

広島高速5号線トンネル安全検討委員会

第5回資料

平成22年11月14日

広島高速5号線トンネル安全検討委員会事務局

委員会資料

資料 5－1 第4回委員会等で提示された委員の意見について

資料 5－2 植生調査について

資料 5－3 地表面沈下に関する一般的な解析手法について（NATMの場合）

第 4 回委員会等で提示された委員の意見について

- I 第 4 回委員会議事録
- II 第 4 回委員会等における委員の意見（区分別総括表）
- III その他

I 第4回委員会議事録

第4回 広島高速5号線トンネル安全検討委員会 議事録

日時：平成22年9月26日（日） 13:30～16:25

場所：広島市役所 14F 第5会議室

【出席者】（敬称略、順不同）

委員長

吉國 洋

委 員

朝倉俊弘、大島洋志、奥西一夫、越智秀二、海堀正博、角湯克典、金折裕司
坂巻幸雄、城間博通、関 太郎、中根周歩、西垣 誠、山本春行、横山信二
(欠席者：佐々木 健)

事務局

広島県土木局 土木整備部 道路企画課

石岡輝久、渡邊 聖、長田和久

広島市道路交通局 道路部 道路計画課

木谷淳一、油野裕和、世古敏寿

事務局補助

社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所

横澤圭一郎、寺戸秀和、田辺英夫

復建調査設計 株式会社

藤本 瞳

株式会社 荒谷建設コンサルタント

小林公明

日本シビックコンサルタント 株式会社

大野喜久雄、金井誠一郎

応用地質 株式会社

大塚康範、新長修二

東和環境科学 株式会社

吉野由紀夫

傍聴人：20名

報道：4社

【次第】

1. 開会

2. 議事

【報告事項】

- (1) 高速5号線（東部線）の環境アセスメントについて
- (2) 追加ボーリングについて

【審議事項】

- (1) 追加ボーリングにおける地質調査項目について
- (2) 植生調査について
- (3) 水文調査について
- (4) その他

3. 閉会

【配付資料】

- ・広島高速5号線トンネル安全検討委員会 第4回資料
- ・委員会当日配付資料

<1. 開会>

事務局（世古）：予定の時刻となりましたので、委員会を開催させていただきたいと思います。

委員会の開催に当たりまして、報道関係及び傍聴人の皆様にお願いを申し上げます。委員の皆様が審議に集中できますように、報道関係のカメラ撮影はカメラ撮影スペース内で行っていただきますよう、お願い申し上げます。また、傍聴人の皆様は静かに傍聴してくださいますよう、お願い申し上げます。

それでは、ただいまから第4回広島高速5号線トンネル安全検討委員会を開催させていただきます。委員の皆様におかれましては、お忙しい中、本委員会に御出席いただきまして、誠にありがとうございます。

私は本委員会の事務局をしております、広島市道路交通局道路計画課の世古と申します。よろしくお願いいたします。

本日は委員長始め15名の委員に御出席いただいております。御出席をいただいている委員の皆様の御紹介ですが、時間の都合上、本日初めて委員会に御出席いただきました委員の方のみ御紹介させていただきます。

国際航業株式会社上席フェロー技術センター長の大島委員、応用地質学が御専門でいらっしゃいます。本日出席されていらっしゃる委員の皆様におかれましては、初対面の方もいらっしゃるのではないかと思われます。簡単な自己紹介で結構ですので、大島委員にお願いしたいと思います。

大島委員：どうもすみません。何回も開かれた会、今日初めての出席となりましたことをお許しください。

私の自己紹介に関しては、今日配付の資料の、私が書きました資料の最初のページにちょっと書いたつもりでございますが、私自身は、昭和40年に当時の国鉄に就職いたしまして、始まつたばかりの山陽新幹

線のトンネル工事の関与を皮切りにいたしまして、国鉄本社だとか鉄道技術研究所に籍を置きましてトンネル一筋と言いますか、技術人生を送ってきた人間でございます。もう鉄道を退職して17年になりますが、現在もなお、こういった地質とか地下水の問題のあるトンネルに関してはいろいろ関わりを持ちながら今日に至っております。

当福木トンネルに関しましては、私、トンネル技術協会の機関誌である「トンネルと地下」という月刊誌の編集委員長を務めているんですが、その雑誌で何年か前にこのトンネルの報告論文を見た覚えがございます。

私のこの委員会での役割は、そういった福木トンネルで起きましたような水問題に絡む沈下だとか、漏水問題、そういったことを私自身もトンネルでいろいろ経験しておりますので、そういった知識をこの場で助言できることではないかと思って参加させていただきました。どうぞよろしくお願ひします。

事務局（世古）：よろしくお願ひいたします。出席委員の皆様の御紹介につきましては、お手元の配席表にかえさせていただきますので、よろしくお願ひいたします。なお、本日は所用により広島国際学院大学工学部バイオ・リサイクル学科教授の佐々木委員が御欠席でございます。

続きまして、お手元の資料確認をさせていただきます。本日の配付資料は、次第、配席表、アからキまでの資料とその他で構成されております当日配付資料でございます。また、委員の皆様には委員会資料につきまして事前に送付させていただいておりますが、御入り用の方がございましたら、お渡ししますので手をお願いいたします。

それでは、これから先議事の進行につきましては、吉國委員長よろしくお願ひいたします。

<2. 議事>

吉國委員長：吉國でございます。今日は日曜日にかかわらず、ほぼ全員の委員の皆さんに出席いただきまして、ありがとうございます。

時間も余りありませんので、早速、議事に入らせていただきます。議事に入ります前に本日のスケジュールを皆さんにお示しをしたいと思います。次第のところを見ていただきますと、議事中の「報告事項」15分、それから審議事項の「追加ボーリングにおける地質調査項目について」を30分程度、それから「植生調査について」60分、それから「水文調査について」30分、それから「その他」としまして10分と、それで閉会は16時という予定にさせていただきます。よろしくうございますか。

それでは報告事項から入らせてもらいます。まず、環境アセスメントについて事務局から報告を5分程度でお願いいたします。

【報告事項】

(1) 高速5号線（東部線）の環境アセスメントについて

事務局（油野）：はい、それでは報告いたします。私、広島市道路交通局道路計画課の油野でございます。座って説明させていただきます。

初めに、高速5号線（東部線）の環境アセスメントについて報告いたします。当日配付資料のアをご覧ください。第2回の委員会におきまして、富井前委員から「高速5号線が都市計画決定された10年前は環境影響評価法が施行された時期だと思うが、都市計画決定の際にはこの環境影響評価が同法に基づいて実施されたのか」という御趣旨の御質問がございました。また前回、第3回の委員会におきまして横山委員からも「環境影響評価の評価項目やその結果、さらにはその際の住民の皆様の御意見等」について御質問

がございました。このため、高速5号線（東部線）の環境影響評価につきましての概要を説明させていただくとともに、資料についても御開示させていただくことにいたしました。

まず、高速5号線（東部線）の環境影響評価でございますが、当該路線を都市計画決定した時期が環境影響評価法の全面施行の前であったことから、昭和59年、1984年に閣議決定された環境影響評価実施要領に基づき、これいわゆる閣議アセスと俗に申しておりますが、この閣議アセスに基づきまして、都市計画決定権者である広島県知事が実施しております。

この実施要領に基づいて定められた旧建設省の所管の道路事業環境影響評価技術指針というのがございまして、事業が環境に及ぼす影響を明らかにするために必要な9項目、具体的に言いますと、大気汚染、水質汚濁、騒音、振動、地盤沈下、地形・地質、植物、動物、景観といった環境要素について現状調査、予測及び評価を行う設定基準が示されておりました。高速5号線（東部線）におきましては、それぞれの要素につきましての判定基準に基づいて判断した結果、大気汚染、騒音、植物、動物の4項目を予測及び評価を行う環境要素として設定し、そのうち大気汚染、植物、動物の3項目につきましては、環境保全目標を満足するという結果をいたいでいます。また、騒音につきましても、環境保全対策を講じるということで目標を満足する結果となっております。当時の環境影響評価書につきましては、かなりのボリュームですので、関係する箇所を抜粋版といたしまして、資料に添付してございます。あわせて先ほど申し述べた旧建設省の所管の道路事業環境影響評価技術指針による設定基準においても、資料として示してございます。資料1が東部線の環境影響評価書の抜粋、資料2が建設省所管の技術指針を示したものです。

次に、参考までに高速1号線（安芸府中道路）環境影響評価についても、少々説明させていただきます。この1号線（安芸府中道路）の都市計画は、平成9年6月に定めましたが、その際の環境影響評価につきましては、福木トンネルを含む馬木料金所から山陽自動車道広島東ICまでの延伸区間を対象として、先ほど申し述べた高速5号線（東部線）と同様な、閣議アセスで実施しております。その際、大気汚染、騒音、動物の3項目を予測及び評価を行う環境要素として設定しております。この高速1号線（安芸府中道路）の環境影響評価におきましても、22ページからですが、抜粋版をお示ししております。

以上で、報告事項、高速5号線（東部線）の環境アセスメントについての説明を終わります。

横山委員：ありがとうございました。非常に丁寧に資料も付けていただきまして、ありがとうございます。ただちょっと確認をさせていただきたいと思うんですけども、高速5号線については地盤沈下は評価していないという理解でよろしいですね。

事務局（油野）：はい、そうでございます。

横山委員：その理由が、判断理由が、「軟弱地盤地帯において工事の実施等により地下水脈を遮断する恐れがない」との理由でよろしいですね。

事務局（油野）：はい、そうでございます。

横山委員：それで、住民の意見について、やはりこの二葉山トンネルの工事によって、やはり住民の方が一番心配されるのが地盤沈下ということで、この評価書の総覧の段階でも、ここでは資料の1-19ページですか、評価書の134ページになりますけれども、住民の意見がありまして、やはり意見の要旨の①、それから③について、やはり地盤沈下への影響というものが不安だということで寄せられておりますが、残念ながらこの意見に対する見解について、騒音、振動、質問①の意見の①について、騒音や振動についての回答がなされておりません。それから、③から④ということで、③が一番地盤沈下について意見が鮮明に出ているんですけども、これについてもほかの質問についての回答がなされておりますが、地盤沈下については回答がなされておりません。それから次の20ページ、⑦の意見についても、ほかの懸念については⑥から⑧についてまとめて回答されておりますが、やはり地盤沈下については回答がなされておりませんね。このことの確認をしたいと思います。よろしいでしょうか。

事務局（油野）：はい。

横山委員：それで、その前の高速1号線の、平成9年5月に行われた評価書、資料の22ページ、68ページとなってますが、全体の資料22ページのところに載っておりますが、これがやはり地盤沈下については評価がなされておりませんで、住民の意見もまだ工事の前ですから、この地盤沈下に対する意見も記載されておりません。それでは、今度の、今回の委員会のときでよろしいと思うんですけども、この1号線の地盤沈下がいつ起こったのか、1号線の工事の結果、結局影響評価をされておりませんので、工事着手して建設されてからこの地盤沈下というものがどこかで起こったんだと思います。そこでその地盤沈下がいつ起こったのか、知りたいのはそれにもかかわらず、高速5号線で地盤沈下を評価してないというのが果たして説明ができるんだろうか、というのがちょっと知りたい点です。つまり、福木トンネルの地盤沈下がいつ起こったのかということをちょっと教えていただきたいということと、その地盤沈下が起こったときにどのような事業者としては対応をされたのか、その原因をきちんと調べたのか、5号線の建設のときに改めてそういったところの反省に基づいて、影響評価なりあるいは工事、工法なりの検討をされたのかというそういういたところを、また次回の委員会までに御用意いただければというふうに思います。以上です。

吉國委員長：ありがとうございます。よろしいですね。

（2）追加ボーリングについて

吉國委員長：それでは次に、追加ボーリングについて、事務局から報告を5分程度お願いします。

事務局（渡邊）：広島県道路企画課の渡邊でございます。引き続き、報告事項の追加ボーリングについて、説明をさせていただきます。失礼ですが座ったままで説明をさせていただきます。

右肩に資料番号を付けておりますが、委員会当日配付資料イをご覧ください。先の第3回の委員会で牛田東地区並びに中山地区において追加ボーリング調査を6箇所実施することが決定したところでございますが、調査の実施に向けた現在の状況につきまして報告をさせていただきます。

第3回の委員会後、県及び市では地域住民の団体に対しまして、追加ボーリング調査に向けた地元説明会を開催したい旨の打診をいたしました。地元住民の団体は、資料にお示しておりますとおり、「ボーリングによって地盤が弱くなる」について、例えば①の「過去のボーリングにより水の道が変わり、井戸が枯れたり松枯れが多く見られ、土地の乾燥化が進んでいる」など5項目について、また「なぜ追加ボーリングが必要なのか」ということにつきまして、例えば①の「既存のボーリング調査で何がわかつて、何がわからなかったのか」ということなど5項目について、お示したもののはあくまでも主なものですが、さまざまな御懸念をお持ちでございます。

以上で報告事項の追加ボーリングについての説明を終わらせていただきます。

吉國委員長：ただいま、追加ボーリングについて住民に懸念があるということでありました。それについて経験上の観点から委員の皆様、何か技術的なコメントがあれば、お願ひしたいと思います。

奥西委員：技術的なことではないんですけど、私のところに市民連絡協議会の方から、知事と市長に対する申入れ書をお渡ししたという、そのコピーをいただいている間に、その末尾に、第4回目の委員会までに回答することということが書いてありますので、当然この委員会にもその内容が報告されると思っておったんですが、今報告されたその地元住民の懸念事項と、9月10日付の申入れ書に書かれている懸念事項とはかなり違うように思われますので、その辺ちょっと説明していただければありがたいと思います。

吉國委員長：事務局、説明いただけますか。

事務局（石岡）：今回の懸念事項につきましては、何回か調整させていただいた中での主な意見ですので、1団体だけという話ではなくて、いろんな方から出てるものを取りまとめて、主なものだけを説明させていただ

いたということで、趣旨的には大体、我々としてはカバーしてるんじゃないとは思っております。

吉國委員長：ほかに。

大島委員：この意見で、私が気が付いたところを、ちょっと申し上げますが、例えばIの①に関して、例えば、ある地下水を遮断する地層があったとして、その遮断層をぶち抜きながら掘っていきますと、上と下の地下水とがつながっていくとかして、水の道が変わるとかいうことはあると思いますが、例えばここに書いておられるような、井戸が涸れる、それは井戸のすぐ横でおやりになれば何かあるかもしれません、こここの地域にボーリングされる所に井戸があるのかないのか、そういう所にはよもや計画されないはずですから、そういう懸念はないんじゃないかと思います。

それから、私が鉄道時代によく注意させていたのは、トンネル計画がある近くでボーリングする場合に、何も知らない方はトンネルをぶち抜いてその下までボーリング計画をされる方がありました。私が担当するようになりますてからは、少なくともトンネルの予定している所の壁から、少なくとも5m以上、10mとかそういう範囲の横に掘ってください、そうでないと後から掘ってくるトンネルが、そのボーリングの道とつながってしまうことによって、上の水を引き込んだり何かすることがあるということもあって、ボーリング地点については特段の注意をして欲しいということを指示して、鉄道内部ではそういう方向でするようになります。なお、このボーリングの孔というのは、いつまでも放っておいてはいけませんので、掘った後は目的にもよりますが、孔は速やかにしっかりと埋め戻しをされることによって、ボーリングによる弊害は防ぐようさせているつもりですが、いかがでしょうか。

吉國委員長：他に御意見は。

横山委員：前回の、第3回の委員会では、素人の私にはほとんど専門的なものは分からなかつたんですけれども、ここで見ますと、過去のボーリングにより水の道が変わったとか、小規模の地盤沈下を引き起こすとか、こういう指摘があるわけすけれども、過去こういうボーリング調査を行ったわけですね。そして、6箇所を追加調査しようということだというふうに理解しているんですけども、今、大島委員の方から指摘がありましたように、ボーリング調査だけで不安を抱く住民が多いということ、一つ認識していただきたいというふうに思います。つまり、その過去の調査をきちんと住民の方に、結果を含めて住民に説明されているかどうか、そういう丁寧な説明が果たしてなされたのかどうか、ということをちょっと踏まえて、こういうボーリング調査というのはまさに安全性を確認するためですから、そのボーリング調査でこういう地盤沈下が小規模ではあっても起きたとか、水の道が変わったとかいうことは、それは住民から見れば非常に不安に感じるの当たり前のことなので、ちゃんとその調査をして、その調査結果を住民にきちんと説明したかどうかということも事業者の側はきちんと対応して、こういう不安に答えるようにしていただきたいなというのが、私の希望です。

中根委員：余り時間がありませんので、簡単に申し上げます。

住民の意見ですね、不安というものがここに書かれている以外にもう一つ非常に大きなことが抜けてるのではないか。すなわち福木トンネルであれだけ地盤沈下をした、環境影響評価もした、もちろん地盤についてはしなかった。それにかかわらずさらに5号線で地盤沈下も予測をしてないと、今度やろうと。実際にある程度地盤沈下は、途中で、工事中、1号線、福木トンネルの所で、予測したわけです。2、3cmだと。それが実際は、はるかに超えて20cm近く沈下した。それが1箇所じゃなくて面的にわたって広がったと。この辺のいわゆる影響評価、科学的な評価に対する不信ですね。しかもこの委員会で、これについて何が問題で、どういう点をミスったのか。モデルの問題なのか、考え方の問題なのか、係数値の問題なのか、それが土壤層の問題をきちんと把握できなかつたのかどうか。そういうことが何ひとつきちんと、各先生方は御存じかもしれませんけども、少なくとも私は、この委員会できちんと審議したという記憶はありません。議事録を読んでみても、過去の調査はこうだったと、いきなり追加調査が出てきてですね。ですか

らそういう中で、住民がこの補足調査の中で、何でボーリングをこれしないといけないのか、それが從来のミス、大きな食い違い、これをどう是正するのかといったことは、私、委員にもわからない。そういう議論をきちんとすべきであると、まず。そういう意見がかなり過去3回の委員会で出てきたにもかかわらず、それが具体的に何ら対応されてない。こういう中で、やはり委員は別としても、住民の方がどうしてこの調査について、追加調査について信頼を持って協力できるのだろうかと、私は率直にそう思います。以上です。

坂巻委員：坂巻です。第3回の委員会のとき、私も今中根先生が御発言になったとの同趣旨のことを申し上げました。特に住民との信頼を大事にするという面から言えば、先ほど奥西先生の方からお話をあった、とにかく第4回の委員会までに、これこれの問題についての回答を求めるという住民からの要請が、行政当局に出されたということですね。ところが、今日は第4回の委員会で、それまでに恐らくその返答はなかったんだと思いますが、それについてどういう処置を取られているのか。例えば、委員会までに返答することは無理だから御了解いただきたいと、そのかわり何月何日までは責任持ってその回答を出すというような返事をなされているのかどうか。それをきちんとされることが信頼確保のために必ず大切なことになってくると思いますので、その経過のフォローアップについてどう考えておられるのか、行政当局の方の御答弁をいただきたいと思います。

事務局（木谷）：9月10日に市民連絡協議会の方から、確かに、追加ボーリング調査に入る前に当たっての申入れをいただきまして、第4回の委員会までに回答していただきたいということは確かに承りました。私どもとしましては、第4回の今回の委員会の主な審議の内容と、それから追加ボーリングとはちょっと次元的には違うということをございましたのと、期間が2週間ぐらいしかなかったということでもございまして、精一杯努力はしますけれども、第4回の委員会に間に合うかどうかということのは確約はしませんでした。今現在皆さんこういった御不安、御懸念を持っておられますので、それに対してはやはり丁寧にわかりやすい説明をしなければいけないというふうに思っておりまして、そういった資料を一所懸命作っているところでございます。先日、この委員会の前に市民連絡協議会の方とはお話をさせていただきまして、委員会が終わりまして、それから10月の初めにかけて、一度申入れに対する御回答をさせていただき、それから町内会の方に説明会の申入れを改めてさせていただきたいというふうに対応させていただいているところでございます。

坂巻委員：ありがとうございました。

朝倉委員：今の皆さんの御意見を伺っていて、私も地元の住民の方に御理解いただけるように、丁寧な説明が必要なんだなということがよくわかりました。委員長から、ここに書かれている御懸念に対して、経験に基づいてお考えをということでございますので、幾つか申し上げますが、一つはボーリングによって地盤が弱くなるというのはここで初めて見てびっくりしたんですが、全くそういうこれまで考えもしなかったことで、かつそれで水みち、水が潤れるというのもちょっと意外なことを心配しておられるんだなと思ったんですが、通常ボーリングを施工して地下水位を下げようと思ったら、ポンプを設定して水を汲み上げなければ地下水位を下げられないということで、地下水位低下工法という少し手のかかったことをやらなければいけないのですが、それなしにボーリングを施工するだけで地下水位が下がるというのは通常余り考えられないことであるということが一つ。それから、追加ボーリングの必要性について説明が必要であるということなんですが、私は今回の委員会における自分の役割は、特に牛田の盛土地区の沈下問題が一番懸念すべきことだろと思っておりまして、それをできるだけ精度よく評価する、あるいは安全のために必要な措置をする、という検討をするためには、特に盛土部分の状態、それから盛土と原地盤との境界の位置、空間的な位置、それから原地盤の表層部分、トンネルと原地形の地表面との間の地質状況、そのあたりが一番沈下に影響を大きく与える因子だと思いますので、現在委員会として我々に与えられた地質情報

は、一番肝心な所が点線で書いてあって、クエスチョンマークがついているということで、何としても一番大事なことをしっかりと議論するために追加のボーリングが必要であるということを申し上げたいと思います。

吉國委員長：ありがとうございました。はい、どうぞ。

越智委員：越智ですが、ボーリングするということに関して、実はこの牛田東地区ではシミュレーションがもう既にされてるわけなんですが、これに関してどのボーリングデータを使ったのかというのは、以前事務局関係の方と、コンサルの方とお話しさせていただいたときに、御質問させていただいたんですが、牛田東三丁目のシミュレーションは、どこのボーリングを使ったということなんでしょうか。何か全体読んでみると、本四公団かどこかの資料を使っているような、あるいは三十何本かのデータの平均値を当ててるような、何かちょっとはつきりしない所があったんですね。それで、はつきりさせといてくださいといふうに言つたんですが、そのあたりはどうなんでしょうか。

事務局（木谷）：ちょっと細かい資料がないのであれなんですかとも、基本的に二葉山全体で33箇所のボーリングを取っておりまして、それぞれの地層毎にいろんな土質定数等を求めております。そのボーリングデータでいろいろ地質調査、土質調査した結果から代表的な値を選んで、それを基本的には地盤沈下のシミュレーションにも採用しております。ある断面を切りまして、そこの地層の状況を、いわゆる輪切りみたいにして、それぞれの地層に、そこへどういう土質定数を適用するか、それによって沈下シミュレーションというのをやっております。ただ、その中で例えば、固い岩盤の所の、いわゆる変形定数等がかなり高い数値を表しております、そういう所につきましては、中国地方のトンネル工事やなんかで豊富な実績データを持っておられます、当時の日本道路公団さんのそういうシミュレーションのときに使われている代表的な数値を使って、要はその沈下の度合いが、シミュレーションとして出やすくなる方向の数値を使って、そこらには採用させていただいて、沈下の計算をしております。

吉國委員長：時間もありますので、それとそのボーリング調査に伴う住民の懸念ということにどういうふうにかかるべきでござるのか、その辺も。

越智委員：まさにそのところなんで、実は前も申し上げたんですが、牛田のシミュレーションした所というのは、No17、それから16、15、14はちょっと離れるんですけど、そのあたりのボーリングをやってるわけなんですね、シミュレーションした場所あたりで。だったらそれをちゃんと使えばよさそうなものなのに、何かそれがちゃんと使われてないような印象を受けたんですよ。それでなぜこう思うかと言うと、かなり脆弱な所もあるにもかかわらず、例えば盛土の部分がせいぜい3mmぐらいの沈下になるような書き方をされてたりとか、ちょっとそのあたりがちょっと解せないんですね。ですからせっかくボーリングするんですから、そこのそのボーリングのデータというものを、きちんと使ってやらないといけないんじゃないのかと。で、追加ボーリングというんですが、じゃあ前にその掘ったときになぜそれを使わずにほったらかしにしておいて、今になって追加ボーリングと言うのだろうか。しかも本当にそれはちゃんとシミュレーションにその生のデータが生かされるのか、そのあたりが私としても疑問だし、恐らく住民の方はもっと疑問だと思うんですよね。だから、そういう意味できちんとしたシミュレーションになるような資料の使い方というのをしていただきたいし、福木でもどうだったのか、前のこの場でも申し上げたんですが、FEMであつたらトータルで5cm以内、でも手計算である人にやってもらつたら10cmぐらいというふうなのが出るという、やはり何かこう疑問の残る今まで来てますので、そのあたりをきちんとボーリングをやっていただきたい。それからあえて、今日私の方から配させていただいた資料なんですが、B-14というひん岩のボーリングの位置なんですね。あれ伺つてびっくりしたんですが、あの位置が昔住民の方に説明していたときの位置と、この委員会に出てる位置とが違うんですよ。それで、何でかなと思ってたんですが、何か24日の建設委員会で答弁があったそうなんですが、昔のあの位置というの、2本のトンネルを計画し

ていたときの位置で、委員会に出したのは1本の計画にしたときの位置だとかいうような、これ正確かどうかわからないんですが、何かこう全くおかしな話を聞いてるので、実はそこになぜこだわるかと言うと、B-14の位置というのは本当に微妙なんですよ。

吉國委員長：簡潔にお願いします。

越智委員：はい、ですから、きちんとしたボーリングの仕方をして、それで住民の方に納得のいただけるような調査研究を進めていただきたいと、そういうことです。

吉國委員長：もう御一方、お願いしたいと思うのですが。はい。

金折委員：前回欠席いたしまして、誠に申しわけありませんでした。越智先生の言われることに関しては、やはりこの検討委員会できっちりしていくという前提で、また追加ボーリングを掘りますと、地質状況もさらに判然としてきますし、それで再解析をきちんとやるということで、前のこと振りかえるのも大変重要ですけれど、それよりもやはりこれからどうするかということに審議の時間を割いていただきたいような気がします。

IIに関しては、前回私が御提案しました案を御審議いただき、支持いただき、そして前回の委員会で追加ボーリングする方向で行こうという結論が出たと伺っています。それで①、②、③に関して、前回欠席いたしましたので、全く報告できませんでした。今回資料に基づいて、どれぐらいわかりやすく説明できるかわかりませんけど、一応御説明させていただきたいというふうに考えております。よろしくお願ひします。

吉國委員長：追加ボーリングは必要と、追加調査が必要ということについては御異議はないんだと思っておりますが、前回の委員会も、そういうふうに決めていただきましたので、時間も、実にたくさんの意見をいただきまして大幅に超過しましたけれども、これでこの話は打ち切らせていただきます。

【審議事項】

(1) 追加ボーリングにおける地質調査項目について

吉國委員長：それでは次の審議事項に入らせていただきます。まず最初は、追加ボーリング箇所における地質調査項目についての審議に入らせていただきます。金折委員から、当日配付資料にて提案をいただいておりまますので、金折委員から説明を、5分程度お願ひします。

金折委員：はい、資料ウというのがあって、1から、2枚A3の表があって、それからずっと断面図が15ページまでつけてあります。それらについて簡単に御説明したいと思います。

調査というのはシナリオがあつて、そして流れと言いますか、時間を追ってこんなふうに順次段階的にやっていくのがいいのではないかということで、これまでの調査から解析までの流れというのをこの1ページ目につけております。現時点はその調査段階といふところで、地質の把握といふところの第1部が、まだ十分に調査が進んでないという段階ではないかと思います。地表部の調査から地下部の調査、ボーリング、それについては別表1に、この内容、そして何がわかって、そして何に利用するかというのを書いてあります。それをまとめて地質平面図という、これが岩盤のモデル化につながるのですが、それをまず作成していくことになります。ボーリングと地表調査を組み合わせるのは平面と地下方向の情報を得るためです。ボーリングを行いますと、その原位置試験、その場でのいろんな試験（テスト）が実施でき、物性などを得ることができます。さらに透水性とか、水関係、いわゆる地下水に関する情報が得られます。また、地下水調査も実施できることになります。一方、ボーリングを掘りますと、コアという細長い柱状のものが取れます、それをを利用して今度は室内で土質試験（いわゆる土）もしくは岩盤の場合は岩石試料を使って岩石試験を行います。その内容については別表2に示しております。

そして、それらが得られた段階で次に岩盤モデル、モデルというのはいろんな考え方があって、いろんなものができますけれど、実際に近い、いわゆるデータに基づいた、先ほど越智委員の御意見にもありましたけれど、こここの地盤モデルがどのくらい正確にできるか、ボーリング位置等も含めて、モデルができればその次の解析にかけることができます。また解析方法も決まっていませんので、ここまで述べることはちょっと僭越なのですが、一応そこまでつなげていこうということでデータをとる、今、その段階だと思います。

次の横長のA3の用紙に地形判読からボーリング、ボーリング原位置試験などの調査項目が書いてあります。それぞれの個別試験については時間がありませんので省略しますけど、その次に求まるもの、そしてどのような解析へ応用できるかということが書いてあります。その補足として備考がついております。

3ページ目には室内試験、いわゆる取ってきた試料に関してこのようないくつかの試験を実施することになります。この室内試験と、原位置で出た得られたデータ、このデータの質にもよるのですけれど、できるだけ精度の高いものを得ていただきたいと思います。

先ほど盛土とか崖端部と岩盤との境界部というのが非常に重要なことが言わわれていますけれども、これらについても別表2に求まるものについて、そういうデータを求めるんだということが記載しております。

次は4ページ目ですが、実際にボーリング孔の計画と、そこでどんな原位置試験、掘りながら実施したり、掘った後に実施したりするかということが示してあります。ここにも一番この大変な所で、盛土のある部分について、盛土と岩盤に分けてこんな所を赤丸とか四角、三角こういうもので掘り、掘削しながら試験を実施してデータを得るという計画です。その下に掘削計画というものが書いてありますけれど、それはお読みいただきたいと思います。

さらに不搅乱試料というのを取って、まだ原位置と言いますが、その場の状態に近いような試験も試みてもらいたいというふうに考えます。以前に掘った孔をこういう試験に使えばいいんではないかと言われ、そう思われる方もおられると思いますけど、コアについては以前採取したものは経年劣化をしています。掘った孔も時間がたつと状況が変わってきますので、できるだけ掘りながら、もしくは掘った直後にこういう孔内試験というのを実施することが望ましいと思います。

次のページに平面図が付いております。これについては地表踏査と地形解析、その範囲が示しております。ちょうどこの範囲というのはトンネルを中心として山体が両側に広がっております、なかなか住宅地というのは改变が進んでいまして地質の、地表の踏査が難しいのですけれど、こういう山のある地域というのは割とその岩石というものの露出が見られますので、こういう範囲で実施すればおおむねトンネルの範囲を平面的にカバーできるのではないかと、かなり遠くの情報も、地質、地形情報も得られるように計画しております。オレンジが既往の踏査範囲ですが、これをもう少し広げた範囲になっております。この範囲については越智委員の御指摘の範囲にはほぼ一致すると思います。

6ページ目が坑口附近の東側になるのですか、東側の部分の詳細な、一応、被りと言っていますけど、表層、トンネルまでの深さが浅い所、そしてもう一つは牛田地区、今問題になつていろいろ住民の方が懸念されている場所、ここが非常に重要となっていますので、先ほどからの議論にもありますように、ここをまずは重点的に、どこがわかつていなくて、どこをもう少し追加して、どんなデータを得ればいいのか、ということを少し御説明したいと思います。6ページの平面図には既存のものが黒丸と、太黒丸で書いてありますけれど、これをぱつと平面的に見てもらうと、やはりH22-N4という所がデータとしては欠けていて、そしてNo22のポイントあたりの南側も少し欠けているのではないかと。この辺は沢部になつていまして、岩盤までの深度はそれほど深くはないと思いますけれど、こういう所への状況を把握する必要があると、平面的に見てもこの辺が欠けているので、この辺のデータを得ると、より正確なモデルをつくること

ができるのではないかというふうに考えました。

今度は断面です。トンネルのルート沿いの断面が示してあります。これを見てもやはり、先ほどにも御意見がありましたけれど、わかった所とわかつてない所を、それぞれ実線と点線で示しました。これにはわかった所、推定範囲がボーリング孔の両側に20mぐらいですか、これぐらいは一つの地点のボーリングで推定できるだろと思います。そうするとやはり一番重要な住宅の下を通過する部分というのをもう少し調査していく必要があるて、この辺の詳細な地質モデル、そして岩盤の物性を把握する必要があると思います。このB-11、B-9の間で内挿は可能ですが、それだと少し無理があるのではないかというふうに考えました。

その次が、8ページがそれに直交する断面です。これがH22-N1です。そこでは被りが薄いと言いますが、トンネルまでの上載の高さが非常に低いことが非常に重要ですので、このあたりでボーリングをする必要があると考えました。そうするとその既存のボーリングからの推定と、ここできちんと結んで岩盤の状況を把握できると考えております。

その次がH22-N4に関する、このDHとか点線で入っているのですが、これは少しデータが不確かだということで表示しております。

今度は一番懸念される牛田地区の平面図が示してあります。10ページ目です。ここにも既往のボーリングが何本か掘ってありますけれど、やはりぱっと見て全体的に眺めると、やはり精粗があって、こういう所をもう少しボーリングをする必要があるのではないかと考え、赤丸で追加の位置が示してあります。こういう調査と既存の調査、既存のボーリングとかをもう一度洗い直して、そしてさらに地質地盤モデルを精細にしていくということになると思います。

11ページには、また、住宅部の所が書いてありますが、これについてもご覧いただけたるとわかると思いますが、大体こういう所を追加しておけば、まずは全体的なトンネルの路線ルートに関して、データが得られると、精粗のないデータ、一様なデータが得られると考えております。

次が、12ページがそれに関する、トンネルのルート沿いの断面になります。やはり今までのデータでは部分的に少しない、欠如している所があるので、こういうデータをもう少し追加して、そしてより詳細な解析に移っていくのが順序ではないかと思います。さらに、トンネルに直交する断面図が何本か示してあります。13、14、15ページですね。

こういうデータをきちんと取って、そして原位置試験、そして室内試験をやって、そしてそれからまずは地質モデルを作成し、その次に地盤モデルを作成し、そして解析につなげていくと、そういう順序でやっていく必要があるのではないかということで、前回こういう調査を提案させていただいた次第です。以上です。

吉國委員長：ありがとうございました。それではただいま御説明いただきました地質調査項目について、皆様の御意見をお願いします。

大島委員：10ページでちょっと、私初めてなものですから質問させていただきたいのですが、こういう計画の基本になっているのが、この旧地形図と現在の地形とを重ね合わせながら、旧谷底地形を表現することによって、大体この付近が主に盛土になっているんじゃないかな、切取り・盛土の境界になっているんじゃないかなということを想定した図面だと思うのですが、この比較の基になっている旧地形図または空中写真というのはいつのものなのかをちょっと教えていただけませんか。それによってちょっと意見があるんですが。

事務局（石岡）：すみません、補助者の方から答えさせていただきます。

事務局補助（藤本）：復建の藤本と申します。ちょっと年号は覚えていないのですが、米軍の撮影した、大島先生も付けておられると思いますけれども、戦後間もなくのやつを、空中写真判読をして作ったものです。

