

# 広島高速5号線トンネル安全検討委員会

第4回資料

平成22年9月26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 4－1 第3回委員会等で提示された委員の意見について

資料 4－2 植生調査について

参考資料－1 地質調査項目の内容～第2回委員会資料より抜粋～

(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」関係)

参考資料－2 水文調査結果概要～第1回委員会資料より抜粋～

(審議事項「(3) 水文調査について」関係)



## 第3回委員会等で提示された委員の意見について

- I 第3回委員会議事録
- II 第3回委員会後の委員の意見（文書意見）
- III 第3回委員会等における委員の意見（区分別総括表）



## I 第3回委員会議事録



## 第3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8月1日（日） 13:30～16:30

場所：広島県立総合体育館 地下1階 「中会議室」

### 【出席者】（敬称略、順不同）

委員長

吉國 洋

委 員

奥西一夫、越智秀二、角湯克典、坂巻幸雄、佐々木 健、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：朝倉俊弘、大島洋志、海堀正博、金折裕司）

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、近藤 亮

復建調査設計 株式会社

藤本 瞳、小笠原 洋

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：19名

報道：4社

### 【次第】

1. 開会

2. 事務局からの報告

（1）新任委員の紹介

（2）事務局の役割分担の見直しについて

3. 議事

【報告事項】

（1）第2回委員会等で提示された委員の意見について

（2）その他

【審議事項】

（1）追加調査について

（2）沈下解析について

（3）次回委員会に向けた調整

4. 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3回資料

・委員会当日配付資料

### <1. 開会>

委員会の開催に先立ちまして、報道関係並びに傍聴人の皆様に、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、報道関係のカメラの撮影は、「カメラ撮影スペース」内で行って頂きますよう、お願い申し上げます。また、傍聴人の皆様におかれましては、静かに傍聴して頂きますよう、お願い申し上げます。

それでは、ただ今から「第3回広島高速5号線トンネル安全検討委員会」を開催させて頂きます。委員の皆様におかれましては、お忙しい中、本委員会に御出席頂きまして、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、広島県道路企画課の長田と申します。よろしくお願い致します。

本日は、委員長をはじめ、12名の委員に御出席頂いております。なお、委員の皆様の御紹介につきましては、お手元の「配席表」に代えさせて頂きます。

先ず、資料の確認をさせて頂きます。

本日の配付資料は、A4サイズの「次第」、「配席表」、「事務局の役割分担の見直しについて」、それからクリップ止めにしてございます「委員からの当日配付依頼資料」、それから「全体平面図・地

質疑断図」ということでございます。委員の皆様には、委員会資料につきまして、事前に送付させて頂いておりますが、御入用の方がございましたら、お渡し致しますので、挙手をお願いします。

それでは、次第に従いまして、事務局から報告をさせて頂きます。

## <2. 事務局からの報告>

### (1) 新任委員の紹介

広島市道路交通局道路計画課高速道路整備担当課長の木谷と申します。よろしくお願いします。議事に入ります前に、ここで事務局から2点御報告をさせて頂きたいと思います。

始めに、新任の委員の方の御紹介ですが、第2回委員会まで委員を務められて頂きました富井委員に代わりまして、広島大学大学院社会科学研究科教授の横山委員にお願いすることになりました。環境法、行政法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、初対面の方も多いのではないかと思いまますので、簡単な自己紹介で結構ですので、横山委員にお願いしたいと思います。

横山委員：

横山です。よろしくお願いします。

昨年の10月に広島大学の大学院社会科学研究科の方に赴任してまいりました。もともと広島大学出身で、こちらに20年ぶりぐらいに戻ってまいりました。今日も変わった広島の街で右往左往しまして、何とか5分前に着いたということです。

この委員会の目的である安全検討という、特に技術的な側面からの検討のようですので、その点では素人ですので、もっぱら行政法・環境法の側面から色々と発言を試みて、色々と安全性について確認したい、というふうに思っています。よろしくお願いします。

### (2) 事務局の役割分担の見直しについて

続きまして2点目でございますが、「事務局の役割分担の見直しについて」簡単に御説明させて頂きたいと思います。

委員の皆様には、事前にお知らせさせて頂きましたが、本委員会では、これまで広島県・広島市・広島高速道路公社が事務局となりまして、三者が協同でこの委員会の運営等を担つてまいりました。しかしながら、事業主体である広島高速道路公社が委員会の運営の一部を担っているということから、地元住民の方々や委員の方々から事務局の公正・中立性に疑義が生じました。そのため、事務局の公正・中立性をより明確にするために、事務局内の役割分担を見直しました。

今後は、広島県・広島市が中心となりまして委員会を運営することとしまして、事業主体である広島高速道路公社は、庶務的な事務を担うこととしました。このため、第3回委員会からの事務局は、広島県・広島市ののみが出席させて頂きたいと思っております。また、委員会の場における委員の皆様から出される技術的な質問に対する説明につきましては、本委員会の事務局補助でありますコンサルタントにおいて、対応させて頂く場合がございますので、御了承願いたいと思います。なお、委員の皆様との連絡調整につきましては、これまでどおり、庶務的な事務ということで、広島高速道路公社から行ってまいりたいと思いますので、よろしくお願いします。

こうした調整に時間を要しまして、第3回の委員会が今日8月1日まで開催が遅れました。委員の皆様や、地元住民の皆様に御心配をお掛けしましたことを、心からお詫びしたいと思います。

事務局からの報告は、以上でございます。

それでは、議事に移らせて頂きます。これから先の議事の進行につきましては、吉國委員長よろしくお願い致します。

## <3. 議事>

それでは、議事に入ります。先ず、議事に入る前に委員の皆様に一言申し上げます。

本日は、お暑い中御苦労様でございました。前回の委員会以降、何名かの委員の方々から私の委員会での発言について御意見を頂きました。私の発言の本意につきましては、委員の皆様に文章をもって説明をさせて頂いております。その文章は本日の資料にもございますので、改めて説明はいたしません。しかし、私の発言が誤解を招いたことにつきましては、大変残念に思っております。

今後は、本意に反して誤解されることの無いよう発言に十分に配慮して参るつもりでございます。委員長としましては、地域住民の不安な声に対し、科学的に審議・検討をもってお答えするのが委員の、委員会の責務であると考えております。その答えをできるだけ、早くお示しできるよう委員の皆様、御協力を頂きたいと思います。よろしくお願いします。

それでは議事に早速入りますが、先ず、資料の説明を事務局でお願い致します。

### 【報告事項】

#### (1) 第2回委員会等で提示された委員の意見について

それでは、事務局より議事に基づきまして、報告事項の説明をさせて頂きます。私は、広島市道路交通局道路計画課の油野でございます。よろしくお願いします。それでは早速説明致します。

先ず始めに、報告事項と致しまして、第2回委員会等で提示されました委員の御意見につきまして、お手元の資料3-1にまとめております。内容は非常にたくさんございまして、時間も限られていることでございますので、資料の項目のみ紹介をさせて頂きます。

先ず1ページをめくって頂きますとIの「第2回委員会の議事録」となっております。これは1ページから19ページまでございます。

続きまして、II、第2回委員会後に文書で提出された委員の御意見をまとめております。1ページをめくって頂きますと(1)として「委員会の運営等について」の御意見がございまして、1ページから10ページまでございます。

続きまして、「地質・水文・植生等について」の御意見が1ページから26ページまでございます。

III、第2回委員会等における委員の意見を、区別に整理した総括表でございます。これが全部で20ページございます。

### (2) その他

続きましてIV「その他」でございますけれど、これは第2回の委員会で富井前委員から、「牛田東三丁目東園団地は宅地耐震化のための国の事業の対象となる可能性のある地域なのか」という趣旨のご質

間がありました。それに対しまして、国が創設しました「宅地耐震化推進事業」の概要と当該事業の広島市の取組み状況を示したものを整理しております。

資料としては2つございまして、①として、「宅地耐震化推進事業の概要及び広島市の取組み状況」、②と致しまして、パンフレットを添付しております。

2つの資料を包括して4点をこれから説明させて頂きます。先ず、宅地耐震化推進事業でございますが、阪神・淡路大震災、新潟中越地震等におきまして、大規模な谷を埋めた造成宅地の崩落による被害が多発したことを受けまして、国が平成18年、2006年に宅地造成等規制法を改正し、その改正に併せて、大規模盛土造成地の崩壊による被害を軽減するために、調査や工事に要する費用について、補助を行う制度を創設されております。

事業の具体的な流れになりますが、資料①の右側にございます、先ず、大規模盛土造成地の変動予測調査の第1次調査と称しまして実施致します。先ず、大規模盛土造成地というものを抽出致します。ここで大規模盛土造成地というものの定義ですが、盛土の面積が3千m<sup>2</sup>以上の盛土造成地又は原地盤面の勾配が20度以上で、かつ盛土の高さが5m以上の盛土造成地を指してございます。次に第2次調査を実施致します、滑動崩落の恐れが大きい大規模盛土造成地というものを抽出致します。その後、区域の指定や勧告等を行った後、3千m<sup>2</sup>以上かつ家屋が10戸以上で、道路や河川などの公共施設への被害の恐れがあるものについて、宅地所有者等が実施する防災工事に対して補助を行うといったものです。

次に、広島市、本市の進捗状況でございます。平成19年度、2007年度に第1次調査を行うとしています。その結果、市内に316箇所の大規模盛土造成地があることが判明しております。次に、第2次調査を実施することになるわけですが、調査費が1箇所あたり約700~800万円程度かかり、全部316箇所になると20数億円程度コストが掛かるということでございまして、具体的にどのように進めしていくかについて検討した結果、今年度は、造成年代や地下水位などの状況等を加味する等して、316箇所につきまして調査の優先順位の精査を行っているところでございます。

なお、富井前委員からの御質問がございました牛田東三丁目東園団地を含む牛田東一丁目及び三丁目一部の区域は、市内の316箇所ある大規模盛土造成地の一つになっています。今後の調査を踏まえまして最終的に国の事業にございます大規模盛土造成地滑動崩落防止事業の対象になるかどうか判断されるという状況と伺っております。

以上で【報告事項】の説明を終わります。

広島県道路企画課の渡邊でございます。引き続きまして、【審議事項】の資料内容につきまして、御説明をさせて顶きます。委員の皆様には、資料を事前に送付させて頂いておりますので、時間の関係から、資料の構成のみ説明させて頂き、詳細な説明は省略させて頂きます。

右肩に資料番号を振っておりますが、資料3-2「追加調査計画について」をご覧下さい。先ず、1つ目は「地質・水文調査について」でございます。1ページ目と2ページ目に、第2回委員会以降に各委員から提出されました意見を一覧表にとりまとめたものを整理してございます。1ページ目の表は、各委員の意見の内容を委員毎に整理したものでございます。2ページ目の表は、各委員の意見を基に地区毎、調査内容毎にとりまとめたものでございます。3ページ以降に、越智委員、金折委員、城間委員からの御意見を図面にお示ししたものを掲載しております。3ページ、4ページが越智委員の案でございます。5ページは、越智委員が本日の説明のために提出された資料でございます。6ページ、7ページが金折委員の案でございます。8ページ、9ページが城間委員の案でございます。10ページから15ページが、本日所用により欠席されておられます金折委員が提出された意見資料でございます。その次

に、参考資料と致しまして地質・水文調査の追加調査計画について、第2回委員会資料より抜粋したものをお付けしております。資料と致しましては1ページから11ページまでございます。

続きまして、2つ目は「植生関係調査」でございます。中根委員より提出されました植生に関わる補足調査計画二次概略案を掲載しております。

続きまして、資料3-3「沈下解析について」をご覧下さい。高速5号線トンネル設計時点での考え方をお示しした資料を掲載しております。1ページは、FEM地盤解析モデルについて、2ページは、地下水の考え方について整理しております。3ページから5ページにかけて、地山や構造物の物性値について、5ページから6ページにかけて、応力解放率の設定について、6ページに沈下量・変形角について、それぞれこれまでの設計における考え方をお示しております。

その次に参考資料と致しまして、FEM解析結果について、第2回委員会資料より抜粋したものをお付けしております。資料と致しましては1ページから18ページまでございます。

続きまして、各委員から本日配付の依頼がありました資料につきまして説明を致します。右肩に資料番号を付しておりますが、委員会当日配付資料アが朝倉委員からの資料でございまして、1ページ分ございます。続きまして、委員会当日配付資料イが関委員からの資料でございまして、3ページ分の資料でございます。同じく当日配付資料ウが越智委員からの資料で、1ページものでございます。最後に、委員会当日配付資料エが中根委員からの資料でございまして、22ページものでございます。

以上で、資料の説明を終わります。

## 【審議事項】

### (1) 追加調査について

吉國委員長：それでは資料を取りまとめました意見を踏まえ、審議に入りたいと思いますが、よろしいでしょうか。皆さんの手元にお配りしております次第を見て頂きますと、今日の審議事項は追加調査について、二番目が沈下解析について、三番目が次回委員会に向けた調整になっています。追加調査について1時間程度、沈下解析について1時間程度、次回委員会に向けた調整を10分程度で、16時に終わる予定にしております。よろしく御審議を頂きたいと思います。

それでは、地質の追加調査計画案の審議に入ります。先ず、欠席委員の意見書を事務局より代読して頂きます。お願いします。

事務局（渡邊）：はい。委員会当日配付資料アでございますが、朝倉委員より当日資料として、配付してます資料につきまして、原文のまま代読をさせて頂きます。資料アをご覧下さい。吉國委員長殿。今回の委員会はやむを得ず欠席させていただきます。ご容赦ください。なお、地質調査計画については、通常よりもかなり充足したものであると思いますが、本トンネル工事の置かれた位置づけから、何人かの委員により提案された追加調査もやるに越したことはないと思っています。

ただ、現時点であらゆる想定をして調査計画そのものの検討に時間をかけるよりも、行える調査は行って、調査結果を技術的に吟味して、さらに追加の調査が必要かどうかを議論する方が現実的ですし、時間的能率もいいと思っています。

どんなに厳密に調査計画を議論してみても、調査結果によってはさらに追加調査が必要になる可能性は十分にあるわけですから。

今、一番留意すべきと考えているのは、数値解析による住宅地の沈下影響評価です。造成盛土の施工管理精度によっては、相当安全サイドに、すなわち地盤のヤング率を小さく設定してやる必要があると思っています。

調査結果の評価については上記項目に最も着目したいと思っています。朝倉俊弘。

吉國委員長：どうもありがとうございました。それでは、続きまして、地質の追加調査計画案について各委員から説明をお願いします。1件について5分程度でお願い致します。先ず、越智委員からお願いします。

越智委員：お願い致します。本日の配付資料の中にもございますが、若干訂正箇所がございましたので、お知らせさせて頂きました。私のこの追加調査計画というのは、基本は先ず今までに行われているボーリング等のデータ、資料、そういったものを、まだできていない資料というか、そういうデータをもう一度精査し直す。それを先ず行うという事。そして、それらを基に、今、現時点ができる範囲の想定をしてみるという事と、それに加えて追加調査、例えば地質とか、そういうものについてやる場合絞って行う。特に牛田東三丁目・牛田東一丁目の地域と中山地域。この二箇所の地域に絞って、地質を吟味していく事が必要ではないか。更に水害関係の問題については、二葉山の北部の北麓辺りを中心に見ていてはどうかという事で構成致しました。特に、今までに既にもう何本もボーリング調査をされている訳ですが、それらの資料がどの辺りまできちんとでき上がっているのかちょっと見えない所がありましたので、そういう資料を提示して頂く事も含めて、これらの資料を更に詳しく検討する。そういうことで例えば地盤の評価などについても検討できるのではないかという気が致しました。

