、計画地から涵養された地下水が三輪山の清水に影響を及ぼす可能性は極めて

低いと推察してございます。

以上が今回の調査の最終結論ということで取りまとめさせていただいております。以上です。

○嶋田会長 ありがとうございます。2年半にわたる現地調査から、シミュレーション、いろいろな結果を踏まえて、全体の結果の説明と、この調査会としての結論に当たるようなところ、地下水の流れと、それから懸念される周辺の地下水の利用の湧水とか水道水源とか、そういったところの関係性に関する結論を出していただきました。

まず、ただいまの報告に関して、質疑、コメントがありましたらお願いします。

前半の説明で、新たに追加した三輪山の清水の情報が明らかになったことによって、大体この地域の地下水の流れについての情報はほぼほぼつかめて、それに基づく解析、あるいは水質等々から読める地下水流動に関する情報は十分精度の高い再現性を持った地下水流動モデルによって確認ができたという流れで、それを基に今回のような結論を出していただいたという意味では、ほぼほぼ妥当な見解だろうということではよろしいですかね。

ありがとうございます。調査会、2年半前に始めるときに、ほとんどこの地域の地下の情報は分からなかったんですね。それを十数本のボーリングを、しかも帯水層構造もよく分からなかったのを、まずそれを見極めて、その後、各帯水層ごとに観測井を掘られて、その帯水層の観測井を1年以上観測して、そのデータを基に三次元の流動シミュレーションをマッチングさせながら再現性を高めて、それで描いた地下水の流動の状況と、それから片や観測事実を基に水質とか水位変化とかそういうところから読み取れる地下水の流動、それらが相互に整合するような形が見えてきたと思うんですよね。そういう意味では、なかなかやろうと思ってもここまで細かい調査というのは普通はできないんだと思うんですけれども、それをあえて踏み込んでやられてこれだけ高い情報が得られたという意味では、ここで得られた結果はかなり妥当性の高い、科学的に信頼性の高いデータというふうに言っているんだと思います。そういう意味では、この調査会としてこのような結論に至ったという形で報告をまとめられたんだと思いますので、皆さんの合意が得られたということでまとめさせていただきたいと思います。ありがとうございました。

これで県から諮問された事項に対する回答という形にはなったと思うんですが、事務局のほうから何かありますか。

○山本室長

審査室、山本でございます。委員の先生方、誠に長期間、そして今日も長時間にわたり、

ありがとうございました。地下水調査会の条例の目的、これが計画地の地下水の流向等を把握するということが掲げてございます。本日の会議及び取りまとめをもちまして、調査会の目的を達していただいたのではないかと考えているところでございます。本日、資料の4-1、4-2とありますけども、こちらのほうをお付けしておりますが、委員の皆様のお意見も伺いながら、この概要パンフを作成してきておりますけども、本日の取りまとめとも齟齬はないと考えておりますので、これを調査会にお認めいただいた確定版として、今「案」をつけておりますけども、確定版としたいと思っております。それで、事務局といたしましては、こういった結果概要を用いて、結果の報告をしていきたいと、そういうようなことを考えております。

○嶋田会長

多分、今日の調査会の流れを見て、今日報告いただいた内容に関して、今、この概要に含まれていることと基本同じことが書いてあるというふうにお見受けしましたので、委員会で審議の流れに関して修正等を求めるようなことは、大きなものはなかったというふうに私、感じておりますので、基本この要旨ですか、概要集というのを確定版としていいんじゃないかと思えます。よろしいですかね。

ありがとうございました。これで多分、委員会は最後になると思うんですが、委員の皆さんから何かこの機会に一言だけ言いたいというのがあったら、僕はあるんですけど、ございますか。よろしいですかね。

私は、もともとこういう地下水の流動調査研究に関係した仕事が多いんですけども、なかなかこれだけ密度が高いボーリング孔を打った調査というのはできないんですけども、せっかく掘られた井戸ですので、可能でしたらもう少し残しておいていただいて、火山の裾野のこういう地下水の構造というのがかなりよく分かってきたので、もう少しこういう井戸を使った調査研究というのはいろいろできると思うんですね。そういう用途にこれらの観測井戸を生かしていただくと、この調査会の目的とは全く関係ないんですけども、せっかく掘った、税金をかけて造った孔ですので、残せるものなら残して、別の観点から世の中に役立てるということもお考えいただくとありがたいかと、これは私の希望であって、別にこうしろということではないですが、そんなお願いごとを思いました。コメントです。

じゃあ、マイクをお返しします。

○大呂課長補佐

嶋田会長様、ありがとうございました。

最後に、総務部長の松田が御挨拶申し上げます。

○松田部長

総務部長の松田でございます。本日は本当に長時間にわたりまして、熱心に御議論をいただきまして、ありがとうございました。委員の皆様には、本当に御多忙のところ、この委員に御就任をいただきまして、そして調査計画の立案段階からこの調査に携わっていただきました。そしてこの地下水の流れを解明するために、先ほどお話にもございましたが、2年半近くにわたりまして、検討や議論を尽くしていただきまして、本日この結果のまとめということになりました。この結果を住民や県民の皆さんに丁寧に説明してまいりたいというふうに考えております。

委員の皆様、本当に長きにわたりまして、調査に御尽力をいただきまして、感謝を申し上げます。ありがとうございました。

○大呂課長補佐

それでは、これで鳥取県淀江産業廃棄物処理施設計画地地下水等調査会第9回会議を閉会させていただきます。

傍聴の皆様におかれましては、他の方と間隔を空けてお帰りくださいますようお願いいたします。皆さん、お疲れさまでした。