大島委員：わかりました。

事務局補助（藤本）：今の地形図との精度から言うとちょっと落ちるかと思います。

大島委員：私の資料に付けてありますが、1961年に国土地理院が撮影した空中写真があることがわかりました。それを見ますと、この牛田東地区は土取り場として使ったか、既に宅地造成が始まっていたのかどうか分かりませんが、かなり切り込まれています。だからその米軍撮影時代は稜線部は別としてまだ山は拓かれていませんですから、その時代のものを基にしてやったとすると、この盛土の格好、ちょっと違うんじゃないかなという気がしまして、それでできたらこの1961年、私は国土地理院のインターネットで調べて、そこには写真があるということを確認できましたので、その写真と現在とを比較すると、この盛土の格好がちょっと違ってくるのじゃないかと思うんです。そうしますとやはり、トンネルを掘ることによる沈下で問題になってくるのは、まず盛土部分、そして次に切取りと盛土の境界に引っ掛かる部分、これが微妙に変化しますから、そこがどうなっているかというところを正確に図面に表した上で、多分今まであらましおやりになつたことは間違っていないと思うんですが、微妙な計画をする上では、どこが盛土でその境界がどこにあるかがボーリングではなかなか分かりませんから、面的な広がりは、この少なくとも1961年の写真と今とを比較しながら、もうちょっと検討に耐えるような図面にしてもらつたらありがたいなと思います。

それともう一つ、この図面を見ながら、この谷地形というのを見違えないわけですから、この一番沈下が問題になると思われるの、この10ページの円の、この赤いH22-U7 L41mと書いた断面の所だと思います。平面図で見ますと上側に点線で書いた所、被りが15mぐらいしかないと書いていましたが、この筋のこの下流側に、本当はこの水が流れしていく、低い方へ、谷筋に沿つて流れしていくわけですから、そちらの方向には何か本当はボーリングが必要なんだろうなと思ったらしています。さっきボーリングが余り多過ぎるんじゃないかなという御批判もありましたが、どこか削ってでもこの谷筋の下流側に本当はやっていただかないとい、この盛土の実態というものが、実際一番深くなつて水が流れているかもしれない盛土付近の地質調査をやって欲しいと、そういう意味ではここは一つ欠けているのではないかと思います。

吉國委員長：金折委員、今回の調査が当面これだけやって、それを見てもう一度さらに追加調査が必要なら考えるという話なので、そのあたりについて。

金折委員：そうですね。今の大島委員の話は大変参考になります。まずは、なかなかこれだけ掘るのも大変な所で、トンネルのルートの全域をまずは精粗なく把握したいというのが第一の目的ですので、さらに次の段階の調査として、ここで盛土がかなり深くて、岩盤と盛土との境界、そして風化層の厚さなんかの把握が不十分であれば、また次の段階の調査として、この下流に一本掘るとか、順次、次の段階にそういうものを、他のこともいろいろ出てくるとは思いますので、越智委員の言われるようなひん岩の破碎部とか、そういうものも含めて次の計画に、今回の調査で洗い出して実施していくという考え方もあるのではないかと思います。

吉國委員長：よろしくうございますか。

大島委員：よろしいです。

吉國委員長：はい。

大島委員：もう一つだけ注文。お示しになっている13ページとか14ページとか、横断図があるのですが、余りにもトンネルに近い所だけしか描いてなくて、実は、影響するのはこの範囲ぐらいだろうと思っておやりになつているのかもしれません、やはりもうちょっと広目の横断図にしておかないとい、安心できないのじゃないですか。断面図を切るのは簡単だと思いますから、そういう断面図にはして欲しいと思いますけど。せめて左右30mぐらい幅広くとった断面図にしていただけませんでしょうか。

吉國委員長：今後の検討にしたいと思います。

中根委員：ちょっといいですか。

吉國委員長：はい、どうぞ。

中根委員：大島委員から地形のお話が出ましたので、本来、植生のところでお話しするつもりだったんですが、ちょっとついでに述べさせていただきます。

2,000分の1の地形図で私たち調査計画立てるわけですけども、その地形図を見ていきますと、尾根筋が、谷筋といいますか、これが全く現実と違う。尾長についても二葉山についても。特に二葉山北斜面では堆積土がかなり谷にあるにもかかわらず、それが地形図に反映されてない。これは、航空写真から作っていますので、しかし実際の水位の変化シミュレーションとか、土石流のまたは斜面崩壊のきちんとしたメッシュで切った調査をしようと思ったときに、正確な地形図がなければ植生の調査についても現実に合わなくなってくる。地形図に落とせなくなる。ですから、そういう点ではやはり現地での測量をベースとした地形図を、1,500分の1または2,000分の1の地形図をきちっと整備していただくということはまず前提ではないかというふうに思います。これが1点。

それから2点目は、金折委員からここもボーリングあったらしいなと思う、そういう御指摘もあったですけれども、既に5号線では、かなりの数のボーリングをして、33ですか、それで予測をしたら、2、3cmであると。そうすると今度のボーリングでそこがどういうふうに改善されるのか、それが見てこないですね。ですから、当然その従来のボーリングの仕方がこうこうこうである、その解析がこうこうこうで、それを雨水モデルとか地形モデルでしたときにどういう問題があるとか、そういう関連でこの調査が、追加調査が必要であるというふうに、金折委員はわかってるかもしれない、専門の方は。その辺について、やはりきちんと。

吉國委員長：ちょっと、中根委員には申しわけないんだけれども、一応、第3回の委員会でここをボーリングしますということは決まったわけですね。

中根委員：ですから、その理由をやはりわからないわけですよ。

吉國委員長：それは、余り蒸し返してそのところを議論すると、またその第3回に戻らなきゃならなくなると思うんですよ。ですから。

中根委員：わかりました。それだったら、一度きちんとそのことを、いわゆる5号線の沈下の問題、予測が現実にあると。それから、実際にその後で1号線についてもやったと、予測をね、2、3cmで。これについて、きちんと原因究明をやると。今回でなくてもいいです、次回でもいい、次々回でも、それは委員長、やはり確認していただきたいと思います。

吉國委員長：皆さんどのようにお考えでしょうか。

金折委員：調査案を出した手前ですけれど、やはり地質構造モデルとか、その調査の精度によって相当異なると思うのです。だから、やはり今回こういう補足調査といいますか、追加調査をやって、きちんとわからない所も明らかにして、地盤モデルを作って、そしてそれに基づいて、得られたデータを使って解析を実施する。解析手法もきっとまたどんどん進んだ新しいものができていると思いますので、そういう次のステップに進んでいくという方向がいいのではないかと思います。

吉國委員長：今日、お伺いをしておるのは、追加ボーリングにおける地質調査項目は、これでよろしいかということをお伺いしておるんですね。ですから、それから離れた問題は、また別な機会に設けますので、このたびは何はともあれ、その地質調査項目、すなわちボーリングしたらこういう調査をしますよというのを審議していただかないとい、それが審議事項なんです。そういうつもりで議論をして欲しいんです。

中根委員：わかりました。ですから、今、委員長おっしゃられたように、やるということですから、そのときに合わせて、地質も含めて、ボーリングも含めて、いろいろやっていただくと。

吉國委員長：また、どういう点を、さらに再追加の調査をすべきかということについては、また次回でもあれば、次々回でも会を追って検討をしたいと思います。よろしいですか。

それで、その地質調査項目についてはいかがでしょうか。よろしいでしょうか。それとも、これはもつ

と訂正すべきだという問題がありますでしょうか。

城間委員：項目で、ちょっと細かくなっていますけれども、これ、細かいやつは表示されてないということで理解しているのかどうかちょっと確認なんですかね、4ページに不搅乱試料の採取があつて、盛土・崖錐になっているんですけども、境界部の強風化区間というんですかね、その辺も取つたほうがいいんじゃないかなという意見もあったと思うんですけども、その辺も取る予定、すみません、ちょっと金折先生に聞きたいのですけれど。

金折委員：薄片観察というのも入っていますので、そこはしっかり取つてもらおうと思います。

城間委員：強風化部も取つていただいてやつていただいた方がいいのではないかというふうに思いました。

越智委員：それは同感です。

吉國委員長：そのところは踏まえて調査を。他にございませんでしょうか。

角湯委員：今ほど、金折先生の方から丁寧な御説明をいただいて、今後、地質平面図、縦断図を作成し、地盤モデルを作成した上で解析していくということで、通常トンネルの掘削に伴う解析に使うデータを得るためにボーリング、調査の内容としてはこれで十分ではないのかなと考えています。

それに加えまして、今回非常に丁寧にやつていただいているなと感じる点といたしまして、まず一つ目が3ページ目にありますように岩石の顕微鏡試験というものなんですが、通常ここまで細かなところはやりませんので、この辺は福木トンネルの結果を踏まえて念のためにやるということで、非常に丁寧にやつていただいているのではないかなということが一つ。

もう一つは、7ページ、8ページにボーリングの深さを落とし込んだ図面があるんですが、例えば8ページの場合だと、32mの深さまでボーリングをやられるということなのですが、通常トンネルの底盤から少し深い所までしかボーリング調査等をやらない場合も多いのですが、今回はいろんなことがあって、トンネルの深さ方向から、ある程度の範囲までいろいろ試験をやって、データを取つていただけるということですので、その辺も非常に丁寧にやつていただいているので、現時点で、委員会でコンセンサスが得られた部分については、これで十分ではないかなと考えております。

吉國委員長：ありがとうございました。他に地質調査項目について、もっと付け加えればという点はございませんでしょうか。

大島委員：確認ですが、水位測定は後からやるんですよね。この孔を使って。掘り終わった後はやるんですよね。

西垣委員：ええ、お願ひしています。

大島委員：それで、再確認ですが、この水位測定というのは、ほんと孔を掘つて水位を計るとそういうのではないんですね。間隙水圧を計られるんでしょうね。

西垣委員：ええ。当然。ここで出します。後で。

大島委員：そうですか。

吉國委員長：では、この議題は、幾らか追加がありましたけれども、お認めいただいたということでよろしくございます。

では、そうさせていただきます。

(2) 植生について

吉國委員長：続きまして、大分、時間も超過してきてるんですが、植生調査についての議題に入らせていただきます。

植生調査については、中根案と関案というのが二つ出ております。これらの案についてそれぞれ先ほどからお願ひしているのですが、5分程度で説明をいただきたい。その後に、お二人の説明をいただき

た後に審議に入りたいと思います。

それでは、中根委員から説明をお願いすることにするのですが、中根案につきましては、前回の結論として具体案を提出していただくということに、前回の結論がそうだったように思うので、ついては、事前配付資料の4-2に具体案が出されておりますので、その説明をいただきたいと思います。よろしいですか。

中根委員：今、委員長がおっしゃったのは、概略2次案の件ですか。それとも、今日提出させていただいた3次案

吉國委員長：今日提出していただいた案は、具体案ではないように思うんですね。

中根委員：ですから、それは追加資料ですね。

吉國委員長：いや、追加資料ではなくて、ここに提出されておられるその具体案を、前の委員会が具体案を出してくださいという、それについて議論しましょうという話だったんですね。それは、この事前に配付された資料4-2というのだと思うんですね。ですから、それを簡明に説明をしていただきたいと、まずはですね。

それから、こういうのは、できれば、後、ディスカッションの中で、必要なら説明をしていただくということにしたいと思うんです。いかがですか。

中根委員：具体案を9月10日に示しまして、そしてそれに基づいての意見もいただいたということあります。このようなスライドでその意見を示しているわけすけども、それも含めて回答したい。この植生の調査計画については、いろんなファクターが絡んでまして、なかなかやはり、文書ではなかなか理解しづらいという御意見もありました。幾つかの、誤解といったら大変失礼なんすけども、御理解いただいてない点もありますので、一つは課題の整理を、事前に送りました資料。

吉國委員長：ちょっと待ってください。それは、4-2の説明ですか。何か前回の。

中根委員：4-2の説明です。4-2の説明について、既にこれを9月10日に提示しまして、これについての意見も合わせていただいて、今日に至っているということですので、その議論も踏まえて、今日御説明させていただきたいというふうに思います。

その議論、この4-2の1ページ目、植生に係わる補足調査計画の二次概略案、これについては、前回の委員会で御説明申し上げました。それに基づいて、次のページ、1の(3)ですが、この植生に係わる補足調査計画(案)の整理表、ここから関委員の名前がありますから、これを削除していただいて、一応、計画の項目は、こういう項目があるということあります。例えば、ボーリング簡易水位、ボーリングあるいは簡易水位調査、また土壤水分調査、この土壤水分調査は、いわゆる仮にトンネル掘削によって地下水が抜ける、ウォータータイトであっても100%戻るか、それは7割なのか、5割なのか、こういう仮定があります。こういう仮定を念頭に置きながら、少なくとも一時的にあれ、数年間、場合によっては5年から10年水位が完全に抜ける、地下水が抜けると、そういう中で、そういう状態を想定したときに、どのくらい従来の地下水位が、植生の水分供給に貢献しているか、これも合わせて土壤断面を作って、土壤水位の上から下、雨水の地下水へ抜けていく流れだけではなくて、上部が乾燥したときに土壤水が上昇していきます。これが主に水源としては地下水にあると。しかもこの二葉山の北斜面は、非常に地下水位が高いということが事前の調査といいますか、5号線の関係で、評価の極めて数少ない調査ポイントにおいてそれが示されております。ですから、谷部の崖錐の下、1.5mぐらいの所に地下水が安定してあるというデータが示されております。こういうかなり高い地下水位が仮に全部抜けたとしたときに、どのくらい根系に対する水の供給が影響を受けるか、これをきちんと調査しようというのが土壤水分調査の3であります。

それから、後でもお話ししますけども、一つはトンネル掘って乾燥して枯れるというのではなくて、枯れるという場合もあり得るわけですが、例えば己斐の4号線では、この厳しい乾燥もありますけども、4号

線の上では植栽したスギといった樹木が既に枯れています。こういう事実があります。これは後で越智委員から報告があると思いますけども、その枯れないまでも樹木の成長に影響を受けるということが考えられる。ですから、今、二葉山の北斜面は、尾根の一部を除いて松枯れ跡地です。松枯れが10年から15年ぐらいした後、要するに枯れた木がなくなった頃、最も斜面が不安定になるというのが林学でいう常識であります。そういうデータについても後で報告させていただきます。そういう根系が本来、非常に崩れやすい状態であるということが従来の北斜面の毎木調査によって明らかになっております。そのためにまずその現況を把握して、どのくらいの根系が土壤を緊ぱくする(握む)力があるのか、これを把握しようと。そして、仮にトンネルを掘削した後、土壤が乾燥してどのくらいその成長に鈍化が起こるか。これについても、やはりきちんと予測する、そのためには既存のトンネルでの直上での樹木の年輪成長解析というものをやって、これは要するに掘削する前の年輪成長のプロセス、当然これ年輪が広がっていきますと、年輪幅は小さくなっていく。その傾向と掘削後の年輪の成長の変化、これが土壤の乾燥による影響、地下水が抜けたことによる影響というふうに評価が可能である。これは1本や2本じゃなくて、主な樹種について相当な数をやってその傾向を明らかにしていく。そういう状態に陥ったときに、特に二葉山の北斜面において、根系の成長がどのくらい低下するのか。それがトンネルを掘削しなかった所に比較してどのくらいの差異があるのか、それをH-SLIDER法という表面崩壊モデルに組み入れていく。ただ、これの中には、土の粘着力についての項目は入っておりますが、根系の土粘着力については入っておりません。これについては、黒川らの2007年の論文で示されるように、土の粘着力にプラスしていくということで評価が可能である。すなわちH-SLIDER法にその項目を入れることによって、基本的にトンネル掘削による土壤水の減少、それから年輪成長の低下、それらが実際になかったときと比較してどのくらい影響を受けるのか、これを10mメッシュ程度のメッシュで、100m²を単位で測定していくことがあります。当然、H-SLIDER法を使うには、地形の傾斜、それから土層厚、それから摩擦角、それから土壤の粘着、透水係数等々、当然、各メッシュで測定していくということです。

皆さんは、余り御存じないかもしれません、1999年の広島の集中豪雨において、極楽寺山が集中的に崩壊しております。これは、トンネルの上に限らず、かなりの広域に崩壊しております。このときに極楽寺山の内陸側は1箇所もアカマツ林は土砂崩壊をしておりません。142箇所調べてます。その大半が松枯れ跡地です。マツが枯れて5年から10年たったところです。だから、一見、緑のように見えて、森林があるように見えますけど、森林の土を把握する力は根の力です。根の太さなんです。量の問題です。これが非常に危険な状態のとき、そこでははつきりと1m²あたり、私のモデルで計算した値では2t以下になっている。そこに全部集中していると、2t以上の所では崩れてないということを報告しております。二葉山は、ほとんど今2t以下であります。ですから、これ一刻も早く回復させていく必要があります。それを遅らせるということは、それは負の影響であり、斜面の安全度を下げてしまうということになる。そういう調査を尾長山、または二葉山の主に北斜面において、幾つかの溪流で集中的に調査をしたいという計画であります。その調査ポイントについては、4-2の調査の6ページ、これはボーリングする。これは、要するに水文調査の方々と最後は詰めないといけませんけども、こういう地点で尾根、斜面中部、谷部、これを三つの谷筋でやっていくと。また、尾長山についても同様な方法でやっていくと。要するに掘削による影響を土壤水分の低下、樹木の成長の鈍化という場合ですね。こういったことを主にして、どのくらい樹木の土を把握する力の回復が遅れる可能性を。

ですけども、一番大事なのは、現状はどういう状態であるか。これがほとんどデータがないですね。現環境の。この間、委員長が、非常に危険な斜面であり、今にも崩れる可能性があると発言された。斜面崩壊危険地域、または土石流発生危険地域というのが指定されているぐらいですから、当然なわけすけども、その現状がどうであるか、これをつぶさに見ることによって、また谷部の谷頭部といいますかね、上

流の所にどのぐらい土砂が堆積し、それがどういう土層であるか。地下水はどうであるか。それが低下することによって沈下が起こるという可能性。沈下が起こったときに、そういう谷部の土砂が集中豪雨のときにどういう振る舞いをするか、これもやはりきちんと詰めていかないといけないだろう。そういう計画について4-2で示させていただいた。

さらに、今回の提案に対して、今までいろいろ意見をいただきました。それを加えて修正をさせていただいたのが、今日お手元におきました資料エであります。

吉國委員長：中根委員。

中根委員：はい。

吉國委員長：他の意見もまだあると思うので。

中根委員：ですから、今5分、5分です。金折委員は、10分話されました。私が5分。今5分です。

吉國委員長：簡潔に済ませてください。

中根委員：ですから、今これ一文書を見ないで要約を、私は言葉で申し上げてイメージを。そのイメージについては、改めてパワーポイントのスライド図で示させていただきましたので、ただ細かいモデル予測については、今後、現況調査を進める中でさらに金折委員が御指摘ありましたように、解析手法、モデルの手法等については、今後さらに具体的に検討させていただきたいと。以上です。

吉國委員長：ありがとうございました。

海堀委員：はい。意見あります。

吉國委員長：ちょっと待ってください。関案というのを先にやつぱり、一緒に説明をしていただきますので、よろしくお願ひします。それから後、お願ひします。では、関先生、お願ひします。

関委員：では、御説明いたします。本日配付されました資料のオでございます。まず、大きく分けて5項目の調査を提案いたしました。

1は、植生図の作成ということです。植生図というのは、御存じの方が多いと思いますが、表層地質図みたいな感じのもので、植物群落を地図上に平面的に投影したものです。これは、もう古くから環境をよく反映していると言われております。既にこの植生図は、平成15年に二葉山で作成されておりますが、尾長山についてはまだ作成されておりませんので、同じ縮尺で作成いたします。これを基準にしまして、これは水文の方や地質の方と御相談の上、ボーリングの位置、それから土壤調査、土壤水分調査、根系調査などの地点を考えます。

それから、2番目が土壤調査で、これはもう平成20年度にもう行っておりますけれども、さらに追加すべき所は追加します。これは、斜面に深さ1m、できればもうちょっと深い穴を掘って、その断面について土壤学的な調査をします。そのときに根の分布について調べましたら、根の垂直方向の分布については大変調査が難しいので、これはボーリングのコアの試料を使わせていただきます。

それから、土壤水分の調査、この土壤断面について表層、中間層、低層と3層についてセンサーを設置して、埋め戻した上で連続的にデータロガーで調査いたします。これは非常によく似た植生とか、この近隣で比治山のトンネルの付近でも比較のために調査した方がいいと思います。

それから地下水位の調査は、先ほどいろいろ議論になりましたボーリングについての孔について実施いたします。

それで、これをもうちょっと詳しくしたことが、2から3に書いてありますので、それぞれについてご覧いただきたいと思います。

それから、植生図の作成範囲については、横長の地図に書いてあります。これは尾長山を中心に。植生図をつくるときに群落、組成表というが必要ですけれど、これは二葉山のがそのまま転用できるかと思いますので、それが表-1についてあります。

それから、コドラー調査地点、これ植生調査の基本になる地点です。それも示しております。

それで、ちょっと基本的な考え方として、今、パワーポイントで示しておりますように、一番下ですね、トンネル掘削により土壤が乾燥し、樹木が枯れて斜面崩壊が発生するという、今、中根委員も申されましたけど、このストーリーはちょっと植生学的な普通の考え方から言ってもちょっと問題があるように前々から思っておりました。ところが、本日配付されました大島委員の御意見の中に、私が言いたいことがぴしゃりと書いてありますので、大島委員の6ページをご覧ください。

吉國委員長：関委員、関委員の提案のものだけを説明してください。

関委員：はい。以上です。

吉國委員長：以上ですか。ありがとうございます。

関委員：私の補足的なものとして、大島委員の6ページを御参考ください。

吉國委員長：ありがとうございます。それでは、今、二つの案を説明していただきました。それで、御審議をいただきたいんですが、意見は二つのどちらに対する意見かというのを最初に言っていただいて。

奥西委員：私も意見書を文書で提出しておりますので。

吉國委員長：それは、ここで言っていたいと思うのですが、だから、どちらについてだということを明確におっしゃってくださいて、意見を述べる。その意見が出た後で総合して、中根委員あるいは関委員からそれについての御説明というか、何か御回答をいただきたいというふうに思いますので、だからまとめておいていただきたいんですね、どういうふうな意見があつたかということを。その一個一個やりとりをしていると大変時間が掛かりますので、そのようにやりたいと思います。それでは、御意見をいただきたいと思います。先ほど、海堀先生、何か。

海堀委員：中根先生の御説明がございましたが、まず第一に、土石流が発生する可能性というところがもし非常に心配なのであれば、乾燥するということに土石流の発生が関係するというような一般的な考え方というのには、ほとんど聞いたことはありません。

これまでの委員会の中で、資料の中でまとめられている、過去の五日市トンネルで土石流が起きたというお話をございましたが、あれも私は1,000箇所以上の中にはそういうトンネル付近で起きたものも幾つかあって、五日市の場合もその一つであるというふうに書いたのが、いつの間にか五日市トンネルのみであるというふうに変わふうに書き改められて議論されていますが、そんなものではありません。

次に、今、中根委員が御提案になられたいろんな調査案がありますが、いずれも多くのものが研究段階にあるものだと認識しています。すなわち、その方法も含めて必ずしもそれをやったから、誰もを説得できるようなデータが得られるというのものでない可能性がある。しかも、それをいつまで続けて恐らく、ある一時期の局所的な場所におけるデータに過ぎないという認識をしようと思えばいくらでもできるわけですから、だからそういう観点からすると、この調査というのは終わることがないような心配があります。その意味で、果たしてこういうストーリーでやっていいのかどうかということが疑問に思います。

あと個別にいろんな詳しい内容のところで言いたいことがあるんですけども、それはまた議論の中でやりたいと思います。

吉國委員長：はい。中根先生、少し待ってください、回答は。あとみんなそろえて、他の委員の方々の御意見をいただきたいんですが。

奥西委員：はい。

吉國委員長：どうぞ。

奥西委員：私の意見書は、事前に提出して。

吉國委員長：どちらの方でしょうか。どちらの案について。

奥西委員：事前配付の資料集の中に。

吉國委員長：4－2の方ですか。

奥西委員：はい。

吉國委員長：中根先生ですね。

奥西委員：これは番号から言いますと、資料4－1 IIのさらに（1）ですね。

吉國委員長：わかりました。

奥西委員：これは、調査案を提出するものではありませんけれども、第1回の委員会で事務局側から深い地下水の変化は、地表付近の植生に影響を与えないというような見解が示されたと思います。

それから、また先ほど海堀委員が発言されましたように、間隙水圧の低下あるいは土壤水分の低下は、斜面を安定させることはあっても不安定にさせることはないという趣旨の発言も、確かに複数の委員からあったかと思います。

そういうことに関連して、多少、重複する所もありますが、意見書と参考資料を三つ提出いたしました。私のしておりますのは、他の場所における一例であります。

吉國委員長：中根委員の案か、関委員の案かどちらかについて、それをどうしろと言っておられるのか、そこだけをおっしゃってください。

奥西委員：はい。じゃあ、今の言いかけたのは後ほど、発言させて。

吉國委員長：また機会があれば。

奥西委員：既に、事前に提出しております意見書ですので。

吉國委員長：いろんな方から情報はいたいでおるんですが、今日、それを審議するという状況ではありませんので、だから今日は中根先生が出された案とそれから関先生が出された案について検討をする、審議するということに徹したいと思いますので、よろしく御協力をください。

奥西委員：ちょっと御協力と言われましても、この意見書には中根委員の意見に関係する部分もあります。

吉國委員長：部分もあるというより、中根委員の提案された案がどうだというふうにおっしゃっていただきたいと思うんですね。他の問題の説明はちょっと時間もありませんので、御容赦をお願いします。

奥西委員：それでは、その部分に限って申し上げますが、先ほど出していました中根委員のスライドにも出ておりますけれども、いわゆるコントロールですね、対象地域での調査も加えてほしいという意見を申し上げました。ちょうど関委員から同じ、より詳しい御意見がありましたので、その意見に賛同いたします。

吉國委員長：関委員の案には賛成するという意味。

奥西委員：中根委員にもその意見を取り入れていただいていると私は思っております。

吉國委員長：それでは、はい。

朝倉委員：日本には、総延長2万kmに及ぶトンネルがつくられていて、それを地表から俯瞰したときに、そのトンネルの路線上で植生に違いがあるということは恐らく誰も判断できないことだと思います。

先程来、どなたかも言っておられましたけれども、トンネルの存在が土石流に影響を与えるという、可能性を増やすというようなことも、少なくとも私が今まで読んだ論文では、そういう要因分析がされた、いわゆる論文としては見たことはございませんので、少しその調査の計画の前提そのものがいかがなものかという気がいたしますので、中根先生が御提案なさっている植生調査については賛成いたしかねるというのが私の意見です。

吉國委員長：ありがとうございます。他に。

大島委員：よろしいですか。

吉國委員長：はい。

大島委員：さっき、関委員が私のレポートを読もうとされましたので、私はどちらの意見に賛成かどうかはよくわからないのですが、私自身は基本的にはこれほど大々的に植生調査をやる必要があるんですかと。むしろ

大事なのは、沈下問題が心配されている所の調査をもっと深化していただき、余裕があればやっていただければいいのではないかという、私は感覚を持っています。

それで、私自身のレポート、6ページにちょっと書かせていただいたんですが、長いですので要約いたしますが、さっきの結論からおっしゃっていましたトンネルを掘ると地下水が下がる、下がると土壤水位が減少する、そうすると植生の活力が低下する、よって土砂災害が起きるという論理展開というのは、何か一見美しいですが、科学的説得力にどこか欠けていると、御自身の都合のいいとこだけを寄せ集めるとそなるんじやないかということで、そういうことを前提として大々的に提案されているようなものを調査される必要性には、私は疑問を感じております。

例に出されております広島地区のあの土砂災害、1999年にあったと聞きますが、私も応用地質学会という学会に属していたことがあって、そこの報告を見たことがあるのですが、そこではそのトンネルのトの字なんてどこにも書いてございません。たまたまその中にトンネルが近くにあったんだと思うのですが、ただそれだけでトンネルを悪者にするというのは間違っているんじゃないでしょうか。むしろ海堀委員もさつきおっしゃっていましたが、こういう土砂災害、地すべりとかいろいろな災害、水に絡んだ災害がございますが、そういったときにそれを防ぐ手段としてよく昔から用いられているのが、水を抜くという工法なんですね。これを否定されることになるんですが、トンネルを掘ったから土砂災害が非常に起きやすくなつたといって、では、排水工法をやめようかというような動きをとっている所は誰もおられないと思います。

それで、朝倉さんがおっしゃったんですが、私も随分鉄道トンネルと長くかかわっております。今でも日本最大の渴水問題、トンネル水問題を起こしたとされている熱海の近くに東海道本線丹那トンネルという8,000m抜くのに16年も要したという、苦労した鉄道のトンネルがございます。大分、渴水問題を引き起こしまして、むしろ旗騒動まで起きて、非常に地域の方に御迷惑をかけたということで、トンネルの真上に渴水碑という記念碑まで建ってる、地元の方が造られたのですが、今、朝倉さんがおっしゃったように、先生方をその丹那盆地にもし連れていったとしても、植生の活力をもとにトンネルの位置を、当てる人はおられないと思います。それは、トンネル直上付近にベルト上に植生の活力が悪い所が繋がっているということは全くないからです。私は植生の専門家じゃございませんが、少なくともトンネルと植生との関係においてはそういったことは余り心配されなくともよく、地元の方はむしろ地盤沈下の問題の方を心配された方が、よろしいんだと思います。だから、そのための調査を一所懸命やっていた大で、植生の調査に関しては余力があればその範囲でやっていただいたらいいんじゃないかというが私の意見です。

吉國委員長：ありがとうございます。他に御意見ございませんでしょうか。

奥西委員：はい。

吉國委員長：先ほどの意見ではありませんか。

奥西委員：関係しています。

吉國委員長：関係するのですか。できれば、他の方に御意見をいただきたいのですが。

奥西委員：はい。じゃあ、後にします。

角湯委員：私もトンネルを掘ることによって、その地域に土石流が発生しやすくなつたとか、ボテンシャルが上がつたとか、土石流とトンネルが関係があるというような話は、余り聞いたことはないんですが。仮にそういう中根委員が提案されているようなものがあるとしても、最終的にH-SLIDER法を用いてその地域の安全度について試算するという形になつているんですが、調査結果を予測結果にどのように反映するのかという所がよく見えないといいますか、最終的に調査結果をどういうふうに使っていくのかという所が少し明らかになっていないので、そういうことであれば、先ほど大島委員が言われたように地域の方が懸念

されている問題にもう少し注力した方がよろしいんじゃないのかなと私は思います。

吉國委員長：他に。はい、どうぞ。

坂巻委員：坂巻でございます。今の議論に関しまして、私は第3回のときに申し上げたと思いますが、ウォータータイトでもってトンネルを施工したとしても、落ちた地下水が元のレベルまで回復しないという例を私は幾つか知っております。それで、そのために小規模ではありますが、地表に土砂崩壊が起こったという例を知っております。

それから、今、奥西先生が述べようとしまして、私はこの際、奥西先生にきちんと説明していただいたほうがいいと思うんですが、委員長はとにかく今日の議題でないからということで、発言を止められましたけれども、少なくとも奥西先生の持つておられるケースにもトンネルに関連した地表の乾燥とそれに伴うような竹林の被害ということが述べられております。今のその全国のトンネルの中でそういう事例が出来ていることはないという御説明ありましたけども、これは全体の地質やトンネルの構造、それから地表との関係、そういうものについて非常に局地性を持った現象なので、全国的に問題がないからこういう問題がないというように議論を単純化することはできないと思います。少なくとも、ここの二葉山トンネルの場合は、土被りがそれほど厚くないというような条件で、しかも水通しのいい風化花崗岩の地底を通してのいるという点から見れば、私は中根先生の持つておられる心配というものは、ある程度現実の問題として発現し得る要素だと思っております。

したがって、住民の方々が心配しておられる地盤沈下との関連ですが、これは決して二律背反的なものではなくて、この調査をやったから地盤沈下をやらなくともいいということはどなたもおっしゃってないわけですし、地盤沈下はそれなりに重点を置いてやることとあわせて、やはりこの地表の植生の状況と、それから土壤緊密化力、それからそれによる土砂災害の発生の可能性の評価ということは、並行してきちんとやってしかるべき問題ではないかと思っております。

委員長の議事進行に対する批判もあわせて申し上げましたけれども、とにかく皆さんそれぞれに考えて資料を出されているわけですから、それは積極的にここでもって議論の場に上せていただくように、特にお願いしたいと思います。以上です。

海堀委員：はい。

吉國委員長：はい、どうぞ。

海堀委員：トンネルを掘って土石流が起きていたという話が、いつの間にか土石流という言葉ではなく土砂崩壊に変わっていたり、土砂移動現象であったり、奥西先生の方から事前にいただいたのも決して土石流が起きていたものではなかった。

だから、トンネルを掘ることで土石流が起きるというふうに結びつけるのを止めていただきたいなと私は思います。

金折委員：じゃあ、ちょっと去年の防府でいい例がありますので、よろしいですか。

吉國委員長：はい。

金折委員：昨年、御存じのように、防府市、7月に大土石流が起って、14人、防府市と山口市で亡くなられました。そのそばを大島委員も御存じでしょうけど、山陽新幹線のトンネルが、被りの薄い所ずっと通っているんですね。その地質は、中粒から粗粒花崗岩で、広島型花崗岩、ここの花崗岩と地質は同じ岩体です。風化層も風化状態もよく似ています。ところが、その新幹線のトンネルがあつたために土石流が発生したのではなくて、私も調査を、524箇所の発生場の220箇所を調査しました。しかし、トンネルとの関連性は全く認められないし、専門家の中でもそれを関連づけて言われる人は一人もありませんでした。

吉國委員長：意見は多いと思うんですが、ばつばつ中根委員に説明をお願いしたいと思うのですが、地下水を下げることが斜面崩壊というか、それにつながるかどうか、もっとも幾らか耐力が増すのではないかというよ

うな御意見が多かったと思うんです。それについて、何か回答をお願いします。

中根委員：今、いろいろ御意見いただいたことについて、全般的にもお答えしたいと思います。

逆の意味で、トンネルが全く影響していないことは言えるということはないと思うのですね。ですから、逆に危険性を排除するというのが安全検討委員会です。私が、何かこの問題をつくり出しているのではなくて、実際にこの二葉山の北斜面に住んでおられる方は、だんだんと実際の土石流とか、そういう問題について知識を持って来られていますので、非常に危険性を感じておられる。この心配を払拭する必要がある。

もう一つ、やはり現実にこの二葉山の北斜面は、土石流または斜面崩壊危険地域です。一般的には、こういう危険な地域の自然は、触れない、さわらない、いじらないというのが最大の安全対策というふうに自然のメカニズムの複雑さから考えてみて、その因果関係を究極的に100%確認するということはほぼ不可能ですから、それこそ何年かかるてもできない。限られた年限の中で、少なくともそういう危険性を排除していく。ないということを、やはり住民の方に理解していただくと。あるか、ないか含めて。だから、とりあえず、現況はどういうふうになっているのか、今データはありません、はつきり言って。ですから、そういう状況の中で、もう何かちょっと触れば危険なのか、いや、多少触っても大丈夫なのか、こういったデータをやはります取る。現環境をですね。だから、土厚含めて傾斜、この傾斜も公社が配付したような地形図では、堆積土は全く反映されておりません。これもどのくらい二葉山、または尾長の谷頭部に堆積しているのか、この地下水がどうなっているのか、その崖錐断面がどうなっているのか、地下水が抜けたときにどういうことがあり得るのか、それは谷部の大量にたまっていると思われる土砂だけじゃなくて、その周辺の斜面が結構崩れているのが現実なのですね。その、より乾燥化したときに、どうなるのかですね。ウォータータイトですから、基本的には元に戻す。その影響が逆にどういう結果を引き起こすのか。ただ、万が一、崖錐の堆積土が沈下してそこに空洞ができたときに、その周辺の斜面が亀裂ができたときに、そういうときに集中豪雨が起きたときに、乾燥してたって一気に飽和に達します。いわんや、そういう割合に雨水が集中するということは、これは私もいろんな土石流発生のポイントを見てまいりましたが、鉄砲水が出たり、例えばその崩壊の所にちょっとした林道、作業道をつくったり、そういうことによってその頻度が非常に増しているという報告もあります。