それから、牛田東一丁目・三丁目の地域に絞る、中山地域に絞るという事に関して言いますと、やはり住宅地の真下をトンネルが通る訳ですから、そこの地盤がどうなのか、これが非常に大きな課題になると思います。そういう意味で、現在、昨年提案されました追加調査に関連して、私の方としては、例えばここだったらこういう破碎帯がありうるのではないかということを色々考えまして、今までの自分の地表調査ですが、そういうものから、こういうことがあり得るのではないかという事で、一つの作業仮説として、そこに地質図と地質断面図を提示させて頂いています。ただ、これはあくまでも作業仮説ですので、私が何故ここにこういうボーリングを考えたのかという事で、こういう風に考えるから、ここをこれ検証する為にここは少しこういう風にずらしておいた方がいいのではないかという事で、提案させて頂いたものです。なお、これについては、詳細については色々個人情報というか、そのそれぞれの地域にお住まいの方の財産権とか、そういうものもありますので、この資料については慎重に扱って頂きたいと事務局の方にはお願いしております。これが一人歩きしないように私もお願いしたいと思います。ただやはり、ナンバーの39と16ですか、その地下でボーリング試料の中に、はつきりと断層破碎帯がある試料が、この前見られましたので、これらの破碎帯がどういう風に具体的に分布するのか、これはトンネルとの分布の関係で大きな意味を持ってくるのではないかと思っています。一応私は、ほぼ南北方向で西側に45度傾斜しているような断層破碎帯が分布しているのではないかという事を、今までヒン岩の分布とか、あるいはボーリングコアの様子とか、そういう事で、一つの作業仮説として提案させて頂いていますが、これについても色々御意見はあると思いますので、そういうものも含めて、慎重に検討を進めていただければ

と思っております。以上です。

吉國委員長：ありがとうございました。それでは、続きまして、城間委員お願い致します。

城間委員：それでは私の意見ということで、1点目が牛田地区ですけれども、事務局の提案は、45度付近を中心にボーリングを配置して、もう少し詳しく調べるという件がありましたけれども、前からも議論があったと思うのですが、やはりトンネルを掘って盛土中の水を抜く事によって、もし盛土の沈下が発生するかどうかという事もありますので、トンネル付近だけの盛土部じゃなくてですね、もう少し離れた地区の盛土も調べておいた方がいいのではないかという事で、45度以外の区間、リニアメントに沿ったちょっと離れた区間ですね、ボーリング調査を一つ追加した方がよろしいんじゃないかなと。当然トンネルの高さと、地形測量の範囲がありますけれども、トンネルの高さとトンネルを掘って、もしトンネルで水を抜いた場合に、どこまで影響するかというのを地形的な要因も含めて、追加した方がいいんじゃないかなという意見であります。

それから、もう1点は中山地区ですけれども、結構ボーリングをされていますので、これ以上ボーリングをして、どれくらい精度が上がるかという事も考えて、1本はそんなに必要なんじゃないかなという事で意見を差し上げています。今までやられた地形地質上、必要であるということであれば、特にこだわりはありませんが、1本抜いてもいいのではないかという意見を差し上げています。以上です。

吉國委員長：ありがとうございました。続きまして、金折委員の案ですが、金折委員は本日欠席ですので、事務局で代読をして下さい。

事務局（渡邊）：それでは、事務局より代読をさせて頂きます。資料の10ページになります。

広島高速5号線トンネル安全検討委員会 委員長 吉國洋様。このたびは、急に委員会に出席できなくなり、誠に申し訳なく思います。ところで誠に恐縮ですが、高速5号線トンネルの地質調査に関して、以下に私案を述べさせていただきます。

1 はじめに。現段階ではトンネルの通過地点を対象として、全体的にかつ包括的に地質状況を把握するための調査を実施すべきであると考えております。このために、既往のボーリングなどの調査結果をトンネル断面に落とした後で、調査結果が得られていない、つまり空白の部分を補完するために、既往の調査地区も含めてボーリング調査を実施することが望られます。断面図として第1回委員会資料参照。

これらの調査実施後に、トンネル通過地点に関する地形・地質学的な問題点を洗い出し、それらを解決するため、次段階の地質調査を計画していく必要があります。現段階で提示されている地質調査案に関しては、次のように考えております。

2 地形・地質調査。2.1 地表地質調査。トンネル通過地点を含むある程度広い地域の地質状況を概略的に把握するために、地表地質調査を行う必要があります。この調査の精度はそれほど高くありませんが、トンネルの地質に関して、広域的なデータを得ることができます。調査範囲としては、越智委員案で示されている範囲が妥当だと判断しました。

2.2 地形判読。トンネル通過地点を横断するリニアメントや断層地形の有無を調査するために地形判読を行う必要があります。調査範囲としては、地質との対比を可能にするため、地表地質調査と同じ範囲が望されます。

3 ボーリング調査。ボーリング調査に関しては、以下のように考えております。

(1) すでに述べましたように、現段階では個々の断層や破碎帯を対象とした調査は時

期尚早であり、まずはトンネル通過地点の地質状況を全体的にかつ包括的に把握するために調査を行うべきであると考えています。

(2) 現段階では、斜めボーリングは費用対効果に問題があるため、まずは垂直ボーリングによってトンネル通過深度の地質状況及びその上位の地質状況を把握することが重要であると思います。さらに、個々の地点の地形・地質に応じて、盛土や風化層の分布を把握するための調査を行います。

(3) これまでの調査で推定されている断層や破碎帯、個々を対象としたボーリング調査については、今回の調査で洗い出された問題とあわせて検討し、必要に応じて実施するかどうかを検討するのが有効かつ経済的な調査の流れと考えています。

4 さいごに。地質調査、特にボーリング調査に関して、第3回検討委員会で意見の一致を見ない場合には、議論を一步進める意味でも、まずは意見の一一致している地点においてボーリング調査、ただし垂直、を実施し、その結果を精査、検討した後に、次段階のボーリング調査案を検討すべきであると考えます。第1次ボーリング調査計画（案）を別紙に示します。よろしくご検討のほど、お願ひ致します。広島高速5号線トンネル安全検討委員会 委員 金折裕司。

吉國委員長：ありがとうございました。それでは、この他に欠席委員の意見書があれば事務局より代読して下さい。

事務局（渡邊）：特にありません。

吉國委員長：それでは、ただ今御説明を頂きました4つの案について、各委員の御意見を伺いたいと思います。どなたからでも結構ですから、お願ひ致します。

中根委員：ちょっとお尋ねしたいのですけれども、今の地質に限定して議論されると考えてよろしいんですか。それとも地質・水文と。

吉國委員長：いいえ、水文は後でさせて頂きます。同様に今日欠席の朝倉委員からも水文について御意見を頂いておりますけれど、これについてもあとでお願いします。

山本委員：私も資料一で、追加調査前提でというように書いていますが、まさに朝倉委員と同じような意見です。中山側の坑口とか牛田東のいわゆる住宅団地の非常に土被り厚の薄い所で住民の方の第一の関心事と言いますと、今住んでおられるところの地盤沈下がどうなるかという事だと思うんですよね。やはりそれが安全なのかという事を我々はきちんと議論して回答を出す必要があると思います。それと、安全かどうかという事を探るためにもその前提となるボーリングをして、その地下の状態がどうなっているのかを知る必要があります。特に沈下の問題ですから。簡単に言えばその施工毎の過程で、要するにトンネル掘ってですね、地下に空洞を作った時に、当然施工するプロセスで水を抜くか抜かないかという事があると思います。そういうプロセスをきちんと検討して、沈下解析モデルの良否という話も出ますが、そういう事を検討するためにデータがきちんと必要だということです。ある部分は、先ほどの意見で十分過ぎる所もあるという事だったのですが、その後、越智委員から今のデータがきちんと沈下解析に必要なデータに足りるかどうかという意見がありました。当然既にあるものが、必要かどうか、十分かどうかは検討する必要があるかと思います。だから、何本掘っているから十分なのではなくて、例えば事前に頂いた資料で追加調査計画書の最後辺りに、11ページですか、ボーリング、サンプリング、孔内試験、物理検査とか色々ありますけれども、穴を掘る事によってその地域がどれだけ

下がるかということが非常に関心事なので、これがきちんと計算できるだけのデータが取れているかどうかという事をまず検討して、当然トンネル直上だけが下がる訳じゃないので、ある程度の範囲を含めて、そういうデータをきちんと取れるように進めて、その後安全検討をやってそれが許容値に合うかどうかという事を解析すると思うのですが、それが科学的に、きちんとできる限り早く進めるようにして頂きたいと思います。以上です。

吉國委員長：ありがとうございました。

西垣委員：西垣でございます。3委員の方から、現地のボーリング地点のここは別に必要ないんじゃないかな、あるいは鉛直じゃなくて斜めに掘っていった方がいいんじゃないかなという風なご意見ございますが、私も山本先生と同じでございまして、トンネル掘るとその直上の方、あるいはその付近の方は自分の家の下が地盤沈下するのは困るというのが、今回の委員会の中で一番大きな議論になって、悩みでございますので、牛田地区でまだ調査を入れてない所もございますので、出来ましたら盛土の部分、その下の岩盤の部分がどういう風な組成になっているか。特に盛土の部分は、トンネルを掘る事によって水が抜けると、本当に地盤が沈下するような地盤なのかどうかというようなデータをぜひ取りたいと思います。お金があればいくらでも調査の地点を増やしたいくらいなんすけれど、事務局案ぐらいのところで、私は十分、あるいは金折先生が仰っておられますように、もし足らなければ2次で調査を追加するという形でやって頂ければと思っております。

それから、もう1点、坑口の辺りの調査に関しても、ここでも同じように非常に土被りの浅いところでの掘削になってきますので、これにつきましても従来の方法と、あるいはここも同じですが、水を抜く事によって沈下が起きないのか、詳細な検討をぜひして頂きたいと思っております。

角湯委員：私も一定の留保条件付きで事務局案を実施してはどうかという案を出させて頂いているのですが、通常トンネルによる影響を調査するという場合においては、広い範囲を見て、トンネルを掘削する事による問題点が何なのかという事を把握し、その問題点について更に詳細に調査していくという事が、通常行われる調査の手法だと思いますが、今回トンネルを掘削する事による問題点という事で、1つはトンネルを掘る事によって地下水が低下する、それに伴って住宅地の沈下が発生するのではないかという事と、その地下水を低下させる原因の1つとして、断層・破碎等を伝って、水位低下が起こるという問題点があります。あと、トンネル一般の問題点としては、坑口部分について、坑口部の安定性ですか、地耐力の不足等で何らかの問題が生じる、といったことが考えられますが、今回の調査については、そういうたった破碎帯の位置とトンネルとの関係を把握するということでボーリング位置も選定されていますし、先程来、委員の意見もございますように、住宅地がどれくらい沈下するのかということで、盛土の厚さがどれくらいあるのかということも、ボーリングである程度把握できるという事ですので、現地点では事務局案の調査で十分こういった部分について議論できるのではないかと考えています。基本的にはこれでよろしいかと思いますが、一定の留保条件という事で、その調査結果、調査して実際にどのようになっているのかというのを把握してからでないと、影響把握や影響予測ができませんので、その結果を踏まえて必要であれば追加で調査を実施していくというのをやって頂けるのであれば、現時点では事務局で提案された調査を実施していくのが一番いいのではないかと考えております。以上です。

吉國委員長：他に御意見ありませんか。

坂巻委員：坂巻でございます。やはり住宅が建設してあるという事が皆さん御心配の種だと、それに対してどういう風な方策で対応したらいいのかという御議論を伺っておりました。

私は、越智先生の、とにかく地質構造をベースにして、この範囲の調査がぜひとも必要ではないかと資料を前に頂いておりまして、それを中心に読んでいたものですから、越智先生が言われる事が、最初のステップとしては必要十分な範囲ではないかと思っていました。実はこの前の委員会の日程が設定されまして今日まで延びた事について、もう広島へ出る準備をしてしまったものですから、その時間を使いまして二葉山と福木トンネルの現場を見て参りました。福木の場合、特に気になったのは、今までの予測されていた沈下量よりも、実際の被害の方がはるかに大きく出たことです。やはり行ってみたら、トンネルは花崗岩地山を掘っているわけですが、その上に扇状地性の土石流堆積物がかなり乗っていて、それを造成して団地ができている訳ですね。ですからその上の部分の非常に不均質な扇状地性の堆積物の水が抜けた場合に、どういう悪さをするか、というところが数値モデルとして本当にきっちり反映されていたのかどうか、まず疑問を持ちました。そういう面から言えば、今回の二葉山のトンネルを掘るに当ても、ただ数値計算の精度の吟味をやる場合に、どの程度のことが必要なのかということは、やはり福木の例を、いっぺん私達としても慎重に検討してみて、どの程度のことまでなら言えるのか、見ておく必要があるだろうという気が強くしております。そういう意味では、これまでの公社でお持ちのデータを開示して頂いて、二葉山の場合、どの部分が適合できて、どの部分が注意しないといけないのか、それらどの部分が考慮の外に置いていいのかという吟味をきちんとやっていくことが必要ではないかと思っております。かなり広い範囲で見ろというケースで言いますと、トンネルではなくて、鉱山開発に伴う事例ですけど、水を汲んだ地点から約3.5km離れた所まで地盤沈下の影響が及んだというデータを持っておりますので、そういう面からはかなり慎重を期して、調査範囲を決める必要がある。その点では事務局案は少し狭過ぎるのではないかという意見を持っております。以上です。

奥西委員：奥西です。私は地下水の関係で地質の事に关心を持ってます。地質に関して、特に意見は申し上げられないと思いますが、私の意見書に基づきましたように、地質に関する討議には十分注目してみたいと思っております。

それから、今回の資料を読みながら少し気がついた事ですが、牛田地区は主な谷は北向きですけど、支谷といいますか、枝分かれした谷は東西方向に伸びているケースがあるわけです。これが地質と関係あるのかどうか、私には分からぬのですが、仮に関係あるとすると、仮定に仮定を重ねるようなことになるわけすけれども、これが地下水のポケットになってる可能性がないでもない。そういう点から、私としてはその辺にも注目しながら討議を聞きたいと思います。以上です。

西垣委員：西垣でございます。先程の3委員の福木のお話で、私は福木の最初の変位が起った後、福木の実際の現地で、どうやってこれを水位を下げないで、工事をやっていくかというところで、ここで沈下の解析がございますが、とてもじゃないこんな解析では、福木の中国電力さんの下の沈下の予測はできないような状況になっていますので、今回もできましたら盛土の中のきっちと水位が下がるとどれくらい沈下するかどうか、圧密的な要素もきっちと入れて、解析も弾塑性解析だけでは水のことは一切考えていませんので、是非そうい

うような事も考慮した予測をするべきだと考えておりますので、是非今後はこの委員会でそういう方向へ持っていきたいと思っていますので、御協力の程お願い致します。

中根委員：私は植生担当ですけど、この地質のボーリングの箇所の問題と、穴の開け方が問題ですね。私達門外漢として、関心事は先程から出ています様に、福木で実際の沈下予測では2cmとか3cm。それが実際には20cm近く、しかも広範に渡って沈下したと。この過ちは絶対繰り返してはいけない。そういう意味で、今回のボーリングでどういう点に注意して、もちろん水文の問題もありますが、どういうボーリングをしないといけないのか。その開け方の問題も箇所の問題も、これがちょっとよく判断できないですね。というのは、福木の大きな、いわゆる誤差ですね。これ実際に不幸なことに、事後調査になったわけですけど。要するにアセスメントと実際の結果が違う。この食い違いを二度と二葉山トンネルについてはしてはならない。これは委員会の第一歩だと思うのです。そういう意味では、どういう点がその誤差に繋がったのか、それはモデルの問題、それから地質調査の段階の問題ですね、水文解析の問題、これはいくつかあると思います。それが今全くクリアにされていない。明らかにされていない。こういう中で、きちんとしたボーリングをして、調査をして、信頼ある結果を得ようとしても甚だ難しいんじゃないかなと私は率直に思います。門外漢としてですね。ですからその辺がですね、もちろん私、委員ですけど、住民の方はもっとそういう意味での不安を持っておられると思います。そういう点はやはり今回の調査で、過ちがない調査をやるんだ、そういう点をきちんと住民の方がわかるような形で示すのが、この委員会の役割ではないかというふうに思います。

横山委員：先程の坂巻委員、今の中根委員の指摘に関連して、第2回の委員会で富井先生が、この道路建設の実施計画の時のアセスメントの状況についてお尋ねがありました。それについて、今日の事務局からの回答にはなかったと思うんですけども、やはり今中根先生が言われたように、影響評価をしながら、事業を実施して地盤沈下が起こった、そのことが二葉山トンネルの安全性の問題に関わっている訳ですから、やはり事業実施の段階のアセスメントがどうだったのか、どうしてこういう地盤沈下が予測できなかったのか。今の坂巻先生の御指摘を受けますと、現在の事務局の対策は狭過ぎるということですから、もう少しそこら辺の事前影響評価の内容と実際の地盤沈下の内容、それが二葉山のトンネルにどう影響を与えるかということを精査しないと、対象地域きちんとできないんじゃないかなと思います。

西垣委員：先程の中根先生も、坂巻先生も、横山先生も同じなんですけど、福木の最初の時には、水が下がることによって地盤沈下するという事は、当初のアセスメントがそこで成されてなかったと、私は思うんですね。その後、こういう事が起きたから、中国電力の変電所があつて、これ広島地区の全部の変電所であつて、そこを地盤沈下させると、とてつもないことが起きるという事で、じゃあどういう対策をしていくて、地盤沈下を、許容範囲をどこまでやるかということの、日本でも初めてそういったことの設計段階から予測して、実際にやって、今現在中国電力の変電所はほとんど何ら変状が起きてないような状況になっているというのは、初めてぐらいではないかなと。ですから、今回のところで、福木の最初のところで、住民の方が、ずいぶん、このままトンネルを掘ると同じような事が起きるのではないかと心配されておられると思います。我々それは、県・市が住民の方々に対して不安を与えたということは、行政の責任だと思いますので、是非、住民の方々の

そういう不安を払拭するためにも、きっちと調査して、こうしていけば、そういうことは起きませんよという形のものを、この委員会で出して行くべきだと思うんです。それに対する予測方法も、どんどん技術が進歩していますので、そういうものを適用するような形に是非この委員会でやって頂ければというふうに思います。

吉國委員長：色々御意見はあると思いますが、委員長としましては、今回の委員会で何らかの形でより多くの情報を得られるようにし、1つステップを前に進めたいと考えております。今回、地質調査範囲を決め難いのであれば、1つの妥協として、金折先生の当面これだけ実施し、ついで第2次の追加調査を考える方策もあろうかと思います。また、次の沈下についての議論の中で、別途な調査意見も出てくる可能性もあります。それらは第2次又は第3次の追加調査の中に加えたいと考えています。近々開催予定の第4回の委員会に向けて、審議の要となる地盤情報を取得することを今回の委員会でお認め頂きたい。

越智委員：実は、金折委員と前半の意見交換をさせて頂いたんですが、やはりこの場面に関して言えば、牛田東三丁目・一丁目の地質がどうかというのは、かなり大きなウエイトを占めているような気がするんですね。そういう意味で、金折先生が出されている、まず当面垂直ボーリングで大まかな方向性を掴むような事を先ずする。それで終わるのではなく、追加する必要があれば追加していく、斜めボーリングが必要であればしていく。私も斜めボーリングは出してはいるんですけども、多分色々な問題がそれには関わってきますので、その点は現時点では、強引に進める必要は全然ないと思っていますので、その後の追加調査、これからやる追加調査を検討の上で、どうしていくかを判断していくかと、そういうふうに考えております。

吉國委員長：結局、今の越智委員のご意見は、金折委員の第2案、1つステップを進め、その結果を見て、次の調査をること、さらには、次の沈下問題審議でも、追加調査が必要となれば、それも第2次の追加調査に加えることだと理解しました。

越智委員：もう一点追加の追加なんですが、これちょっと提案させて頂きたいんですが、地質部門関係のところで、若干の何人かの小委員会と言いますか、地質関係のプロバーの小委員会を持たせて頂ければと。例えば、どこをどういった風に掘った方がいいのかとか、あるいはこの地質がこうなっているんじゃないとか、ちょっと詰めた議論をできれば一度させて頂きたいなど。これは提案、希望です。

吉國委員長：ちょっと待ってください。追加地質調査の議案を片付けておきたい。先程、越智委員が提案されたように、当面金折委員の案を採用して進め、その結果を見て審議を行い、必要なら第2次の追加地質調査を考えることにしたいと考えます。先ずは、今後の検討によって必要ならば再度追加調査をすることを条件に、金折委員の第2案をお認め頂けますでしょうか。

委員各位：（特に異論なし）

吉國委員長：ありがとうございました。そう致します。

それで、もう1つ、今の分科会のような小委員会を設けて、地質について検討したいという事について、皆さんの御意見はございませんか。

西垣委員：この委員会は、色んな分野の委員の方がいらっしゃいますので、ここでこう地質の事を議論しても、自分はあまり関係ないという事もあると思いますので、是非そこでも十分な叩き台を、委員会で出してくれてもいいと思います。今日、欠席されております大島さ

んとか、そういう分野の先輩の方もいらっしゃいますので、そういう人たちの御意見も聞いて頂いて、是非そういうふうなアクティブな委員会を作つて頂けたらいいんじゃないかなと思います。

吉國委員長：それでは、今日欠席されておる委員の方々の意見も聞いて、次回辺りにまとめたいと思いますが、よろしくお聞かせ下さい。皆さん。それでは少し時間も超過してまいりましたが、植生の追加調査について審議を始めます。中根先生、説明を頂けますか。

中根委員：その前に水文はよろしいですか。水文についての補足調査については。前々から奥西先生が提案されてますし、勿論基本的な考え方も含めて解析方法、モデルの問題、それはどこで議論されるんですか。追加調査はされないんですか。

吉國委員長：委員長としましては、今回は、第2回の委員会で問題となった追加調査、すなわち地質と植生の追加調査の件と主要議題としては沈下問題を挙げております。これは後で相談することですが、9月の上旬に第4回を開き、水文・植生を中心に議論する事にしております。限られた時間ですので、先にあげました問題を集中的に審議したいと考えております。結果として水文の問題は次回の委員会の主要議題になろうかと思います。それでは、中根委員、説明をお願いします。

中根委員：このA3の大きい方で、同じものが何枚も重なってしまって私の不手際で、お詫び申し上げます。このA3の方で見て頂きたい。植生に関する補足調査は2次概略案であると。1次概略案については、今日お配りしたA4に記載されております。それをバージョンアップした。1次案について、関係委員に議論して、そしてそれを全委員にメールで審議して頂いて、それを受けて2次概略案を作らせて頂いた。そしてこの2次概略案が出てくるプロセスは、今日お配りしたこのA4の11ページで。

吉國委員長：誠にすいませんが、5分程度でお願いします。

中根委員：5分という事で、もう2分くらい過ぎてますが、後3分ぐらいしかないですけども。基本的には2つ。1つはトンネル掘削がもたらす植生への影響。これは特にトンネルを掘る事による地下水位の低下。一時的であれ数年間は低下するであろうと。その土壤水分の変化がもたらす植生への影響と。

それから2点はですね、トンネル掘削が斜面崩壊と土石流に及ぼす影響。これについては根系の土壤緊密化も考慮して計画する必要があるだろうと。従来の環境影響評価では、いわゆる一部のシリブカガシ群落への影響、いわゆるトンネル掘って土壤水分が落ちて生育に影響あるかないかというだけで、ここにおられる関係委員を中心になってやられた訳ですけれども、これはそういう意味で価値があるけれども、今回は植生に関する安全検討問題においては、決して十分ではないと、そういう議論を第2回委員会でして頂いて、関先生も賛同して頂いて、もうちょっときちんと調査をやろうという事になった訳です。まず1つは、実際に現状はどうなっているか。トンネル掘削が植生にもたらす影響で水分条件が変化すると、その工事の前の現状はどうなっているのかと。実際にボーリングしたのは1箇所しかありません。そのボーリングの知見でも、かなり地下水位が高くて、谷部の崖錐堆積物の中に地下水位があると、そういう知見が1箇所でボーリングによって明らかになった。そういう意味では、ある程度谷をいくつか選んで、そして尾根、斜面中部、斜面下部で地下水位がどうなっているかの現状を把握する必要がある。特にその地下水が抜けた時に、地下水から水が上がってくるのが基本的に植物に行かなくなると。それがど

のくらい現実的に地下水位の現状の高さで、植物の根系に水分が上昇しているのか、こういったものを掴む必要がある。

それからもう1つは、根系がどのくらいの力を持っているか。確かに砂防学では気象、地形土壤、これを主な要因としている訳ですけれども、もう1つ林学では、根系の持つ影響力が非常に大きい。1987年の加計の土石流、1999年の広島の集中豪雨、そしてこの度の庄原の集中豪雨、極めて限定的なんです。ここで崩れているのは手入れの悪い人工林だった。1987年、そしてしかも1999年はほとんどマツ枯れ跡地。そして今回は伐採跡地です。これ見てすぐに分かります。植生に段差がある。要するに切った後の再生林なんです。こういうところは、ほとんど根が土を掴む力がなくなっています。こういった点も非常に大きいということです。これが現状ではどうなっているか。これをきちんと調べると。それで、抜けた時に、主な大径木について影響があるかないか、それは現在トンネル掘った後で、そこに生息している同様な樹種についてどういう水分環境で生育しているか。トンネル前後で、掘削前後でその性状が変化しているか、していないか。こういったものを成長錐、年輪解析等で解析していく。

あと、掘削がどういう影響をもたらすのか、という事に関して、特に土石流との問題では、色々意見があります。トンネルと土石流との関係はないという御意見もあります。だからそんなことは調べる必要はない。しかし、本当にないのかどうか、あったのかどうか、この科学的なきちんとしたデータは記されておりません。この間1999年の集中豪雨でも、五日市のトンネルだけだという意見もありました。しかし、よく調べていきますと、西条もあります。西条トンネルなんかズタズタです。特にトンネルの上は。そういうように、4つのトンネルのうち3つが明らかに、そのトンネルの上で土石流、斜面崩壊が起きているということを確認しております。そういう点で一つこの場合のケーススタディとして、二葉山の、尾長山もそうですが、谷の頂上部にかなりの大量の土砂が堆積していると、そして、ここに地下水があつて、その崖錐が、もろい土が地下水が抜けた後、沈下するのではないかと。その可能性は決して低くはないのではないかと。その可能性も含めてきちんと検討しようと。そうした時に、実際斜面崩壊の危険性がどのくらい高まるのか、これもやはり科学的にきちんと検討すべきだ。だから大雑把に見て、今までそんな調査はされていないから、やる必要はないということじゃなくて、実際に現実にこの二葉山の現状の中で、トンネル掘って地下水位が落ちて、崖錐堆積土層が沈下した時に、同じ雨が降った時に、どのくらい斜面崩壊、土石流が高まるのか。これをきちんとやるのがこの委員会の責任ではないかと。少なくとも住民側にとってみて、それならば納得できるよ、というような事が、初めてそれをやって得られるのではないかと。そういう趣旨の調査をやらせて頂きたい。これはもう皆さん何度も読んでおられますから、そういうことでよろしくお願ひします。

吉國委員長：ただ今中根委員の調査案を説明頂きました。これについて御意見をお願いします。

関委員：中根委員もちょっとと言われましたように、私としては、中根委員の提案された事は基本的に賛成なんですけれども、やはり時間と経費の点から、なかなか実行は難しいのではないかと思います。この点につきましては、海堀委員も同様の意見を言っておられまして、本日の配付資料の17ページの番号の6の所、これ私も同じ意見なんですが、ちょっと読ませて頂きますと、「何のための委員会かを考えたとき、時間と経費がかかり

すぎるような調査計画案の作成・提案では良くない。トンネル工事の関わりでの土石流や急傾斜地崩壊の危険度を調べるためにと称して、すでにわかっていることに加えてさらに時間と経費をかけて、新たな特別な調査を行わなければならないとは思えない。」とあります。18ページにも同じような事が書いてあるのですが、中根委員の提案の中で、トンネル掘削が植生における生圏崩壊のうち、根圏に、根の生えている範囲ですね、根圏における土壤水の動態は、是非調査すべきだと思うんです。その点だけに絞ってですね、とにかく調査をやるべきではないかと思っています。

私の提案は、実は2月に書きましたので、丁度梅雨の前後と言ったのですけれども。9月にも秋雨の時がありますので、その前後を利用しててもよろしいのではないかと思いますけれども、確かに理想的には、中根委員さんの提案されたことを全部やればいいんですが、かなり絞った方がいいのではないかと思います。以上でございます。

坂巻委員：坂巻です。今の中根委員のお話、関委員のお話、両方を伺って私が感じたことですが、中根先生が言われるような事例が無いんだと言うことは、おそらくそういう事例を見ていませんから「ない」と言われたのだと思うんですね。

私が市民委員会の中に入りまして、トンネルの上の山の変状の調査をやったことがあります。圈央道の八王子城跡トンネルという所ですが、そこですとトンネルを掘った後で、トンネルの上の観測井の地下水位も低下していますし、地表も明らかに乾いてきています。まあ、市民のやることですから、pFメータを使ってきちんと測っている訳ではありませんが、その結果、山体の中に、水が抜けた乾燥したことによって、その後にきた雨で崩れるというパターンの崩壊が頻発している。これは一つの規模としましては、せいぜい数百m<sup>3</sup>。実際の被害としては、登山道が10mないし20mくらい通れなくなるというくらいの被害ですが、こんなことは普通の調査では挙がってこないんですよね。ここは史跡で、昔の城跡ですので、城を造った時の水路が残っています。その水路の石積が300年間異常なかつたのが、トンネルを掘ってからこの小崩壊によってズタズタになったというそういうふうなケースが見えている。ですからやはり事実としては、どういうことがあるのかということを、きちんと実態に則して調べる必要があります。

それから今、費用と時間が無尽蔵にかけられない。これ当たり前のことです。ただ、今の住民の方々の御心配に対して、効率的な調査プランを立ててやる分には、費用としてはどれぐらい、それから時間としてはどれくらい必要かということは、事業計画として立案できると思いますね。それがまだ明らかになってない段階でもって、費用がかかり過ぎる、時間がかかり過ぎるということは、何を基準にして言うのか、私はその点がよく理解できない。例えば、ここまでやればこれだけの時間と費用がこういうふうにかかるんだと、これでどうだろうかという提案について言われるんだったらわかるんですが、是非そういう面では具体化を中根先生を中心に進めて頂いて、それをここで議論するようにしたらいいと思います。

吉國委員長：他に御意見ございませんでしょうか。

奥西委員：奥西です。少し議論が植生の問題から離れつつあるような感じもしますけれども、これはですね、元々この植生の問題というのは、独立にあるんではなくて、トンネル掘ったら植生がどう変わるのかということをちょっと考えてみましてもですね、影響の仕方が色々あって、また、植生が変わるとまたそれによって、斜面の条件が変わってくるというこ

ともあって、少し話があったように、土壤の安定性ということも関係してくるので、まあ、多少議論がですね、輻輳するのは止むを得ないところもあると思うんですが、少し私の意見を追加しますと、海堀さんの意見についてですけれども、この土石流との関係はかなり難しい問題であろうと思います。で、海堀さんの意見も理解できるところは多々あるんですけれども、この委員会として、責任を持ってものを言う為にはどうしたら良いかと考えますとですね、少し広い視野が必要なのではないかと思います。

ちょっと話が変な方へ行きますが、土石流の発生条件ということを考えると、先ず第一に雨な訳で、それはトンネル掘る掘らないとは関係ない訳ですが、地下水あるいは土壤の状態という関係で、パラメータが効くという形で、土石流と関係するわけですが、そういうパラメータの効き方としてですね、最近注目されているのは、先ほど坂巻委員が仰ったことと関係するんですけど、冬にですね、わりと乾燥した時期に、ほんのちょっとの雨で斜面が崩れるということがあって、どうもそれは乾燥することによって、土壤構造が良くない状態になっているのではないかということを、1つの仮説として出されております。ですので、どこまでその辺をこの委員会で詰められるかということに関しても、多少自信を持てないところもあるんですけど、いくつかの事例は見ておりますので、それについて討議は可能であるし、またそれは、植生の問題とも関連しておりますので、少し議論は輻輳するところはあるかもしれません、関連付けて議論していきたいというように思います。