私は、枯れると言っているのではないんです。問題は、今非常に危険な状態にあるという認識は多分皆さん、根系から言いますと、一見樹木があるように思われるかもしれません、しかし、太い樹木は決して多くない。だから、彼らの持っている斜面をつかまえる力は、1999年の集中豪雨で崩れた所と劣らない、こういう現実の中で、トンネルを掘って地下水が抜けでどういうことが起こるのか、起こらないのか、その前にどういう斜面の状態なのか、植生の状態なのか、これをもしそういうことが、御異論があるならば、またトンネルの上で植生は変わらないよと、確かに植生は変わらないかもしれない。しかし、その植生、植生の年輪成長がどうなっているか、誰か調べた方おられますか。おられないじゃないですか。今、非常に危険な状態で、10年でも20年でも経って、松枯れ跡地の広葉樹が太っていないといけない。それを運らせるということは、一般的に環境影響評価では、行為があつたときとしないときとの差が影響ですから、そのときどのくらいの樹木の成長が鈍化するか、それは結果的には年輪幅とかなり比例しますから、どうなるか、これをやはり具体的な影響評価についてはいろいろ御意見があるし、どう結びつけるかというのは、一応今日はパワーポイントで御説明しようと思いましたけども、時間の関係上、次の機会にしたいと思います。そういうことをやって、その上で議論してもよろしいじゃないでしょうか。

ですから、私も今日のパワーポイントで、影響評価というよりも、まず現況はどうなっているのか。それは地質学的な問題もあれば、地形的な問題もあるし、植生の問題もどうであるか、これはやはりきちんと把握して、また堆積土がどのくらい堆積しているのか。ですから、そういう沈下がどういう影響を起こ

すかということは、土層構造の変化ですから、これについてもこここの事例だけじゃなくて、既存のところでいろいろ調べるということもあり得るんじゃないでしょうか。はっきり申し上げるのは、そのトンネルと樹木の成長の影響、それに対する根の根系、根の根系というのはすなわち林学的な砂防学では、土の粘着力を足すものとして評価されているものですから、これはいい加減なものではありません。しっかりとしたもので。ですから、そういう点でまずきちんとした現況を把握するということで、皆様の御賛同をいただきたいというふうに思います。

吉國委員長：今、中根先生からいろいろ御回答もあつたし、お願いもあつたりしたんですが、一通り委員の皆さんから意見をいただいたいと思っております。審議の予定時間も過ぎておりますので、次の審議項目も残っておりますので、今回はここまでとさせていただきたい。今日出ました、委員の皆様の意見を事務局でまとめさせていただいて、それで次回委員会で継続審議ということにさせていただきたいと思います。今日、これ以上幾らやっても結論が得られるということではないように思いますので、次回の。

中根委員：一つだけ。ですから、現況を把握という点では、特に異論はないのではないかであります。だから、予測までいかないで。

吉國委員長：それも含めて、一部だけということは余りしたくはありませんので、それも含めて次回に、継続審議をしたいと思います。

中根委員：金折委員は、いろんな解析は今後の課題の中で、とりあえず現況把握を先行させていただきたいということで、我々は一応その案については否とはしてないということです。ですから、そういう意味では、出口まではっきり今の段階で、海堀委員も言われましたけども、ある程度まだこういった研究実績は十分やられてない、それは林学と土木学との融合性というのが砂防ダムと治山ダムのですね、同じように十分されてないというようなこともありますて、ですから、やはり住民の安全検討という点で、そういう危険性があるかないか、現状把握という点を含めて、次回、きちんと議論をしていただきたい。

吉國委員長：次回の審議にさせていただきたいと思います。事務局で今日出ました意見は整理をさせていただきます。

（3）水文調査について

吉國委員長：それでは、次の審議項目の水文調査について。これは西垣委員から配付資料にて水文調査についての意見をいただいておりますので、西垣委員からこれも5分程度でお願いいたします。

西垣委員：お手元の資料の大島委員の前のところに2枚、水文調査についての説明が、こういう意見がございます。先ほどからトンネルを掘ったことによって、地下水が下がるだろうというふうな話、どこがどれだけ下がればこういうことが起きるかというのを我々知るためには、やはり現在の地下水がどうなっているかということをちゃんと把握しておく必要があります。

それは、金折委員の方から追加ボーリングをやりたいといったときにも、大島委員の方から当然地下水測るんですねっていうふうな御意見があつたと思いますけれども、ここで一番問題になっています、特に高盛土になっているような所の中の地下水と、トンネルを掘る対象となっている岩体の中の地下水を両方やっぱり測っておきたいという、これを測っておかないと、岩体の中の地下水がどんどん下がることは、もうトンネルを掘ったらほどんど、ウォータータイトしなければ必ず下がると思いますので、しかし、その上の盛土の部分の地下水がそんなに下がらない場合がございますので、ぜひ、それは今回、今後追加ボーリングの中でもきちんと二つに分けて、測っていただきたいということでございます。これは、この今までのボーリングでの地下水の調査というのは、ここは盛土の地盤が水位が下がることによって、地盤沈下するということを検討する非常に大事な所だということを余り認識なく、ただ単に地下水の計測が測定項

目に挙がっているというくらいがあるんです。

ですから、ここに關しまして特に注意をして、上の盛土の中の地下水とそれから下部の岩体の中の地下水を最低でも2段で測っていただきたいというのが、希望でございます。以上でございます。

吉國委員長：ありがとうございました。水文調査の案につきまして、各委員の意見をお願いします。

奥西委員：水文調査については、第3回委員会で意見書を提出しておりましたけれども、それについての説明する時間を与えられませんでしたので、今回、再び、それについて説明したいと思います。

吉國委員長：それは今の水文調査に關係があることですか。

奥西委員：はい、そうです。先ほど、ちょっと申し上げましたが。

吉國委員長：簡潔にお願いします。

奥西委員：はい。第3回の委員会に提出した資料でありますので、今回、改めて配付はされておりません。

吉國委員長：それでは資料はないわけですか。

奥西委員：配付済みのものです。今回は配付されておりません。すみません、ちょっと私自身のものを探しています。

吉國委員長：資料を用意していただいたら。後でよろしいですか。用意していただいている間に他の委員の方から御意見を伺って。

奥西委員：資料が出てまいりましたので。事務局から提出された資料に沿って、その問題点を指摘する形で意見を述べますが、全体的に水文学の觀点が非常に希薄であるということを指摘しなければなりません。

特に、水文学的な別に学問的なことを主張するわけではないですが、要するに科学的な分析が必要だということを言いたいのでして、例えば、マニュアルにこう書いてあるからこうしたんだというようなことは、特に影響を心配されておられる地元の方々の理解はとても得られないだろうという具合に思います。

そして、この水文学的な解析、一番基礎になるのは水收支で、単にそれは水が入ったり出たりする量を調べるだけと思われるかもしれませんけれども、水文学的なレスポンスというの、インプットである降水、あるいは人為作用から、その結果として出てくるいろんな水に関する現象のアウトプットですね。その間に特定の時間レスポンスというのがあるというのが特徴的なので、トンネル工学に関する他のことと多少違うところがあるわけですが、水收支を分析することによって、その中でまた今のようなタイムレスポンスを考慮することによって、かなり明らかになってくることがあります。そういう觀点から、水に関する資料を解析していただく必要があるということを最初に申し上げておきたいと思います。

1として、地下水に関する基礎概念について、ここで特に地下水位という言葉が非常に安易に使われているということを指摘しておきます。これまでの事業者側の測定では、とにかく測ったものはそれを地下水位と呼んでおくと、そういう具合に受け取ってよろしいんですけども、例えば西垣委員が提案されているような調査をすると、浅い所の地下水と深い所の地下水と違いますから、単純にこれは地下水位ですと言えないといういう所が生じてきます。それだけ認識のレベルが上がるということなんですけれども、そういうことも考慮しておかないといけないと思います。

あと、イオン分析の結果について、かなり細かい議論をしておりますけれども、これは要するに、地下水が流れてくる中で、いろんな化学反応を起こして、その反映として水質が出てるので、それを通して地下水がどうやって具体的なそのボーリング孔の中に現れているのかということを推定するわけですが、細かいことは申しませんが、もう少しそういうプロセスに即した考察というのが必要であろうという具合に思います。

最後に、4の地下水観測結果について書いておりますが、これは主としてボーリングでの観測成果からそれぞれの場所の地下水がどういう性質のものを持っているのかということを判断して、それをシミュレーションのためのモデルに盛り込むということですが、事業者側の資料にも不圧地下水、被圧地下水、裂

か水という三つを区別しており、それ自体は問題ありません。それから、不圧地下水に関しては、パラメータをどのようにセットするかという問題はありますが、原理的な問題は割合小さいわけです。ところが、被圧地下水に関しては、いわゆる被圧構造をどのように把握するかということが重要でありまして、ポイントのデータからは十分な情報を得られない。そのために、できるだけ詳しい地質の情報が必要である、という具合に考えます。これは出ているものでは、ポイントデータだけで判断されているところに問題があります。最後の裂か水に関しては、かなり問題でありまして、ボーリングをしても、たまたま目的とする、あるいは目的とすべき裂かに当たることもあるし、当たらないこともあります。そういうことで、非常に難しい問題を含んでおりますけれども、実は事業者側のシミュレーションでこの裂か水の問題をどのように扱ったらしいかというのが非常に不透明で、その辺については慎重に検討する必要があるんじゃないかなと。

それからまた、シミュレーションの結果について、もうこれで正しいんですというような言い方がされており、しばしばそういうことが多いわけですが、少なくとも水収支によるチェックがなければ、これはもう絵空事にしかならないということになります。

あと、一つだけ追加いたしますけれども、渓流の流量が測定されて、データが出ておりますが、途中で切れております。それについては、地元の了解が得られないで、調査を続けられなかつたという説明がありましたけれども、これは考えてみたら、住民の人たちがそんなに協力できるかというのがある程度理解できる。つまり、測り放しで、その結果を地元に返さない。それじゃあ、何か薄気味悪くて、協力できるかという気持ちになったとしても、私はその方がよいとは決して言いませんけれども、仕方ない面もあるので、少なくとも水収支の観点から渓流流量の測定データを分析する、さらには水文解析を行うということが必要であるという具合に思います。以上です。

吉國委員長：お分かりいただいたでしょうか。

中根委員：私もですね、このシミュレーションの結果、この環境影響評価ですか、最初の委員会で見せていただいた結果、その信ぴょう性についてですね、まず1点は、二葉の北斜面で1箇所しか測っていない。それだけで推定されている。評価されている。だけどもよく考えてみたら、地形図もいいかげんですね。どうやってシミュレーションをしたのか、まず地形がきちんと把握できて、地下水が把握できて、それで抜けたときに地下水の低下を推定して、それでシミュレーションをするんですよ。だけど、そういうのがですね、不確かなまま全部シミュレーションして、結果だけは出ている。そういうことが実際に行われてきたものをですね、それをどういうふうに改善されるのか、今、奥西先生が言われたように、収支からきちんと押さえる。それからモデルの構造上の問題、どういうモデルを使ったのか、どういうデータを使ったのか、その整合についてはどうだったのか。そのリアルな報告をしていただきたいというふうに言ってきたわけですけども、今までない。それはまとめてしていただくとして、そういう点で、やはりデータとして、宅地についてはこういう調査があるけども、尾長山とか二葉山については、この文面から見ますと、全く考慮されてない。ですから、それは植生の調査と兼ねていくのでしょうかけども、しかし、実際に面的な評価をするに当たって、やはり仮に委員も地下水調査をすると言っておられます。私も当然すると提案しているわけですから、やはりこの尾長とか二葉の山体の地下水について、ある程度データを取って、適切な予測というものをですね、ですから我々はその調査のボーリングの地点を提案させていただいている、私は具体的に地図上に落として、これを含めて、今回は無理としても、次回継続して、その点については議論をしていただきたいと思います。

吉國委員長：今、奥西先生とそれから中根先生がおっしゃるのは、水文の解析まで含めて計画を出しなさいよということいいですか。

中根委員：いいですか。角湯委員ですか。中根に対して、もうちょっとアウトプットをきちんと示せと。要するに

予測モデルまできちんとして、この場に持って来いという御意見もありました。金折委員はそれは調査、調査を続けていく中で、深めていきましょうという。ただ、やはり前回のシミュレーションのやり方があるわけですよ。それとどう違うの、どう改善するの、そのためにどういうデータが必要なの、どういうモデルをどこがどう間違えたの。だから、その辺がですね、見えない段階で、ボーリング水位調査というのは、もうこれ全部一貫してゐるんですね。植生の場合、今まで調査がほとんどないから、そのギャップというのはないんですけども、全部、水文についても地質についても（調査が）あるのですよ。その中で我々議論を強いられてるという苦渋ですね。これ聞かれた市民の方々はね、本当にどうなってるんだろうというふうに思われてますよ。

ですから、それはそれで置いといて、そういう問題をきちんと議論してから、ある程度全く、じゃあデータが出たところで考えましょうというわけにいかない。ある程度、こういう方法があって、研究段階だろうが、ある程度実証されているモデルで、前回のモデルがどうであったのか、そこがどこが問題なのかですね。それで点数を増やせば精度はよくなるのか、考え方の問題なのか、データをもっときちんと集めないといけないのか、それが読めない中で、追加調査、追加調査と言ってこられたのですね。そのことをよくよく委員長さんは御理解いただきたい。

ですから、その点を含めて、今回議論できなくとも、次回、次々回については、水文も含めて地質含めてですね、きちんと福木の検証を含めてやっていただき。それは1回じゃ無理の場合、1回、2回でもいいですよ。これやっていただかないといね、多分、住民の方々はやはり同じこと、多分専門の委員の方は、ああ、ここが違うから今回は大丈夫だよというふうに御理解されてるかもしれませんけども、私も含めて、どう改善されるかわからない。だから、そういう不安を私だけじゃないと思うのですけどね。そう思っておりますので、ぜひ、その議論を改めてしていただきたいと。

吉國委員長：西垣委員、何か御意見ございますか。

西垣委員：水文に関してでなくともいいですか。せっかく中根委員の方からいろいろ、今回の委員で追加の調査のどこが違うんだという話と、今までの解析と評価の仕方ですね、どこが違うかということで、金折委員が提案されてました追加の調査の中で、現地からできるだけ、非常に我々大変なんですから、不搅乱の試料を取ってきて、地下水が下がることによって地盤がどれほど沈下しますか、というデータは今まで取ってないんですよね。今回初めてこの調査でそういうデータを取ってくると、今まだ手を入れさせていただいてないんですけど、牛田地区においても盛土の中でそういうデータを取ってくると、水を下げたことによって、あそこの盛土が沈下するかどうかというのは、大体僕らは分かってくると思いますので、今後、少ない点でございますけれども、力学試験で、追加ボーリングから出てくるデータというのは貴重なデータが出てくると思いますので、ぜひその点は御理解していただいて、新たな一步になってると、福木とは全然違う結果が出てくると思いますので、よろしくお願ひします。

吉國委員長：他の委員の方、どうぞ。

越智委員：それで、具体的な地下水が低下することによる沈下被害の問題で、今日ちょっと資料は出させていただいたんですが、全く今まで検討されてないというか、要するにいわゆる即時沈下、地下水抜くことの即時沈下の問題は福木では十分検討されてるようなんですが、それ以外のいわゆる圧密沈下とかあるいはバイピング、大島委員も今日の資料の中に書かれていますけれども、そういう問題、そういう懸念がやはりありますので、そういうことにもきちんとこう反映できるような、そういう地下水の調査・検討をしていただければと思います。

特に福木に関しては、これは私が出している分は全くの未解決で、ほったらかしにされてるような問題ですし、明らかにこれは地下水の影響があるのではないかと思われる節がありますので、そのあたりの検討も含めながら、今後の検討事項に生かしていただきたいと思います。

吉國委員長：どうしましょうか。その他の委員はもうありませんか。

大島委員：よろしいですか。さっきのシミュレーションの手法について、地下水関係は西垣さん専門家でございますけれど、私も若いころにトンネル掘って漏水問題を起こしまして、地元からつるし上げを食ったということもありますし、鉄道のトンネルはそういう問題が少ない所を路線選定段階で検討しなきゃいけないというので、私なりのどんぶり勘定の水収支法をつくって、主に九州新幹線などから、いろんな所で路線をどこを敷いたら一番影響が少ない所がなるんだろうかというような感じで、そこに使えるような水収支法をつくったことがございます。

そのときは基本的にはそんなめったやたらに地質調査、ボーリングなんかできるはずございませんので、地形・地質をやっとにらんで、ここはこれぐらいのデータのはずだと、いろいろやってみて、その近くにある井戸の水位だと、河川の流量だと、いろんなデータをとって、照らし合わせて、近くにトンネルがあれば、その湧水量を説明できるかと、そういったできるだけ金の少ないデータで検証しながら、水収支計算用の地質モデルを作ったものです。それは非常にアバウトなやつですが、それはそれなりに使えるんですよ。

この地域でそれをやろうとする場合、対象とする範囲はそれほど広くはないですから、今まで得られたデータは使えますし、大体の勘で入れられるデータもあると思うんですが、大事なのは、この例えば、盛土がどれくらいの厚さあるんだろうか、風化層がどれくらいあるんだろうかとかいうのは、ある想定はできてもそれ以上のものはできませんから、もうちょっと深度化しようとすると、金折さんが提案されたような調査が必要になってくるということだと理解すべきだと思います。

それで、私の提出した資料は、もう時間もないみたいですが、もう終わりでしょうか。

吉國委員長：最後まで待って。

大島委員：まだあるんですか。

吉國委員長：今日は無理なように思います。

大島委員：ああ、そうですか。

吉國委員長：どういたしましょうか。

西垣委員：ぜひ、聞かせてください。大島先生の。

吉國委員長：では、もう少し、先ほどから時間は経過しているのですが、お願ひします。

大島委員：では、すみません。私が3回ほどさぼっていましたので、でも私なりに委員としての職責を少しこれをやさなければいけないと思って、過去の資料をいろいろ調べてみたのですが、いろいろ今日話題になっています福木トンネルに関しては、私はトンネルと地下という雑誌を見ただけで、すごく沈下してるんだな、何でだろう、というふうに思って、不思議に思っていたところでした。それで場所すら知らなかつたんですが、今回、委員になったということで、いろいろ地形図調べてみて、何だ、こんなところ通ってるのか、じゃあ当たり前だよなと思ったのが、1ページの図面です。米軍が1947年に撮った空中写真がございます。これ、慣れた人はどこが山でどこが谷でというのは、起伏が見えるかと思うんですが、そうでない方は写真を逆さまにしてみたりですね、いろいろやっていくと、立体感がわくと思います。赤い縁で書いてある付近を福木トンネルは通っています。右側の図面が現在の25,000分の1の地形図に路線を落としたものですが、よく見ていただきたいのは、このトンネルは南側に呉婆々宇山という山がありますが、その山を源とする水系がずっと北東へ流下していく間に、その谷がつくった扇状地といったり沖積錐といったりしますが、そういう土砂が堆積した直下部分を貫いてることは一目瞭然です。こういう扇状地直下にトンネルを掘れば水は当然出てくるわけですが、これを計画した方には悪いですけれど、こんなのが付かなかつたんだろうかなと思ったりしているほどです。だから、ここと二葉山とは全然違うということを申し上げたいと思います。

それで、2ページの空中写真、これは再三言いましたが、1961年、昭和36年の撮影ですが、この写真に計画されているトンネルを破線で示してみました。そうしますと、この牛田東地区というのは、ぼこっと穴があいて随分、切り取りがなされているということが分かります。今の造成の準備をされていたのか、土取り場みたいにして土を出していたのか分かりませんけれども、さっき正確な地形図が欲しいと言ったのは、この図面を基にしてやつていただけませんかと言ったのはそういう意味です。北から南から、それからトンネルの出口の方も既に相当切りたくられて、二葉山が無残な格好になりつつあるということが分かりうかと思います。

それで、ついでに写真を7ページと8ページに付けておきました。7ページのものは何と日本陸軍があった頃、1939年に当時の陸軍が撮影したものだそうで、これも国土地理院のホームページから検索することができます。これを見ますと、全く二葉山とかいろんな地域に開発が及んでいないということが分かりうかと思います。これぐらい自然是二葉山にあったんですね。

それが、次のページの8ページに行きますと、戦後すぐですが、1946年、米軍が撮影したやつ、これでいきますと、もう稜線部にはだつと道がつくられて、何か開発が進み出したかなというようなものが読み取れる状況になっておりますが、この頃からいろいろ二葉山地区に開発が及んでいるということが分かります。

それで、私の言いたいところは、元に戻りますが、2ページの3というところですけれども、実質的にはこのトンネルで一番問題にすべきは、再三申し上げてますように、牛田東地区だと、トンネルの東側の坑口付近、この2箇所がやはりトンネル施工をした場合に、いろんな意味で環境問題が出てくるだろうと。その場合に、2ページの後ろに書きましたのは地形図、もうちょっと詳細なものが欲しいとか、横断図が十分欲しいとかいうことを書きましたが、3ページに書きましたけれども、こういう切り盛りによって造成した土地というのは、注意しなければいけないのは、谷筋に沿って盛りたてていくわけですが、下流側へ、連結させたこの伏せ樋といいますか、排水施設をしっかりと設けながら、盛土がなされたかどうかというところが、一番の問題で、これが不十分な場合にはいろんな不具合が出てまいります。

1とか2に書きましたが、切り盛り境界で傾きが出たり、2番目の盛土部分では盛土の厚い部分は当然沈下が大きいと思いますが、その地下水が、さっき申しました伏せ樋等みたいなものがしっかりとなされていれば、そういう問題はないと思うんですが、往々にしてそういうものが不十分ですと、沈下が起きたり、あるいはペイピングが起きたりすることがあります。

ちなみに、先の阪神大震災でも谷筋の盛土部分で大分いろんな被害が起きていますが、起きている所と起きていない所があります。当然、伏せ樋等による排水施設がしっかりなされたところというのは被害が起きていません。

そういうことも考えて、当地がどういう状況になっているのかというのをよく調べてほしいと思います。この地域はどれくらい、造成がなされてから何年経過したかというのは、私は全く分からないので、今申し上げましたような、例えば1、2に書いたような類の不具合とか何かが今までに起きていないのかどうか。あるいは広島もこの間、大きな地震があったようですが、ああいった地震のとき、何もなかったのかどうか。なかつたのであれば、もうトンネル施工に伴う問題というのは、かなり軽減というか余り問題にする必要はないと思うのですが、やはり今でも上記に言ったような不具合が今までもあったのだとしても、それなりに何か考えながら、やっていかなければいけないんじゃないでしょうか。その場合に、必要なものは3ページの後ろ、4行目ほどに書きましたが、さっき述べました詳細な地形、それから既往の変状がどういうふうにあったかということを調べるとともに、さっき金折先生が提案されましたようなものをやつていただいて、特に西垣さんが提案された表層部分、盛土部分と違う部分といいますか、そういうものを分離しながら、測っていただくということで、影響というものを検討できるのではなかろう

かと思っています。

そんなところでよろしいでしょうか。他にもまだございますけれども。

吉國委員長：大島委員のおっしゃったのは、現在、西垣委員が出されております水文調査について、核心部分については、やるべきだというふうにおっしゃっておられるわけですね。

大島委員：はい。

吉國委員長：いかがでしょうか、皆さん。越智委員とか中根委員、奥西委員はもっと水文調査の規模を広げなさいということだったよう思うのですが、今の大島委員、それから朝倉委員の御指摘は、現在のままで、特に宅地の部分の地下水低下による沈下を推定するには、どうしても今のものがいるというふうにおっしゃっているんですね。

西垣委員：先ほど、大島委員が一番最初のときに範囲が狭過ぎると指摘されたのもあります。これ特に、我々、二葉山とか山体の所までもう少しやっぱり拡張して、やっぱりそこからも水が来ますので、ですからやっぱりそこへは、少しやれる範囲で、今回のボーリングは結構深い所までいっておりますから、山体についても取れると思いますけれども、中山地区はほとんど岩ばっかりでございますので、そこでどうなるんだとかいう話になってくると、少し山体までやれる範囲で、ただ、これは我々大学人というのは好きなこと言っているだけで、使るのは国民の税金でございますので、できるだけ効率よい方法を考えていくのも委員会の責務かなというふうにも思うんですが。

吉國委員長：委員長としましては、今日のまま見かねるという話もありますし、このままやつていただくというのもありますし、それから次回にもっとその範囲を広げて、計画するというのもありますが、どうしようか。西垣委員としては、このままやらせてほしいとおっしゃっていますが、皆さん、このままやらせてほしいというふうに、もっと追加をしなければならない部分は、また追加をするということで、よろしいでしょうか。

奥西委員：今、委員長が求められたことに異存はないわけですが、それを実行するに当たってですね、少し留意しておきたいことがあります。

今日、事務局の方からまとめられたその地元の懸念事項というのが、余りにも一般的な書き方をされております。一般論としては、朝倉委員、大島委員が大局的な立場からおっしゃったことは、確かにそのとおりで私も賛同するわけですが、懸念事項というのは、もっとローカルな話であって、私が把握している②のことでもですね、特定のボーリングで特定の箇所に被害が現に出ておるという事実を基に、懸念が表明されているんですから、それに即した説明を事業者側からされないと、委員会がこういう調査をしたいというのと、地元で協力できないというのが、永久にすれ違ひのまま終わってしまう恐れがあるので、その辺は話がかみ合うようにする必要があるように思います。

吉國委員長：その辺は可能なんじゃないかと思いますが。

西垣委員：委員会のときに、越智委員が住民の方がボーリング調査が入ることによって、水が涸れるとか、それに大島委員の方は、上の層があって、もう少し通しにくい層があって、もう一個下の通しやすい層があって、そこをボーリングで抜いてしまいますと、上の水が全部下に落ちてしまったりするようなことが実際起きる可能性があります。ですから、住民の方にここをこう掘っていって、そういうふうなことがあると、今、奥西先生がおっしゃっておられましたので、是非、それは住民の方には、こうこうこんな理由でここにこういうことが起きているんですよという説明はやっぱり私はするべきではないかなというふうに思います。

吉國委員長：今の西垣委員の補足の発言を踏まえて、水文調査の案を認めていただけますでしょうか。よろしいですか。

では、そうさせていただきます。そのように進めます。

(4) その他

吉國委員長：それでは、少し時間が5分ほど予定時間をオーバーしているのですが、これから、「その他」というところに入ります。あと10分余り、お時間をいただきたいと思いますが、よろしくございます。

それでは、最後の「その他」。一つには、次回委員会に向けた調整を、できることなら11月中に行いたいと思います。皆さんに御意見をお伺いをしておきたいと思うのですが、カレンダーをお持ちでしょうか。11月の中旬から後の方にまいります。11月の13日が土曜日、14日が日曜日なのですが、ここでできれば皆さんに御意見を伺って、この日に決められれば決めたいと思います。13日いかがでしょうか。

関委員：具合悪いです。

吉國委員長：都合が悪いですか。じゃあ、まあこの13日はダメということで、14日はどうでしょうか。14日は問題ありませんか。あと、もう御一方、佐々木先生がおられるんですが、それもちょっと少しベンディングなところがあるんですが、11月14日に決めて、事務局、よろしくございますか。ちょっと事務局は、今日の整理が大変忙しくなると思うのですが、では、事務局に頑張っていただくということで、11月14日を予定しておきます。よろしくございますか。

何か、横山委員、御意見が。

横山委員：日程の方ではなくて。

吉國委員長：日程の方は11月14日に仮決定をさせていただきます。

横山委員：時間が過ぎたところ申しわけございません。前回、御審議願いたいと思っていたのですけれども、ちょっと審議の流れの中で提案する機会を逸しましたので、今日ちょっとお考えいただきたいなということをちょっと1点ほど述べさせていただきます。

開発されて、多くの住民が今、暮らしているわけですけれども、聞くところによりますと、この検討委員会、1年前に発足したそうですけれども、この時点で道路建設の方は止まっているということです。要するに安全検討委員会の結論を得てから、どうするかということを考えようということのようですが、私が委員に就任した時点で、市それから県の方から説明を伺ったんですが、これはいつまでに答申を出せばいいんでしょうかということを言ったら、これが決められていないということなんで、「えっ？」ということでおどろきながらも、要するに答申を出せばいいんでしょうかと、この答申が出るまでは住民の方々から見れば、道路を建設されるのか、あるいは中止になるのか、非常に不安がそれまで続くわけですね。こういう自然科学系の安全性というのがどのくらい調べれば結論が得られるのかどうか、私素人で分かりませんけれども、しかし、住民の側から見れば、何とか早く安全なのかどうなのかという結論は出していただきたいのが真意だと思います。非常に生活に不安を抱えておられますし、あるいは、もうここで不安定な状態で生活するよりもうどこかへ引っ越すかと、こういうことも当然あり得るかと思います。しかし、経済取引をやりますと、こういう状態の土地というのは当然下落するということで、処分しようにも処分できない、あるいはもう住んで土地の者になったということで、非常に危険な状態でありますから、要するに住み続けなければならないというふうなことも当然出てくる。要するに我々はこの委員会の結論によって、住民の方の財産権を制限していると、こういう状態になっておりますので、標準的な処理期間というのを、これは行政の一般的な現在のスタイルなんですか？も、この問題については、ある程度これだけ検討すれば標準的な処理期間というのが示されるのが普通なんですね。できるだけ安全性の精度を上げて、専門的な観点から検討できるところはできるだけ検討した方が望ましいんですけども、しかし、住民の側から見ると、それはまた非常に制限がずっと続くということで、生活上の支障が出てまいりますので、何とか自然科学のその専門的な観点から、標準的にはこのくらいあれば、結論が出さ

れるのではないだろうかという、そういう目標を設定して、その設定された目標に従って、この検討の方ということをお考えいただきたいなということでちょっと提案させていただきました。

吉國委員長：ありがとうございます。委員長としましても、早く結論を出したい、終わりたいと思ってはいるのですが、なかなか調査そのものもだんだん大きくなりますし、それでなかなか予定が立ちにくいというところではあるのですが、やはりいつか分からぬといふのでは困りますので、事務局で検討をしていただけ、次回に何らかの形で、それは約束は多分できないと思いますが、目標をこれくらいにしようというようなことを、考えていただくということにさせていただきます。

それから、次回の議題ですが、今日ペンドイングになりました植生の調査というもの、それからもう一つ、次回の委員会では解析法及び対策方法といいますか、沈下が懸念されれば、どういう対策をしたらよろしいかと、それから、それには解析が伴うわけで、例えば地盤改良をして沈下がどのように制御されるかというようなことを検討するには解析法が要るわけです。それについて、次回はまず御意見をいただこうということを、それについて從来、前回ですか、前回の委員会でそういう意見をいただいております。解析はこういうふうにしたらどうかとかというような今まで2回、それを踏まえて事務局で整理し、案を作成して提案をしたいと。それを皆さんに御提示して、御意見を伺いたいというふうに考えますが、いかがでしょうか。よろしいですか。

ですから、次回は植生の調査の問題と、それから今の解析とかあるいは地盤改良、要は対策方法ですね。どういう対策をすればいいか、そういう問題を取り上げたいと思っております。中根委員、何か。

中根委員：補足調査計画がどんどん進み、さらにその対策もいろいろ議論されると。しかし、僕は、第1回の委員会で指摘されたように、先ほども指摘しましたように、そういうことを本來進める以前に、だから今日の提案としてはなるべく早く、いわゆる福木トンネルの問題含めて、それから5号線の影響評価の問題ですね、それがあって補足調査があるわけですから、それがどういうところにあるのか、問題が。どういう点を今回改善するのかというのには、各分野の専門の方々はそれなりに御理解されてると思うんですが、分野が違う者にとってみたらですね、それがよく見てこない。いわんや住民はよく分らない。

ですから、それはなるべく早く、その一番の問題は、不信ができたのは福木トンネルの大きなミスですよ。大島委員からしたら当然のようなことが起ったという御意見。当然のようなことが、起こることを予測しないでやったという、それはものすごく住民にとったらショックです。そういうことを繰り返さないんだよというメッセージが、科学的な根拠がずっとあいまいにして來てる。これを速やかに早く、きちんとその水文、地質、植生については現状ではほとんどやられてないわけですから、どこにミスがあって、どう今度は改善されようとしているのか。ボーリングのデータにてもですね。それが見えるような、そのために公開して、住民が市民が一般の方が理解できる、専門外の委員が理解できる、そういう議論をきちんとやっていただきたい。それを何度も申し上げてます。

吉國委員長：はい。次回ではですね、そういう解析方法とか、対策方法とか、そういうものを議論していくれば、1回で事が終わるとは思っておりません。でもどういうことを考えられているというのは、やっぱり議論をしておく必要があるのではないか。皆さんに専門委員の方々が考えておられるこれを披露しておくことは重要なんじゃないかなと思うんですね。それをすぐやるという意味じゃない、どういうことがあるかということですから。どういう対策があるかということをやはり皆さんに知っておいていただく、議論していただくということは大切だと思っております。

越智委員：前回早急な問題として、地質関係の小委員会というか、これがやっぱり先行する必要があると思うので、これの設置について御検討をお願いしてたんですが、ちょっと時間かかるというふうに事務局からは一応連絡はいただいてるんですが、これについても早急に目途をつけていただけたらと思います。ですから、地質関係の小委員会を設置するというか、そういう会合を持つというのを、できれば早目に設定していた

だきたいということです。

吉國委員長：それでは、時間も20分余り超過をいたしましたけれども、これをもって第4回の委員会を終わりたいと思いますが、後は事務局にお返しいたします。

<3. 開会>

事務局（世古）：委員長、ありがとうございました。

本日の委員会の議事録につきましては、「広島高速5号線トンネル安全検討委員会の公開に関する取扱要領」第10条第1項にございますとおり、議事の経過、結果等を取りまとめ、各委員による御自身の発言確認をしていただいた後、委員長の御確認を経た上で公開してまいります。

公開の方法につきましては、事務局での閲覧並びにホームページ上の公開を考えております。事務局といたしましては、なるべく速やかに公開したいと考えております。早急にテープ起こしの作業を行いまして、10月4日（月）を目途に議事録の素案を委員の皆様に送付させていただきたいと考えております。

委員の皆様には御多忙中のところ、まことに恐縮ではございますが、10月12日、（火）までには御確認の上、御回答いただけますよう、よろしくお願ひいたします。その後、修正したものを再度御確認いただきまして、10月19日（火）には委員の皆様の最終確認を終えたいと考えておりますので、御協力のほど、重ねてよろしくお願ひいたします。

それでは、委員の皆様、長時間にわたる議審議いただきまして、誠にありがとうございました。これをもちまして、本日の委員会を終了させていただきます。

<以上>

II 第4回委員会等における委員の意見（区分別総括表）

第4回委員会等における委員の意見 総括表

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
環境アセスメント	1	横山	福木トンネル 地盤沈下 影響評価	・5号線は、福木トンネルの反省に基づいて影響評価あるいは工法の検討を行ったのか?	福木トンネルの地盤沈下がいつ起きたのかということをちょっと教えていただきたいということと、その地盤沈下が起きたときにどのような事業者としては対応をされたのか、その原因をきちんと調べたのか、5号線の建設のときに改めてそういったところの反省に基づいて、影響評価なりあるいは工事、工法なりの検討をされたのかというそういうところを、また次回の委員会までに御用意いただければというふうに思います。	