中根委員：はい。

吉國委員長：ちょっと待って下さい。他の委員の意見が全部出てからの方がいいと考えます。他にはございませんか。

城間委員：城間ですけれども。私はこれまでトンネルを掘ってきたというか、トンネル掘るところを色々見てきたんですけども。それと高速道路に携わっていますので、山陽道の五日市トンネルとも関係しますので一言、言わせてもらいますけれども、トンネル掘るからですね、土石流が起きるという言われ方、あるいは原因があるという言われ方は、ちょっと非常に私としては心外なんですけれども、今まで色々なトンネルを掘ったり、色々な地質で掘って見てきているんですけども、トンネルが原因で土石流が発生したというようなことは、今まで聞いたことはありません。それが何らか多少は影響したというようなことは、やはり細かくは調査していませんので、微妙ですね、変化はわかりませんけれども、経験的にはそれが原因で起こったという事はないということです。

それと、乾燥ということを仰いますが、トンネルを掘って上部が乾燥ということではなくて、色々、先生が言われるよう多少水分が減るということはわかりませんが、乾燥ということは全くない。どちらかというと、切土面の法肩付近が非常に土としては乾燥して、その付近の植生は、ちょっとやはり、弱まるということは聞いたことがありますけれども、坑口部とかあるいは切土の法肩がというのあります。ですからトンネルのある程度土被りがあるところで、掘って乾燥という乾くことはないということ。多少水分が減るかどうかはわかりませんが、そういう乾燥という言葉は、ちょっと私にとってはきついなあということで、ここでちょっと意見をさせてください。

吉國委員長：よろしいですか。それでは中根先生。

中根委員：時間もありますので一応まとめ役として、今の議論を受けて、ある程度の方向性を出

すと言ふことですけれども、乾燥するかしないか、どのくらい乾燥するのかしないのか、このようなデータを、やはりきちっととらないといけません。フィーリングで議論されて、それで住民の方の安全を確保したことになります。やはりきちとしたデータを今回調査して得るということだと思います。

それからやはりちょっと誤解があるのですが、この調査を、私、概略しか書いておりませんけれど、スケジュールを入れてませんけれども、何年もやるという計画じゃないです。一年あればできます。ですからまあ、降雨シーズン、要するに梅雨の時、それから日照りの時、秋、冬期ですね、ですからそういう意味では、何年もかける調査ではない。しかも、何億というお金をかけるわけではありません。一応ですね、この案を作るにあたって、まあ、そっとですけれども、コンサルタントの方にいくらくらいかかるか聞いています。何億にはなりません。

私、思うには、例えば福木あれだけの被害を起こして、人々の財産、それは何億、何十億ですね。いわんや土石流が起きて人命が奪われたらお金では解決できなくなる。数千万のお金を惜しんで、1年の時間を惜しんでですね、安全かどうかということを確認しないでやるといったら、これは住民の方は怒ると思います。このようなことでは、この委員会は、その市民から委託されて、行政から委託された責務を全うできないと私は思います。ですから、その辺の誤解と、やはりきちんとした科学的なデータに基づいて、少なくともこれぐらいは、やっていかないと、やはり結果を出しても住民の方からは信頼していただけない。それぐらいの事はきちんとやりましょう。ですから予算の問題はですね、これから色々と事務局と折衝していくということになりますが、なるべく確保するということしか言えませんけれども、そういうことだと思います。ですから一応このままやらさせて頂きたいということです。

吉國委員長：皆さんの了解が得られたかどうかちょっとわかり難い面があります。次回に植生主題の委員会を予定していますので、今のわずか30分の議論ではなく、その時にもう少し植生をメインのテーマにした議論をしたいと思っております。については、1ヶ月余りの預かりとしまして、植生と水文、地下水の低下問題も含め次回委員会で審議をお願いしたい。

中根委員：そういうことは、関先生の言われた9月の調査はもちろんできない。ということになる。だからそういうことも考えて、私は一応、今日、方向を出すように。

吉國委員長：賛成とする委員もおられましたが、今のところ、皆さんとなるほどそうだと思っておられる風に感じられませんので、もう一つ先送りをさせて頂きたいと思ってますが、いかがでしょうか。

中根委員：委員長の仰ることはよく分かります。ただ私が今日ですね、このA4の当日の配付資料で示すように、1次案の審議プロセス、各委員がどういう意見を出したのか、11名の意見が出て、9名が提案賛成です。2名の方、関委員と海堀委員が、先程言った様なことを言わされたわけですが、それは私は科学的ではないと、事実に一致しないと思います。だからきちんとした事実を見極める為の調査だから、御了解頂きたいと。で、関委員は予算が、また、スケジュールがよく分からぬし、膨大な時間とお金がかかる様だったらですね、省略すべきだと言わされたと。そこはちょっと違います。やはり各委員が、数千万がこの調査に膨大なお金なのか、一年が膨大な期間なのか、そうではないという認識を少なくとも過半数の委員は示した。1次案に対して。2次案については、メールで審議をお願いした

けど、誰一人、反対は具体的に言われてません。そういう中で、吉國委員長が、この案について皆さんの賛成が得られてないと評価をされることが、ちょっと私は心もとないといいますか、理解できない。

吉國委員長：少し言い過ぎかもしれません。申し訳ないと思っております。しかし、今日の 20 分か 30 分で決めるには、幾分、難しい面があるように思います。次回 9 月の委員会のメインテーマが植生、水文ですので、そこでもう一度審議をお願いをしたい。いかがでしょうか。

西垣委員：1ヶ月延ばすと言う事で、是非、中根先生の4本のトンネル中の3本でそういう大きな土石流が起きているというふうな事例ですね、是非、さっき城間さんが仰ったように、実際にトンネル掘られている人には、あまりそんな植生が変わった、そういう災害が起きたような事例とかお持ちじゃないので、是非先生の方から出して頂けたら、委員の方々が理解できるんじゃないかなと思うんですね。

吉國委員長：是非、お願いしたいと思います。

西垣委員：あと、関先生の言われた、実際に他の似たようなところでの植生がこういう風な形になってますよと御報告がありまして、だからその辺も、少し御意見としては集めて事務局の方に、事務局と言ふんですか、県と市の方で集めて頂いたらいいんじゃないかと。トンネルを抜くと地下水、今までにはもう全部地下水を下げる側になってますので、下げることによって地表が、我々地下水屋としては、佐々木先生、トンネル抜いたら地下水が枯れてしまったという例はよく聞きますよね。しかし、植生がどうなったかというのはなかなか私、今京都で、京都の地下鉄を抜くことによって、植物園の木が枯れたというのは実際にあります。しかしそれは、地下水が結構高いところにあるのが、水位が下がることによって、木に影響があったという事なので、その辺を少し自分の頭の中でまだ理解できませんので、是非そういう実際のデータを出して頂きたいと思います。

吉國委員長：それでは中根先生、今の結論でよろしくございますか。

中根委員：ですから、データが十分でないから、調査をしたいと申し上げています。はつきり言って、いろんな情報ありますけど、どれも不確かな情報です。はつきりと言えない。だから、はつきり言えるんだったら、はつきり申し上げれるんだったら調査は必要ないんですね。だけでもはつきり言えないから、そういう可能性をゼロじゃないし、かなり高いという評価もある。だから実際に調べてみましょうという。ですからその調べてみないと分からない事を、やはり先ず調べるということが大事じゃないのか。乾燥がどの程度なのか、植生に影響があるのかないのか、土壤水分の低下が根系の土壤水分の吸収に影響あるのかないのか、こんなデータ、まともに取った例はほとんどないですよ。はつきり言って。だから可能性として、色々調査をして本当にそういう影響はないのか、そういう危険がないのか、それを調べる為の計画です。だから、あるならば私は色々言いません。色々情報見てきて、不十分だから断定できないです、危険があるとかないとかですね。だから計画書を作って、その可能性をきちんと調べましょうと申し上げている。既存のデータ集めて検討して新たな方向が出るならいいんですけど、どのデータも決して十分なデータではない。そういうデータは多分とられてない。とてない。

関委員：最初に申し上げましたように、私は基本的には中根委員の提案に賛成なんです。ただ現実問題として可能かなというちょっと心配があつたんで言ったんですけど。もし、でき

うるならばやった方がいいと。ただですね、技術的にちょっと問題があろうかと思います。それは本日の配付資料の3ページの4行目ですね。例えば「土壤深さにおいて、下方からの土壤水分の移動（移入）を遮断して」とありますが、どうやって遮断するのかですね、具体的な方法を。これかなり難しいと思います。それからその3番目ですね、「トンネル掘削が植生の維持、成長に及ぼす影響」というところに「根圏土壤水分量の変化が各樹木の生育維持、生長に及ぼす影響を毎木調査全域において評価を試みる」とありますが、これ1年間でできるのでしょうか。草花だったらできますのですけれども、シリブカガシのようなかなりでかい木ですね、どうやってこれを調査をするのかという、ちょっと技術的な問題があろうかと。そこを十分クリアできれば、この項目全部について勿論私は賛成。

吉國委員長：もう時間がありませんので次回にさせて下さい。ただ一つお願いをしておきたい。

今日の説明で植生追加調査の理念は分かりましたが、具体的に理解できていません。次回、より具体的な案を提示していただけると、審議が実際的になると考えます。今は何となくおやりになるという感じですが、例えば、先程も指摘がありました地下水の上昇を遮断する方法だとか、あるいは地下水を下げる負荷はどうやってかけるのかとか、そうしたことをもっと具体的に云つて頂けると、皆さんの理解が得やすいと思います。是非、それを含めて次回にさせてください。よろしいですか。

中根委員：はい。わかりました。

## 【審議事項】

### (2) 沈下解析について

吉國委員長：それでは、第2の議題は沈下問題です。この審議に約1時間を予定していましたが、既に3時10分で、あと50分しかございません。どんなことになるか、当面進めてみます。場合によっては10分、あるいは20分程度、皆さんの御了解を得て延長しなければならない状況があるかもしれません。その折には、よろしくお願ひします。

それでは、本日の主要議題の最も関心の高い沈下問題に入ります。委員長としましては、沈下障害を決して発生させないをモットーに、最大限の検討をお願いいたします。

それで先ず5号線の沈下問題には、各地区共通の問題と各地区固有の問題があります。例えば沈下予測解析法の適否は共通の問題で、地盤構造に係わる問題はローカリティーの強い個性的な問題であります。先に沈下予測解析法の適否についてご意見をいただき、後に個性的な問題に対し地区別にご意見をお伺いすることとします。

まずは沈下予測解析法の問題です。現在の沈下予測解析は、二次元のFEM解析で、力学モデルは弾塑性です。そして、地下水を一旦トンネル基面まで下げた後に水のない状態で掘削するという形をとっています。そしてトンネルをウォータータイトにしなければならないところはウォータータイトにし、ウォータータイトにしないところはそのまま地下水の自然回復を待つ設定になっております。こうした現在の沈下予測を踏まえ、沈下解析結果の信頼性や不確定要素の削減方法について御意見を頂きたいと思います。

角湯委員：この沈下解析は、通常行われている2次元FEMの弾塑性で、トンネルを掘る事によ

つて、内部の地盤に蓄積されている応力が解放され、どれだけ地表面が沈下するのかということを解析するやり方です。また、前提として今委員長の方からご発言がありましたように、地下水位を下げてその後ウォータータイトでトンネルを施工するという前提でやられております。解析の精度を上げると言いますが、通常の地表面の沈下というのは大きく2つの原因で発生すると考えられ、一つは、トンネルを掘ることによって、内部の応力が解放される事によって沈下が発生すること、もう一つは、地下水位が低下する事によって、圧密等で沈下が発生するということ、この二つが、トンネルを掘る事による沈下として考えられる訳ですが、今の解析の方法はいわゆる2次元FEMの弾塑性ですので、トンネルを掘ることによる応力の解放については、十分考慮されているわけですが、地下水が低下する事による圧密については、今のやり方では考慮されていませんので、今後より精緻に盛土部、造成地の部分が本当に沈下するかどうかということは、今後の地盤調査等の結果を踏まえて、地下水位が低下することによって、盛土、造成地の部分がどれだけ沈下するのかということを予測する事で、かなりの部分の不確実性は取り除かれるのではないかと考えています。その部分の解析が今後必要になってくるということかと思います。

越智委員：先程の角湯委員の御意見にもちょっと重なるのですが、やはり、地下水を下げて応力解放で沈下解析をやっていくふうなことですから、問題は地下水を下げた時に、かなり沈下が起こっているみたいなんですね。福木でもやはり地下水が下がったことと、その周辺のボーリング孔でも地下水が下がったその下がり方と、そこの池の土手の沈下の仕方がものすごく相関していて、あつという間に下がっているような状態がある。ということは、下げた後で沈下の解析をしてどうなるかといつても、現実にはもう合わない事例が、既に福木で起こっている訳ですよね。ほとんどがそこで沈下してしまっているというか。ですから、先ほどの角湯委員が仰ったように、やはり地下水を下げることで、どれだけ沈下するかどうか、この解析を丁寧にする必要があると思うんです。先程、圧密の問題を言われたのですが、もう一つあそこではいわゆる強風化花崗岩・閃緑岩のいわゆる小さなマイクロクラックというか、そういう中に含まれていた地下水が抜ける事で体積が収縮するといいますか、そういうことも起こったと、そういうふうな单なるこれまでの地盤沈下で圧密とよく言われているんですけど。それではない強風化花崗岩での、だいたいCL級よりも軟らかいというか、弱い部分がいってみたいたんですね。CL級でも十分それが起きてますので、それはここの牛田地域でもCL級の岩盤というのは結構ある訳ですから、やはりそこも見る必要がある。

それともう一つはですね、今は、福木で一番心配しているのは、地下水が下がる事によって、地下の水脈というか、みずみちがかなり変わっているのではないか、それによって地下侵食が起こっている可能性がないだろうかというのがあるんです。現実に団地の中でいくらでも割れ目から雨水が染みこんで出てこないと。その時に流れていった水が何処へ行くのか。その時に土砂が流れているみたいだと。こういう事例はあちこちでも出てるわけで、この地下水位が下がった事に付隨して起こってくる地下侵食というか、そういう問題もやはり考えておく必要があるのではないかと思うんですね。そういったところについても慎重に検討をして頂きたいと併せて思います。よろしくお願ひします。

西垣委員：私も越智委員と同じでございまして、前回の時も3次元での地下水位の低下とか、そういうふうなものを検討されておられたのですけれども、そのときにも申しましたの

けれど、地下水を下げてしまうと福木の場合は地盤沈下しない。ここは起きるかどうかというのは、我々まだ調査データも何もありませんから分からんんですねけれど。多くの所で数10cmの沈下というのは、ほとんど岩盤の応力解放で起きるような沈下では、そんな大きな沈下は起きませんから、おそらくそういう形で起きたんじゃないかなと我々はシナリオで検討したんですけど。ですから、下げてトンネル掘るというのはここでどうなのか。大丈夫かどうかというのはまだ分からんんですねけれども、是非、角湯委員が仰った一つ目、二つ目の方を、早急に検討できるような手法を考えてもらいたいというふうに思います。

佐々木委員：越智委員と西垣委員と全く同じ意見ですが、これは専門ではないので経験で申し上げているんですけど、花崗岩質の所はその圧密というのによる沈下が非常に起きやすいんですね。だから一旦地下水を抜いてしまうと、もちろんそのあと地下水脈はほとんど変わることが多いです。水質を私は良く見ているんですけど、一旦地下水が抜けると、水は回復しても水質は回復しない例が多いんです。ということは、やはり、先ほど越智委員が仰ったように、地下水脈が変わっている可能性が非常に高い。特に花崗岩のようなもろい岩盤では、圧がかかる方向にすっと地下水が流れるような経験を持っておりますので、よくそこは非常に注意して検討しておかないと、地盤沈下に結びつくんじゃないかなとそういうふうに思います。