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
追加ボーリング	1	大島	ボーリング 井戸涸れ	・ボーリングによる井戸涸れは生じない ・ボーリングはトンネル断面内に計画しない ・ボーリング孔は埋め戻す	井戸のすぐ横でおやりになれば何があるかもしませんが、この地域にボーリングされる所に井戸があるのかないのか、そういう所にはよもや計画されないはずですから、そういう懸念はないんじゃないかと思います。 ボーリングする場合に、…少なくともトンネルの予定してある所の壁から、少なくとも5m以上、10mとかそういう範囲の横に掘ってください、このボーリングの孔というのは、いつまでも放っておいてはいけませんので、掘った後は目的にもりますが、孔は速やかにしっかりと埋め戻しをされることによって、ボーリングによる弊害は防ぐようにされているつもりですが、いかがでしょうか…。	
	2	横山	事業者の説明責任	・事業者は、調査結果を住民に説明する必要がある	調査をして、その調査結果を住民にきちんと説明したかどうかということも事業者の側はきちんと対応して、こういう不安に答えるようにしていたみたい…。	
	3	中根	事業者の説明責任	・福木トンネルの問題を議論した上で、住民に説明すべきである	この委員会で、これについて何が問題で、どういう点をミスったのか。モデルの問題なのか、考え方の問題なのか、係数値の問題なのか、それが土壌層の問題をきちんと把握できなかったのかどうか。…そういう議論をきちんとすべきであると、…それが具体的に何ら対応されてない。こういう中で、やはり委員は別としても、住民の方がどうしてこの調査について、追加調査について信頼を持って協力できるのだろうかと、私は率直にそう思います。	
	4	朝倉	追加ボーリングの必要性	・ボーリングで地下水位が下がることは、通常考えられない ・牛田東地区の盛土の沈下が一番懸念すべきことだが、地質構造の把握が不十分なため、追加ボーリングが必要である	一つはボーリングによって地盤が弱くなるというのはここで初めて見てびっくりしたんですが、…、水が湧れるというのもちょっと意外なことを心配しておられるんだなと思ったんですが、通常ボーリングを施工して地下水位を下げようと思ったら、…、地下水位低下工法という少し手のかかったことをやらなければいけないのですが、それなしにボーリングを施工するだけで地下水位が下がるというのは通常余り考えられないことであるということが一つ。 牛田の盛土地区の沈下問題が一番懸念すべきことだろうと思っておりまして、それをできるだけ精度よく評価する、あるいは安全のために必要な措置をする、という検討をするためには、特に盛土部分の状態、それから盛土と原地盤との境界の位置、空間的な位置、それから原地盤の表層部分、トンネルと原地形の地表面との間の地質状況、そのあたりが一番沈下に影響を大きく与える因子だと思いますので、現在委員会として我々に与えられた地質情報は、一番肝心な所が点線で書いてあって、クエスチョンマークがついているということで、何としても一番大事なことをしっかりと議論するために追加のボーリングが必要であるということを申し上げたいと思います。	
	5	越智	FEM解析	・牛田東地区的FEM解析の物性値はどこかのボーリングの値を採用したのか?	牛田東3丁目のシミュレーションは、どこかのボーリングを使ったということなんでしょうか。 シミュレーションにその生のデータが生かされるのか、そのあたりが私としても疑問だし、恐らく住民の方はもっと疑問だと思うんですよね。	
	6	金折	委員会の進め方	・今後のことに審議の時間を割いて欲しい	前のことに振りかえるのも大変重要ですけれど、それよりもやはりこれからどうするかということに審議の時間を割いていただきたいような気がします。	

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
地質調査項目	1	大島	地形図 ボーリング位置	・牛田東地区の切盛を示す平面図は、1961年のものと比較したものを作成して欲しい ・地下水が流れしていくH22-U7の下流側にボーリングが必要 ・横断図は道路中心から左右30mくらい幅広くしたものにして欲しい	(資料ウ 10ページ) 1961年…、その写真と現在とを比較すると、この盛土の格好がちょっと違ってくるのじゃないかと思うんです。…微妙な計画をする上では、どこが盛土その境界がどこにあるかがボーリングではなかなか分かりませんから、面的な広がりは、この少なくとも1961年の写真と今とを比較しながら、もうちょっと検討に耐えるような図面にしてもらつたらありがたいなと思います。 一番沈下が問題になると思われるのは、この10ページの内の、この赤いH22-U7 141mと書いた断面の所だと思います。平面図で見ますと上側に点線で書いた所、被りが15mぐらいしかないと書いてありましたが、この筋のこの下流側に、本当にこの水が流れいく、低い方へ、谷筋に沿って流れていますわけですから、そちらの方に向かは何か本部はボーリングが必要なんだろなと思ったらしています。 (資料ウ 13, 14ページ横断図) …左右30mぐらい幅広くとった断面図にしていただけませんでしょうか。	
	2	中根	地形図	・実測を基にした1/1500または1/2000の地形図を作成して欲しい ・追加ボーリングの目的を明確にすること	現地での測量をベースとした地形図を、1,500分の1または2,000分の1の地形図をきちんと整備していただくということはまず前提ではないかというふうに思います。 …5号線では、かなりの数のボーリングをして、33ですか、それで予測をしたら、2、3cmであると。そうすると今度のボーリングでそこがどういうふうに改善されるのか、それが見えてこないです。	
	3	中根	1号線	・1号線地表面沈下の原因究明を行うべきである	…1号線についてもやったと、予測をね、2、3cmで。これについて、きちんと原因究明をやると。今回でなくともいいです、次回でもいい、次々回でも、それは委員長、やはり確約していただきたいと思います。	
	4	金折	5号線	・5号線は、追加調査→地盤モデルの作成→解析の手順で進めていく	…地質構造モデルとか、その調査の精度によって相当異なると思うのです。だから、やはり今回こういう補足調査といいますか、追加調査をやって、きちんとわからない所も明らかにして、地盤モデルを作って、そしてそれに基づいて、得られたデータを使って解析を実施する。解析手法もきっとまたどんどん進んだ新しいものができていると思いますので、そういう次のステップに進んでいくという方向がいいのではないかと思います。	
	5	吉國	追加調査	・追加の調査は今後も検討を行う	再追加の調査をすべきかということについては、また次回でもあれば、次々回でも会を追って検討をしたいと思います。	
	6	城間	強風化部の不搅乱試料	・不搅乱試料は、強風化部でも採取する	(不搅乱試料の採取) 強風化部も取っていただいてやっていただいた方がいいのではないかというふうに思いました。	
	7	角湯	地質調査項目	・地質調査項目は妥当である	岩石の顕微鏡試験というもののなんですが、通常ここまで細かなところはやりませんので、この辺は福木トンネルの結果を踏まえて念のためにやることで、非常に丁寧にやっていただいているのではないかかなということが一つ。 通常トンネルの底盤から少し深い所までしかボーリング調査等をやらない場合も多いのですが、今回はいろんなことがあって、トンネルの深さ方向から、ある程度の範囲までいろいろ試験をやって、データを取っていただけるということですので、その辺も非常に丁寧にやっていただいているので、現時点で、委員会でコンセンサスが得られた部分については、これで十分ではないのかなと考えております。	

第4回委員会等における委員の意見 総括表

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
植生	1	海堀	土石流 五日市トンネル 植生調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・土壤が乾燥して土石流が発生するという考え方は一般的でない ・五日市トンネルと土石流とは関係ない ・中根案は研究段階のもので、一般的に納得させられない可能性があり、調査期間が延びる可能性がある 	<p>土石流が発生する可能性というところがもし非常に心配なのであれば、乾燥するということに土石流の発生が関係するというような一般的な考え方というのは、ほとんど聞いたことはありません。</p> <p>過去の五日市トンネルで土石流が起きたというお話がございましたが、…五日市の場合もその一つであるというふうに書いたのが、いつの間にか五日市トンネルのみであるというふうに変なふうに書き改められて議論されていますが、そんなものではありません。</p> <p>中根委員が御提案になられたいろんな調査案でありますが、いずれも多くのものが研究段階にあるものだと認識しています。すなわち、その方法も含めて必ずしもそれをやったから、誰もが説得できるようなデータが得られるというものの可能性がある。しかも、それをいつまで続けて恐らく、ある一時期の局所的な場所におけるデータに過ぎないという認識をしようと思えばいくらでもできるわけですから、だからそういう観点からすると、この調査というのは終わることがないような心配があります。その意味で、果たしてこういうストーリーでやっていっていいのかどうかということが疑問に思います。</p>	
	2	奥西	植生調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・対象地域での調査を加えて欲しい 	先ほど出でていました中根委員のスライドにも出ておりますけれども、いわゆるコントロールですね、対象地域での調査も加えてほしいという意見を申し上げました。ちょうど関委員から同じ、より詳しい御意見がありましたので、その意見に賛同いたします。	
	3	朝倉	トンネルと土石流 植生調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネルの存在が土石流に影響を与えることはない ・中根案には賛成しかねる 	トンネルの存在が土石流に影響を与えるという、可能性を増やすというようなことも、少なくとも私が今まで読んだ論文では、そういう要因分析がされた、いわゆる論文としては見たことはございませんので、少しの調査の計画の前提そのものがいかがなものかという気がいたしますので、中根先生が御提案なさっている植生調査については賛成いたしかねるというのが私の意見です。	
	4	大島	追加調査方法 土砂災害 排水工法	<ul style="list-style-type: none"> ・植生調査より沈下に関する調査を深化する ・中根案は科学的説得力に欠け、疑問である ・1999年の広島地区的土砂災害の報告に、トンネルのことは書かれていない ・土砂災害の対策として、排水工法は一般的な工法である 	<p>基本的にこれはほど大々的に植生調査をする必要があるんですかと。むしろ大事なのは、沈下問題が心配されている所の調査をもっと深化していくだいて、余裕があればやっていただければいいのではないかという、私は感覚を持っています。</p> <p>トンネルを掘ると地下水が下がる、下がると土壌水位が減少する、そうすると植生の活力が低下する、よって土砂災害が起きるという論理展開といふのは、何か一見美しいですが、科学的説得力にどこに欠けていると、御自身の都合のいいとこだけを寄せ集めるなどするなんじやないかということです。そういうことを前提として大々的に提案されているようなものを調査される必要性には、私は疑問を感じております。</p> <p>広島地区的あの土砂災害、1999年にあったと聞きますが、私も応用地質学会という学会に属していたことがあって、そこの報告を見たことがあるのですが、そこではそのトンネルの字なんてどこにも書いてございません。たまたまその中にトンネルが近くにあったんだと思うのですが、ただそれだけでトンネルを悪者にしているのではなくて、…土砂災害、地すべりとかいろんな災害、水に絡んだ災害がございますが、そういうときにはそれを防ぐ手段としてよく昔から用いられているのが、水を抜くという工法なんですね。これを否定されることになるんですが、トンネルを掘ったから土砂災害が非常に起きやすくなったりって、では、排水工法をやめようかというような動きをとっている所は誰もおられないと思います。</p>	
	5	角湯	トンネルと土石流 植生調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル掘削が土石流に影響を与えることはない ・中根案は、最終的な結果の使い方が不明 ・植生調査より沈下に関する調査に注力する 	<p>トンネルを掘ることによって、その地域に土石流が発生しやすくなっただとか、ボテンシャルが上がったとか、土石流とトンネルが関係があるというような話は、余り聞いたことはないんですが、…H-SLIDER法を用いてその地域の安全度について試算するという形になっているんですが、調査結果を予測結果にどのように反映するのかという所がよく見えないといいますか、最終的に調査結果をどういうふうに使っていくのかという所が少し明らかになってないので、そういうことであれば、先ほど大島委員が言われたように地域の方が懸念されている問題にもう少し注力した方がよしinじゃないのかなと私は思います。</p>	
	6	坂巻	ウォータータイトの失敗例 植生調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ウォータータイトでも水位が回復しなかった事例があり、小規模な土砂崩壊が起つた事例がある ・中根案は現実の問題として発現し得る 	<p>ウォータータイトでもってトンネルを施工したとしても、落ちた地下水が元のレベルまで回復しないという例を私、幾つか知っています。それで、そのために小規模ではありますが、地表に土砂崩壊が起つたという例を知っております。</p> <p>…二葉山トンネルの場合は、土被りがそれほど厚くないというような条件で、しかも水通しのいい風化花崗岩の地底を通しているという点から見れば、私は中根先生の持つておられる心配といふものは、ある程度現実の問題として発現し得る要素だと思っております。</p>	
	7	海堀	土石流	<ul style="list-style-type: none"> ・土石流が起きることに結びつけて欲しくない 	<p>いつの間にか土石流という言葉ではなく土砂崩壊に変わっていたり、土砂移動現象であったり、奥西先生の方から事前にいたいたのも決して土石流が起きていたものではなかった。</p> <p>だから、トンネルを掘ることで土石流が起きるというふうに結びつけるのを止めていただきたいなと私は思います。</p>	
	8	金折	トンネルと土石流	<ul style="list-style-type: none"> ・平成21年7月の防府市で起つた土石流とトンネルは無関係である 	防府市、7月に大土石流が起つて、14人、防府市と山口市で亡くなられました。…、山陽新幹線のトンネルが、彼の薄い所すつと通っているのですね。その地質は、中粒から粗粒花崗岩、広島型花崗岩、こここの花崗岩と地質は同じ岩体です。風化層も風化状態もよく似ています。ところが、その新幹線のトンネルがあつたために土石流が発生したのではなくて、私も調査を、52箇所の発生場所を調査しました。しかし、トンネルとの関連性は全く認められないし、専門家の中でもそれを間違づけて言われる人は一人もいませんでした。	
	9	中根	委員会の目的 データの収集 年輪成長	<ul style="list-style-type: none"> ・委員会は危険性を排除することが目的である。 ・まずデータを取る。 ・植生は変わらないかもしれないが、年輪成長が問題である。 	<p>トンネルが全く影響していないということは言えるということはないと思うのですね。ですから、逆に危険性を排除するというのが安全検討委員会です。</p> <p>…限られた年限の中で、少なくともそういう危険性を排除していく。…、とりあえず、現況はどういうふうになっているのか、…ちょっと触れば危険なのか、いや、多少触つても大丈夫なのか、こういったデータをやはります取る。</p> <p>一方が、崖壁の堆積土が沈下してそこに空洞ができたときに、その周辺の斜面が亀裂ができたときに、そういうときに集中豪雨が起きたときに、乾燥してたって一気に飽和に達します。</p> <p>…根系から言いますと、一見樹木があるように思われるかもしれません、しかし、太い樹木は決して多くない。だから、彼らの持っている斜面をつかまえる力は、1999年の集中豪雨で崩れた所と劣らない、こういう現実の中で、トンネルを掘って地下水が抜けてどういうことが起こるのか、起こらないのか、その前にどういう斜面の状態なのか、植生の状態なのか、…、確かに植生は変わらないかもしれない。しかし、その植生、植生の年輪成長がどうなっているか、誰か調べた方おられますか。…今、非常に危険な状態で、10年でも20年でも経つて、枯れ跡地の広葉樹が大つていかないといけない。それを遅らせるとということは、一般的に環境影響評価では、行為があったときとないときとの差が影響ですから、そのときどのくらいの樹木の成長が鈍化するか、それは結果的には年輪幅となり比例しますから、どうなるか、…</p>	
	10	吉國		<ul style="list-style-type: none"> ・継続審議とする。 	委員の皆様の意見を事務局でまとめていただいて、それで次回委員会で継続審議ということにさせていただきたいと思います。	

第4回委員会等における委員の意見 総括表

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
水文調査	1	中根	水収支解析 地下水調査 福木トンネル	・水収支解析は不確定要素が多くなる ・次回、植生調査で提案した地下水に関する調査を、次回審議して欲しい ・福木トンネルの検証を行って欲しい	……不確かなまま全部シミュレーションして、結果だけは出ている。……収支からきちんと押さえる。それからモデルの構造上の問題、どういうモデルを使ったのか、どういうデータを使ったのか、その整合についてはどうだったのか。そのリアルな報告をしていただきたいというふうに言つてきましたわけですけども、今までない。……尾長とか二葉の山体の地下水について、ある程度データを取つて、適切な予測というものをですね、ですから我々はその調査のボーリングの地点を提案させていただいている、私は具体的に地図上に落として、これを含めて、今回は無理としても、次回継続して、その点については議論をしていただきたいと思います。 次回、次々回については、水文も含めて地質含めてですね、きちんと福木の検証を含めてやつていただく。	
	2	西垣	水位低下と盛土の沈下	・追加調査結果より、地下水位低下に伴う盛土の沈下の予測が可能となる	不搅乱の試料を取つてきて、地下水が下がることによって地盤がどれほど沈下しますか、というデータは今まで取つてないんですね。今回初めてこの調査でそういうデータを取つてくると、今まで手を入れさせていただいてないんですけど、牛田地区においても盛土の中でそういうデータを取つてくると、水を下げたことによって、あそこの盛土が沈下するかどうかというのは、大体僕らは分かってくると思いますので、今後、少ないとございますけれども、力学試験で、追加ボーリングから出てくるデータというのは貴重なデータが出てくると思いますので、ぜひその点は御理解していただけ、新たに一步になってると、福木とは全然違う結果が出てくると思いますので、よろしくお願いします。	
	3	越智	圧密沈下 バイピング	・圧密沈下やバイピングの検討が可能な調査にして欲しい	地下水抜くことの即時沈下の問題は福木では十分検討されてるようなんですが、それ以外のいわゆる圧密沈下とかあるいはバイピング、大島委員も今日の資料の中に書かれていますけれども、そういった問題、そういった懸念がやはりありますので、そういったことにもきちんとこう反映できるような、そういう地下水の調査・検討をしていただければと思います。	
	4	大島	水収支解析	・水収支解析は、盛土や風化層の厚さを把握することが重要である	大事なのは、この例えは、盛土がどれくらいの厚さあるんだろうか、風化層がどれくらいあるんだろうかとかいうのは、ある想定はできてもそれ以上のものはできませんから、もうちょっと深度化しようとすると、金折さんが提案されたような調査が必要になってくるということだと理解すべきだと思います。	
	5	奥西	説明責任	・地元の懸念に対して事業者側から説明を行わないと、地元の協力は得られない	特定のボーリングで特定の箇所に被害が現に出でるという事実を基に、懸念が表明されているんですから、それに即した説明を事業者側からされないと、委員会がこういう調査をしたいというのと、地元で協力できないというのが、永久にすれ違いのまま終わってしまう恐れがあるので、その辺は話がまみ合うようにする必要があるように思います。	
	6	西垣	説明責任	・地元への説明は行うべきである	今、奥西先生がおっしゃっておられましたので、是非、それは住民の方には、こうこうこんな理由でここにこういうことが起きているんですよという説明はやっぱり私はするべきではないかなというふうに思います	

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
その他	1	吉國	次回の予定	・第5回委員会は11月14日を予定する	日程の方は11月14日に仮決定をさせていただきます。	
	2	横山	委員会のタイムスケジュール	・今後のタイムスケジュールを設定すべきである	自然科学のその専門的な観点から、標準的にはこのくらいあれば、結論が出されるのではないかどうかという、そういう目標を設定して、その設定された目標に従つて、この検討の仕方ということをお考えいただきたいなということでちょっと提案させていただきました。	
	3	吉國	次回の審議内容	・次回は、植生調査、解析、対策方法について審議する	次回は植生の調査の問題と、それから今の解析とかあるいは地盤改良、要は対策方法ですね。どういう対策をすればいいか、そういう問題を取り上げたいと思っております。	
	4	越智	小委員会	・地質関係の小委員会を設定して欲しい	地質関係の小委員会を設置するというか、そういう会合を持つというのを、できれば早目に設定していただきたいということです。	

III その他

高速1号線福木トンネルの地盤沈下の発生時期及び東部線（高速5号線）の環境影響評価について

【趣旨】

第4回 広島高速5号線トンネル安全検討委員会における横山委員からの次の御質問について御回答させていただきます。

【質問事項】

- 1 高速1号線の福木トンネル建設に伴う地盤沈下の発生時期。
- 2 高速1号線の福木トンネル建設において地盤沈下を引き起こしたにもかかわらず、何故高速5号線の環境影響評価で「地盤沈下」を「予測及び評価を行う環境要素」として設定しなかった理由。
- 3 高速1号線の福木トンネル建設において地盤沈下を引き起こした際、事業者としての対応。
 - (1) 原因調査実施の有無。
 - (2) 高速5号線における、福木トンネルの事例を踏まえた影響評価又は工法検討の実施について。

【回答】

質問事項1について

広島高速道路公社は、平成13年（2001年）5月に広島高速1号線福木トンネルの掘削に着手し、7月には2cm程度の地表面沈下を観測しています。

参考までに地表面沈下による家屋等への被害が発生した東区馬木地区における3点の地表面沈下の推移を提示させていただきます。【資料①】

質問事項2について

広島高速5号線（東部線）の都市計画を定める際の環境影響評価については、昭和59年（1984年）に閣議決定された環境影響評価実施要綱に基づき、広島高速1号線福木トンネル建設に伴う地表面沈下の発生時期より前の平成10年度（1998年度）に都市計画決定権者である広島県知事が実施しています。

この要綱に基づき定められた「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針（昭和62年9月2日）」には、事業が環境に及ぼす影響を明らかにするために必要な、①大気汚染、②水質汚濁、③騒音、④振動、⑤地盤沈下、⑥地形・地質、⑦植物、⑧動物、⑨景観といった9つの環境要素について、現状調査、予測及び評価を行なう設定基準が示されています。

この設定基準では、「地盤沈下」を「現状調査」を行う環境要素として設定するのは、「軟弱地盤帶において、工事の実施等により、地下水脈を遮断するおそれがある場合」とされています。軟弱地盤とは、粘土やシルトのような微細な粒子に富んだ軟らかい土などで構成され、地下水位が高く、荷重により沈下が生じやすい地盤のことです。広島高速5号線（東部線）には、こうした粘土等の軟弱地盤帯が存在しないため、「地盤沈下」は「現状調査」を行う環境要素に設定されていません。

参考までに、広島高速5号線（東部線）の都市計画を定めた際に実施した環境影響評価の流れ

を提示させていただきます。【資料②】

質問事項3(1)について

広島高速1号線福木トンネルについては、トンネル坑内の変位を抑制する各種補助工法を追加・変更するなど地表面沈下の収束に向けた対策を講じながら工事を進めました。しかし、地表面沈下は収まらなかつたため、平成14年（2002年）9月にトンネル掘削を中断し、平成15年（2003年）5月に、沈下対策工法の妥当性の検討、工事を安全かつ効率的に実施するための助言を得ることを目的に学識経験者、公社職員、請負業者等で構成する「安芸府中トンネル技術検討委員会」を設置しました。

この委員会において、地表面沈下のメカニズムの検討を行っており、平成16年（2004年）6月、トンネル掘削に伴う緩みによって生じた即時沈下に加え、地下水位の低下が、浮力によって軽減されていた土の重さを増加させ、その結果として、著しく風化した閃緑岩の微細な隙間が自重や上からの土の重さで圧縮されるメカニズムにより、地表面沈下を引き起こしたと結論付けています。また、このメカニズムについては、地元住民の方々等に説明しています。

なお、こうしたメカニズムについては、第2回の安全検討委員会資料「補足資料 7・1 高速1号線トンネルの概要」においてお示ししています。【資料（再掲）】

質問事項3(2)について

高速5号線について、平成16年（2004年）3月から平成18年（2006年）3月までに公社が行った地表面沈下の予測は、平成12年（2000年）12月から平成14年（2002年）3月までに実施した地質調査のデータを基に行っています。

地質調査を実施した当時は、高速1号線の地下水位低下による地表面沈下のメカニズムが明らかになっていました。このため、1号線の原因究明において実施した岩石の顕微鏡観察は行われておらず、また、地下水位低下による圧縮沈下の影響を考慮した解析を行うかどうかの判断に必要となる盛土等の地中の状態を乱さない形での試料についても、礫が多く採取できていませんでした。このことから、まずは、山岳トンネルにおいては一般的な地下水低下による圧縮沈下を考慮しないケースでの沈下予測を行いました。

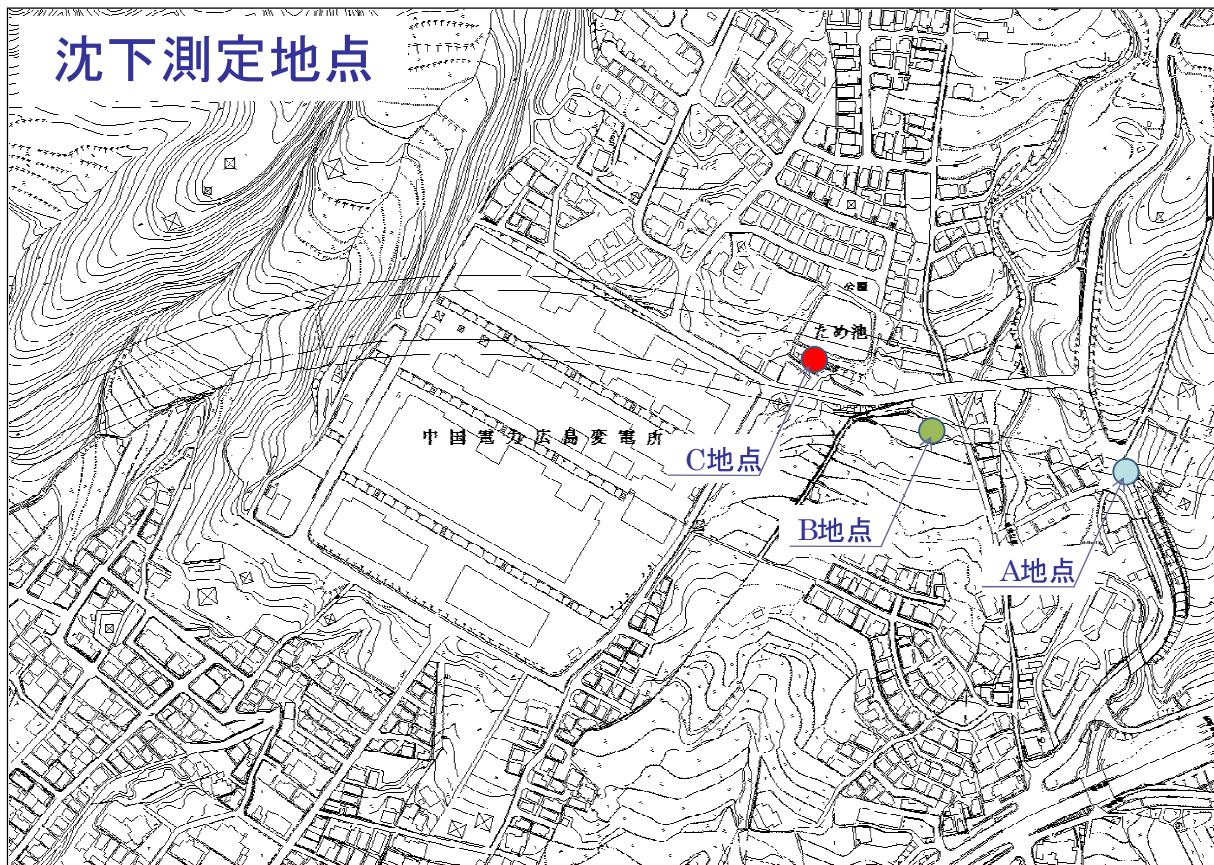
公社としても、高速1号線の福木トンネル工事において予測以上の地表面沈下が生じたことを踏まえ、平成19年度（2007年度）に、地下水位低下に起因する地表面沈下が高速5号線のトンネル建設でも起きるかどうかを確認するための追加調査について住民説明を行いましたが、実施には至りませんでした。

地表面沈下の推移

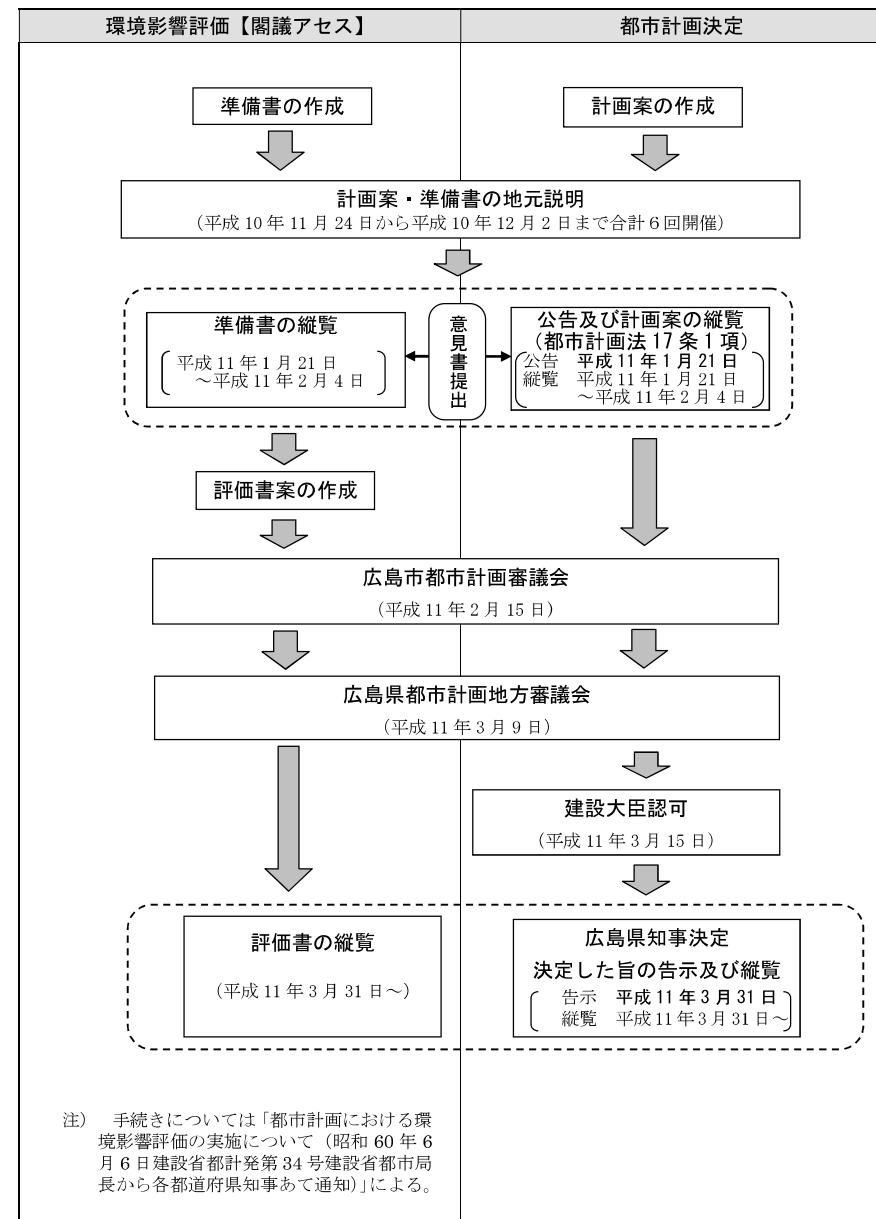
<資料1>



施設
到達日



＜資料2＞ 広島高速5号線（東部線）の環境影響評価と都市計画の流れ



高速 1 号線トンネルの概要

(第 2 回委員会「補足資料 7. 1」を再掲)

※再掲は本報告書への添付を省略

植生調査について

- (ア) 第4回委員会等における植生調査に対する意見整理表
- (イ) 植生調査計画について（「第4回委員会資料」を再掲）
- (ウ) 「植生に係わる補足調査計画案」について—質問・意見への対応—

資料 5－2 (ア)

(ア) 第4回委員会における植生調査に対する意見整理表

第4回委員会等における植生調査に対する委員の意見要約 整理表

I 中根委員提案の「植生に係わる補足調査計画二次概略案」への意見

No.	意見者	賛同意見	追加修正意見	質問・疑問等	
				調査計画について	トンネルと植生・災害
1	海堀委員			③本調査計画は、多くのものが研究段階にあるものである ④調査が終わることがないような心配がある中で、調査していくのか疑問である	①土壤の乾燥が土石流の発生に関係するというような考え方は聞いたことがない ②「五日市トンネルで土石流が起きた」との話は、1,000箇所以上の災害の中で、トンネル付近で起きたものの一つである ⑤トンネルと土石流の発生を結びつけるのは止めていただきたい
2	奥西委員	⑥対照地域での調査を行うとの中根委員の調査計画に賛同する ⑦調査の項目・地点・区域の選定は、公社の「環境影響調査」の欠陥をかなり改善している ⑧あらゆる可能性を網羅した調査計画ではないが、一応の信頼性を持っている ⑩本調査で明らかになるのは、土壤水分低下の直接的・短期的影響のみであり、長期的な影響は解明できないが、そもそも短期的な調査を目的としたものであるから、やむを得ない ⑫測定地点は、トンネル掘削の影響を受けやすいと考えられる部位を選定しており妥当である	⑨調査区域外で予想外の影響が生じる可能性が皆無とは言えない ⑪地下水位の測定は、帶水層が不透・被圧・裂縫であるかを調査し、それに適合した調査方法を採用すべき ⑬選定地点以外で、予想外の影響が現れる可能性を完全には排除できないため、対照地點を設け、地下水位と土壤水分を測定することが望ましい	⑯トンネルの存在が土石流に影響を与えるとの前提そのものがいかがなものかとの点で、賛成しかねる	⑪トンネルの路線上で植生に違いがあるとは誰も判断できない ⑮トンネルの存在が土石流に影響を与える可能性を増やすという論文は見たことがない
3	朝倉委員			⑭心配されている沈下問題の調査をもっと深化すべきである ⑯科学的説得力が欠けたことを前提とした大々的な調査には疑問を感じる	⑭トンネルを掘ることが、土砂災害に結びつくとの論理展開は科学的説得力にどこか欠けている ⑯五日市トンネル付近で生じた灾害は、たまたまトンネルの近くで生じたものと思う ⑰土砂災害・地すべり等を防ぐ手段は、昔から水を抜くという工法を用いている ⑱漏水問題を引き起こしたトンネルの直上付近でも、植生の活力が悪い所が繋がっているようなことはない ⑲トンネルと植生との関係においては、植生の活力の低下を心配されなくてもよい
4	大島委員			⑯最終的に調査結果をどう使っていくのか明らかでないのであれば、懸念されている沈下問題に注力した方がよい	⑳土石流とトンネルが関係あるという話は聞いたことがない
5	角湯委員				
6	坂巻委員	㉗ウォータータイプによる施工でも地下水が元のレベルまで回復せず、小規模な地表の土砂崩壊が起った例を知っている ㉙トンネルと地表との関係は、非常に局地性を持った現象なので、「全国的に問題がないから」と議論を単純化すべきではない ㉚二葉山トンネルの場合、中根委員の心配事は、現実の問題として発現し得る ㉛植生の状況調査や土砂災害の発生の可能性の評価は、地盤沈下と並行してきちんとやるべきである			
7	金折委員				㉕H21年7月の防府市等の土石流災害では、トンネルとの関連付けを言われた専門家はいなかった
8	山本委員			㉖地下水低下工法によるトンネル施工に伴い、植生の活性が下がり土砂災害が発生し易くなるとの論拠であれば、すでにある近隣事例を調査する方が直接的だと考える ㉗調査結果から、土砂災害が発生し易くなるかを判定する筋道が理解できない	
9	閔委員	㉘整理表「1. トンネル掘削がもたらす植生への影響」は、「1. ポーリングあるいは簡易水位調査」と「2. 土壤水分調査」の2項目で十分であり、これらの調査の方法・地点・数量・期間などは妥当である	㉙尾長山の植生図を作成する必要がある	㉘整理表「2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流に及ぼす影響」は調査の必要がない ㉙「3. 土壤水分調査」は技術的に無理で、理論的にも問題がある ㉙「4. 樹木の分布調査」「8. 年輪調査」は過去の調査を参照することで対応できる ㉙「5. 根系の分布調査」「6. 各樹種の生育する土壤水分の調査」「7. 既存トンネルにおける土壤水分の調査」は「1. ポーリングあるいは簡易水位調査」と「2. 土壤水分調査」の内容と重複している	㉚山地斜面が乾燥することは、崩壊を抑制する働きがある ㉚木立が枯死しても、ただちに陽地性の樹木等が侵入し、土壤緊密化は増す場合が多い ㉚トンネル掘削が、斜面崩壊の発生に結びつくというストーリーは問題がある

II 関委員提案の「植生に係る補足調査計画」への意見

No.	意見者	賛同意見	追加修正意見	質問・疑問等	
				調査計画について	トンネルと植生・災害
1	奥西委員	㉚対照地域での調査を行うとの関委員の調査計画に賛同する			

第4回委員会等における植生調査案に対する委員の意見及び意見の要約

I 中根委員提案の「植生に係わる補足調査計画二次概略案」への意見

No.	意見者	意見の要約（※右「意見」欄の下線部の要約）	意見（※「議事録」又は「意見書」の抜粋）
1	海堀委員	<p>①土壤の乾燥が土石流の発生に関係するというような考え方には聞いたことがない</p> <p>②「五日市トンネルで土石流が起きた」との話は、1,000箇所以上の災害の中で、トンネル付近で起きたもの一つである</p> <p>③本調査計画は、多くのものが研究段階にあるものである</p> <p>④調査が終わることがないような心配がある中で、調査していいのか疑問である</p> <p>⑤トンネルと土石流の発生を結びつけるのは止めていただきたい</p>	<p>【議事録9ページ】 中根先生の御説明がございましたが、まず第一に、土石流が発生する可能性というところがもし非常に心配なのであれば、乾燥するということに土石流の発生が關係するというような一般的な考え方というの、ほとんど聞いたことはありません。</p> <p>これまでの委員会の中で、資料の中でもまとめられている、過去の五日市トンネルで土石流が起きたというお話をございましたが、あれも私は1,000箇所以上の中にはそういうトンネル付近で起きたものも幾つかあって、五日市の場合はその一つであるというふうに書いたのが、いつの間にか五日市トンネルのみであるというふうに変わったように書き改められて議論されていますが、そんなものではありません。</p> <p>次に、今、中根委員が御提案になられたいろいろな調査案がありますが、いずれも多くのものが研究段階にあるものだと認識しています。すなわち、その方法も含めて必ずしもそれをやつたから、誰もを説得できるようなデータが得られるというものでない可能性がある。しかも、それをいつまで続けて恐らく、ある一時期の局所的な場所におけるデータに過ぎないという認識をしようと思えばいくらでもできるわけですから、だからそういう観点からすると、この調査というのは終わることがないような心配があります。その意味で、果たしてこういうストーリーでやっているのかどうかということが疑問に思います。</p> <p>あと個別にいろんな詳しい内容のところで言いたいことがあるんですけども、それはまた議論の中でやりたいと思います。</p> <p>【議事録11ページ】 トンネルを掘って土石流が起きていたという話が、いつの間にか土石流という言葉ではなく土砂崩壊に変わっていたり、土砂移動現象であったり、奥西先生の方から事前にいただいたものも決して土石流が起きていたものではなかった。</p> <p>だから、<u>トンネルを掘ることで土石流が起きるというふうに結びつけるのを止めていただきたいと私は思います。</u></p>
2	奥西委員	<p>⑥対照地域での調査を行うとの中根委員の調査計画に賛同する</p> <p>⑦調査の項目・地点・区域の選定は、公社の「環境影響調査」の欠陥をかなり改善している</p> <p>⑧あらゆる可能性を網羅した調査計画ではないが、一応の信頼性を持っている</p> <p>⑨調査区域外で予想外の影響が生じる可能性が皆無とは言えない</p> <p>⑩本調査で明らかになるのは、土壤水分低下の直接的・短期的影響のみであり、長期的な影響は解明できないが、そもそも短期的な調査を目的としたものであるから、やむを得ない</p> <p>⑪地下水位の測定は、帯水層が不圧・被圧・裂隙であるかを調査し、それに適合した調査方法を採用すべき</p> <p>⑫測定地点は、トンネル掘削の影響を受けやすいと考えられる部位を選定しており妥当である</p> <p>⑬選定地点以外で、予想外の影響が現れる可能性を完全には排除できないため、対照地点を設け、地下水位と土壤水分を測定することが望ましい</p>	<p>【議事録10ページ】 先ほど出ていました中根委員のスライドにも出ておりますけれども、いわゆるコントロールですね、<u>対照地域での調査も加えてほしい</u>という意見を申し上げました。 ちょうど<u>開委員から同じ、より詳しい御意見がありましたので、その意見に賛同いたします。</u> (吉國委員長：「開委員の案には賛成するという意味。」) <u>中根委員もその意見を取り入れていただいていると私は思っております。</u></p> <p>【奥西委員意見書（第4回委員会当日配付資料より）】</p> <p>1. 公社による「環境影響調査」と中根二次案の基本的相違点 公社による「環境影響調査」は、トンネル影響は現況調査から予測することが可能であり、また限られた範囲の調査地で全域の変化傾向を代表できる、との前提に立って実施されたように思われる。しかしこれら2つの前提が成立しているとの立証はないので、公社による「環境影響調査」による調査に基づく予測には信頼性がない。</p> <p>2. 二次案は経験的にトンネル掘削が植生状態および表土の安定に影響を及ぼしうると考えられる要因を中心として調査項目を立て、そのような影響が最も顕著に表れる予測される地点、区域を調査地として選定することとしており、公社による「環境影響調査」の欠陥をかなり改善したものと言える。</p> <p>3. 二次案に対する非系統的コメント (1) 根系の緊縛力への影響 <u>本調査で明らかになるのは土壤水分低下の直接的、すなわち短期的影響である</u>。土壤水分の低下に伴って、水分が低下した深度の根茎が消滅し、それを補償するために根系が深く伸びることに起因する長期的な影響はこの調査では解明できない。<u>とともにこの調査は短期的なものであり、長期的な影響を解明することができないのはやむを得ない。</u></p> <p>(2) 地下水位と土壤水分の測定 <u>地下水位の測定に際しては、ボーリングが貫入している帶水層が不圧か、被圧か、あるいは裂隙であるかを調査し、それぞれに適合した測定方法を採用する必要がある。</u></p> <p><u>測定地点については、トンネル直上で、地形的には谷頭に位置し、緩斜面から急斜面に移行する斜面部位が選定されている。これは経験的にトンネル掘削の影響を受けやすいと考えられる部位であるため、妥当な選択であると言える。</u></p> <p>しかし、<u>選定地点以外で予想外の影響が現れる可能性を完全には排除できること、および測定期間が短くて、トンネル掘削前後の比較が同一降雨条件ではおこなえない可能性があるため、対照（コントロール）地点を設け、そこでも増水位と土壤水分を測定することが望ましい。</u>対照地点は植生調査範囲内下流側に最も離れた尾根または山頂平坦面に設定することが望ましい。対照地点の下図は二葉山地区で1地点、尾長山地区で1地点、計2地点でよいと考えられる。万一選定地点以外で顕著な影響が現れた場合は、その地点と対照地点で測定を開始しない再開できるようにしておく必要がある。</p>
3	朝倉委員	<p>⑭トンネルの路線上で植生に違いがあるとは誰も判断できない</p> <p>⑮トンネルの存在が土石流に影響を与える・可能性を増やすという論文は見たことがない</p> <p>⑯トンネルの存在が土石流に影響を与えるとの前提そのものがいかがなものかとの点で、賛成しかねる</p>	<p>【議事録10ページ】 日本には、総延長2万kmに及ぶトンネルがつくられていて、<u>それを地表から鋸歯したときに、そのトンネルの路線上で植生に違いがあるということは恐らく誰も判断できないことだと思います。</u></p> <p>先程来、どなたかも言っておられましたけれども、<u>トンネルの存在が土石流に影響を与えるという、可能性を増やすというようなことも、少なくとも私が今まで読んだ論文では、そういう要因分析がされた。いわゆる論文としては見たことはございませんので、少しその調査の計画の前提そのものがいかがなものかという気がいたしますので、中根先生が御提案なさっている植生調査については賛成いたしかねる</u>というのが私の意見です。</p>
4	大島委員	<p>⑰心配されている沈下問題の調査をもっと深化すべきである</p> <p>⑱トンネルを掘ることが、土砂災害に結び付くとの論理展開は科学的説得力にどこか欠けている</p> <p>⑲科学的説得力が欠けたことを前提とした大々的な調査には疑問を感じる</p> <p>⑳五日市トンネル付近で生じた災害は、たまたまトンネルの近くで生じたものと思う</p> <p>㉑土砂災害・地すべり等を防ぐ手段は、昔から水を抜くという工法を用いている</p>	<p>【議事録10ページ】 さつき、開委員が私のレポートを読もうとされましたので、私はどちらの意見に賛成かどうかはよくわからないのですが、私自身は基本的にはこれほど大々的に植生調査をやる必要があるんですかと。むしろ大事なのは、<u>沈下問題が心配されている所の調査をもっと深化していただきて、余裕があればやっていただければいいのではないか</u>という、私は感覚を持っています。</p> <p>それで、私自身のレポート、6ページにちょっと書かせていただいたんですが、長いので要約いたしますが、さつきの結論からおっしゃっていましたトンネルを掘ると地下水が下がる、下がると土壤水位が減少する、そうすると植生の活力が低下する、よって土砂災害が起きるという論理展開というのは、何か一見美しいですが、科学的説得力にどこか欠けていると、御自身の都合のいいとこだけを寄せ集めるとそうなるんじやないかということで、<u>そういったことを前提として大々的に提案されているようなものを調査される必要性には、私は疑問を感じております。</u></p> <p><u>例に出されております広島地区のあの土砂災害</u>、1999年にあったと聞きますが、私も応用地質学会という学会に属していましたが、その報告を見たことがありますのでが、そこではそのトンネルの土の字なんどどこにも書いてございません。たまたまその中にトンネルが近くにあったんだと思うのですが、ただそれだけでトンネルを悪者にしているんじゃないでしょうか。むしろ海堀委員もさっきおっしゃっていましたが、こういう土砂災害・地すべりとかいろいろな災害、水に絡んだ災害がございますが、そういったときにそれを防ぐ手段としてよく昔から用いられているのが、<u>水を抜くといふ工法</u>なんですね。これを否定されることになるんですが、トンネルを掘ったから土砂災害が非常に起きやすくなつたといって、では、排水工法をやめようかという動きをとっている所は誰もおられないと思います。</p>

第4回委員会等における植生調査案に対する委員の意見及び意見の要約

No.	意見者	意見の要約	意見（「議事録」又は「意見書」の抜粋）
4	大島委員	㉔渴水問題を引き起こしたトンネルの直上付近でも、植生の活力が悪い所が繋がっているようないことはない ㉕トンネルと植生との関係においては、植生の活力の低下を心配されなくともよい	それで、朝倉さんがおっしゃったんですが、私も随分鉄道トンネルと長くかかわっております。今でも日本最大の渴水問題、トンネル水問題を起こしたとされている熱海の近くに東海道本線丹那トンネルという8,000m抜くのに16年も要したという、苦労した鉄道のトンネルがございます。大分、渴水問題を引き起こしまして、むしろ旗驕動まで起きて、非常に地域の方に御迷惑をかけたということで、トンネルの真上に渴水碑という記念碑まで建ってる。地元の方が造られたものですが、今、朝倉さんがおっしゃったように、先生方をそこの丹那盆地にもし連れていったとしても、 植生の活力をもとにトンネルの位置を、当たられる人はおられないと思います。それは、トンネル直上付近にペルト上に植生の活力が悪い所が繋がっているというようなことは全くないからです。 私は植生の専門家じゃございませんが、 少なくともトンネルと植生との関係においてはそういうことは余り心配されなくてよく、地元の方はむしろ地盤沈下の問題の方を心配された方が、よろしいんだと思います。 だから、そのための調査を一所懸命やつていただいて、植生の調査に関しては余力があればその範囲でやつていただきたいと思います。だから、それが私の意見です。
5	角湯委員	㉖土石流とトンネルが関係あるという話は聞いたことがない ㉗最終的に調査結果をどう使っていくのか明らかでないのであれば、懸念されている沈下問題に注力した方がよい	【議事録10ページ～11ページ】 私もトンネルを掘ることによって、その地域に土石流が発生しやすくなっただとか、ボテンシャルが上がっただとか、 土石流とトンネルが関係があるというような話は、金り聞いたことはない ですが、仮にそういう中根委員が提案されているようなものがあるとしても、最終的にCH-SLIDER法を用いてその地域の安全度について試算するという形になっているんですが、 調査結果を予測結果にどのように反映するのかという所がよく見えない といいますか、 最終的に調査結果をどういうふうに使っていくのかという所が少し明らかになっていない ので、そういうことであれば、先ほど大島委員が言われたように 地域の方が懸念されている問題にもう少し注力した方がよろしいんじゃないのかな私は思います。
6	坂巻委員	㉘ウォータータイトによる施工でも地下水が元のレベルまで回復せず、小規模な地表の土砂崩壊が起った例を知っている ㉙トンネルと地表との関係は、非常に局地性を持った現象なので、「全国的に問題がないから」と議論を単純化すべきではない ㉚二葉山トンネルの場合、中根委員の心配事は、現実の問題として発現し得る ㉛植生の状況調査や土砂災害の発生の可能性の評価は、地盤沈下と並行してきちんとやるべきである	【議事録11ページ】 今の議論に関しては、私は第3回のときに申し上げたと思うのですが、 ウォータータイトでもってトンネルを施工したとしても、落ちた地下水が元のレベルまで回復しない という例を私、幾つか知っています。それで、 そのために小規模ではありますが、地表に土砂崩壊が起ったという例を知っています。 それから、今、奥西先生が述べようとしましたが、私はこの際、奥西先生にきちんと説明していただいたほうがいいと思うんですが、委員長はとにかく今日の議題でないからということでの、発言を止められましたけれども、少なくとも奥西先生の持つておられるケースにもトンネルに関連した地表の乾燥とそれに伴うような竹林の被害といふことが述べられております。今、その全国のトンネルの中でそういう事例が出来ていることはないという御説明ありましたけれども、 これは全体の地盤やトンネルの構造それから地表との関係、そういうものについて非常に局地性を持った現象なので、全国的に問題がないからこういう問題がないというように議論を単純化することはできない と思います。少なくとも、この二葉山トンネルの場合は、 土被りがそれほど厚くない というような条件で、しかも水通しのいい風化花崗岩の地底を通しているという点から見れば、 私は中根先生の持つておられる心配というものは、ある程度現実の問題として発現し得る要素だ と思っております。 したがって、住民の方々が心配しておられる地盤沈下との関連ですが、これは決して二律背反的なものではなくて、この調査をやつたら地盤沈下をやらなくてもいいということはどなたもおっしゃってないわけですし、 地盤沈下はそれなりに重点を置いてやるということがあわせて、やはりこの地表の植生の状況と、それから土壤緊迫力、それからそれによる土砂災害の発生の可能性の評価 ということは、並行してきちんとやってしかるべき問題ではないかと思っております。
7	金折委員	㉜H21年7月の防府市等の土石流灾害では、トンネルとの関連付けを言われた専門家はいなかった	【議事録11ページ】 昨年、御存じのように、防府市、7月に大土石流 が起つて、14人、防府市と山口市で亡くなられました。そのそばを大島委員も御存じでしょうけど、 山陽新幹線のトンネルが、被りの薄い所ずっと通っている のです。その地質は、中粒から粗粒花崗岩で、広島型花崗岩、 ここに花崗岩と地質は同じ岩体です。風化層も風化状態もよく似ています ところが、その新幹線のトンネルがあつたために土石流が発生したのではなくて、私も調査を、524箇所の発生場の220箇所を調査しました。しかし、 トンネルとの関連性は全く認められないし、専門家の中でもそれを関連づけて言われる人は一人もいませんでした。
8	山本委員	㉝地下水低下工法によるトンネル施工に伴い、植生の活性が下がり土砂災害が発生し易くなるとの論拠であれば、すでにある近隣事例を調査する方が直接的だと考える ㉞調査結果から、土砂災害が発生し易くなるかを判定する筋道が理解できない	【山本委員意見書（第4回委員会当日配付資料エイリ）】 「現在の地下水位を下げるようなトンネル工法を採用すれば、地表面近くの土壤水分が減少し、植生の活性が下がり土砂災害が発生し易くなる。」という論拠から本調査の計画なされたものであらうとの前提での意見です。 1) すでにある近隣の事例で、土砂災害の発生率が大きくなっているかどうか （土砂災害を誘発する程度まで植生の活性が下がっているかどうか） を調査する方が直接的だと考えますが、比較検討するなどのデータが無いのでしょうか。 2) 個々の調査メニューやその方法について詳細に記述されておりますが、これらを行った結果、土砂災害が発生し易くなるかどうかを、どのようにして判定するのかその筋道が理解できません。
9	関委員	㉟「2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流に及ぼす影響」は調査の必要がない ㉪「1. トンネル掘削がもたらす植生への影響」は、「1. ポーリングあるいは簡易水位調査」と「2. 土壤水分調査」の2項目で十分であり、これらの調査の方法・地点・数量・期間などは妥当である ㉫「3. 土壤水分調査」は技術的に無理で、理論的にも問題がある ㉬「4. 樹木の分布調査」「8. 年輪調査」は過去の調査を参照することで対応できる ㉭「5. 根系の分布調査」「6. 各樹種の生育する土壤水分の調査」は既存トンネルにおける土壤水分の調査は「1. ポーリングあるいは簡易水位調査」と「2. 土壤水分調査」の内容と重複している ㉮尾長山の植生図を作成する必要がある ㉯山地斜面が乾燥することは、崩壊を抑制する働きがある ㉰仮に樹木が枯死しても、ただちに陽地性の樹木等が侵入し、土壤緊迫力は増す場合が多い ㉱トンネル掘削が、斜面崩壊の発生に結び付くというストーリーは問題がある	【関委員意見書（第4回委員会当日配付資料エイリ）】 2. 整理表の「 2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流に及ぼす影響：根系の土壤緊迫力考慮して 」は 調査の必要がない 。このことは、すでに関が2月26日のコメントでもいっているが、この地域の一部はすでに斜面崩壊危険区域に指定されており、屋上屋を重ねるような調査は必要ない。 3. 整理表の「 1. トンネル掘削がもたらす植生への影響：土壤水分の変化がもたらす影響 」の内、「番号1. ポーリングあるいは簡易水位調査」と「 2. 土壤水分調査 」の2項目で十分である。これらに関連する調査方法・調査地点・数量・調査期間などは、中根委員の提案を妥当とおもわれるが、地質並びに水文調査とも調整が必要であろう。 4. 整理表の「 番号3. 土壤水分調査 」は技術的に無理があり、また理論的にも問題がある。「 番号4. と8 」は「 二葉山自然環境保全対策検討委員会（15年7月）の調査を参考することで対応できる 。整理表の「 番号5. 6. 7 」は「 番号1と2 」の内容と重複している。 植物は環境に適応して生育しているので、ある植物の分布を見れば、環境が推定できる。これが植物計(phytometer)の原理である。さらに複数の植物種を重ね合わせれば、より細かく詳細にその地域の環境が推定できる。この手法が植物社会学であり、それに基づいて作成されたものが植生図である(二葉山の植生図として添付)。植生図を利用してポーリングなどの調査地点を決定することが効果的であろう。なお、 尾長山については、植生図が作成されていないので、早急に作成する必要がある 。 6. 一般に山地斜面が乾燥することは、崩壊を抑制する働きがある 。これについては、数式も提案されている(今井 2008)。 トンネル掘削により山地斜面の水位が低下し、樹木が枯死し、斜面崩壊が発生する というストーリーは問題がある。もし、 樹木が枯死しても、それは森林内におけるギャップの形成で、ただちに、アカメガシワ、ヌルズ、クサギなどの陽地性の樹木、クズやセイタカアワダチソウが侵入して、むしろ土壤緊迫力は増す場合が多い 。

II 関委員提案の「植生に係る補足調査計画」への意見

No.	意見者	意見の要約	意見（「議事録」又は「意見書」の抜粋）
1	奥西委員	㉩対照地域での調査を行うとの関委員の調査計画に賛同する	【議事録10ページ】 先ほど出していました中根委員のスライドにも出ておりますけれども、いわゆるコントロールですね、 対象地域での調査も加えてほしい という意見を申し上げました。ちょうど 関委員から同じ、より詳しい御意見がありましたので、その意見に賛同いたします。 (吉國委員長：「関委員の案には賛成するという意味。」) 中根委員もその意見を取り入れていただいていると私は思っておりま

資料 5－2 (イ)

(イ) 植生調査計画について（「第4回委員会資料」を再掲）

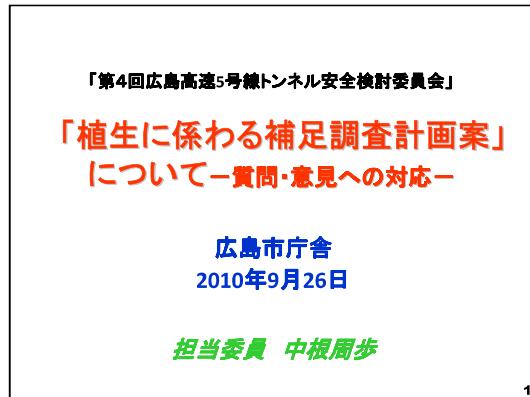
- a 植生調査に係る補足調査計画（二次概略案）等
- b 関委員提案の植生に係る補足調査計画

a 植生調査に係る補足調査計画（二次概略案）等

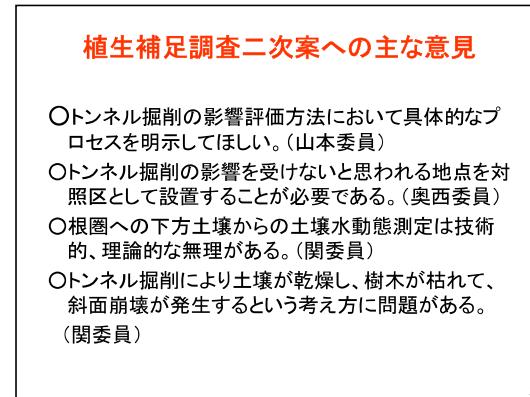
（第4回委員会「資料4－2」及び「当日配付資料工」を再掲）

※再掲は本報告書への添付を省略

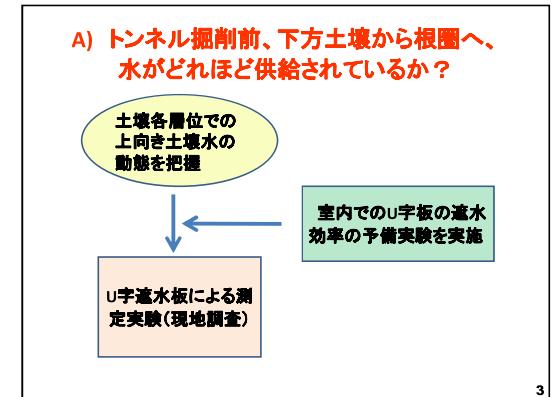
ただし、第4回委員会資料として配付されていない資料のみ添付する。



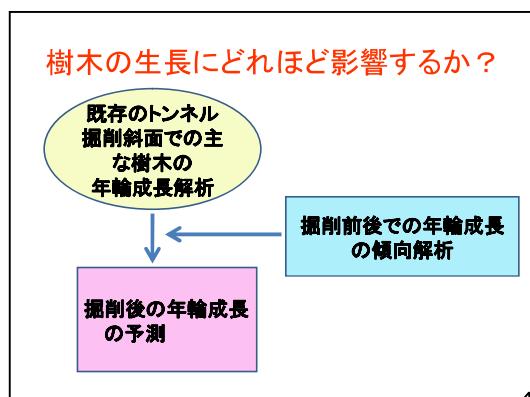
1



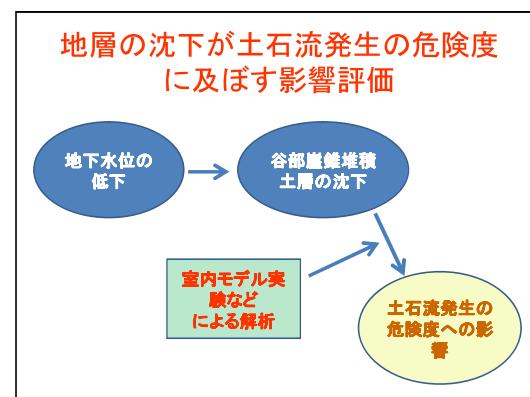
2



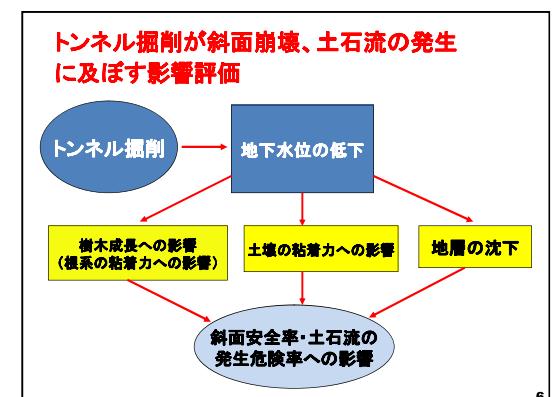
3



4



5



6

斜面安全率への影響評価基準(案)

- 現況の安全率、または危険度により、評価基準は異なる。

10年に1度程度の強雨で部分的であれ斜面崩壊が発生する状況では、トンネル掘削で数パーセントの安全率の低下、危険度の増加は、「安全とは言えない！」

100年に1度程度の豪雨で部分的であれ斜面崩壊が発生する状況では、10%程度の安全率の低下は、「安全とは言えない！」

7

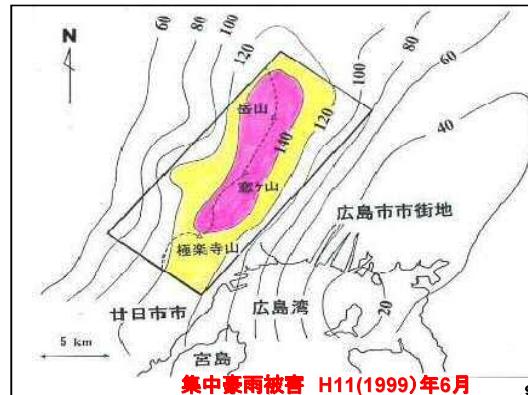
現況調査結果が重要である！

斜面の安全率、土石流発生の危険性の現状把握
<地形、土性、地下水位、根系土壤緊ばく力
崖錐堆積量など>

↓
影響評価精度、評価基準の設定

↓
影響予測と影響評価

8



9

荒谷地区



観音台地区

1999年6月 広島市の集中豪雨被害

10

観音台3丁目:①松枯れ跡地(枯死80%)

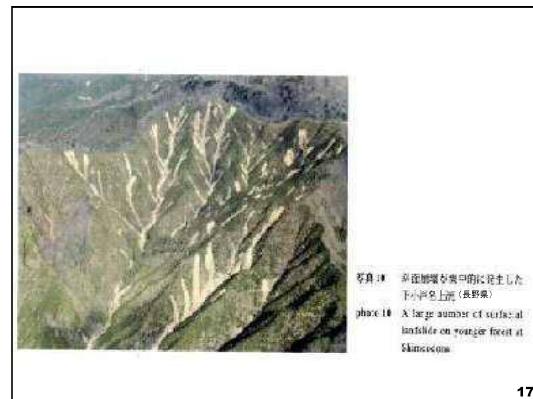
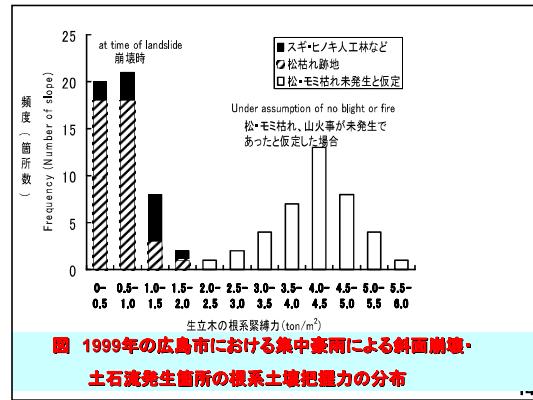
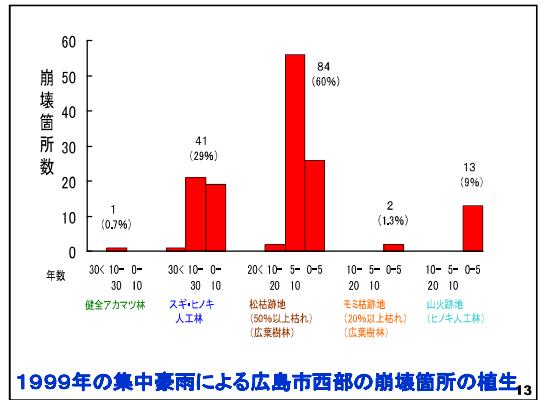


11



極楽寺山 登山道沿い(標高300m) 松枯れ跡地

12



H-SLIDER 法

土木研究所資料
表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価
マニュアル(案)

独立行政法人 土木研究所
土砂管理研究グループ
火山・土石流チーム

19

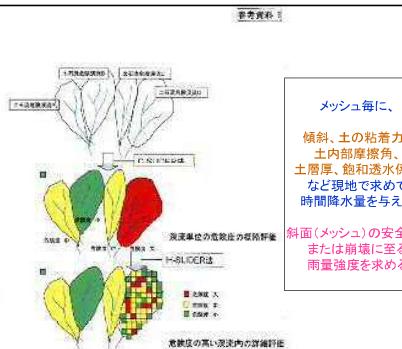


図-1 H-SLIDER法による斜面の危険度評価とより厳密なものとの比較

20

斜面の安全率を求める基本式

斜面の安全率 (F_s) は傾斜斜面を仮定し、以下の式で算出する。

$$F_s(\theta) = \frac{c + (\gamma h \cos^2 \theta - \gamma u) \tan \phi}{\gamma h \cos \theta \sin \theta} \quad \text{式-1}$$

ここで、 c [kN/m²]は粘着力、 h は土層の単位体積重量[kN/m³]、 θ は土層厚[m]。
 u は斜面勾配 $[\text{m}]$ 、 γ は間隙水圧[kN/m²]、 ϕ は土の内部摩擦角 $[\circ]$ とする。

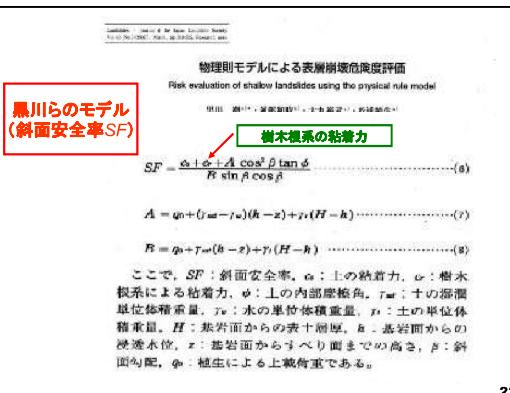
3. 安全率の算定

安全率(F_s)を、勾配 (θ)、張水压 (u)、メッシュ幅 (b)、土層厚 (h)、土層の粘着力 (c)、土層の内部摩擦角 (ϕ)、土層の飽和透水係数 (K)、土層の単位体積重量 (γ)、水の単位体積重量 (γ_w)から以下の式で算出する。

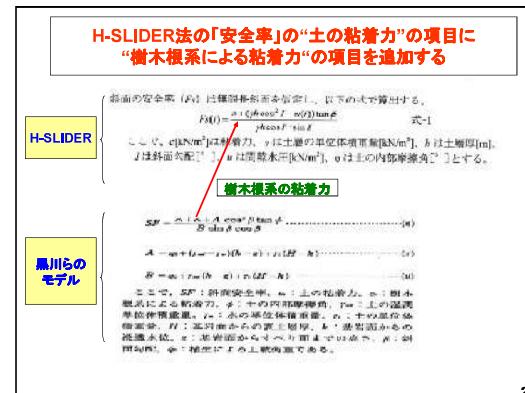
$$F_s = \frac{c + (\gamma h \cos^2 \theta - \gamma_w u) \tan \phi}{\gamma h \cos \theta \sin \theta} \quad \text{式-2}$$

F_s の算出は、メッシュごとに行う。

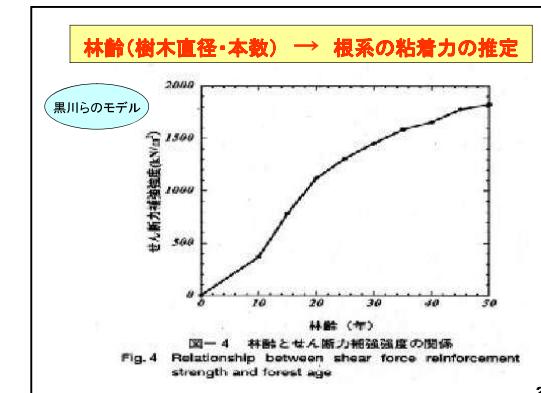
21



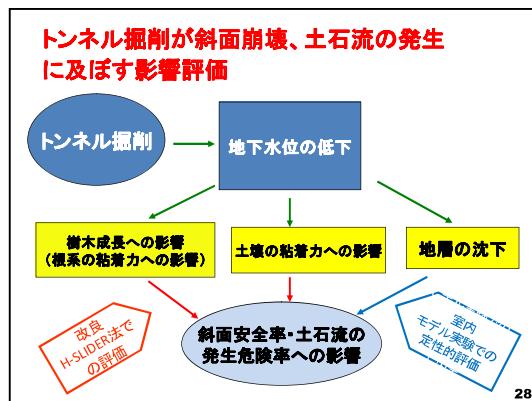
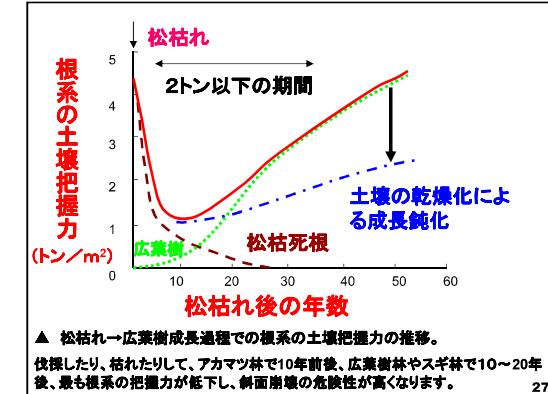
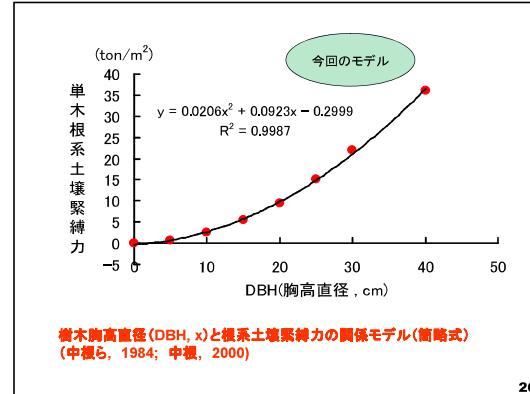
22