吉國委員長：ただ今の意見は地下水を下げるなという意見で、それはよく理解できます。しかし、今お願いしている問題は、解析の確かさを上げる為に不確実性要素を削減する方策をお伺いしております。沈下予測値に信頼がおければ、解析法として問題はないことになります。例えば20mmの沈下があると言っているけれど、信頼できるかということです。現在5号線の沈下予測に使われている解析法は信頼できるかどうかを確認しておきたい。十分信頼できないとすれば、例えば、10年も前の解析法だから、アップデートする必要はないかなどを議論して欲しいと思います。如何でしょうか。

山本委員：委員長の仰ったことは当然そのつもりで聞いていたのですが、この頂いた資料の解析方法は10年くらい前の話で、変形解析あるいは弾塑性解析ですね、モールクーロンを使っていますけど2次元だと。しかも、地下水の問題が全然解析にならないということなので、先程角湯先生が仰ったように、そういう施工のプロセスをきちんと考えて、3次元解析ができるかどうか知りませんが、要するに、計算機のパワーにもよりますから。解析モデルとしては、当然地表面の解析も入ってきます。きちんと施工のプロセスと地形形状をきちんと入れた3次元解析ができるならば、その方向でやるというのが、これは当たり前と思うので、その方法で解析をし直すことを提案します。ただし、もう一つは地盤調査精度に関わるのですが、では、入力する物性値をどういう風に見るかというのが議論の対象になります。モデルとしては現状のきちんとした形、あるいは施工のプロセスをきちんと考えながら、あるいは地下水の低下をさせるのだったら、そのパスをきちんと考えながら解析していく方法を取っていきたいと思います。土質定数いわゆる力学定数については、ボーリングの調査本数とか、どの程度の力学試験をしていくかということに尽きると思います。

吉國委員長：今、山本委員からモデルの話がありました。現解析のモデルは、弾塑性の中の完全塑性で、降伏した後は、モール・クーロンに従うとしています。採用モデルの問題、その

モデルの中に入れるパラメータすなわち力学定数の問題、慣用的な値なのかどうか。今は水がなくなった状態、それから掘った状態でのそれぞれの解析沈下を加え合わせ、全体の沈下としています。そうではなくて、もっとステップを踏んだ時系列で解析してほしい人々、精度を上げることに繋がるわけで、その辺について、意見を頂きたい。

先ほどの地下水位を下げるなという問題は、もう少し後で議論させて頂きますので。解析の精度を上げる為に、より確かにするためにはどうしたらよいかという点について意見を頂きたいと思います。

城間委員：我々トンネル掘る時に解析する訳ですけれども、先程角湯委員が水の問題は考慮されていないという事で、全くの変形だけを見るのであれば、今の解析でもいいのかなと思います。ただ、解析したのは 10 年前ですか、ですからもう少し、やはり今回の追加調査で色々と土質定数、新しいデータ得られるので、それらを分析をして新しい解析手法というのですか、新しいコードでやるという手法も、より精度を上げる手法かなと思います。それから、一般的にはそういう解析手法やられているんですけれども、今回の解析ではいわゆる変形だけですので、多少今まで我々がやっている弾性係数を見ると、多少甘めというんですかね、安全側でやっているというふうには見てます。ただ今後の土質調査を見て、やはり慎重に設定する必要があると思います。それから、水は、今回考慮されていないので、先程角湯委員が言われているように、変形と排水による沈下というのを両方考慮して、総合的に評価する必要があるというふうに思います。

それから、先程越智先生の方からお話がありましたが、私は盛土だけかなというふうに思ったのですが、さきほど D L 級のやつも注意しなければならないという話もあったので。 C L 級ですか。 C L 級も注意しなければならないというのであれば、追加調査する際には風化花崗岩ですか、その辺も排水して、どのような挙動を起こすのかというのも確認する必要があるのかなと感じました。その辺を反映させることによって、多少精度は上げられるかなと思っています。

西垣委員：今城間委員からありましたが、これ 10 年前に解析したと、どこかに書いてありますか。ちょっと読み取れなかったのですが。

吉國委員長：1 回目の委員会の時に、平成 15 年くらいと聞きました。

西垣委員：ですから何度も同じ事を申しますが、このような解析では、なかなか福木トンネルのような沈下は予測できない。いくらパラメータを整合させてもできないですから、もう少し考え方を教えてくださいというふうにお願いします。

吉國委員長：解析法の精度をいくら上げても駄目だと言われますか。

西垣委員：はい。

中根委員：私も西垣委員の意見に全く同感です。何度も申し上げていますけど、福木で実際に、環境影響評価の結果と大きく異なってしまった。そこがモデルの問題、係数の問題、考え方の問題、どこに問題があったのか、これをきちんと整理して頂く。この情報をきちんと事務局はこの委員会に出して頂きたい。そして、今回のモデルで実際に、いわゆる福木の事故の再現ができるかどうか。どうしたら再現出来るか。要するに現実にもう実証実験やった訳です、福木では。ですから、地質調査で色々な係数を決めて、モデルも決めてやって 2 cm 最大、これが 19 cm 。しかもそれが非常に広範囲に亘って。この大きな食い違いがどこにあったのか。従来、環境影響評価は事後調査がなかったから、モデルの検証という

のが 20 数年間行われてこなかった。だからとんでもないモデルが今なお有効として使われているという事もあります。それはそれで置いておいて、実際に今回二葉山で使ったモデルが、これから色々議論されて改良されるモデルが、実際に福木の現象を再現できるかどうか。やはりせっかくそういう事があって、この委員会があつて、2 度と起さないという事ですから、この貴重なデータを我々は無駄にする必要はありません。最大限利用して、そして少なくとも検証としては、今回二葉山で検証するモデルが福木の現象を説明できるかどうか。それで十分だとは言えませんけど、少なくともそれができないといけないし、また、二葉山とは別のファクターが、単なる崖疊堆積だけではなくて色々あると。そういう事も含めて、やはりきちんと科学的に最新の情報に基づいて信頼できるモデル係数、考え方から含めて、やはりきちんと議論して詰めていくべきだというふうに思います。

吉國委員長：今の意見を総合しますと、新しい現代の解析法を使っても、それほど確かさは上がらないとの意見に受け取りました。それで、計算に乗らないとすれば、不確定の要素を回避するためには、工法が問題になると思います。先ほど地下水位を下げるなという御意見がありました。下げるともうどうにもならないという意見もありました。そういう問題を回避する方法は採用するトンネル工法になろうかと思います。どんな工法を採用すれば、そういう問題を回避できるか、トラブルから抜け出せるかについて御意見を頂きたいと思います。

角湯委員：この解析もそうなんですが、地下水を低下させるという前提で解析がされているんですが、通常岩盤地山でトンネルを掘る時には、山岳トンネル工法では地下水を下げる、切羽を安定させる為に水を抜くという事が通常行われているので、そういうことを前提にやられていると思うのですが、トンネルの掘削工法等もかなり色々新しいものも出てきておりますので、この検討委員会の中では、一旦水位を下げた後にウォータータイト、地下水をトンネルの中に入れない、掘った後に地下水を回復させるという前提でやられているんですが、当然岩盤シールド等で地下水位を低下させずに掘るという事も、技術的に可能でありますので、場合によってはかなり解析等で不確実な要素が出てきたとか、解析で説明できない現象があるだとか、解析値がかなり許容できないような変位が発生するという結果が出た場合には、そういうトンネル工法によって、地下水位を下げずに掘るということも一つの案かと考えております。

西垣委員：一つは、私は、まだ地下水を下げては駄目だとまでは言ってないですが。一つは、牛田地区の盛土の所は、地下水位を下げた事によって地盤沈下するような土性かどうかをきちんと把握したい。それでもし下げる大丈夫なのであれば、トンネル掘る時に地下水位を下げてもよいと思う。ところが、下げる今度は植生とか、今ここで議論しているようなことも問題になってきます。下げる問題になってくれば、土石流だったら土石流で何らかの対策も立てましょう。もし地下水位を下げることによって地盤沈下するような盛土でしたら、さっき角湯先生も仰ってましたけれど、地盤に影響あるのだったらその地盤を下げても下がらないような地盤に改良するのも一つの方法で、色々なケースバイケースの、オプションって言ったらおかしいですけど、工法と対策と色々な組み合わせが出てくると思うんです。ですからシールド工法で掘っていくと、ものすごい高価な掘削費用になるので、それだったらもう上方の地盤を守ろうではないかと、その後、掘らせて頂いてもいいんじゃないかというぐらいの考え方も、県・市は考えて頂いてもいいんじゃないか。色

々なケースをこの委員会で検討したらいいのではないかなと思います。

吉國委員長：可能性のあるものを沢山拾い上げておくと役に立つとの御意見ですか。

越智委員：ということで、10年前の解析が今出されている件で、あえて私の方もちょっとお願ひしたいのですが、先程私の方から地質の追加調査の事でちょっと言ったんですが、やはり既に例えれば、この地域でボーリングが何箇所か掘られていまして、この解析をした、例えば牛田東三丁目のこの場所などで見ると、いわゆる尾根部の辺りで解析を行っている。それで2cm位の沈下になっているということで、2cmだったら許容範囲とかいう事も今言われているようですが、ただそれだけではなくて、やはり今回気になる盛土の部分とか、盛土が厚い部分とか、あるいは切盛の部分とか、そういった所がどうなるかというのは、ある程度今掘っているボーリング資料を、例えば粒度分析とか色々あると思うんですが、そういう物を使ってどの程度予測可能なのかどうなのかを、当面先ず出してみる必要があるのではないか。それが十分できていないように思うんです。

例えば、この資料はここは峠の部分でこちら北側なんですが、牛田東三丁目の付近ちょっとデータを自分なりに簡単に分かりやすくしたんですが、赤が10m以上盛土がある所。オレンジが5m以上の盛土がある所。緑の部分がいわゆる切土にあたる所。これ今までの出されてきた、頂いてきた色々な資料をまとめてみたんです。そしたら、この前の公表された沈下解析というのはこの辺りです。緑の部分、いわゆる切土の部分なんです。ということは、風化花崗岩類のところでやっているだけなので、だから盛土を全く考慮していないと。だったら盛土のデータというのはその隣のB-17というところで、かなり10m以上の盛土の所でやっている訳ですから、盛土のデータはここである程度あると思うんです。

例えばそういうものを使って、盛土の部分は地下水位を下げても本当に地盤沈下が起こるのか、起こらないのかというのは、ある程度予測可能なのではないかと思うのですが、そういう事はされていないような感じがする。というのは、シミュレーションではこの辺りの盛土の非常に5m以上の厚いところは、確かに3mm位の沈下になっているんですね。これはちょっと私も常識的に考えておかしいんじゃないかと思うので。だから今出されているデータを徹底的に精査して、再度シミュレーションをかけてみて、それでどうなのかこうなのかというのをまず今のうちにやっておいて、それで地下水位を下げてやっても大丈夫なのか、いや地下水位を下げたらアウトだから地下水位を下げない方法を検討するべきだとか、そういう風なところにもっていく必要があるのではないかと思います。そのためにも早急に地質関係の部分で、小委員会で検討させて頂いて、そして、細かいデータなどもつき合せた上で、追加調査をきっちり決めながら進めていくようにさせて頂きたいと思います。

吉國委員長：他に御意見はございますか。

奥西委員：これまでの議論に比べてかなり素っぽい議論で恐縮なんですが、福木トンネルで起った沈下について、既に学会発表されているようですが、そこで示された解釈が唯一正しい解釈であるかどうかというのは、私自身よく分かっていないくて、従って、5号線トンネルでシミュレーションをやるとすれば、その解釈をそのまま使うべきか、あるいは5号線に合う別のモデルを使うべきか、その辺は私には判断できないのですが、それについて皆さんにご意見を頂きたい。

吉國委員長：いかがでしょうか。モデルや解析法を変えると、今までの経験が役立ちにくいとの

御意見だったと思います。新しいものにすると、今までの経緯が縁切れになるとの御意見ですが、それはどうでしょうか。

先程来、解析はあまり信用してもらえないという状況がございましたが、やっぱり一つの武器だとは思います。どこまで信用していいかという問題は難しい問題ですが、越智委員が言われるように、インデックスであっても、数値予測をしないと共通認識になりにくいくらいだと思います。だから、余程かっちり地盤改良でもして固めてしまうならば、計算の必要はないわけだけど、どのように、どれくらいの地盤改良をすればよいかなどを検討するにも、やはり解析はある意味で必要だと考えます。

西垣委員：今奥西先生の方から御提案頂きました、福木の資料を、この委員会でどうこう言うのではなく、それぞれの個人で勉強して頂けるような感じで、もし事務局の方で学会発表されている論文があれば皆さんに配信して頂いて、それぞれ勉強して頂けませんかというのもいいんじゃないかなと思います。

それで今中根先生が仰ったように、福木で起きたことは、今後この地区で予測しようとしていることが本当に正しかどうか、本当の実施実験ですから、申し訳ないですけれども、そういう検討も今後、県・市の方でやって初めてここに出てきて、こちらではこんなんですよという説明になってくると、結構皆さんに説得力あるんじゃないかなと思うんですが。

越智委員：私、地質工学的な面はどちらかと言えば素人なんですが、そこでその地質工学を専門でやっている人に、福木のボーリングデータを紹介して、どのくらいの沈下が起きるか、あなただったらどのくらい起きるか予測できるかという事を言ったら、実は手計算でやつてくれたんですけども、FEMですか、なんか最近はそういうやり方もあるんだけれども、手計算でやってみるとからってやられたんですよね。そしたらデータをどういう風に入れるのかというのも勿論あるので、一概には言えないけれどもという事で、彼が持ってきたデータが10cm位を出してきたんですよね。事前のデータそっくりそのまま渡して、別に何も考えずに、いわゆる地質工学の今までの色々な知識をそのまま使って手計算でやってみたら10cm位という。FEMの方ではトータルで5cm位は沈下するというような案を出しておられたんですよね。ということで、やっぱり事前の評価というか、解析に際しても、どういうデータをどういう風にとっていくかというのは非常に大事なところじゃないかと思うんですよね。どうもそれには幅がありそうなので、そういう際にも実際の岩盤地盤というか、そういうものを具体的に評価しながらきっちり詰めていく必要があると思うので、そういう解析の詳しい事は私にも分かりませんけれども、地盤の問題というのをやっぱり見ていくときに両者が、地質部門と工学部門両者がきっちりと意見をつき合わせていくことが必要じゃないかと改めて思っておりますので、よろしくお願ひします。

吉國委員長：先程からの皆さんの御意見を総合してみると、現地盤そのまま水を抜いて地下水を下げるのは非常に危険である。下げるといいかどうかというのはこれまでの情報だけではよく分からない。したがって、盛土や地表面近くの地盤構造をもっとしっかり調査し、そこで何が起こるかを予測しなさいとの意見でした。こうした意見はこの度の追加調査の中で、特に試験項目として取り入れることにいたします。得られた調査資料を基に次のステップを考えることになろうかと思います。

それでは、時間も迫ってまいりましたが、今まで5号線共通の問題でしたが、もう少し

具体的に地盤のローカリティーを入れて、御意見を頂きたいと思います。

測点ナンバーの若い順に中山、牛田東、二葉の里と参ります。中山地区は坑口近くですが、そこのどんな問題があるか、御意見を頂きたい。見るからに池の問題が一つあります。それから坑口近くの数軒の家があります。それについてどのようにお考えかお聞きしたいと思います。

城間委員：牛田地区の議論の方に目が行っているんですけれども、私、中山の方で、トンネル直上、我々 1D と言ふんですけれども、トンネル幅位の土被りで 1D から 2D、トンネル幅が 1D だとしますと、その幅の高さくらいから 2D、だいたい 10 数 m から 20 数 m くらいの間に宅地があるということで、トンネルを掘る場合には、なかなかそういう土被りが薄いと沈下は免れないという事で、色々な対策をするんですけれども、1D でも結構厳しい状況ではあると思うんです。ですから対策工を非常に慎重に検討すべきだと思います。できれば、1D 位は家屋はない方がいいかなという気はするんですけれども、その辺は私は何とも言えないんですが、非常に 1D は厳しいかなというように思っています。