23



24



土木研究所資料

表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案）

（第4回委員会「資料4－2参考資料」を再掲）

※再掲は本報告書への添付を省略

b 関委員提案の植生に係る補足調査計画

（第4回委員会資料「当日配付資料才」を再掲）

※再掲は本報告書への添付を省略

資料 5－2（ウ）

(ウ) 「植生に係わる補足調査計画案」について—質問・意見への対応—

「第5回広島高速5号線トンネル安全検討委員会」
「植生に係わる補足調査計画案」について－質問・意見への対応－

八丁堀シャンテ
 2010年11月14日

担当委員 中根周歩

植生補足調査案への主な意見と対応

○トンネル掘削の影響評価方法において具体的なプロセスを明示してほしい。(山本委員) → 第4回委員会での資料で示しました。

○トンネル掘削の影響を受けないと想われる地点を対照区として設置することが必要である。(奥西委員) → 第4回委員会での資料で示しました。

○根圏への下方土壤からの土壤水動態測定は技術的、理論的な無理がある。(関委員) → 室内実験と並行することで技術的に可能で、理論的無理があるとは言えない。

○トンネル掘削により土壤が乾燥し、樹木が枯れて、斜面崩壊が発生するという考え方には問題がある。
 (関委員) → 第4回委員会で述べたように、枯れに至らなくとも樹木の成長悪化が危険な状況を持续させる。

○トンネル工事による地中水位の低下は、「その過程での圧密現象の進行に伴う沈下が生じる可能性は否定できない。」しかしながら、圧密沈下の問題は土石流や急傾斜地の崩壊による土砂災害発生危険性とは異なる問題である。(海堀委員)

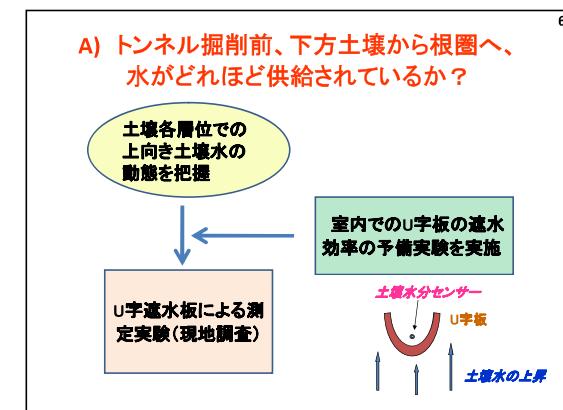
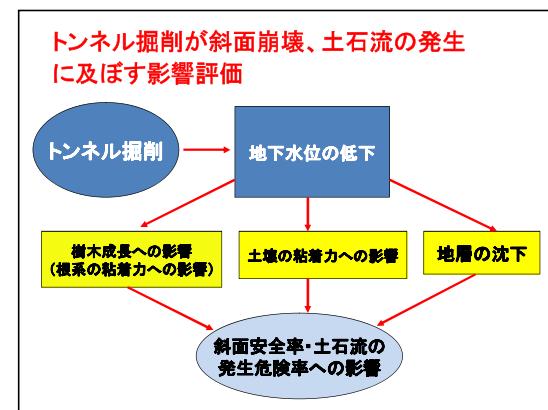
→ 谷頭部の斜面、崖壁堆積土層の沈下が斜面崩壊、土石流発生に影響しないとは言えない。

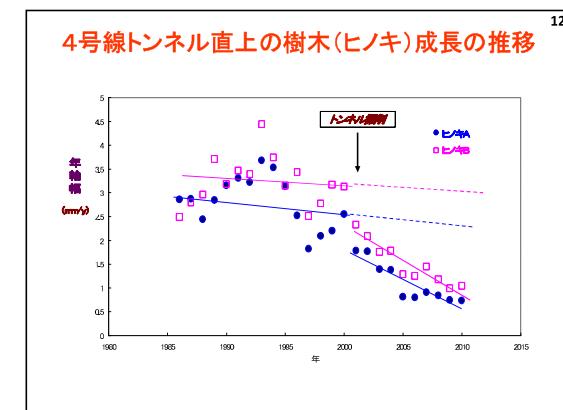
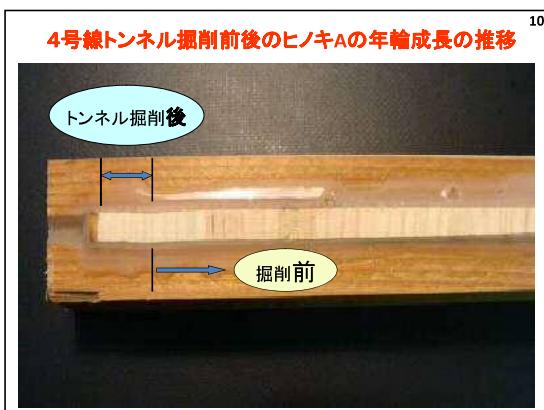
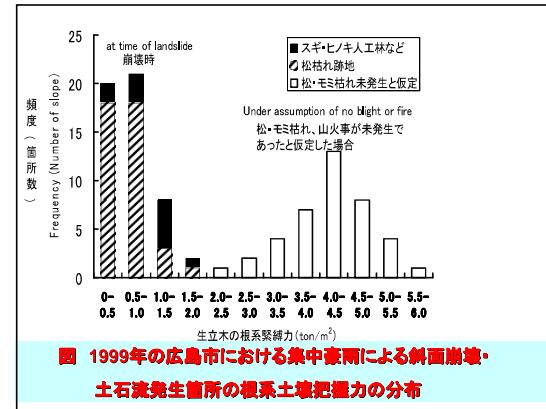
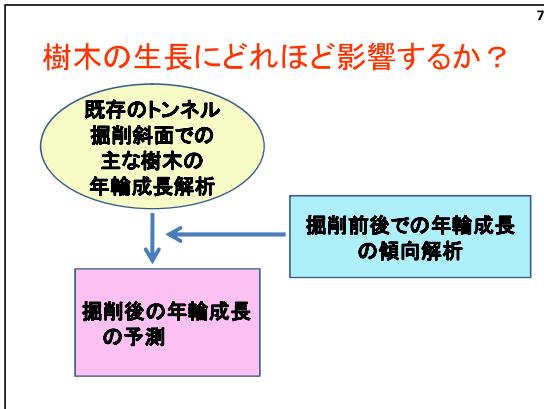
○「排水工法」により「抜かれる土壤内の水は重力水であって、植生が通常必要とする毛管水まで奪うものではないので、この工法によって植生の活力が低下することはない。」(大島委員)

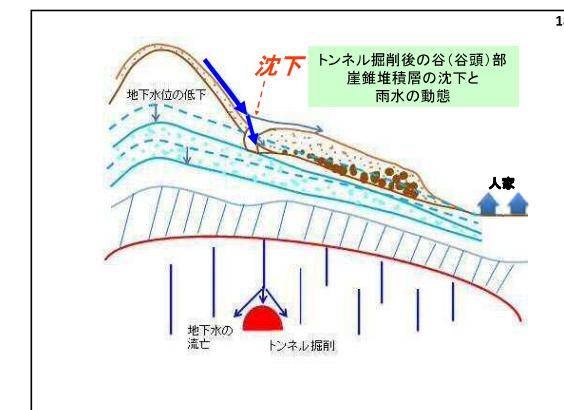
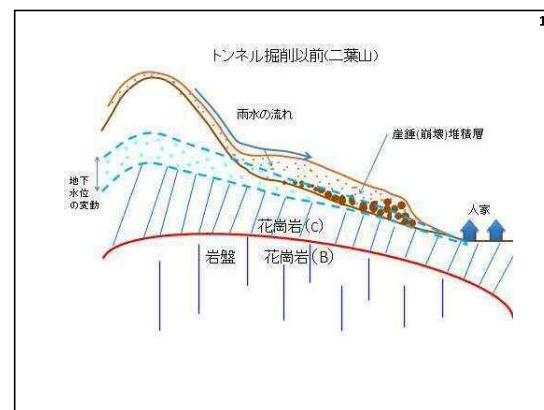
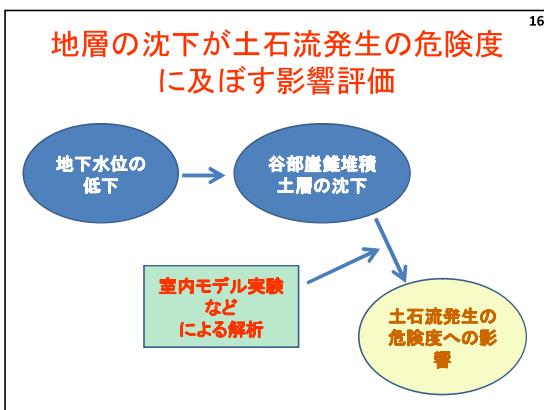
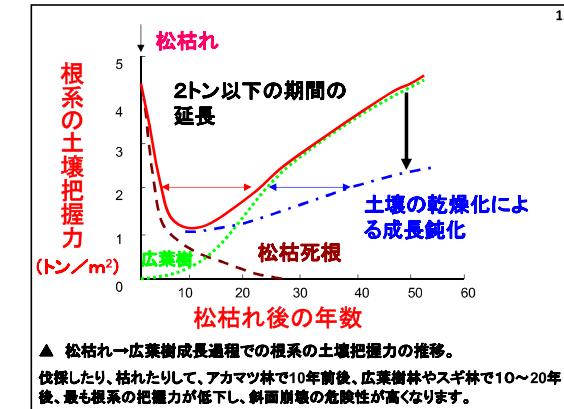
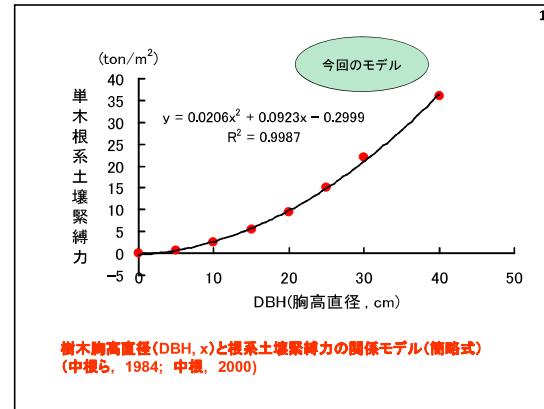
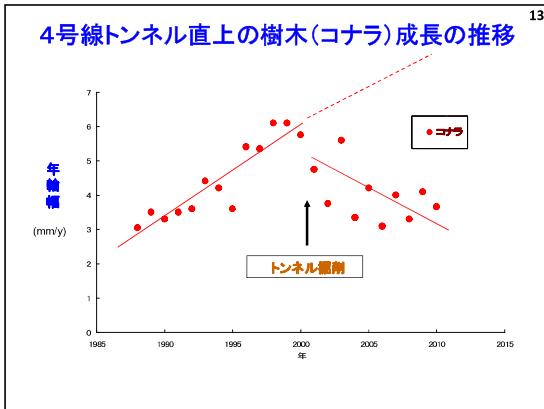
→ 地下水位の低下がその上方の土壤毛管水(不飽和土壤水)に影響しないとは言えない。

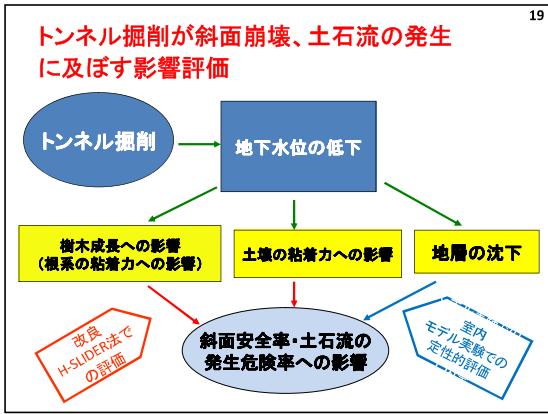
○防府での土石流「524箇所の発生場の220箇所調査を行きました。しかし、トンネルとの関連性は全く認められないし、専門家の中でもそれを関連づけて言われる人は一人もおりませんでした。」(金折委員)
 → 果たして、関連・影響ないと言い切れるどのような解析をされたのでしょうか？天王山、広島山陽道トンネルで関連性が無いと、どのような検証がされたのでしょうか？かつて、植生との関連を言われる専門家は広島の災害ではありませんでした。

この委員会では二葉山、尾長山についての検討を行なうものです。









斜面崩壊・土石流発生危険地域である
“二葉山・尾長山植生調査”は
その斜面下部に生活している多数の住民の
「生命と財産」
に係わる重要な問題である。

20

地表面沈下に関する一般的な解析手法について（NATMの場合）

地表面沈下に関する一般的な解析手法について（N A T Mの場合）

1. トンネル掘削に伴う地盤変形の主要因と現象の概要説明

トンネル掘削に伴って生じる地盤変形は、地形、地質、地下水、土被り、トンネルの断面・施工法・補助工法などの様々な要素に起因する複雑な現象であり、その主要因としては、一般的な①「地中応力解放による地盤変形」と、地質状況によっては発生する可能性のある②「地下水位低下による圧密沈下」がある。

① 及び②のそれぞれの要因の詳細は、以下のとおりである。

① 地中応力解放による地盤変形

（※解析手法は、「2. 地中応力解放による地盤変形解析」に示す。）

図-1 に示すように、トンネルを掘削することによって地中応力が解放され、地盤はトンネルの内側に向かって変形する。地盤沈下はトンネル天端で最大となり、その影響がトンネル周辺地盤に伝わって地表面沈下が生じる。

応力解放による地盤変形の一般的な傾向は図-2 に示すように、トンネル周辺の地盤が硬い（変形係数が大きい）と天端の最大沈下量が小さく、地表面の沈下も小さいが、トンネル周辺の地盤が柔らかい（変形係数が小さい）と最大沈下量が大きくなり、地表面の沈下も大きく、かつ広範囲となる。

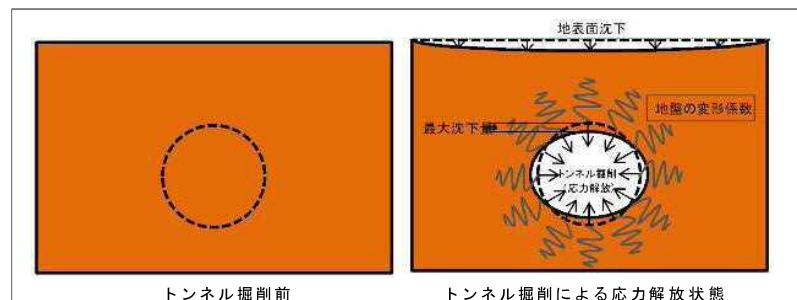


図-1 地中応力解放による地盤変形の模式図

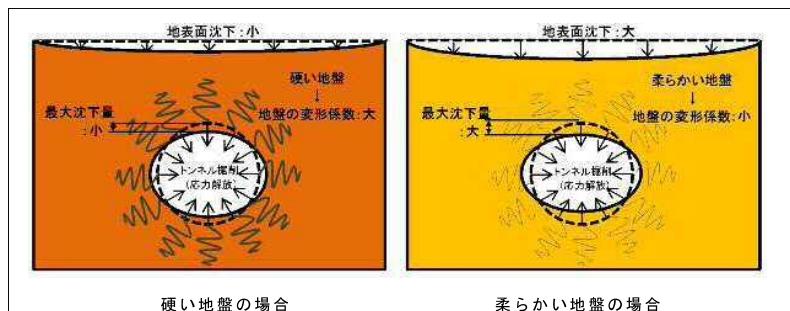


図-2 トンネル周辺の地盤強度（変形係数）の差異による地盤変形傾向の概念図

② 地下水位低下（土中含水量や間隙水の変化）による圧密沈下

（※解析手法は、「3. 地下水低下による圧密沈下解析」に示す。）

地下水の排水を行なながらトンネルを掘削するN A T M工法の場合、地下水を排水することにより、周辺地盤中の地下水位が低下する。この地下水位の低下によって、土中含水量や間隙水に変化が生じ、粘土分の多い軟弱地盤などによっては圧密沈下が発生する可能性がある。

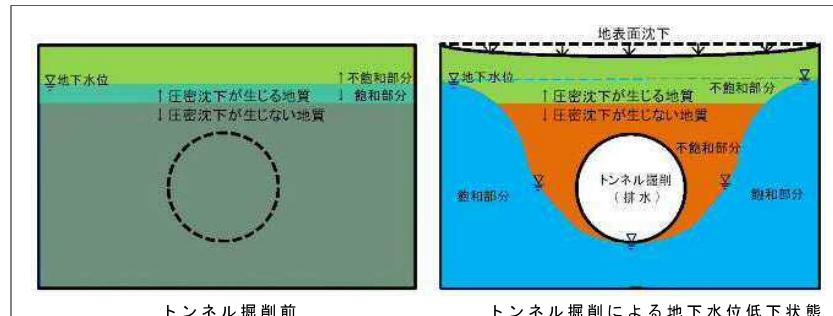


図-3 地下水位低下による圧密沈下の模式図

なお、広島高速5号線トンネルにおいては、今後行う追加調査の結果と既存の地質・水文調査結果を基に、地形・地盤・地下水状況を総合的に検討・評価し、広島高速5号線トンネルに適した解析手法の選定を審議・検討して頂く。

2. 地中応力解放による地盤変形解析

2.1 解析手法と解析次元

地中応力解放による地盤変形解析は、F E M (Finite Element Method、有限要素法)に代表される数値解析による方法が主流であり、従来の二次元から近年は三次元モデルの適用も増加しつつある。

(I) 二次元：本来は三次元的なトンネル掘削・支保工設置の進行に伴う周辺地山の挙動を二次元で解析するために、図-4に示すように応力解放率 α を用いてトンネル施工の進行を表現する方法が一般的である。

解析断面を決定さえすれば、図-5に示すように基本構造モデルの作成は容易であり、三次元よりも細かいメッシュモデルで解析ができる。

(II) 三次元：基本構造モデルの作成、物性値の設定とともに二次元よりも複雑となるが、図-6に示すように、解析範囲内のほぼ任意地点の結果を抽出することができる。

地形や地質条件・地層構成が複雑な場合は、コンピュータの演算処理能力の制約によってメッシュモデルを粗くせざるを得ないこともある。

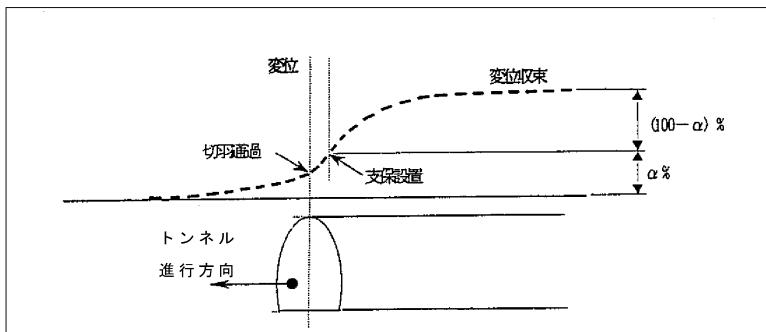


図-4 切羽の進行を応力解放率 α (%) で表現した例

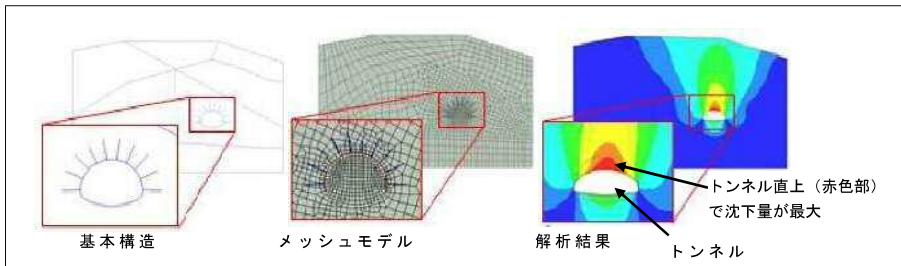


図-5 二次元モデルと解析結果の表現例

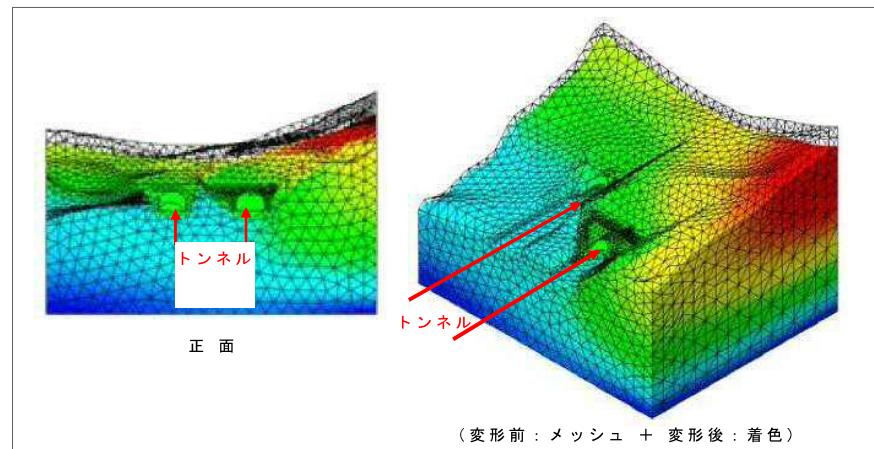


図-6 三次元モデルと解析結果の表現例

2.2 応力・ひずみ関係式

地盤の材料特性や応力・ひずみ関係は、その構成式から(i)弾性(線形・非線形)、(ii)弾塑性、(iii)弾粘塑性などがある。複雑な関係式を用いると入力するパラメータも増えて、その妥当性が問題となることもある。

この中で、(i)弾性解析は使用するパラメータが少ない(弾性係数E、ポアソン比 ν)ことと、一般的にトンネル周辺の岩盤の挙動を簡便に表現できることから、N A T Mでの採用例は多い。

2.3 連成解析の現状

メカニズムの異なる複数の現象の相互作用を一連の解析で処理する「連成解析」は、非常に複雑な解析手法となるが、近年のコンピュータの性能向上に伴って、適用範囲が広がりつつある。

「① 地中応力解放による地盤変形」と「② 地下水位低下による圧密沈下」は「応力浸透連成解析」として、主に軟弱粘性土地盤を対象とした弾塑性解析や弾・粘塑性解析での連成が可能となってきているが、地中応力解放の単独解析よりも多大な演算時間を必要とするため、広域な範囲では取り扱えるデータ量(要素数や節点数)に限界があり、現状においては、複雑な地層構成の解析では一般的には適用されていない。

このため、一般的には、地質・水文調査結果に基づいて、「②地下水位の低下による圧密沈下」が発生する可能性があると判断される場合には、「① 地中応力解放による地盤変形」と「② 地下水位低下による圧密沈下」の単独解析を行って、それぞれの結果を総合的に評価・判断する手法が取られている。

3. 地下水位低下による圧密沈下解析

地質調査結果に基づいて、盛土・崖錐および強風化花崗岩の分布状況、物理的・力学的特性、地下水位の状況などから、トンネル掘削に伴う地下水位の低下によって圧密沈下が発生する可能性があると判断される場合には、以下のような解析方法がある。

地下水位低下による圧密沈下解析は、三次元地下水浸透流解析によってトンネル施工による地下水位の低下予測を行うとともに、地盤の浮力の変動を圧密沈下で表現して、以下に示すような手順で地盤の鉛直方向沈下量を予測する方法がある。

(広島高速1号線福木トンネルの中国電力変電所下の掘削において採用)

- 1) 地質調査や水文調査の結果などから地形、地質構造、地下水と滯水層の分布、透水性や貯留特性などを判断し、解析領域を定めて自然状態を三次元でモデル化
- 2) 降水量データや水文調査結果などから自然状態における地表水・地下水の流動状態をシミュレーション
- 3) トンネル施工による坑内湧水と地下水位低下の予測（施工中、完成後）
- 4) 地下水位低下部の地盤の浮力の変動を圧密沈下($e-\log P$ 曲線による評価)で表現し、地盤の鉛直方向沈下量を予測

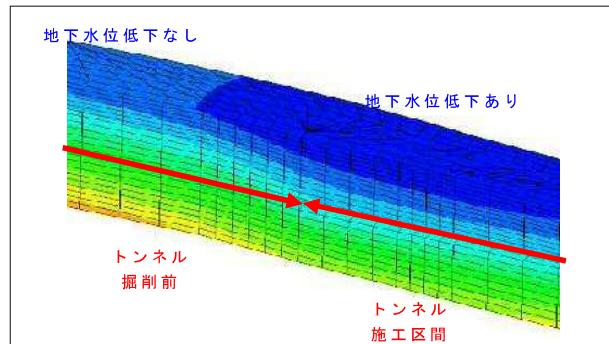


図-7 トンネル施工による地下水位低下の表現例
(地下水位センター図・三次元)

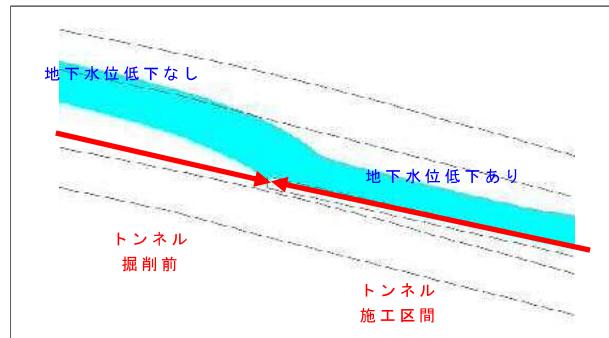


図-8 トンネル施工による地下水位低下の表現例
(地下水位状況図・三次元)

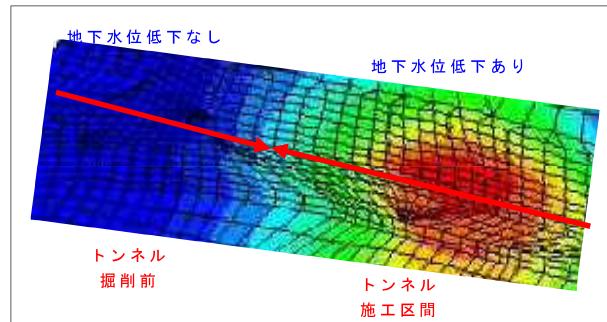


図-9 地下水位低下による圧密沈下の結果の表現例
(地表面沈下センター・平面図)

4. 広島高速5号線トンネルの調査・解析フローについて

追加調査等から解析に至るまでの考え方を以下に示す。

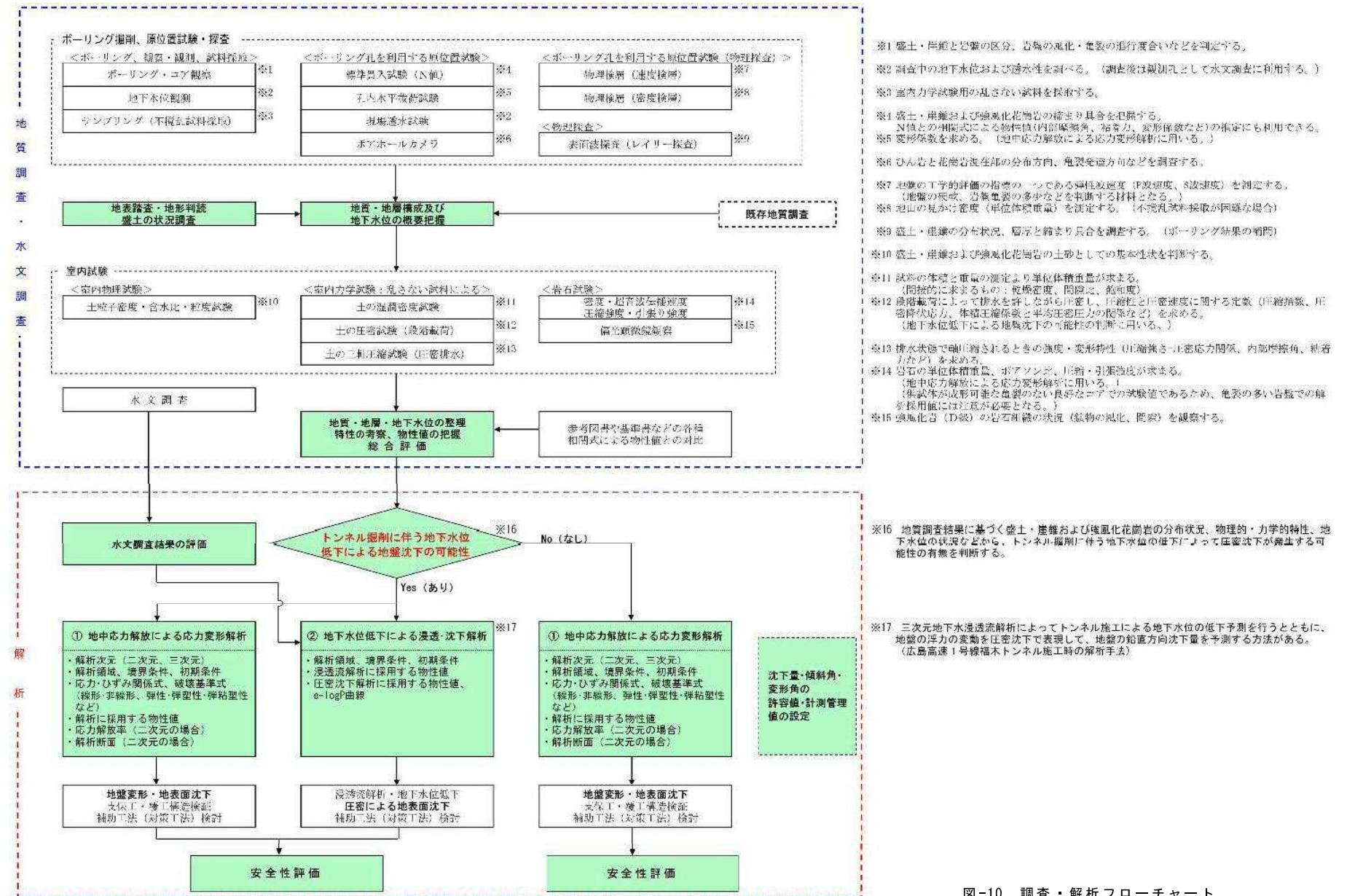


図-10 調査・解析フローチャート

トンネル工事における地表面沈下対策について

含水未固結地山¹や強風化地山、土被り²が小さい箇所では、地表面沈下に対してより慎重な対応が必要となる。トンネル工事に伴う地表面沈下の要因としては、次の二種類が考えられる。

① トンネル掘削に伴ってトンネル周辺の地山が変形することにより沈下が生じる（図-1参照）。

② トンネル掘削に伴って地中の地下水が変動することで沈下が生じる（図-2参照）。

➢ 水分を多く含んだ粘土等では地下水の変動に伴う圧密³により沈下が生じる。

➢ 未固結地山や強風化地山では、水があることで支えられていた地山が地下水が変動することで支えを失い、沈下が生じる。

したがって地表面沈下対策は、これらの影響を抑制することを目的として実施される。

①に対してはトンネル周辺に剛性⁴の高い材料を設置したり、トンネル周辺の地山を改良することなどにより、トンネル掘削に伴う周辺地山への影響を抑制する対策がとられる（図-3参照）。

②に対しては、トンネル周辺地山の水みち⁵をセメントなどによって塞ぐことなどにより、トンネル掘削に伴う地下水の変動を抑制する対策がとられる（図-4参照）。

地表面沈下対策は、地形・地質条件、地下水位、土被り、トンネルの大きさ、トンネルの施工法を十分に考慮して選定する必要がある。このため、適切な地表面沈下対策を選定するために、対象となる箇所の地質および地下水の調査は非常に重要であると考えられる。

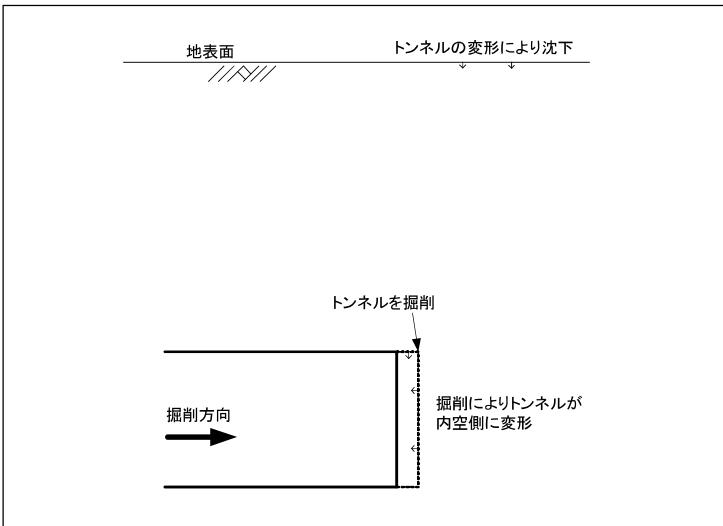


図-1 トンネル掘削に伴う地山変形による地表面沈下の模式図

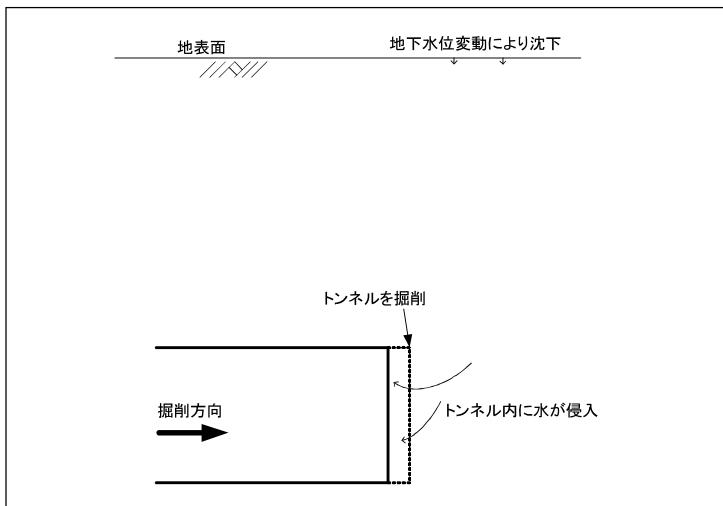


図-2 トンネル掘削に伴う地下水変動による地表面沈下の模式図

¹ 地山…トンネル周辺の地盤の総称。含水未固結地山とは、地山が十分に固まっておらず、かつ地山内に水がある状態で、安定性が低い状態である。

² 土被り…トンネル天端より上方の地山。

³ 圧密…水がしづく出されて体積がゆっくり収縮して沈下すること。

⁴ 剛性…変形のしにくさを表す。剛性が高いほど変形しにくい。

⁵ 水みち…地中の水の通り道。

代表的な対策概念図

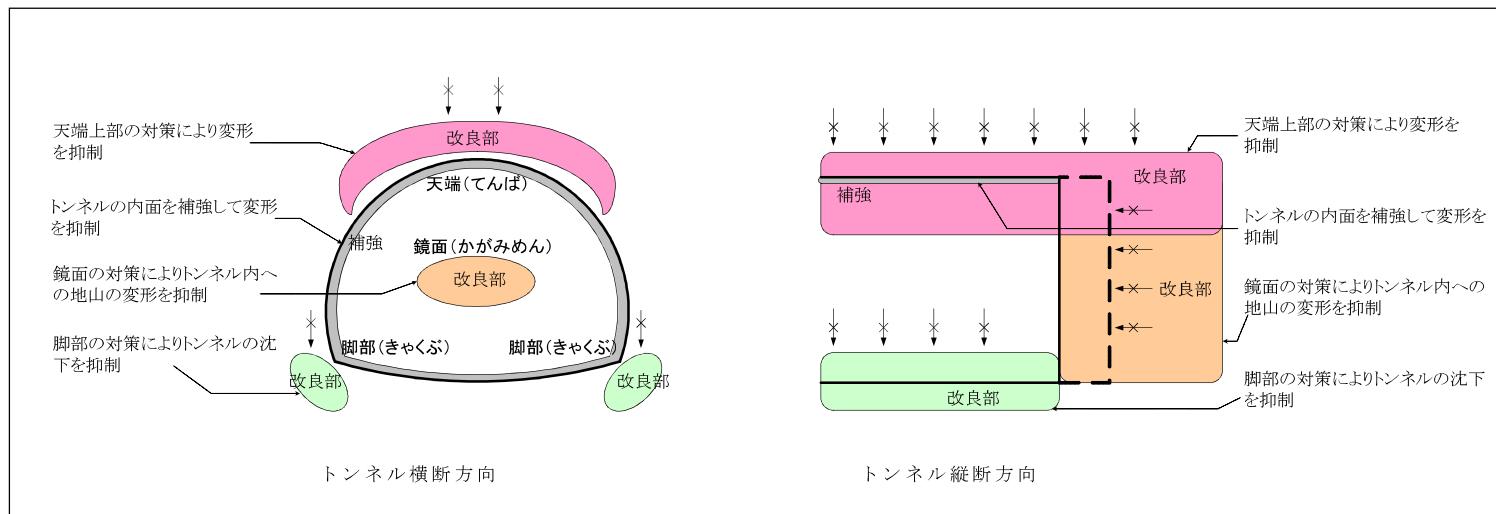


図-3 地山の変形（図-1）による沈下に対する対策の模式図

例)