それから池の方ですけれども、施工時はやはり水が近くにあるという事で、トンネルの掘削もそれに影響しますので、水を抜いてトンネル掘削するとかですね、水が抜けないような構造にするとか、その辺は検討すべきじゃないかと思います。

吉國委員長：池の問題は水を抜くとか、あるいは別なもので代用するとか、事故を防ぐための検討が必要とのことでした。坑口近くの一番坑口に近い家屋はかなり厳しい状況にあり、何らかの対策が必要、このままではかなり問題があるとの御意見でした。他に御意見は。

角湯委員：私も全く城間委員と同じ考え方で、通常坑口部の問題としては、斜面の安定の問題と、やはり被りが浅いという事で地表面の沈下問題といったような事に留意してトンネルの掘削を進めないといけないと思うんですが、こちらの中山側の坑口部を見てみると比較的土被りが浅い区間が長く続くので、やはり補助工法といいますか、トンネルを掘るに当たって、十分事前の対策をやっていくということも勿論重要だとは思いますが、ここ 부분は、このトンネルの中にテーパーと言いますか、拡幅といいますか、非常に断面が大きくなっている部分なんです。そういう面からも非常に施工が難しくなると思いますので、色々な対策を考えられ、対策毎の費用、効果、時間、影響等を色々検討され、それを比較考量された上で、一番地元にとっていい案を選んで頂く事が重要なではないかと思っております。

吉國委員長：どんな対策方法が考えられますか。

角湯委員：今この解析上では天端の安定といいますか、フォアボーリングによって、屋根を作つて地表面沈下を抑えるという形にはなっているんですが、場合によってはトンネル構造を止めるとか、少し切土構造にしてしまうとか、そういう形になると用地買収等を伴ってしまうわけですが、場合によっては、そういう事の方が安全を確保できるという事も考えられるかと思いますので、少し幅広に検討して頂いて、いくつかの案を出して頂くのがよろしいんじゃないかと思います。

吉國委員長：他に御意見ございませんか。

坂巻委員：坂巻です。トンネルや道路のことについて全くの素人の立場なんですけれども、この間見学させて頂いた時に、何故こんな条件の悪いところにポータルを作ったんだろうという気がしました。率直に言って。先ず池の問題とか、上の渓流に土石流の前科があったと

いう事ですね。ルート選定の時に、もう 100m くらい北側にずらしておけば、何の問題もなくポータル作れたと思うんですが、ああいう場所を特に選ばれたという、その他の事情があるんでしょうけど、そういう面から言えば、施工上の問題も含めて、わざわざ条件の悪いところを選って、ポータルを設計されたとしか思えないでの、非常に疑問を持ちました。安全評価の時に、やはりもうあの位置は動かせないという事を前提にしてやるのかどうか、それをまず示して頂いて、その上で検討すべきじゃないかと思います。

吉國委員長：それは非常に難しい問題で、少なくとも本日は、ルートを変えるとかという話は止めてほしいと思っております。ともかく、中山坑口の数軒はかなり厳しい状況にあるので、何らかの対策が必要とのことでした。坑口の数軒は分かりましたが、さらに奥、No. 23 以降に数軒ございます。これらの家屋の安全性は現在検討されていません。これらの家屋は無検討でいいかどうか御意見頂ければ、中山の問題は大分はつきります。No. 23 以降の数軒について御意見を頂きたい。

城間委員：坑口部のお話で口を切ったんですが、この坑口部土被り薄いところが続くようですが、後半にいけば土被りが徐々に厚くなってくるという状況にありますけれども、今回は数値解析の対象から外れていますので、対象にして検討すべきじゃないかというふうには思います。

吉國委員長：ここも検討すべきと。

城間委員：数値解析でどうなるかというのを確認するべきだと思います。

吉國委員長：分かりました。皆さんその点はよろしいですか。他にここは何もしなくても大丈夫という御意見はございませんね。

それでは、残り時間が 5 分になりました。20 分ほど延長させて頂けませんでしょうか。いいですか。

それでは問題の牛田東。牛田東は先ほどから議論に入っていますが、No. 33 付近は調査データが今ございません。この付近の深い地質構造の調査もさることながら、先程から地表面付近の地盤構造の調査が必須だととの御意見をいただいております。この付近についての厳密な検討は現在できません。追加地質調査の結果を踏まえて沈下解析を行い、安全を検討する事になろうかと思います。今回は No. 31～32 の間については、検討できると思いますが、全体で見ないと、ここだけではあまり意味がないとなれば、No. 33 付近の調査・解析が終わってから判断する事になります。いかがでしょう。

越智委員：若干繰り返しになるんですが、やはり今まで掘っているボーリングデータの精査をまずやっていただくと。それを基にして、基本的には金折委員が提唱されている、だいたいここで掘っていくというか、例えばボーリングしていく、それである程度見極めていく。そういう手順でやって頂いたらいいんじゃないかと思うんですが、ただ、もう少し具体的に掘る場合に関して、もう少しこの場所はどうかというのは、詳細に詰めさせて頂いたらいいかと思います。やはりこの牛田東のこの場所というのは重要なポイントだと思うんですね。ここ大丈夫だったら、かなり大丈夫だと言えると思うし、でもどう見ても大丈夫と言えそうにないというのが私の印象ではあるんですが。

吉國委員長：牛田東については、既に色々な意見を頂いていますが、十分明らかではありません。牛田東の一部だけを検討しても、先程言われたように新しく調査をするとところが問題の要だとの意見もありますので、これはそこの調査が済んで、そして解析が済んだ後で、追加

の調査と解析結果を踏まえ、全体として見直すということですか。

越智委員：そういう意味ではなくて、もう既に掘られているボーリングデータを精査して、さらにはそこから得られる、例えば地下水を下げる沈下するかどうかとか、そういったデータを取り出して、そして解析した後で、さらにどこを掘っていくかというのを決めていくということです。

吉國委員長：ただ今の越智委員の意見は、ボーリング位置を現在のデータを基に幾分変えたいということですね。

越智委員：順番を言っただけで。既存のデータの精査をして、それから金折委員の提唱されているボーリングの箇所を、垂直ボーリングをやっていくという、大まかな手順を言わせて頂いたということです。

吉國委員長：どうでしょうか。牛田東の問題について、何かこれは言っておきたいという御意見はございますか。

西垣委員：今回ボーリングをされるんですけれども、先程から中根委員が仰っておられますように、もしそこで木が弱ってきたか、そういうことになったときに、土石流が起きるというのは、表層の風化層ですね、それがどれくらいのものがあるのかとか、そういうふうなことともう少し、非常にこれは難しいと思いますけれども、風化層がどれくらいあつたらということが分かれます。

吉國委員長：現在の斜面の不安定性を調べなさいとの御意見ですか。斜面だけでなく、牛田東の一部を見る限り、怖いという感じのところもあります。ただ、この5号線のトンネルに関連して現在の安定状況を調べていいかどうか、そこには難しい問題があります。

私も、11月3日の現地視察会の折、二葉山の北側斜面を見せて頂きました。小規模ですが比較的新しい崩壊跡が散見され、大規模とは申しませんが中小規模の土石流は近い将来起こりそうだと感じました。対策としては、地下水位を下げる、山を干し、土砂災害や地震災害に対する耐性を上げるのも一つの方法かなと思いました。今、西垣委員はそういう現状を調べたらどうかと言われていますが、いかがでしょうか。

中根委員：それは本来植生でやろうということでしたけれども、その部分に関しては西垣委員の提案もありますから、前倒しでその現況を、特に植生とか崖錐の堆積状況の調査というのではなくて、特に現状把握という点では、異論はないじゃないでしょうか。

吉國委員長：安全性の現状調査は一見問題ないように思われますけど、5号線のトンネルの関連で、調査していくかどうか。先ほども言いましたように、目視だけですけどかなり危険を感じるところが、少し背中が寒いというふうに感じるところがあります。そんな山全体の危険度を調査する問題には、そういうものを管理している行政との関わりが出てくると思います。どうすればいいのか。そんなことをして良いのかどうか、わかりません。

中根委員：この委員会は、そういう現実のリアルな事をきちんと調べて、住民に安心をして頂く委員会ですから、それを行政がどうのこうのではなくて、この委員会としてきちんと判断をして、その結果をどう事業者が取り入れて、実際の行政に生かしていくかはまた別問題ですけれども、この委員会でやはりきちんとリアルな現実というものをやはり把握するということ、それを提示するということが、この委員会の任務ではないでしょうか。

吉國委員長：わかりました。これは事務局と言いますか、県とか市とか、そういうところの意見も聞いてみなければならぬと思います。県の人とか、広島市の人には発言してもらってよ

ろしいですか。この問題に関して。

牛田東地区の一部には危ないと感じられ、何らかの対策が必要そうなところもあります。北側の斜面にはかなり土石流の起きた兆候があります。そんなところをこの委員会で調べる。そこには調べてどうするという難しい問題が残ります。そんなことを言って良いかという話です。

中根委員：前々から6名の委員が委員長に。やはり住民から意見を聞かないと。しかし、それはきちんとした科学的な調査をして、住民に提示する責任をもってかえると仰って。それじゃ事業者の意見はどうするのか。それは前はですね、今回もそうなんでしょうけど、場合によっては事業者の意見を聞くという点は当然変えておられない。しかし、住民側からとてみて、お伺いを立てるというようなことは、この委員会の中立性、科学性、公平性から言って、逸脱すると思います。そのことを何度も、私を含めて、委員長に申し上げてきたか、これがまだ本当に御理解頂けてないのは、非常に残念と言わざるを得ません。

吉國委員長：確かに、安定的な状態ではないと感じておられる委員の方が多いと思いますので、危険箇所が浮き彫りになる可能性は高いでしょう。問題は、委員会が調査をするか、調査をなさったらどうですかと言うことです。その辺ですね、我々が調査するすれば、どの範囲をどういう問題まで調査をしなければならないか、その辺はどうでしょうか。

越智委員：一つ前提は、県の方で土石流危険渓流とか、急傾斜崩壊危険地域とかに指定されているので、それが県の見解だと思うんです。我々のこの主題は、そういう場所で仮にトンネルを掘って、それでどういう影響が、特に地下水が低下してどうなるかなどということを、それを調べるのがここでの仕事だと思うんで、だから今あえて行政に調べていいかどうか聞くようなものではないと思います。まさに調べないと検討しないといけないのが、この委員会の任務だと思うので。

横山委員：どこかで発言の機会を伺っていたんですけど、先づ法的な違法性の判断基準の問題なんですけれど、とにかく二葉山トンネルの工事をやることによって、住民の安全性が脅かされる危険性があるという状態のとき、影響評価調査は行政はやらなければいけない。これは事業者評価ですが。とにかく環境影響評価法上、これは影響評価をやらなければならない。これは法的にそうだということです。そして、その二葉山の安全性について、この検討委員会が設けられている。それはここでの委員会での検討事項だということで、議題として安全性を確認する必要があると思います。これは法的な問題だと思います。

それと併せて言いますけれど、先ほど皆さんの専門的な用語を一所懸命聞くんですけれど、素人の私にはほとんど理解できていないと思います。それは一つには、この事業計画を実施する時に示された環境影響評価の調査票が、私の手元にはまだ明らかになっていない。その調査票で住民がどういう意見が出されたのか、その意見を再度事業者側でどう検討したのか、先程ルートの変更もということもありましたけれども、この環境影響評価というものは、代替案を、安全性を守る為には、代替案の検討というのも視野に入っている訳ですから、安全性が100%確保できないということであれば、代替案の検討というのも答申事項としては入ってくるだろうと思います。そういう意味では、富井先生が要求された、環境影響評価のどのような調査票が出されて、どのように処理されたのかということは、少なくとも委員会には出して頂きたいなと思います。少し余計な事も言いました。

吉國委員長：事務局にお尋ねしますが、この5号線の環境影響評価書はどうなっていますか。

事務局（石岡）：すいません。事務局と言いますか、広島県事業者としてお伝えしますけど、環境影響評価につきましては、都市計画決定時に行われておりまして、ただ、都市計画決定が平成10年ぐらい、ちょっと記憶がないのですが、いわゆるアセ法ができていない段階です。

横山委員：平成9年に環境影響評価法はできた。

事務局（石岡）：できたんですが、その時にはもう既に調査に入っていましたので、多分、引き継ぎ法か何かの、多分、アセ法が完全にはできていなかった時だったと記憶しています。

横山委員：できます。

事務局（石岡）：いずれにしても評価書は、都市計画決定の時に、縦覧してますので。

横山委員：だから実際にやってるんでしょう。

事務局（石岡）：どこまでの内容をやっているかということは、今閲知してませんけど、縦覧もされてますので、それ自体はあると思いますので、必要でしたら、委員会の総意として頂けるんでしたら、次回資料として提供はさせて頂く準備はございます。

吉國委員長：よろしいですか。それでは時間もかなり経過しましたので、今の調査の問題はお願いをするという事で進めたいと思います。最後に、二葉の里の問題ですが、ここに何か問題がありますか。

越智委員：この委員会だからということで、言わせていただきます。二葉の里の坑口の上にマンションがございます。そのうちの東側のマンションなんですが、丁度ここは尾根部をまたぐような格好で、下の岩盤がそういう風な状態になってまして、実はこのマンションにひび割れが南北方向に入っています、丁度その尾根部の所に。それでその辺りのことに関しての事前の報告というか、周辺の状況報告というのが無いので、もし今後影響の評価とか、工学的な評価をされる場合、このマンションにどういうふうな影響があるかどうか、この辺りについて非常に慎重に検討する必要があると言う事をあえて報告させて下さい。なかなか私も色々調査してきた中で、そういうのは本当に大丈夫なのかどうなのか、全然検討事項に入ってないというのがありますので是非お願い致します。

城間委員：私は逆に岩盤は良いので、心配はないのかなと思ったんですが、今のお話を聞いて、トンネル掘削の基礎に、岩盤の中に基礎が入っていると思うんですが、トンネル掘削時の振動がマンションに影響するかなど、ちょっと心配したんですが、今の話を聞くと色々あるということなので事前の調査とか、掘り方ですね、慎重にする必要があるかなと思いました。

吉國委員長：今の御意見は、東側のマンションにどのような影響があるかの検討を要望されています。これについて意見をお願いしたいと思います。

山本委員：今、ひび割れと仰ったんですが、いわゆる収縮ひび割れではなくて、構造的なひび割れということでしょうか。

越智委員：建築の専門家ではないのでわかりませんが、住民の方と見させて頂いて、あったんです。縦方向に1階から6階くらいまで見たんですが、丁度そこが地盤基礎部分が谷からこちらの斜面に向かって建てているような構造になってて。具体的に何を言えばいいですか。

山本委員：ひび割れにも色々な原因があってひび割れるので、調査はかなり慎重にされておかないと、トンネル掘ったことによってわずかに動いた時に、それが構造的なひび割れだった

ら非常にまずいし、単なる収縮ひび割れならほとんど影響がないので、慎重に調査して頂きたいという意見です。

吉國委員長：構造的なクラックか、あるいは乾燥収縮のひび割れか、確認をして下さい。

また先程来、意見を頂きました掘削による影響の調査もすることになりました。

佐々木委員：東照宮の所に名水があるんですが、これがボーリングされたせいか、ちょっとはつきりしないのですが、一時枯れたんですが、今まで復活しているのですが、掘るとまた枯れる可能性があるので、これは由緒ある名水なものですから、できれば守りたい。以上です。

吉國委員長：他にございませんか。

それでは一応、沈下問題についての検討はこれで終わりまして、次回委員会に向けた調整ということになります。

## 【審議事項】

### （3）次回委員会に向けた調整

吉國委員長：委員長としましては、9月の上旬に委員会を開きたいと思っています。については、事務局から皆様のところへ御都合をお伺いすることになります。いかがでしょうか。9月の上旬で、できるだけ早い方がいいと思います。長いこと休んだこともあります、どういう議論があったか忘れないうちに始めたいと思います。

それでは、また事務局から色々御都合をお訪ねすると思いますが、よろしくお願いします。

坂巻委員：坂巻です。前にも提案したことがあります、皆さんお揃いなので、この場でもってだいたい候補日を決めてしまってはどうでしょうか。いつもアンケートをいただきて、返事を出して、それに対してこう決まりましたということがくるのが、だいたい2週間から20日程かかります。また、その間こちらの日程を空けて確保しておくというのも、結構大変なことですし、この前みたいに理由があり明確でないまま、期日が先に延ばされたりするので、今ここで皆さんの御予定が分かるときに、10分でも時間をかけて調整してみてはいかがでしょうか。

吉國委員長：よろしいですか皆さん。今日は欠席の委員の方もいらっしゃいますので、ほぼ皆さんの都合の良い日にちを仰って頂いておくと、いうならば90%決定という感じで、どうでしょうか。

事務局（石岡）：何日かいただければ。

坂巻委員：複数日決めて頂ければ、例えば9月5日とか9月12日とか。

吉國委員長：今まででは、日曜日か土曜日かに開催されていますが、9月の4日、5日とか、それから11日、12日とか、ともかくウイークディは難しいみたいで、ウイークディでもいいんですが、なかなか調整が難しいのではないかと思います。9月5日というのは、皆さん御都合いかがですか。

関委員：ちょっと私は講演会が入ってまして。

吉國委員長：4日はいかがですか。ダメ。11日はいかがですか。ダメ。12日はいかがですか。

西垣委員：私はその時に海外に出てます。

吉國委員長：海外に出てる。これはもう話になりません。いつ頃から。

西垣委員：9月2日から18日までポーランドに行っています。

吉國委員長：前半は、皆さんの都合を伺うとダメみたいですね。18日までダメなのですね。帰ら  
れてからすぐというのはダメですね。

西垣委員：全く構わないです。

吉國委員長：19日、20日はどうでしょうか。

坂巻委員：私が学会でダメです。

吉國委員長：この次は植生とかが主要議題になりますので、植生の人を中心に考えて開催日を決  
めます。

西垣委員：これはむしろ資料を準備できるかどうかで。我々が勝手に。1ヶ月で何かできるかどう  
か。

吉國委員長：決めて頂ければやりますと、事務局の方は合わせますと言っています。

中根委員：植生は準備します。私の方で。今日指摘された点について具体化されたものを。

吉國委員長：そうです。どこでどうやるか。

中根委員：それは事務局とは関係ないです。

吉國委員長：事務局は、今日の議事を議事録に整理するほか、様々な仕事はありますが、来月9  
月中には委員会を開催したいと考えています。どうでしょうか。今なかなか決まりそうに  
ないので、従来通りやらせて頂いて、少し問題があるかもしれません、できるだけ早く  
開催日を決めたいと考えております。なかなか揃いませんので、議題に則したメンバーを  
中心に考えさせて頂きたいと思っております。

坂巻委員：基本的には土曜日か日曜日ということですか。

吉國委員長：土曜日か日曜日じゃないと多分ダメだと思います。でき得れば平日が良いと思いま  
すが、無理だと思います。

事務局（石岡）：土曜日か日曜日にならざるを得ないと思います。

吉國委員長：土曜日か日曜日が開催になります。については、従来通り事務局に予定日を決めて  
もらうように動いてもらいますので、よろしく御協力をお願いします。

横山委員：時間が超過しているところに申し訳ありませんが、ちょっと議事録で確認したいこ  
とがあるのですが、よろしいでしょうか。第2回の議事録の12ページに、これは11ペ  
ージの「補足資料7広島市周辺で施工されたトンネルの概要について」という項目の12ペ  
ージ側の福木トンネルの地盤沈下の説明の所に、「想定された地表面沈下の要因ですが」  
と書いてあって、内容的には福木トンネルが地盤沈下した原因についての説明の部分な  
ですが、そこが「想定された地表面沈下の要因」と書かれてあります、あたかも事業者  
側が福木トンネルの地盤沈下が想定の範囲内であったと、それでも工事をしたんだという  
変な説明になっていますので、この「想定された」は、多分「推定された」の言い間違い  
ではないかと思うのです。これは修正された方が文章として残ってしまいますので、これ  
はもし私の理解が間違なければ「想定」を「推定」に訂正した方が良いと思います。

吉國委員長：事務局で、修正して頂けますか。

事務局（石岡）：はい。わかりました。

坂巻委員：流れから言うと、最初に申し上げるべきだったんですが、そうするとまた本来の議  
事に入れなくなってしまいますので、最後になりましたが、クニヨン先生からの御挨拶  
を頂きました。

吉國委員長：吉國でございます。

坂巻委員：吉國先生。失礼しました。吉國先生から御挨拶頂きました。その中で、誤解を招いたことは遺憾であるとの表現がありましたが、私は吉國先生の御意見はこの間、第2回に頂いた文章に基づいて、その中身について発言したので、私自身としては誤解した覚えはないんですね。誤解したということになると、誤解した方の側にも、一半の責任が生じますので、いったい私の理解のどこが誤解だったのか、今日はもう時間がありませんので、またこの次にでもまとめて御説明頂けたらありがたいと思います。これは記録に留めるという意味で発言致しました。

吉國委員長：それでは御苦労さまでした。事務局にお返し致します。

## <5.閉会>

委員長はじめ各委員の皆様、活発な御議論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まして、各委員による  
御自身の発言確認をして頂いた後、委員長のご確認を経た上で、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。

また、事務局と致しましては、議事録の公開を速やかに行いたいと考えておりますと、早急にテープ  
起こしの作業を行い、8月9日までに議事録の素案を委員の皆様に送付させて頂きたいと考えております。  
お盆の時期と重なっており誠に恐縮ではございますが、8月16日までには御確認のうえ、回答を  
頂きますようよろしくお願い致します。その後、修正したものを再度御確認いただきまして、8月23  
日までには、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よろしくお願いします。

それでは、委員の皆様、長時間に渡る御審議を頂きまして、誠に有難うございました。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3回委員会後の委員の意見（文書意見）



意見書 2010年9月26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  
 (写真等による概略説明)

1. 増設工事の概要と地下水位変化

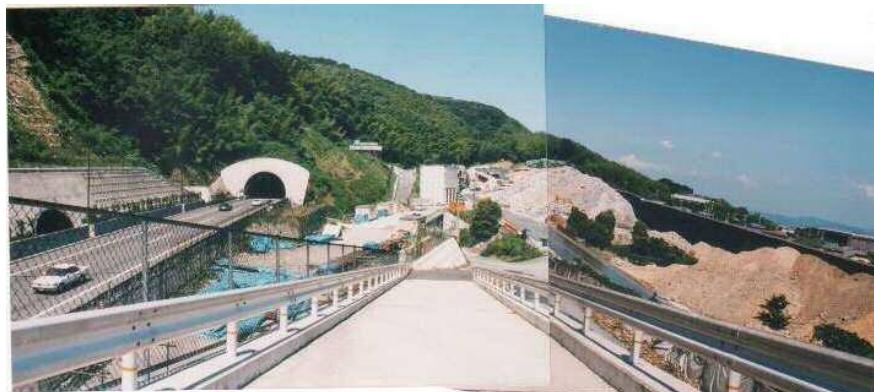
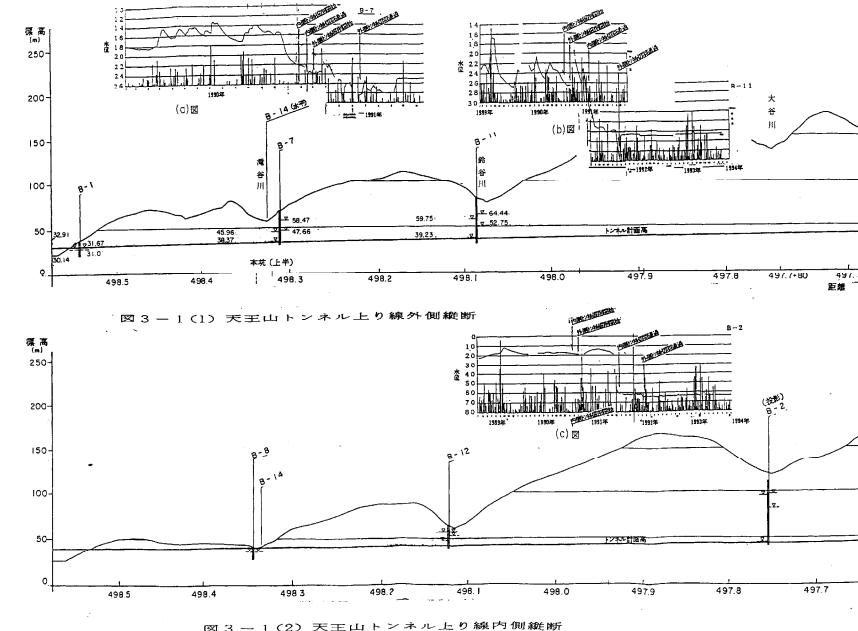
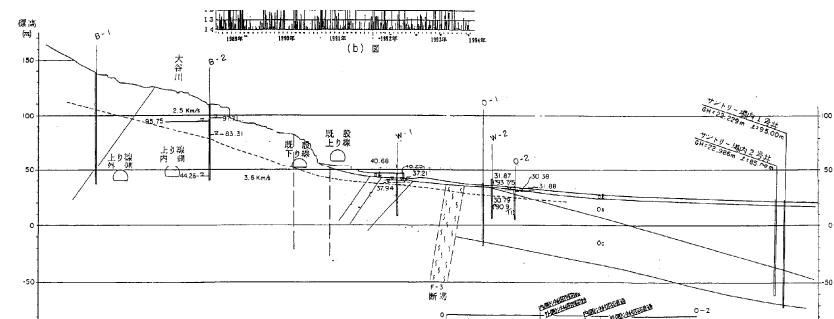


写真-1 大阪側から見た旧トンネル（右奥）と山側増設トンネル（左）



第1図 トンネル縦断図とトンネル掘削に伴う地下水位変化



第2図 トンネルを横断する方向の地質断面図

2. 竹の生育障害 (詳細は別添参考資料③を参照)



写真-2 沢潤れのようす



写真-3 竹の生育障害 (左)



### 3. 地表変動



写真-4 地表面の陥没（上）



写真-5 崖の上の斜面の亀裂（右）

るフィンガリング現象の一例と考えられるが、平均的にも土壌が乾燥していることが認められる。



写真-7 斜面表層部の大坂層群（アルコーズサンド）

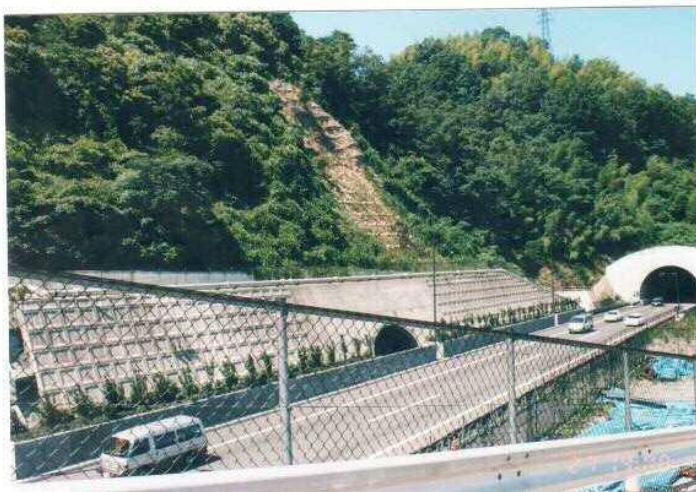


写真-6 増設トンネル掘削後に発生した切土斜面の表層崩壊

### 4. 乾燥による土性変化

天王山トンネルの増設工事に伴って、竹とタケノコに被害が生じたが、その他に、地表面の陥没（写真-4）、斜面の亀裂（写真-5）、表層崩壊（写真-6）、および表土の受食性的増大が認められた。斜面表層部は写真-7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、保湿性が乏しい。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坂層群の海成年度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壌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、写真-8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湿潤な部分がモザイク状に分布しているのが認められた。このようなモザイク状構造は、均一な土に水が浸潤する時にも見られ



写真-8 小崖に現れた乾湿のコントラスト

写真-6の表層崩壊については、トンネル増設工事に際して切土された斜面が一度表層崩壊を起こし、枠工を含む対策工事が行われているが、その上の斜面がその後で表層崩壊を起こし、写真撮影時点ではその対策工事中であったと思われる。2度にわたる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、既設法枠工の上に土砂が薄く被っている。写真-7および写真-8に見られる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。

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日干し煉瓦状になるが、これを破碎すると粉体になる。また、粘土鉱物やシリカ鉱物以下の中粒を多く含まない土の場合には固体化が不十分で、指の力で容易に粉砕し、粉体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。このように粉体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いとされている。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。

極めて強い雨が降ると、乾燥によって粉体化した土は表面流によって容易に侵食され、懸濁物濃度が高い表面流を形成する。土が礫を含まない場合は、流速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。

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（時には無降雨時）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ゆしき問題である。

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遠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ると結論した。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実上廃棄し、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上方の保存・蓄積に極めて消極的なのではないか、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。ちなみに国交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交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。

#### 別添参考資料

- ① 国土問題研究会：「名神高速道路（改築）天王山トンネル掘削による竹林への影響検討報告書」に対する所見、1996（日本高速道路公団の報告書に対する批判）
- ② 奥西一夫：天王山付近の竹林（筍）被害問題についての日本道路公団の回答への反論、1999年（上記所見に対する道路公団の回答書に対する再反論）
- ③ 国土問題研究会島本町タケノコ問題調査団：名神高速道路天王山トンネル増設区域におけるタケノコ生育障害に関する調査報告書、2003年（サンコーコンサルタントによる2002年度観測結果に基づく調査報告）

## 「名神高速道路（改築）天王山トンネル掘削による竹林への影響検討報告書」に対する所見

平成 8 年 9 月 17 日

国土問題研究会

### 1. はじめに

国土問題研究会は、名神高速道路増設增幅工事に伴う被害対策要望連盟からの依頼により、日本道路公団大阪建設局茨木工事事務所と大阪市立大学理学部の名で出されている標記報告書の内容を検討したので、ここに所見を明らかにする。

この報告書の内容から見て、連名になっている大阪市立大学理学部が学部としてこの報告書に関わっているのかどうか疑わしく、当学部に所属する少数の人が関与しているだけか、単に名前が使われているだけかも知ないので、以下では報告書の実質的な著者を「調査者」と呼ぶ。

### 2. 調査内容について

報告書の第2章に調査内容の概要が書かれているが、項目としては、降水量、気温、地形、地質、土壤、および竹林経営に関する資料が挙げられている。項目としては挙げられていないが、土壤水のサクション（pF値）が観測されている。

降水量はトンネル坑口で連続観測されている。測定方法についての記述はないが、特に問題はなさそうである。気温の観測方法は書かれていらないが、同じところで観測されたものと思われる。気温データは提示されていないが、特に問題はないと考えられる。

地形、地質、土壤については、合わせて1ページ弱の記述があるにすぎず、初步的な間違いも含まれ、専門的な調査がなされたとはとても思えない内容である。地形、地質の調査は竹林の成立条件およびトンネル工事が竹林にどのような影響を与えるかの検討に欠かせないものである。

土壤特性については長岡市における土壤分析のデータが示されているが、調査時期、出典とも不明で、また当該地域の竹林土壤との関連は不明である。また当該地域の竹林土壤が客土によって改良されてできたものであることを考慮した調査をしていない。

「竹林経営に関する資料」という項では、長岡市とその周辺の竹林について述べられており、調査者自身の研究ではなく、何らかの既存資料を丸写しにしたような感じである。これについても出典の記載がない。

pF測定については、調査方法が記されていないが、現地で測定器の設置状況を見ることができた。トンネル施工前から深さ0.3m、0.5mおよび1.0mで観測が行われ、トンネル施工後に深さ1.5mが追加されている。観測方法についてはおおむね妥当と考えられる。