天端対策：長尺鋼管フォアパイリング

鏡面対策：鏡ボルト

脚部対策：脚部補強ボルト

トンネル内面補強：早期閉合

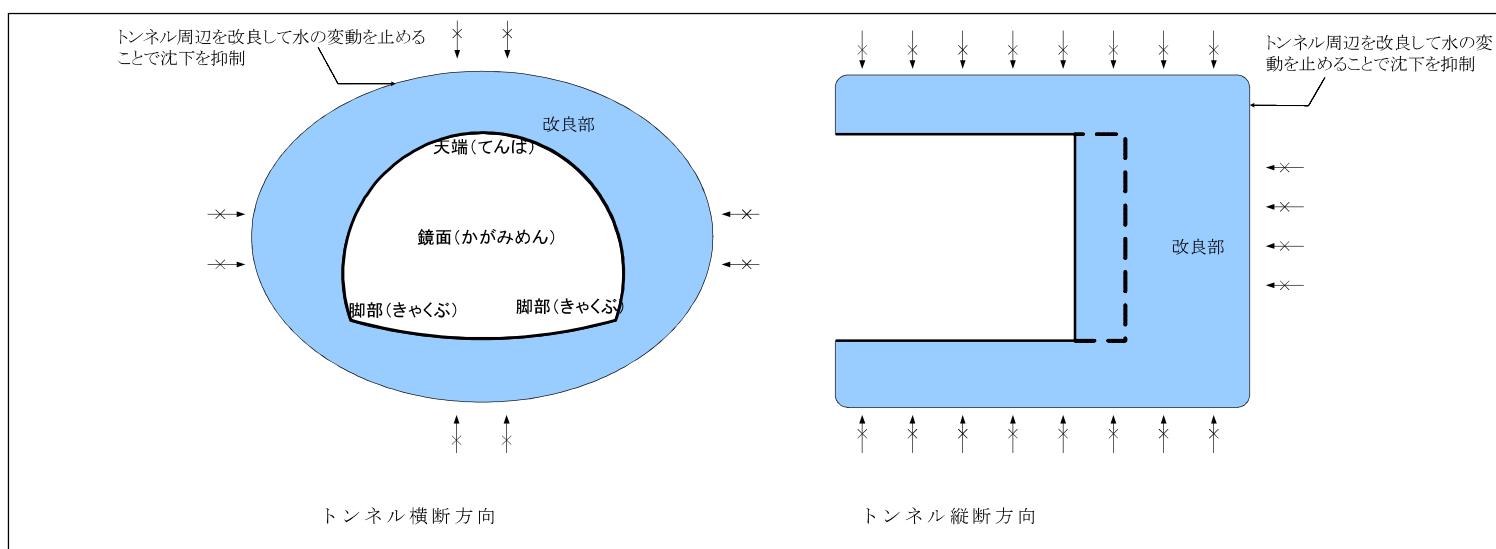


図-4 地下水変動（図-2）による沈下に対する対策の模式図（地山の変形対策にも用いられる）

例)

垂直縫地ボルト、注入工法

資料 5－3 参考資料

沈下解析について

(第3回委員会「資料 3－3」を再掲)

※再掲は本報告書への添付を省略

第5回委員会

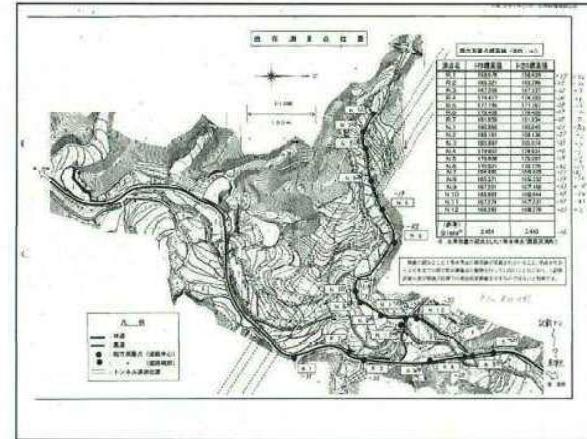
- ・ 資料ア 第一次調査項目とその調査内容(案)
～「第4回委員会当日配付資料ウ」再掲～ (※)
- ・ 資料イ 高速4号線西風トンネルによる被害の調査(斜面編)
(奥西委員提出資料)
- ・ 資料ウ 地質と水文に関する追加調査について(越智委員提出資料)
- ・ 資料エ 第4回広島高速5号線トンネル安全検討委員会における
水文調査に関する審議ふまえて(奥西委員提出資料)
- ・ 資料オ 名神高速道路天王山トンネル増設工事に伴う
タケノコ畠の被害 -調査結果の要約- (奥西委員提出資料)
- ・ その他 全体平面図・地質縦断図

(※) : 再掲は本報告書への添付を省略

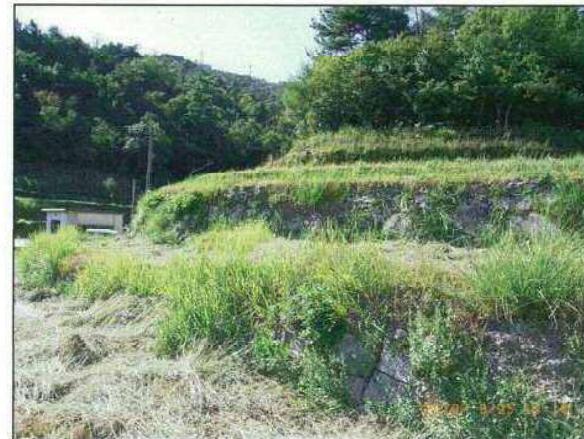
※再掲は本報告書への添付を省略

高速4号線西風トンネルによる
被害の調査(斜面編)

9月25日 踏査者＝越智、坂巻、奥西







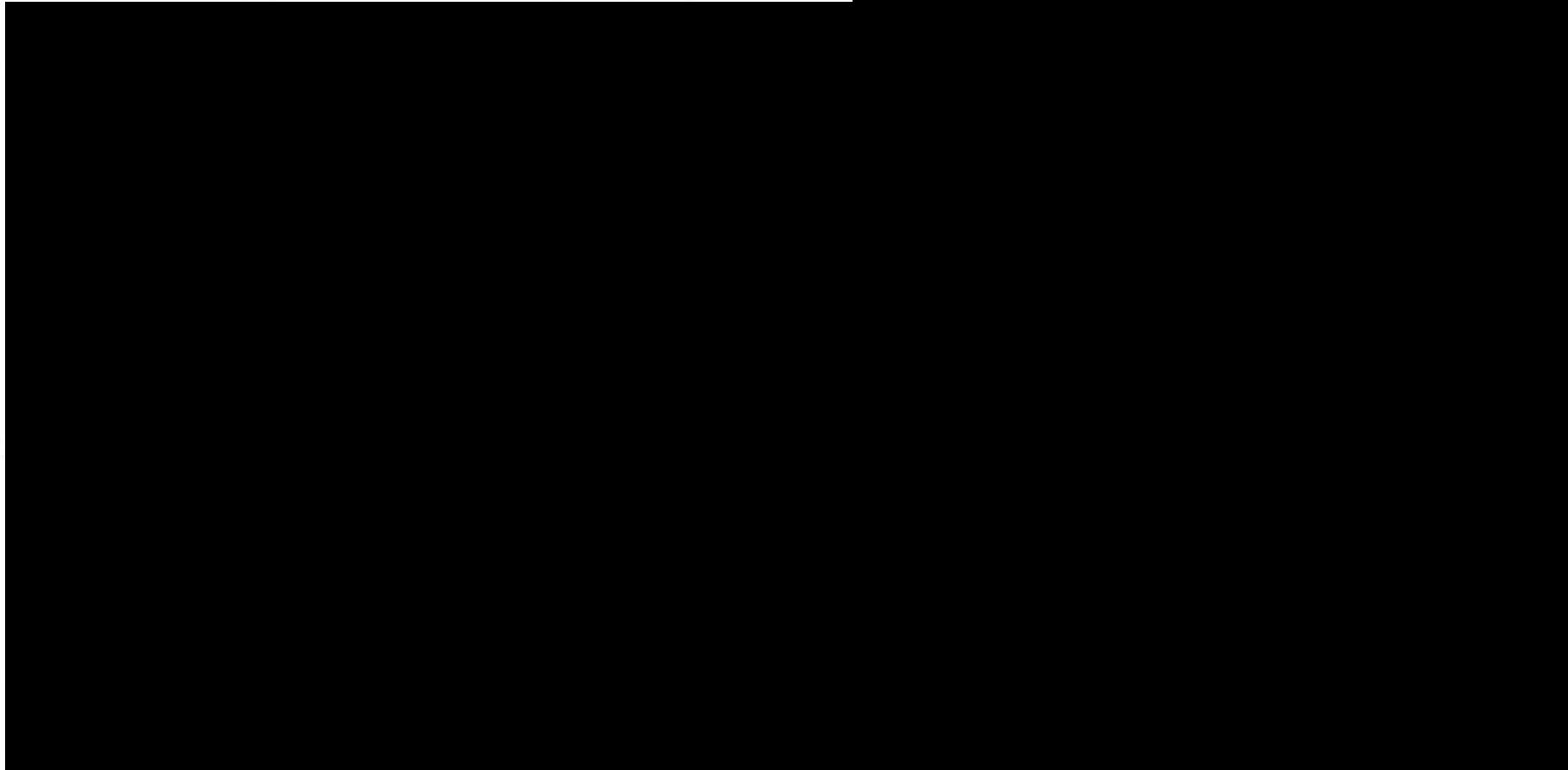
委員会当日配付資料 ウ
(越智委員提出資料)

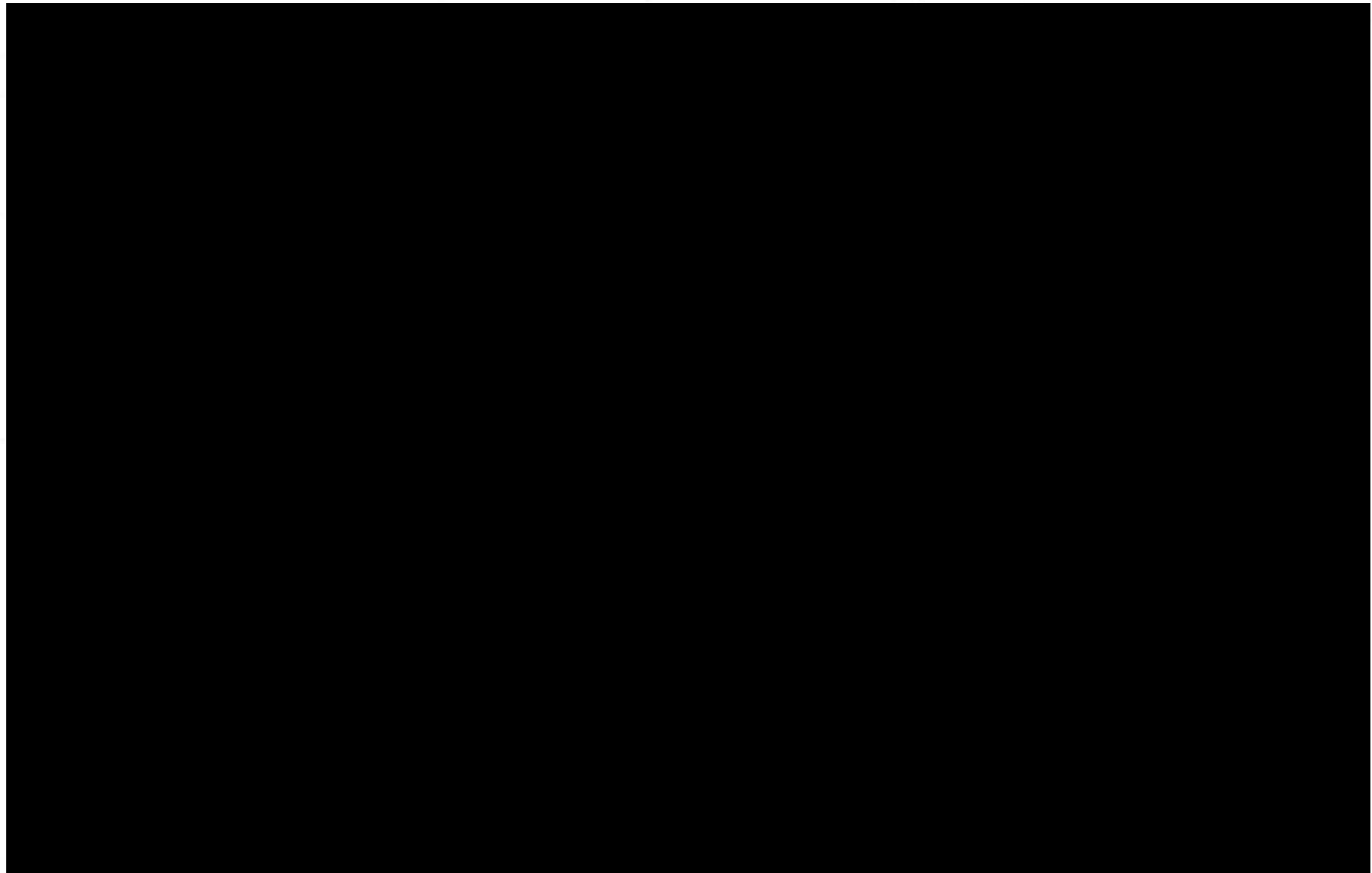
2010年9月26日

広島高速5号線トンネル安全検討委員会 様

委員 越智秀二

地質と水文に関する追加調査について





第4回広島高速5号線トンネル安全検討委員会における 水文調査に関する審議ふまえて

2010.11.14

奥西一夫

水文調査に関しては、第1回委員会で事業者側作成の資料が配付され、委員から意見表明がなされ、第2回委員会に向けて私の意見書「広島高速5号線トンネル安全検討委員会第1回資料 水文調査概要と地下水解析結果概要の問題点（改訂版）」を提出したが、第2回委員会で「事務局の考え方」という名の下に事業者の意見が示され、資料2-2「追加調査計画について」のI（地質・水文調査）でボーリング追加案と追加ボーリング孔での地下水位調査の事業者案が示され、補足資料として過去におこなわれた水文調査の成果が示された。しかし、委員の意見はとりまとめられないままであり、「事務局の考え方」では委員の意見に対して補足資料で答えるということになっているが、論点の多くはそれ違いになっている（委員の意見は現時点の問題提起であるのに対し、補足資料は過去の調査成果である）。そして、委員会では委員会運営に関して時間を取られたこともあり、水文調査に関して委員が意見を述べる時間がほとんど取られなかった。また、この会議に向けて提出していた私の意見書も配布されず、第3回委員会資料で配布された。第3回委員会では事務局提案の追加調査について委員から意見が述べられたが、水文調査に関する追加調査案の内容はほとんどなく、また、委員の意見を述べる機会も得られなかった。第4回委員会では議事に「水文調査について」という一項目が設定され、一定の審議時間が確保されたが、各委員の意見書内容を説明する時間はなく、意見も言いつぱなしという感じで終わっており。最後に委員長が「今の西垣委員の補足の発言を踏まえて、水文調査の案を認めていただけますでしょうか。よろしいですか。では、そうさせていただきます。そのように進めます。」と発言されているが、そこで言う「水文調査の案」の内容は全く特定されておらず、文書提出された意見をどのように扱うかも明確でない。そこで下記では私が提起したが、委員会としてどのような考え方をするか、審議が尽くされていない点を手短に列挙する。なお、以下に言う「補足資料」は第2回委員会資料の補足資料を指す。

1. 地下水の存在形態について

補足資料の3.1節「地下水の形態」の第1ページに総括表があり、削孔中の水位変化、孔内水位観測データ、およびイオン分析結果（孔内水の涵養源の推定）を下に観測孔への地下水供給箇所【地下水形態】の考察がおこなわれている。そこに示されている判断は、それ自体は納得できるものであるが、重要なことはこの判断はボーリング掘削後の孔内水位の変化範囲に限られると言うことである。また、降雨が少ない時に孔内水位が低下せず、一定レ

ベルに留まつたり、きわめてゆっくり低下したりする場合は、停滞水の可能性が高く、地下水位が安定していると解釈するのは問題である。「不明」あるいは「被圧と不圧の複合」と判断されているものについては、裂か水の可能性を否定できない。

トンネル掘削による孔内水位変化がトンネル掘削前の年間水位変化の範囲を超える場合、または地下水の存在形態が不確かな深度範囲に入る場合は、地下水変化的シミュレーションそのものが無意味になる可能性があり、十分な照査が必要である。

2. イオン分析結果について

イオン分析は地下水を含む陸水の起源や流下経路を推測することを可能にするものとして重要であるが、解析が不十分であり、再検討が必要である。

三角ダイヤグラムやキーダイヤグラム等による解析は便利なものであるが、あくまでも地球化学的、地質学的な検討に基づく必要がある。 Ca^{2+} と Mg^{2+} の関係、 SO_4^{2-} の起源について再考が必要である。

水質による地下水流动系の推定に関する一論文（井川・利部、2009）を参考資料として添付する。

3. 沢水流量観測結果について

数年間の連続観測がされていることは評価できる。しかし、資料には水文解析が全く示されていない。沢水に限らず、水文解析に基づく水収支を明らかにしないと、水文調査そのものが信憑性のないものになってしまう。

4. 地下水解析結果について

現在委員会に提出されている地下水解析結果は、上記1.～3.で指摘したことをふまえたものではないので、根本的に解析をやり直す必要がある。その際、以下に留意する必要がある。

環境影響の観点からは、不圧帯水層中の地下水位の高さ（すなわち地下水位）を示すべきである。それとは別に、トンネル掘削の地下水への影響を示すために、水頭の三次元的分布を示す必要がある。

岩質別の透水係数の表しか示されていないことから、裂か水の存在を無視しているものと考えられるが、これは不適切である。

3次元モデルには透水係数など地盤のパラメーターを3次元的な分布として与える必要があり、追加調査の結果も用いてパラメーター分布も改訂されなければならない。地下水に関して特に注目すべきは、断層構造の解明によって明らかにされる断層破碎带と断層粘土の分布、および断層運動他の地殻運動によって誘起される裂か構造である。

透水係数は現況再現計算の中で修正をおこなっているが、現況再現計算の中で検証すべき事項は透水係数の分布だけではないから、その他の不適合をむりやり透水係数の分布に置き換えてしまっている可能性がある。

現況再現計算と現況のマッチングについては、一定降雨による同定と変動降雨によるマッチングが行われているが、ミスマッチングを取り繕うようなパラメーター修正が行われており、そのような修正の妥当性については照査されていない。マッチングの結果は、計算値と観測値がぴったり一致することは望めないものであるが、客観的にどの程度の差まで許容するかという基準を決めてから、その基準値以下であることを確認すべきものである。

対象区域の水収支による検証も行われていないので、水文学的に不合理な地下水モデルになってしまっている可能性を払拭できていない。

湧水の地球化学データの変遷から見た秋田県六郷扇状地における地下水流动系

井川 怜歌^{*1}・利部 憲^{*2}

Groundwater flow system in Rokugo alluvial fan as revealed by transition of geochemical data for spring water

Reo IKAWA^{*1} and Makoto KAGABU^{*2}

Abstract

The Rokugo alluvial fan in Aicita Prefecture has abundant groundwater that is discharged from a belt of springs situated at its toe. In order to examine the groundwater flow system in the fan, a monthly water sampling and chemical analyses program was conducted for the spring and river water around the fan covering the period between irrigation and non-irrigation.

A seasonal variability of isotopic ratios was not observed in either the river or spring water samples. However, a seasonal variability was seen in the chemistry of the river water. The results of present and previous studies show that the groundwater discharged in the belt of the springs at the toe of the fan is recharged by rainwater, irrigation water, and underflow water from the apex of fan. From observations of water chemistry and isotopic ratios in spring water samples, these studies also suggest that the multiple sources of recharge water are mixing within the fan. Additionally, it is suggested that this groundwater flow system is controlled by the differences in grain size in the fan deposit.

The groundwater flow system for three springs located at the edge of the fan is found to be different from that of others, which suggests that these specific springs might be affected by recharge from bedrock groundwater.

Key words: Hydrogen and oxygen stable isotopic ratio, alluvial fan, groundwater flow system, spring water

キーワード：水素・酸素安定同位体比、扇状地、地下水流动系、湧水

I. はじめに

日本には大小様々な扇状地が存在し、その多くが豊富な地下水を有しており扇端部ではこれらの地下水が湧水となって地表面に現れ、昔から地域の人々の生活に欠かすことの出来ない貴重な水源として用いられてきた。したがって、扇状地の地

下水にかかる研究は、水文学の世界においても重要視され、その流动（黒部川扇状地地域社会研究所、1986）、涵養機構（水谷・小田、1983；水谷・佐竹、1997；水谷ほか、2001；浦井・中山、2006），および滞留時間（水谷ほか、1987）などについての研究がなされてきた。また近年では扇状地における涵養から流出までの水文レスポンス

*1 産業技術総合研究所 地質調査総合センター Geological Survey of Japan, AIST

*2 熊本大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

の早さという利点を活かし、気象などの水文環境が異なる北海道から九州における複数の代表的な扇状地において詳細な水文地質観測を行ない、その結果を比較することにより地球温暖化などのinput側の大規模な環境変化が、output側の地下水や河川水にどのような影響を与えるのかを予測しようとする動きも出てきている (RHF, 2008)。

秋田県美郷町六郷地区に位置する六郷扇状地も古来より「百清水」と呼ばれる数多くの湧水を扇端部に有しており、現在の市街地はかつて湧水周辺に出来た集落の名残である。しかしながら近年の土地利用の変化、住民一人当たりの水使用量の増加、および冬期における融雪水としての地下水揚水量の増加に伴い、「百清水」を有した六郷扇状地においても秋から春にかけての非灌漑期における地下水位の低下が顕著となり、いくつかの湧水で非灌漑期における枯渇が確認されている。現在では地表面からの浸透が限りなく0に近くなる積雪期を中心に入工涵養池を用いた地下水の人工涵養が行なわれており、一定の成果を挙げている (肥田ほか, 1999; 肥田 2005; 肥田, 2007; Kagabu *et al.*, 2008)。

本扇状地における湧水や地下水に関する地球化学的データは、安原ほか (2002)、島野・肥田 (2006)、利部ほか (2008) および Kagabu *et al.* (2008)において一部報告されているが、これららの研究は主に扇状地内の湧水や地下水の涵養機構を対象としているため、地表面からの地下水の涵養に大きな役割を果たしていると考えられる一部の河川を除いて、扇状地周辺の河川を含めた包括的な水文学的研究はなされていない。また湧水や一部の地下水の水質および水素・酸素同位体比は、灌漑期と非灌漑期でほとんど変化がないことが報告されており (利部ほか, 2008)、地表面の水文環境の変化に左右されない程度の滞留時間と有する大規模な地下水流动系が存在している可能性も示唆される。そこで本研究では、人規模な地下水流动系に関連していると考えられる周辺河川と湧水の両方で灌漑期から非灌漑期にかけて定期的な採水を行ない、それらの地球化学的データを用いて六郷

扇状地における地下水流动系と扇端部における湧水群の形成プロセスに関する考察を行なった。

II. 六郷扇状地の水文地質環境

秋田県美郷町六郷扇状地 ($39^{\circ} 25' N, 140^{\circ} 34' E$) は、秋田市から南東約50kmの距離に位置し、秋田県の3大河川の1つである雄物川水系に属している。年間平均降水量および蒸発散量は、それぞれ1653mmと660mmであり、地表面の70%は水田である (Hida, 2007)。本扇状地は、真昼岳から女神山および黒森山に水源をもつ善知鳥川と湯田沢川が平地の出口で合流した丸子川によって形成された沖積扇状地であり、標高は扇頂部で約90m、扇央部で約65m、扇端部で約45mである。扇状地の大きさは南北方向に約5.5kmおよび東西方向に約4kmで面積は約 14 km^2 である (肥田ほか, 1999)。

六郷扇状地は、第四紀更新世から完新世にかけて形成され、沖積層の下位に位置する新第三紀中新世千層岩を基盤とする (小西, 1966)。千層岩の岩相は砾岩、砂岩、泥岩、および石英安山岩質凝灰岩から成り下部に亜炭を挟む。扇状地堆積物の厚さは扇状地の南端で50m、扇端部で少なくとも70m、扇状地の東端で107mであり、主に砂礫層によって構成されている。また六郷扇状地は古期扇状地の上に新期扇状地が重なり合ってできた複合扇状地であるが、一般的に新期扇状地を六郷扇状地としている (肥田, 1990)。

前述したように六郷扇状地では非灌漑期における地下水位の低下と、それに伴う湧水の枯渇が深刻化している。そのため現在では非灌漑期において4つの涵養池を用いた地下水の人工涵養が行なわれている。

III. 試料採取および実験方法

本研究では、六郷扇状地を含めた周辺地域の25箇所の湧水・河川・灌漑用水路・人工涵養池 (Fig. 1) と灌漑用水である田沢跡水の源流である玉川

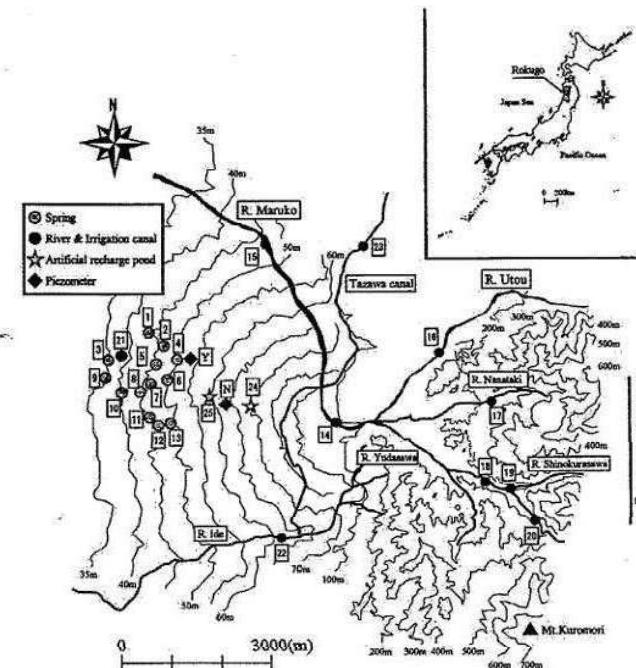


Fig. 1. Location sampling map of study area.

の2箇所、計27箇所で採水を行なった。採水期間は灌漑期にあたる2002年8月から非灌漑期にあたる11月である。状況により採水が不可能であったもの、あるいは採水を新たに追加したもののが存在するため一部の試料に関しては、全ての月のデータが存在しないものもある。全ての水試料はポリエチレン製の試料用ボトル (250ml) に採取し、電気伝導度 (EC)、pH、水素・酸素安定同位体比、および溶存イオン濃度 (Cl^- および SO_4^{2-}) の測定を行なった。ECおよびpHは、それぞれB-173 (HORIBA) およびD-21pH (HORIBA) を用いて測定し、25°Cで温度補正を行なった。また酸素・水素安定同位体比は、それぞれ $\text{CO}_2\text{H}_2\text{O}$ 平衡法と亜鉛還元法で前処理を行なった後、質量分

析計 (Thermo electron 社製 MAT250) を用いて測定し、SMOWに対するδ値としてパーミル (‰) で表示した。

$$\delta = \left(\frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{SMOW}}}{R_{\text{SMOW}}} \right) \times 1000 (\text{‰})$$

ただし、R = D/H、または $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ であり、測定値の精度はδDで±2‰以内、δ ^{18}O で±0.1‰以内である。

湧水および河川水中の Cl^- および SO_4^{2-} 濃度は、イオンクロマトグラフィー (DIONEX, DX-100) を用いて測定した。

本研究において得られた試料水における水質特性および水素・酸素同位体比は Table 1 および 2 に示すとおりであり、表に示された試料番号は、

Table 1. Geochemical characteristics of sample water in study area.

No.	Location	Type	pH												SO ₄ ²⁻ (mg/L)			
			Aug/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Aug/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Aug/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02				
1	Umarai	Spring	137	128	139	127	7.5	6.7	6.2	6.4	12.0	11.4	12.4	10.7	14.6	15.3	15.4	15.4
2	Kami	Spring	135	139	131	121	7.4	6.4	6.2	6.0	11.1	10.8	12.4	10.0	16.2	16.9	15.9	16.0
3	Taoka	Well	175	177	171	168	7.7	7.5	7.0	6.8	10.7	10.6	12.2	11.5	6.1	6.1	5.7	6.1
4	Zato	Spring	131	131	126	7.4	6.7	-	6.0	11.7	11.5	11.1	12.6	10.1	13.8	14.5	-	15.9
5	Kome	Spring	140	136	138	132	7.5	6.7	6.3	6.1	11.5	11.1	12.5	10.3	13.6	13.4	15.0	14.2
6	Takaramon	Spring	134	126	119	128	7.9	6.6	6.4	6.2	10.2	10.3	11.4	9.1	13.6	13.4	10.8	13.6
7	Sawa	Spring	141	136	140	132	8.1	6.7	6.4	6.3	12.7	10.9	12.3	10.4	13.5	14.1	13.7	13.6
8	Nitoko	Spring	140	145	138	132	7.4	6.5	6.1	6.0	11.7	11.3	12.8	10.3	14.6	15.2	14.8	14.2
9	Futatsuchi-honmaru	Well	194	191	195	176	8.3	7.5	6.9	6.9	10.9	11.0	12.3	11.4	9.1	9.1	9.0	9.3
10	Gawa	Well	161	195	197	182	9.9	6.8	6.9	6.8	10.4	11.2	12.5	11.4	12.5	12.5	13.0	13.0
11	Jyoukai	Spring	134	133	128	127	8.4	6.4	6.1	6.0	12.4	11.7	12.4	10.3	14.7	15.5	14.9	14.5
12	Kamisukizuka	Spring	-	-	123	-	-	-	6.0	-	-	-	-	10.6	-	-	-	14.8
13	Choueidou	Spring	128	-	127	7.5	6.4	-	5.9	12.0	11.7	-	-	-	-	-	-	14.9
14	Maruko gawa (Upstream)	River	72	111	109	78	7.8	7.1	7.0	7.0	4.8	7.6	9.3	7.7	10.2	13.6	13.1	8.7
15	Maruko gawa (Downstream)	River	64	125	106	78	7.6	7.3	6.9	6.9	5.2	8.9	9.1	7.7	13.7	12.4	8.9	-
16	Uto gawa	River	38	116	106	76	9.0	7.3	7.1	6.8	4.1	6.9	8.5	7.0	18.3	15.4	9.2	-
17	Nanataki gawa	River	60	97	87	62	9.9	8.0	7.0	7.2	5.3	8.2	9.1	6.1	5.7	5.2	4.1	-
18	Yudasawa gawa	River	60	134	116	79	8.3	7.1	7.1	7.1	4.1	7.4	7.7	6.7	22.9	18.5	10.1	-
19	Shinokurasawa gawa	River	-	139	123	83	-	7.2	7.2	7.1	-	7.7	8.5	6.6	-	26.9	22.8	10.7
20	Yuda dam	River	-	-	74	-	-	-	7.0	-	-	-	6.4	-	-	-	-	9.6
21	Taoka irrigation canal	Irrigation canal	134	158	116	116	-	7.3	6.8	6.7	-	10.6	15.0	10.7	-	14.1	20.7	12.8
22	Ide gawa	River	73	126	138	-	9.7	7.2	6.5	-	7.5	10.7	11.6	-	8.7	15.3	18.6	-
23	Tzawas canal	Irrigation canal	70	99	82	63	9.3	7.1	6.9	6.8	7.1	8.0	10.1	10.2	5.7	11.7	8.0	4.5
24	Artificial recharge pond-1	Pond	-	-	-	74	-	-	-	7.1	-	-	-	-	-	-	-	8.8
25	Artificial recharge pond-2	Pond	-	-	-	78	-	-	-	7.2	-	-	-	-	-	-	-	20.3
26	Tama gawa (Kakunodate)	River	-	-	102	-	-	-	6.6	-	-	-	11.1	-	-	-	-	-
27	Tama gawa (Oiminegar)	River	-	104	95	-	-	6.8	6.6	-	-	12.2	9.5	-	-	16.2	16.1	-

- 4 -

7

Table 2. Isotopic ratios of sample water in study area.

No.	Location	Type	δ D (‰)				δ ¹⁸ O (‰)				δ-value*	
			Aug/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Aug/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02		
1	Umarai	Spring	-55	-57	-57	-57	-9.1	-9.2	-9.3	-9.2	-	18
2	Kami	Spring	-56	-58	-56	-55	-9.3	-9.3	-9.2	-9.2	-	18
3	Taoka	Well	-53	-55	-56	-55	-9.0	-9.2	-9.1	-9.1	-	18
4	Zato	Spring	-54	-58	-56	-56	-9.3	-8.9	-9.1	-9.1	-	18
5	Kome	Spring	-55	-56	-56	-55	-9.1	-9.1	-9.1	-8.9	-	18
6	Takaramon	Spring	-57	-55	-56	-56	-9.3	-9.2	-9.3	-9.0	-	17
7	Sawa	Spring	-57	-57	-54	-56	-9.3	-9.1	-9.1	-9.1	-	17
8	Nitoko	Spring	-57	-57	-58	-58	-9.4	-9.3	-9.2	-9.0	-	17
9	Futatsuchi-honmaru	Well	-54	-54	-54	-54	-9.1	-9.0	-9.0	-9.0	-	18
10	Gawa	Spring	-56	-53	-55	-55	-9.1	-9.0	-9.0	-9.2	-	17
11	Jyoukai	Spring	-58	-50	-58	-58	-9.1	-9.3	-9.1	-9.1	-	15
12	Kamisukizuka	Spring	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
13	Choueidou	Spring	-60	-59	-57	-57	-9.4	-9.3	-9.1	-9.1	-	16
14	Maruko gawa (Upstream)	River	-56	-56	-56	-56	-8.8	-9.5	-9.2	-9.6	-	14
15	Maruko gawa (Downstream)	River	-55	-57	-54	-56	-8.7	-9.2	-9.0	-9.4	-	15
16	Uto gawa	River	-56	-57	-55	-56	-9.0	-9.7	-9.2	-9.7	-	15
17	Nanataki gawa	River	-55	-55	-55	-55	-9.3	-9.4	-9.3	-9.5	-	15
18	Yudasawa gawa	River	-56	-56	-56	-56	-9.2	-9.6	-9.1	-9.5	-	15
19	Shinokurasawa gawa	River	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
20	Yuda dam	River	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
21	Taoka irrigation canal	Irrigation canal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
22	Ide gawa	River	-50	-54	-42	-	-7.9	-9.1	-7.7	-13	-	22
23	Tzawas canal	Irrigation canal	-54	-55	-52	-	-8.8	-9.3	-9.0	-16	-	21
24	Artificial recharge pond-1	Pond	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
25	Artificial recharge pond-2	Pond	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
26	Tama gawa (Rakunodai)	River	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
27	Tama gawa (Oiminegar)	River	-62	-60	-	-	-	-	-	-	-	16

[^dD-value & ^d¹⁸O]

Table 3. Isotopic ratios of groundwater in center and toe of fan
(Kagabu et al., 2008).

Site	Aug-07		Jan-08	
	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
Nonaka (20m)	-55	-9.6	-52	-9.6
Nonaka (50m)	-55	-9.5	-56	-9.6
Nonaka (100m)	-53	-9.2	-54	-9.4
Yunaka (20m)	-55	-9.3	-56	-9.4
Yunaka (50m)	-54	-9.1	-54	-9.3
Yunaka (100m)	-58	-9.9	-60	-10.1

Fig. 1 に示した番号と対応している。また Table 3 には利部ほか (2008) により行なわれた 2007 年 8 月と 2008 年 1 月の扇中央部と扇端部の 2 つのビエゾメータにおける深度別地下水の同位体比の分析結果 (分析精度: δD :±1‰, $\delta^{18}O$:±0.1‰) を示した。2 つのビエゾメータの位置もまた Fig. 1 の N と Y にそれぞれ対応している。

IV. 結果および考察

1. 周辺河川水における地球化学特性の季節変化 各月の六郷扇状地周辺河川水および灌漑用水における水素と酸素の安定同位体比の関係を Fig. 2 に示した。また 11 月の δD - $\delta^{18}O$ ダイアグラムには、2箇所の人工涵養池の水の値も一緒にプロットした。本図においては、8 月と 10 月の一部の試料 (No.21 & No.22) に明らかな違いが見られたが、相対的には、各河川における同位体比に有意な差は見られず、11 月の涵養池の水も同月の丸子川河川水と同様の同位体比を示した。一方で、EC に関しては河川ごとに特徴的な値を示した (Fig. 3)。 δD - $\delta^{18}O$ ダイアグラムにおいても顕著な違いが確認された田岡清水近傍で採取した灌漑用水 (No.21) と出川 (No.22) を除いて、試料水の EC 値は 9 月に最も大きな値を示した。8 月の河川水の EC 値が相対的に小さく、また各試料間における差も小さかった原因として、降水による河川への直接流出の影響が考えられる。8 月の採水日の前日から当日の朝にかけて本扇状地から最も近い大仙市の大曲気象台で、最大で 8mm/h の断続的な降水

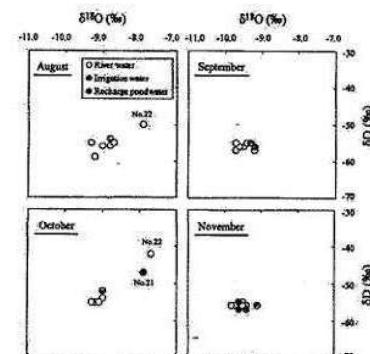


Fig. 2. δD - $\delta^{18}O$ relationship for river water and irrigation canal water around Rokugo alluvial fan.

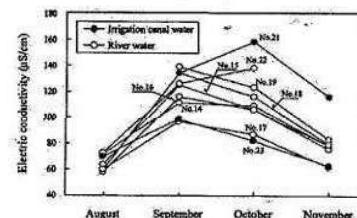


Fig. 3. Temporal variation of EC value in river and irrigation canal water around Rokugo alluvial fan.

湧水の地球化学データの変遷から見た秋田県六郷扇状地における地下水流动系

が確認されていることから 8 月の各試料水の EC および同位体比の値は、周辺河川における基底流本来の値を反映していない可能性が示唆される。このことは 8 月の河川水の δ 値が、いずれの河川においても他の月と異なる値を示したことからも支持される (Table 2)。

9 月から 11 月にかけての EC 値の低下の原因は本研究の結果からは言及できないが、出川 (No.22) や扇端部の田岡清水近傍で採取した灌漑用水 (No.21) などの明確な水源の特定が困難である小規模河川を除く、全ての河川で同様の傾向が確認され、また 9 月から 11 月にかけて主要な河川における同位体比に大きな変化が無いことから、異なる降水起源を持つ地下水や地表水の混入は考え難い。さらに相対的に流域面積が小さく採水地点より上流部に農作地などが存在しない七滝川 (No.17) や信倉沢川 (No.20) と、相対的に流域面積が大きく上流部にやや農作地が存在する若狭鳥川 (No.16) の両方で同様の傾向が見られるところから、今回確認された EC の季節変化は施肥などの人為的な影響ではなく植生や地質環境に起因する個々の流域が持つ水文特性に起因していると考えられる。

本研究では、夏期における扇状地の地下水湧水に寄与していると考えられている田沢湧水に関しては採水を行なったが、観測期間を通して丸子川水系の河川水と同位体比には大きな違いは見られず、EC 値は七滝川 (No.17) と同じく相対的に低い値を示した。しかしながら、安原ほか (2002) では丸子川河川水とは明らかに異なる軽い同位体比を持つことが報告されている。また本研究においても 9 月と 10 月に玉川の田沢湧水用頭首工近傍で採水した玉川河川水 (No.26) の同位体比を測定した結果、同日に採水した田沢湧水とは明らかに異なる軽い値を示した (Table 2)。これらの結果が生じた理由として、従来の田沢湧水は灌漑期に 100 日程度玉川から取水されるため、灌漑期の末期である 8 月から採水を開始した本研究の結果には、田沢湧水の従来の値が反映されていなかった可能性が示唆される。本研究で採取した田

沢湧水は、従来の灌漑用玉川河川水ではなく、七滝川と似た流域特性を持つ本扇状地周辺の山地によって涵養された河川水である可能性が示唆される。

2. 湧水における地球化学特性の季節変化と涵養起源

Fig. 4 に各月の湧水の水素と酸素の安定同位体比の関係を示した。利部ほか (2008) で報告されている扇状地内の夏期 (2007 年 8 月) および冬期 (2008 年 1 月) の湧水や地下水と同様に、本研究の湧水の同位体比も 10 月の宝門清水 (No.6) を除いて δD : -55‰, $\delta^{18}O$: -9.5‰ 前後の値を示し、分析誤差を考慮すると季節ごとの湧水間の同位体比に有意な差は見られなかった。一方で、これらの湧水の水質は、湧水の位置する場所ごとに特徴的な値を示した。Fig. 5 は、本研究で得られた全ての試料についての EC 値と SO_4^{2-} 濃度の関係を示したものである。本図において湧水は河川水と異なる特徴を示し、特に、湧水群の中で最も扇端部に位置する田岡清水 (No.3)・古館本丸柳清水 (No.9)・側清水 (No.10) は他の湧水と比較して高い EC 値と低い SO_4^{2-} 濃度を示し、他の湧水とは明らかに異なる地下水起源を有している

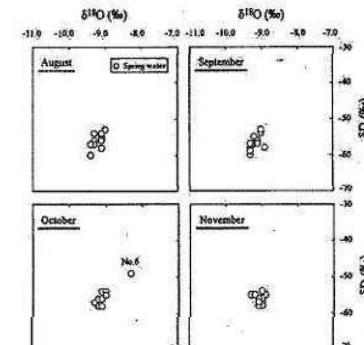


Fig. 4. δD - $\delta^{18}O$ relationship for spring water on the Rokugo alluvial fan.

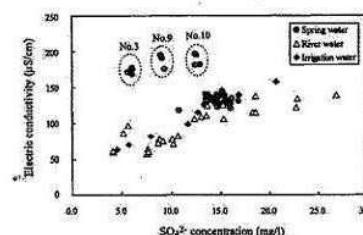


Fig. 5. The relationship between EC value and SO_4^{2-} concentration in spring water and river water.

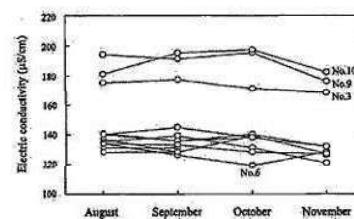


Fig. 6. Temporal variation of EC value in spring water on the Rokugo alluvial fan.

ることを示した。島野・肥田（2006）により行われた本扇状地における夏期（2001年7月）の湧水の水質分布においても、扇状地の北と南側に位置する座頭清水（No.4）・淨海清水（No.11）・紙漉座清水（No.12）・長栄堂清水（No.13）のCa-Cl型、最も扇端部に位置する田岡清水（No.3）・古館本丸柳清水（No.9）・側清水（No.10）のCa-HCO₃型、そして、その他の清水で観測された(Na+Ca)-HCO₃型の3つの水質の異なる地下水の存在が報告されており、最も先端に位置する3つの湧水は他の湧水とは明らかに異なる水質特性を有している。しかしながら、島野・肥田（2006）による湧水の観測は豊水期に1度行なわれたのみであり、豊水期から渇水期にかけての湧水の水質変遷は明らかでない。そこで本研究では、得られた湧水試料についてECの経時変化をプロットしたものを見た。最も扇央部寄りに位置

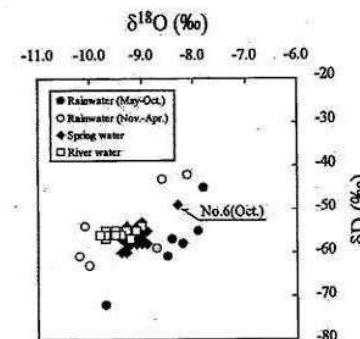


Fig. 7. δD - $\delta^{18}\text{O}$ relationship for spring water, river water, and rainwater.

する宝門清水（No.6）では10月にEC値の低下が見られたが、その他の湧水のEC値は河川水とは異なり豊水期から渇水期にかけて安定した値を示した。また本扇状地の南北に位置し、扇央部に近い座頭清水（No.4）および長栄堂清水（No.13）では、10月と11月にそれぞれ湧水の枯渇と回復が確認された（Photo 1-1・1-2）。

湧水や河川水の起源となる降水の同位体比は、降水の起源となる大気中の水蒸気を形成する気団によって季節的に大きく変動することが知られている（早稲田・中井、1983）。秋田市においても降水の同位体比は季節によって大きく変動し、特に降水の起源となる水蒸気団の海面からの蒸発スピードと密接な関係を持つd値は、夏に小さく冬に大きな値をとることが川原谷ほか（2000）によって報告されている。そこで本研究では、六郷扇状地における湧水および河川水と降水の同位体比の季節変動との関係を把握するため、灌漑用水と降水による影響が示唆される8月の値を除く河川水と全ての月の湧水の同位体比を、川原谷ほか（2000）により報告されている秋田市降水の1982-1991年までの月ごとの加重平均値と共にダイアグラム上にプロットした（Fig. 7）。降水の同位体比は、灌漑が始まる5月からの半年間を夏期、降雪が始まる11月以降を冬期としてプロッ

湧水の地球化学データの変遷から見た秋田県六郷扇状地における地下水流动系



Photo 1-1 Sp. Zato (No.4) in October 27, 2002



Photo 1-2 Sp. Zato (No.4) in November 27, 2002

3. 六郷扇状地における地下水流动系

今回得られた水質・同位体データより、最も扇端部に位置する3つの湧水は、その他の湧水とは異なる地下水起源を持っている可能性が示唆され、また湧水を涵養する地下水は降水の同位体比の季節変動を打ち消す程度の滞留時間をしており、その大部分が扇端部における伏流河川水によって涵養されている可能性が示唆される。

水谷・佐竹（1997）や中村ほか（2008）などの国内事例研究において、扇状地の地下水涵養に寄与すると考えられる周辺河川の同位体比は、高度効果の影響により扇状地面の降水の年降水量加重平均値よりも軽くなることが指摘されており、さらに両者によって地下水が涵養されている場合、地下水の同位体比は両者の同位体比の間の値を取ることが確認されている。しかしながら、本扇状地では主流河川である丸子川は扇頂部で大きく北側に蛇行しているが、斎藤ほか（2001）により扇頂から扇端に向かう地下水の流动が確認されていることから、扇端部に形成された大部分の湧水群を構成する地下水は、同位体データからも推察されるように、主に扇頂部で伏没した河川水、扇状地面への降水、および水田からの灌漑用水によって涵養されていることが示唆される。

これらの研究結果から推察される本扇状地における地下水流动の概念図をFig. 8に示した。本扇状地では主流河川である丸子川は扇頂部で大きく北側に蛇行しているが、斎藤ほか（2001）により扇頂から扇端に向かう地下水の流动が確認されていることから、扇端部に形成された大部分の湧水群を構成する地下水は、同位体データからも推察されるように、主に扇頂部で伏没した河川水、扇状地面への降水、および水田からの灌漑用水によって涵養されていることが示唆される。また湧水試料についてECの経時変化をプロットしたものを見た。最も扇央部寄りに位置

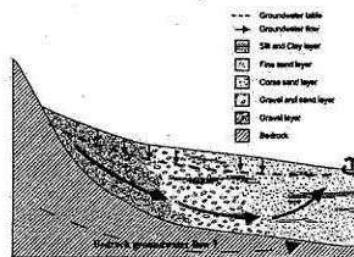


Fig. 8. The conceptual diagram for groundwater flow system in alluvial fan.

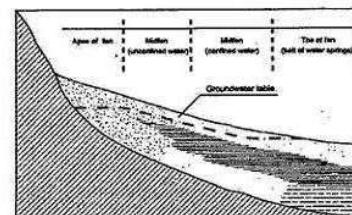


Fig. 9. Conceptual hydrogeological cross sectional view of alluvial fan (Tolman, C. E., 1937 & modified by Yamamoto, 1983).

伏没河川水によって涵養され、さらに水田が分布する扇頂部や扇央部において地表面からの浸透水と混合しながら扇端部に向かって流動する。粒径の減少に伴い扇端部では扇頂部や扇央部と比べ透水係数が小さくなるため、扇端部へ向かって流動してきた地下水は上向きの流動フラックスを形成し、地下水位を地表面付近まで上昇させ湧水群を形成したと考えられる。この扇端部における地下水の上向きフラックスは、Kagabu *et al.* (2008) で報告されている地下水の恒温層の位置が扇頂部の野中よりも扇端部の湯川の方がより浅部であることや、扇端部の湯川における 100m 深度の地下水が、他の浅層の地下水より小さな同位体比を示したことからも推察される。すなわち地下水の上向きフラックスが生じている扇端部では季節的な外気温の変化が打ち消される恒温層は、より浅部に形成され重い同位体比を持つ地表面からの浸透水の影響が 100m 深度にまで至っていないと考えられる。一方で、最も扇端部に位置する 3 つの湧水は、他の湧水群とは異なる地下水流动系を持っている可能性が示唆される。本研究では、島田 (1998) において指摘されている基盤岩地下水からの寄与を示す明瞭な証拠は得られなかった。しかしながらこれら 3 つの湧水は、他の湧水とは異なる自噴井型の湧水であり、島野・肥田 (2006) で報告されているとおり他の湧水と比較して明らかに高い Ca^{2+} および HCO_3^- 濃度をもっている。さらに本研究でも確認されたように七尾川と同程

度の低い SO_4^{2-} 濃度を示すことからこれらの湧水には山地流域で涵養された基盤岩地下水が寄与している可能性が示唆される。

既存の扇状地地下水中に関する研究では、Fig. 9 に示したような扇央部から扇端部にかけての明瞭な不透水層と被覆帶水層の存在を仮定し、扇端部の湧水は主に不透水層を流れる浅層地下水によって形成されると考えられてきた。しかしながら本扇状地は、前述したとおり基盤岩までの深度が南北で異なるため、現在、扇状地北部を流れる丸子川は複数回、河道を変えながら現在の地形を形成したと考えられる。したがって海成の堆積層のように明確な帶水層や加压層の連続性のある面的広がりを仮定することは難しく、難透水層であるシルト層や粘土層は複数の深度に断続的に存在していると仮定される。この仮定は肥田 (1990) による本扇状地の複数のボーリング柱状図の比較や、扇央部と扇端部に設置されたピエゾメーター (野中および湯川) のボーリング柱状図 (Fig. 10) の間に連続性がないことなどにより支持される。

このような堆積構造および地下水流动系は、本研究および他の研究において確認された湧水や地下水の同位体比の測定結果からも支持される。前述したように、本研究では灌漑期から非灌漑期にかけての湧水の同位体比に明瞭な差は見られず、利部ほか (2008) においても夏期に人工涵養池近傍の観測井で蒸発によって同位的に重くなった水の影響が見られた以外は、夏期と冬期で湧水や

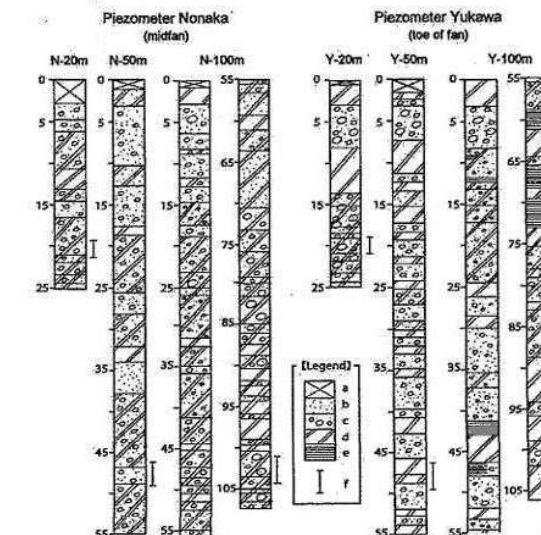


Fig. 10. Geological columnar section at the site of piezometers Nonaka and Yukawa.

[Legend] a: Soil, b: Sand, c: Gravel, d: Clay, e: Humic soil, f: Screen

地下水に明瞭な同位体比における差は確認されなかった。一方で、六郷扇状地よりも大きく、同じく水田灌漑が行なわれている滋賀県の愛知川扇状地や福岡県の筑後川扇状地では、灌漑期と非灌漑期における地下水の同位体比に明瞭な差が存在することが報告されており (Hamada *et al.*, 2008; Hasegawa *et al.*, 2008)，特に筑後川扇状地では小石原川右岸の第一帶水層中の地下水においてその変化は顕著である。したがって、主に深径が大きな砂礫層によって構成され連続的な不透水層を持たない本扇状地では、一部の地域において局所的な滞留時間の短い浅層の地下水が存在するものの、地表面から入った水の大部分は、断続的なシルト層や粘土層の隙間から深部に向かって鉛直方向に浸透し、地下で扇頂部からの地下水流动系と混合しながら扇端に向かって流動していると考えられる。

本研究では前述したとおり観測期間中に扇央部

に最も近い 2 つの湧水 (座頭清水 (No.4) および長栄堂清水 (No.13)) において湧水の枯渇と回復が見られた。11 月の急速な湧水の回復の要因として一時的な気温の上昇による融雪水の扇状地面からの浸透が考えられるが、枯渇前と後で同位体比に差が生じていないことから、融雪水が短い流动系を持つ流动経路を通じて直接的に地下水位の上昇に寄与したわけではなく、地表面から浸透した融雪水が不透水層下部の水を押し出したことにより地下水位が上昇したと考えられる。このような透水性の高い地層における地表面からの水圧伝播による地下水位のすばやい応答は、樋根ほか (1980) において報告されている。湧水の同位体比が変化しない要因として、地表面からの浸透水が樋根ほか (1980) と同様にビストン流的な浸透機構を有している場合は、扇頂からの地下水流动が同位体比の異なる水の混合を打ち消す程度の大規模な地下水貯留量を有していることが推察され

るが、一方で、萩崎(2007)によって報告されている地中水の土壤中での鉛直浸透過程における移流と分散による同位体比の均質化が生じている可能性も示唆される。これらの内どちらか一方、あるいは両方のプロセスが扇状地において生じてゐるため、灌漑期の同位体比の重い田面水や同位体比の軽い田沢疎水の影響が湧水群において顕著に確認されなかつたと考えられる。

水質・同位体比とともに10月の低水期に大きな変化を示した宝門清水(No.6)は、田沢疎水の開削後に不斷泉から一時泉へ変わったことが肥田(1990)によって報告されている。前述したように10月には南北方向に並ぶ座頭清水(No.4)や長栄堂清水(No.13)においても枯渇が確認されており、これら扇央部付近の湧水の10月における水質・同位体比変動や枯渇は、非灌漑期の扇状地内の地下水位低下に起因していると考えられる。10月の宝門清水(No.6)では同位体比が重くなるだけでなくEC値も低下していることから、地下水位の低下により扇状地内に降った重い同位体比と小さなEC値を持つ降水を起源にもつ小規模な地下水流动系からの流入の影響が本湧水の水質と同位体比に現れたと考えられる。

VI.まとめ

秋田県美郷町六郷扇状地における湧水の起源となる地下水の流动を明らかにするため、灌漑期から非灌漑期にかけて扇端部に点在する複数の湧水と扇状地周辺河川水の水質および水素・酸素安定同位体比を測定した結果、以下のことが考察された。

- (1) 扇状地周辺の河川水の水素・酸素安定同位体比は用水路系を除いて安定した値を示した。一方、ECは河川や季節によって大きな変化を示し、これらの変化は、人為的影響ではなく流域のもつ水文特性に起因する可能性がある。
- (2) 扇端部の湧水は、灌漑期から非灌漑期にかけて安定した同位体比を示し、湧水間に有意な

謝辞

本論文を執筆するにあたり、2名の匿名査読者および秋田大学名誉教授の肥田登氏には有益なコメントを頂いた。また秋田大学の松葉谷治氏および川原谷浩氏には同位体比ならびに水質分析について便宜を図って顶いた。さらに2002年当時、秋田大学の学生であった新田大介氏ならびに

湧水の地球化学データの変遷から見た秋田県六郷扇状地における地下水流动系

影山勇雄氏には現地探水を手伝って顶いた。以上の方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 利部 慎・肥田 登・林 武司・網田和宏・鳩田 純(2008)：六郷扇状地における地下水質の季節変動特性。日本地下水学会2008年春季講演会要旨集, 68-71.
- 樋根 勇・田中 正・鳩田 純(1980)：環境とリチウムで追跡した関東ローム層中の土壤水の移動。地理学評論, 53, 225-237.
- 川原谷浩・松田英裕・松葉谷治(2000)：酸素・水素同位体比を地用した秋田県谷地すべり地の地下水混合と起源について。地すべり, 36, 48-55.
- 黒部川扇状地地域社会研究所(1986)：黒部川扇状地研究。古今書院, 27-28.
- 小西泰次郎(1966)：秋田県横手盆地の水理・地質学研究。地質調査所報告, 216, 37.
- 斎藤 康・三宅紀治・肥田 登(2001)：六郷扇状地の地下水流动と今後の地下水管理。日本地下水学会2001年度秋季講演会講演会要旨集, 146-151.
- 鳩田 純(1998)：「地下水涵養と流出」I. 扇状地における地下水涵養と流出。日本水文科学会誌, 28, 61-67.
- 島野安雄・肥田 登(2006)：六郷扇状地における地下水の水質特性。秋田大学教育文化学部研究紀要(人文・社会), 61, 1-11.
- 中村高志・長田淑美・風間ふたば(2008)：水素・酸素および空素安定同位体組成からみた甲府盆地東部地下水の涵養源と硝酸イオン濃度分布特性。水環境学会誌, 31, 87-92.
- 肥田 登(1990)：扇状地の地下水管理。古今書院, 69-71, 104.
- 肥田 登・石川悦郎・太田由紀子(1999)：六郷扇状地における池を用いた地下水涵養の実験。地下水学会誌, 41, 23-33.
- 肥田 登(2005)：地下水人工涵養(池法)の実施と成果。水循環・貯留と浸透, 58, 21-25.
- 肥田 登(2007)：六郷扇状地における地下水人工涵養の実施と成果。地学雑誌, 116, 23-30.
- 水谷義彦・小田松尚(1983)：安定同位体比による富山庄川扇状地地下水のかん養源および流动状況の研究。地球化学, 17, 1-9.
- 水谷義彦・佐竹 洋・高島秀樹(1987)：富山県庄川扇状地地下水の滞留時間。地球化学, 21, 49-54.
- 水谷義彦・佐竹 洋(1997)：地下水かん養源の指標としての河川水の水素および酸素同位体組成。地下水学会誌, 39, 287-297.
- 水谷義彦・佐竹 洋・山邊綾子・宮地ひろみ・間瀬暢彦・山村嘉代子(2001)：扇状地浅層地下水の水素および酸素同位体比。地下水学会誌, 43, 3-11.
- 安原正也・福村明彦・島野安雄・肥田 登(2002)：秋田県六郷扇状地の地下水の起源-炭素ならびに酸素・水素同位体に基づく考察-。2002年度日本水文科学会学術大会発表要旨集, 16, 75-76.
- 浦井久司・山中 勉(2006)：安定同位体組成からみた那須扇状地扇央部における地下水涵養源とその地域性。地下水学会誌, 48, 263-277.
- 早稲田 周・中井信之(1983)：中部日本・東北日本における天然水の同位体組成。地球化学, 17, 83-91.
- Hamada, T., Yamada, M., Ao, L., Horiochi, K., Yan, H., Kobayashi M., and Nonomura, O., (2008): Groundwater flow system in alluvial fan of Echigawa traced by groundwater potential, water quality, and isotopic compositions. *Hydro-environments of Alluvial Fans in Japan*, 211-222.
- Hasegawa S・Fukami, D., Miyazaki, S., Takada, K., Shimada, J. (2008): The groundwater flow system of the Chikugo-gawa alluvial fan. *Hydro-environments of Alluvial Fans in Japan*, 357-372.
- Hida, N. (2007): An overview of experiences of basin artificial recharge of ground water in Japan.

日本水文科学会誌, 37, 295-302.

Tolman, C. F. (1937): *Groundwater*. McGraw-Hill.

- Kagabu, M., Amita, K., Hida, N., Hayashi, T., Shimada, J. (2008): Effect of the artificial recharge of groundwater using a pond: case study of the Rokugo alluvial fan, Akita prefecture, northern Japan, *Proceedings of 36th IAH congress*, 588-594.
RHF (2008): Hydro-environments of Alluvial Fans in Japan, *Secretariat of RHF*

(受付: 2009年6月24日)

(受理: 2009年9月29日)

この論文に対する「討論」を2010年3月31日まで受け付けます。

意見書 2010年11月14日 奥西一夫

名神高速道路天王山トンネル増設工事に伴うタケノコ畠の被害 －調査成果の要約－（スライドを参照）

1. 増設工事の概要と地下水位変化

天王山トンネルは2車線×2の構成で1963年に供用が開始されたが、トンネル掘削に際し、サントリーの酒造用井戸が枯渇し、トンネルの山側に井戸を掘って補償した。その結果、トンネル漏水と補償井戸の両方が地域の水資源に打撃を与えた。

増設トンネルは既設トンネルの山側に2車線×2の構成で掘削され、1996年に完成。既設トンネルよりも長いため、大阪寄り区间で山腹のタケノコ畠に被害が生じた。その部分は山麓線に沿う断層の山側をトンネルが通るため、トンネルに大量の地下水が流入し、地下水位低下が大きかったと考えられる。

2. 竹の生育障害（詳細は第4回検討委員会奥西別添参考資料③を参照）

日本高速道路公団（当時）は当初、土壤水のpF値がトンネル掘削前後であまり変わらないので、タケノコ被害はトンネル掘削とは無関係としていたが、pF測定に問題があることが判明し、トンネル完成後の2001～2年に対照地を含めて8つのタケノコ畠で比較測定をおこなった。その結果、トンネル掘削による地下水位低下の影響で浸透が枯渇し、土壤水分が低下したことが明らかになった（第4回検討委員会奥西別添参考資料③を参照）。

対照地点を基準とする土壤水分比は降雨時および降雨直後では大きく（土壤水分低下が軽微）、1を越える（対照地点よりも土壤水分が高い）地点も2つあるが、降雨後はどの地点でも急速に低下し、最も低で0.5（対照地点の半分の水分量）に達した。

この地域では断層によって地下水が堰き上げられていたため、尾根部でも地下水位が高く、土壤は常に飽和状態で保たれていたのが、地下水位の低下によって土壤中の毛管水のうち重力水が抜け、さらに竹の根による吸い上げによって懸垂水も消費され、水分枯渇状態に陥ったものと考えられる。もともと土壤水が多いため、竹の密度を高く調整されていたのが、水分枯渇を増大させた面もある。

3. 地表変動

高速道路のあかり区间に面する切り取り斜面は、切り取り工事后、トンネル掘削までは安定していたが、トンネル掘削後に表層崩壊が発生した（スライド9）。ここでは奥のトンネルに続く路面の造成工事に際して切土された斜面に杵工が施工されているが、その上の斜面が表層崩壊を起こし、写真撮影時点ではその対策工事中であったと思われる。この表層崩壊はすべり破壊と言うよりも表層剥落という感じであり、既設法棒工の上に土砂が薄く被っている。もう一箇所、農道を作るために切り取りをおこなった斜面で、トンネル増設工事までは安定していたが、その後表層崩壊が発生して農道をふさいだため、道路公団が矢板を打て崩壊を防止している所がある。

4. 乾燥による土性変化

タケノコ畠では土壤の乾燥に起因すると思われる収縮のため、緩斜面では陥没が起り、急斜面では亀裂が発生した。その他に表土の受食性の増大が認められた。斜面表層部はスライド10に見られるように花崗岩由来の砂質堆積物（第四紀はじめの大坂層群）であり、保濕性が乏しい。ここではかなり一様に乾燥している様子で、分布がはっきり分からなかったが、ある深さを境に色調が不連続に変化しており、酸化ゾーン（地表からの浸透が卓越）と還元ゾーン（地下水由來の土壤水の上界による）の違いと考えられる。大阪府島本町から京都府大山崎町にかけてのタケノコ産地では同じ大阪層群の海成粘土を客土して保濕性を補っているが、これだけではトンネル掘削に起因する大幅な地下水位低下による土壤水分低下を防ぐことができなかった（別添参考資料③を参照）。そして、スライド11に見られるように、斜面表層部には極めて乾燥した部分と潤潤な部分がモザイク状に分布しているのが認められた。乾いた土は多少團粒構造を残しているが、粉未化の傾向が顕著である。つまり、表土は乾燥することにより、土粒子の間の結合力が弱まり、剥落しやすく、水流侵食に対して弱い状態になっていることを窺わせる。このようなモザイク状構造は、均一な土に水が浸潤する際にも見られるフィンガリング現象の一例と考えられるが、平均的にも土壤が乾燥していることが認められる。

土壤物理学または土質力学の教科書によると、土のコンシスティンシーは含水比が高いものから低いものの順に、液状、塑性、半固体、固体に分類されている。そして、粘土鉱物を多く含む土（典型的なものは陶土）を水で練って乾燥させるとカチンカチンの干し煉瓦状になるが、これを破碎すると粉体に

なる。また、粘土鉱物やシルト径以下の粒子を多く含まない土の場合は固体化が不十分で、指の力で容易に粉碎し、粉化することができる。極端な場合（海岸の砂など）は全く固体化せず、砂時計の中の砂のようにサラサラの状態にしかならない。このように粉化しやすい土の性質は土壤物理学の分野では土粒子の分散性と関連づけられているようである。そして分散性の高い土は雨滴衝撃を受けて、跳ね（rain splash）に取り込まれるという形で侵食されやすくなっている。同様に流水に対する受食性も大きい。写真-6～8に見られる表土の状態はこのように説明できると考えられる。また、写真-4および写真-5に見られる地表の変状は乾燥に伴う土の収縮が原因と推測される。竹林の土壤はスライド10、11に見られるように腐食土層をほとんど生じないので、团粒化の傾向が顕著でないようである。

極めて強い雨が降ると、乾燥によって粉化した土は表面によって容易に侵食され、懸濁物濃度が高い表面層を形成する。土が礫を含まない場合は、流量が増すにつれて懸濁物濃度が増加し続け、ついにはhyperconcentrated flowと呼ばれる泥流に近い粘性流になるが、日本の場合は表土に礫が含まれるのが常なので、懸濁物濃度が高く、流速が大きい表流水は礫を侵食して土砂流、または土石流に転化することが多い。分散性の高い土は、乾燥することによって受食性が高くなり、土石流が起こりやすくなるという傾向が生じることは、このように説明される。

5. おわりに

冬季の斜面崩壊は、通常浅い崩壊や岩塊を含んで崩落するものが多いが、極めて少量の雨（時には降雨時）で起きることが知られている。このような崩壊・崩落に関する研究はあまり進展していないが、土の乾燥による土粒子の結合力の低下が原因と見なされる場合が少なくない。

かつてはトンネルの掘削は危険度の高い土木工事で、工事従事者の間から死者が出ないトンネル工事は希有のこととされた時期もあった。その中でトンネル掘削に関する経験と知識と理論が蓄積され、安全で効率的な工事が可能になってきている。一方、トンネル掘削が周囲の環境や人間生活に与える負の影響については二次的なものと見なされ、重要視されてこなかったと思われる。特に鉄道トンネルの建設が国策として強力に推進された時期には、トンネル掘削による被害の訴えが国家権力によって黙殺されたこともあったと伝えられている。このように経験が蓄積されないことは、経験工学と言われる土木工事にとって技術の進歩を阻害するゆえん問題である。

筆者はこのような問題について十分な知識を持たないが、本委員会における委員の発言を聞いて奇異に感じたことは、トンネル掘削技術に関して十分な知識と経験を有していると見なされている委員が、トンネル掘削に起因する被害についてあまり知っておらず、むしろそういう技術分野とは縁のない委員がそのような事例に言及することが多いということである。短絡的すぎるかも知れないが、大阪府島本町で起きた名神高速道路天王山トンネル増設工事に伴うタケノコ被害に関する調査経験に基づいてこの問題を考察する。当初日本高速道路公団（当時）は植物学の専門家の意見を聞きながら土壤水のpF測定などをおこない、タケノコ被害とトンネル工事には因果関係が無く、気象の変化が被害の原因と考えられてと結論した。しかし、国土問題研究会が資料を精査して、道路公団の調査には欠陥があり、その結論は正しくないと指摘した（別添参考資料①、②）ため、3名の専門家の進言にもとづいて、2002年度にコンサルタント会社によって事後観測が行われ、その資料が提出され、国土問題研究会はそれを解析して、トンネル増設工事がタケノコ被害の原因であると結論づけた（別添参考資料③）。また、被害者・道路公団・島本町当局が話し合って補償工事が行われた。その後、日本高速道路公団の再編で生まれた西日本高速道路株式会社は、コンサルタントの報告書を事實上廃棄し、以前におこなった調査結果にもとづいて、再びトンネル工事とタケノコ被害の間には因果関係がないとの見解を発表している（資料を保存していないが、島本町当局からの質問に対する回答と記憶する）。このことから、トンネル事業者は一般にトンネル工事に伴うネガティブ情報の保存・蓄積に極めて消極的のではないか、そしてそれが、トンネル事業者との協力関係が密接な専門家ほどこの種のネガティブ情報に疎くなっているという傾向の一原因ではないかと推測される。ちなみに国土交通省ではインターネットで「国土交通省ネガティブ情報等検索サイト」を立ち上げている。ただし、その内容は指名停止など国土交通省が行政処分をした事例に限られているようであり、トンネル工事に伴う周辺住民の被害に関する情報は含まれていない。