調査内容に関して最も批判されるべき点は、調査の目的と方法の間に整合性が見られないことである。調査の目的は明確に書かれているが、調査の方法についてはなぜそのような調査をしたかを全く示さず、これらの資料をもとにして科学的に解析し、それらの結果について検討するとしているにすぎない。トンネルの影響の有無について検討するならば、トンネルが竹林の環境に対してどのような影響を与えるかにもとづいた調査内容の決定がおこなわれるべきであるが、それが完全に欠落している。そのため、報告書の中で繰返し書かれている「科学的に解析」という言葉が宙に浮いてしまっている。つまり、この報告書はとても科学的なものとは言えない。そのように批判する根拠は以下を読んでもらうと解る。

土壤水のpFの測定は植物の生育条件を検討する上で欠かせないものである。したがってこれを測定したことには大きな意味があるが、pF値の測定がどういう意味を持っているかが考察されていない。報告書にも記されているように、（土壤が乾燥して）pF値が大きくなると植物は根から水を吸うこと

が困難になり、ついには枯死する。結果的には水不足による竹の生育困難が問題になる（この報告書ではこの問題には全く触れていないが）ので、pF測定は重要であるが、筍の生産量や品質に関しては、これだけではなく、竹の根に吸上げられる水の量が問題となる。これは水文気象学的観点からは蒸散量の問題であり、土壤学的観点からは土壤水分収支の問題であるが、この点に関する調査が全くおこなわれていない。またpF測定データの解析によって土壤水分収支がある程度わかるが、そのような努力が全くなされていない。

土壤水の問題は被害を受ける可能性のある側の物理条件に関するものであるが、トンネル施工によってどういう影響があるかについては全く考察されていない。ただちに想起される問題は地下水の変化である。鉄道または道路トンネル施工による地下水位と地下水の変化については昔から被害も多く、道路公団においては調査経験や調査資料が多く蓄積されているはずであるが、この報告書では調査方針においても、データ解析においても、このような観点が完全に欠落している。わずかに若干のボーリング孔における地下水位（孔内水位）変化が付録として示されているにすぎない。もしこれが意図的な欠落でないとしたら、この報告書はきわめて非科学的なものと言わざるを得ない。

本来なら、ひき続いて、地下水の変化が土壤水にどのような影響を与えるかが検討されるべきであるが、調査者は地下水の変化に全く関心を示さず、したがって地下水の変化が土壤水に及ぼす影響を全く考察していない。

### 3. pFに関する解析について

pF測定は10日～20日の間隔で測定されている。この測定間隔は長すぎると言わざるを得ない。pFの変化の多くがトンネル工事に起因することが明かであればこのような測定間隔でもよいが、それ以上に降雨の影響を受けることは明瞭なので、この報告書でもおこなっているように、降雨によるpF値変化を解析することが不可欠である。そのためには週に2回、できれば毎日の測定が望まれる。諸種の学術報告によれば、深さにもよるが、pF値は1時間前の降雨にも影響されるからである。しかし、pF測定が1986年以来継続しておこなわれていることは重要であり、それによってpF値の季節変化と経年変化を解析することができる。

報告書ではpF値に影響を与える気象的要因として月降水量と10日間降水量を挙げ、これらの影響を考察している。pF測定の間隔が粗いことを考えると、このような取扱いはやむを得ないことではあるが、より短期の降水量やより長期の降水量の影響があることを十分考察していない。そのため、得られている関係はきわめてばらつきが多く、信頼性のある回帰式を求めることさえできない。このようなばらつきの多い関係からトンネルの影響はないと結論しているが、95%信頼限界はおろか、この結論の妥当性をチェックする科学的根拠は全く示されていない。降雨の影響のようなやや短期的な変動と、トンネル工事の影響のような長期にわたる変動を区別する科学的方法をわきまえていないと言わざるを得ない。またこの報告書では、全体的にpF値が理想的な範囲を維持しているとしているが、竹の生態や筍の生産に必要な水量の検討がないので、これは科学的に全く無意味と言わねばならない。

降雨とpF値の関係を明瞭にするには間隔の短い測定が必要であるが、得られた測定データからある程度の検討は可能である。具体的に測定データを検討すると、浅い土層では直前の雨量に影響されたらしい一時的で不規則なpF値の変動が散見されたり、深い土層ではpFが降水量に反応していたり、反応していかなかったり、一定しないことがあるが、そういうものをならして考えると、降水量とpF値

の関係がかなり具体的に浮び上がってくる。一般に降雨または融雪時には地表に与えられた水は土壤を潤しながら下方に浸透し、地下水を涵養する。無降雨時には蒸散および地面蒸発のため、土壤表層は乾燥し、土壤水は逆に下から上に移動することが多い。その結果として地下水位が低下することも多いが、その場合は地下水から土壤層に水が供給されていると言える（地下水位は別の原因でも低下する）。

本報告書とは別の資料かも知れないが、横軸に時間を取り、縦軸に深さを取ったダイアグラムにpF値の等価線を引いた、アイソプレス図が作られている。これを見ると、すべての降雨やすべての無降雨に対応しているわけではないが、例えばTc地点で深さ50cmあたりにしばしばpFの極小値が見られるのは降雨の下方浸透の影響である。無降雨時には地面蒸発と植物の蒸散のため、乾燥化が地表から次第に深部に広がっていく（Tcの1989年10月～12月が典型的）。下方浸透が明らかに地下水からの水供給よりも多いときはpF値は深さとともに単調に増加するが、そのような例はTcの1987年6月～8月など、ごく限られており、多くの場合はpF値は深さとともに減少して地下水からの土壤水供給を表している。そしてトンネル工事を境に、このような地下水からの供給を示すパターンがほとんど見られなくなっている。調査者はこの図を描き、その作業を通じてこのような傾向があることを認識しているはずであるが、報告書にそのことを全く記載、考察せず、形式的にデータ処理して「科学的に解析した」としていることは理解に苦しむ。科学的であるとかないとか言うよりも、反科学的な態度であると言わざるを得ない。そしてこのような報告が大阪市立大学理学部の名前で出ていることは大変不幸なことである。

### 4. 地下水の変化について

トンネル工事に伴う地下水の変化については、既設の天王山トンネルがサントリー山崎工場の揚水井に影響を与え、対策がおこなわれた経緯もあり、道路公団において綿密な調査がおこなわれているはずであり、調査者はこれを活用して筍に対するトンネルの影響を解析できたはずなのに、付録としてデータの一部を示すだけで、報告書の本文にはいっさいの記述がないのは全く不思議である。示されたデータは、筍被害の訴えのある地域で、トンネル工事の影響により地下水位（正確には孔内水位と言うべきである）が回復不可能な低下を示している。その低下量は40mにも及ぶ。このことと前項のpF値の変化パターンを比較すると、トンネル工事によって地下水位が低下し、それに伴って地下水から土壤水への移行が妨げられ、筍の生育条件が悪化したであろうことが容易に解る（念のため、本來問題にされるべき物理量は地下水位よりも毛管水線の位置であることを付記しておく）。

このようなデータを一見しただけで、誰しも地下水位低下の実体を詳細に解析し、それが筍の生育に与える影響を詳細に調査する必要を感じるであろう。これについて報告書では全く口を閉ざしているが、これは道路公団としては無責任極まる行為であり、大阪市立大学としては科学者の社会的使命にもとる行為といわねばなるまい。

### 5. その他の事項について

筍や竹が水を必要とする度合は季節によって異なり、キーとなる季節のpF値や気温が重要な意味を持っている。本報告書はその点を十分に考慮しているが、その記述は根拠となるデータ解析が曖昧で定量的な解析がおこなわれておらず、説得力に欠ける。さらに本報告書では竹そのものの生育には暗

黙のうちに障害がないとの前提に立っているようであるが、現実には親竹の衰弱が進行しており、このような考察だけでは不十分であることは明かである。つまり調査者は事実に基づいて考えようとしているのか、あるいはそのような能力を欠いているか、どちらかである。

繰返しになるが、地形、地質に関する検討はおざなりであり、竹林の立地と生産される筈の品質との関係、およびトンネル工事による地下水変化に対する地形、地質の影響は全く記述されていない。調査者にとって、地形、地質は何か刺身のツマのようなものにしか見えないかも知れない。この点だけをとらえても、地球科学教室に多数の優秀な研究者を抱える大阪市立大学理学部が責任を持ってこの報告書に関わっているとは考えにくい。

トンネルの地下における位置が竹の地下茎よりも深いところにあるので、トンネルは筈の生産に影響し得ないと記述があるが、これは全く理解できないことである。もし竹の地下茎の位置にトンネルを掘れば地下茎が切断されて影響を受けることはもちろんあるが、そうでなければ影響がないというのであれば、pF測定などはなぜ行ったのであろうか？これは小学生でも容易に指摘できる程度の論理的誤りである。

ついで報告書では竹林経営に触れ、古い竹を多く残して、竹の密度が過大であり、管理や施肥が不十分であると推測しているが、いずれも事実に基づくものではなく、科学性の欠如は覆いがたい。これについては生産者自身から事実に基づいた反論があろう。

最後に大気汚染による被害の可能性について述べている。その考え方自体は是とするものであるが、名神高速道路による大気汚染は今に始ったことではないので、事実の調査や今後の通行量予測に基づく定量的な議論が必要である。生産者からこの関連において苦情が出ていないからと言って、わずか3行の記述でお茶を濁してもよい問題ではない。

## 6. 今後の問題

以上のことから、本報告書の、筈生産にたいするトンネルの影響は全くないという結論は誤りであり、調査データはむしろ影響があったことを明示していることが解った。しかし今後の対策や他の地域で同じような被害を出さないための方策などを考えると、早期の対策の実施とトンネルがいかなる影響を与えたかの分析が急がれる。

対策として、被害者（トンネルの影響は明らかなので、被害者と書く）はトンネル湧水を斜面に戻し、土壤水分不足を補うことを求めている。これが完全な対策になるかどうかは今の所不明であるが、当面これを実行して被害を最小限に留めることが求められる。

トンネルの影響のメカニズムの解明に関しては、まず地下水位に関するすべての資料を解析することが必要である。そしてこれにもづいて、トンネル工事によって地下水流がどのように変化し、被害域の斜面の水収支にどのように影響を与えたかを解明する必要がある。この作業の中で、地下水位の観測値の水文学的意味を明らかにするために、トンネル掘削のために行われたはずの地質調査の資料を活用することが必須であるし、ボーリング孔を増設して、事後調査ではあるが、地下水位分布をより詳しく調査する必要があるかも知れない。トンネル工事に伴って周辺の渓流の流量が減少したことは周知の事実であるが、これは地下水位低下と密接に関連していると考えられるので、渓流の流量の詳細な調査（時間変化と場所的変化の測定）を行う必要がある。これは実行困難な地下水流の調査を補うものとして有効ではないかと考えられる。

良好な山林では降雨の直接流出の割合は少なく、降水量から蒸発散量を引いた値（余剰降水量）は浅層または深層の地下水として河川に流出する。その量は余剰降水量と集水面積に比例するので、流量の安定している時期の渓流の流量は集水面積に比例する。従って渓流流量を集水面積で割った比流量は原理的にどこで測っても同じになる。ただし、地表流に関わる集水面積と地下流に関わる集水面積は必ずしも同じでないことを考慮しなければならない。源流部や谷の出口では地下水流が他の部分とは違っていることもある。また短期的には、余剰降水量の一部が土壤水分不足や地下水位低下を補うために使われることもある。トンネルによって地下水流が影響された場合は当然比流量の値に大きな擾乱が見られるはずである。現実に渓流の枯渇が現れているので、トンネル工事前のデータはないとしても、比流量の場所的な乱れから、事後調査だけからでも、トンネル工事の影響を評価することができる。もちろん、上記のような自然的な擾乱要因も考慮しなければならない。

地下水流の評価は一般には難しいが、道路公団ではトンネル工事に関する豊富な調査資料が蓄積されているはずであり、これらの活用によってトンネル工事による地下水流の変化が定量的に解明されることは必要である。影響があることは定性的には疑問の余地がないが、これだけでは不十分だからである。

地下水位の低下が土壤水にどのように影響するかを調査することは最も必要なことである。テンショメーターは原理的に10m以上の深さでは使えないし、2m以上の深さでも使いにくい。ここでは中性子水分計を利用するのがよい。中性子水分計は高価であり、しかるべき資格者が取扱う必要があるが、日本道路公団には中性子水分計があり、取扱い資格者もいるので問題がない。土壤水分とpF値は関連が深い量であるが、同一ではないので、適当な場所で両方の同時測定をおこなう必要がある。

報告書で短く触れられている大気汚染の問題も重要であるが、大気汚染の影響を受けるのは筈だけではない。すでに広範な影響調査がおこなわれているはずであり、そのデータを活用しての解析と、必要なら再調査が望まれる。

## 天王山付近の竹林（筍）被害問題についての

### 日本道路公団の回答への反論

京都大学防災研究所 教授 奥西一夫

平成 11 年 5 月 28 日付けの日本道路公団茨木工事事務所長名の回答書に国土問題研究会の所見に対する回答が含まれているので、同所見を取りまとめた者として、意見を述べる。ただし、上記回答書で触れられている平成 9 年度に実施された追加調査の報告には接していない。

#### 1. (1) について

国土問題研究会の所見で、具体的に土壤の pF 値が増加（水分減少を意味する）していることを指摘しているにも関わらず、それをほうかむりしている（別紙グラフを参照）。水分の減少は調査期間の初期に大きく、後半には水分が下がりきって、余り変化していない。これをもって水分の変化がないと言うのは事実誤認も甚だしい。平成 9 年度の 1 年間のデータから何が言えるのかも疑問である。

#### 1. (2) について

トンネル湧水を復水しているというが、単に湧水を川に捨てているに過ぎない。その言い訳として「浸透水は等高線に沿って流動するのではなく、斜面地形に沿って流動する」としているが、これは全くの誤り（動水勾配に従ってというのが正解）である。したがって、トンネル湧水は上流端に戻さなくてはならない。

地下水位が地表下 7m にあったというのはトンネル増設のことである。既設トンネルが地下水に影響していないという確認はないから、既設トンネル工事で地下 7m まで下がり、トンネル増設によってさらに下がったと考えるべきである。

「地下水から土壤水への水分供給はない」という主張は、地下水位が下がってしまった後のことと言っているのであろう。地下水位が下がりつつある時期の公団の測定データには、「所見」で述べたように、地下水から土壤水への水分供給が明瞭に現れている。現に被害が出ているのであるから、現在土壤水への供給が絶たれていることは不思議ではない。

#### 1. (3) について

トンネル改築に伴って湧水量が 1~2 割程度しか増えていないから云々は明らかにおかしい。だれも既設トンネルの地下水への影響がなかったとは言っていない。総湧水量がどういう影響を与えているかを検討しなければならない。サントリーの井戸を掘り直さなければならないような地下水被害が出たことは、地元では良く知られているし、公団が知らないはずがない。

#### 2. について

測定器の設置場所が適正であるかについては議論の余地があるが、特にコメントしない。

#### 3. について

誤ったデータ解釈に基づいて、トンネル掘削の影響がないから、原因は他にある、という議論が説得力を持たないのは最初の公団の報告書と同じである。可能な原因としてあげられている降雨量、気温、光量、土壤養分、（トンネル以外の原因による）土壤水分の変化は認められていない。したがって、再びトンネルを疑わなければならない筈である。

口頭で聞いたことであるが、公団は虫害を言い出しているという。まだ調査していないので、来年

調査するという。これまで虫害が出ていないことは明かである。もし虫害があったら市場からクレームがでているはずである。来年虫がいたらそれが 1991 年から始まった改築工事の影響と対比できるのか、大いに疑問である。竹が弱った結果、虫が大量発生することも考えられる。後追い調査からは何も分からぬであろう。公団が事前調査を怠ったことは覆いようのない事実である。

#### その他

公団は国土問題研究会の所見の中の一項目だけを捉えて回答しているが、その回答も上述のように誤っている。その他の重要な項目には完全にはおかむりしている。

## 奥西別添参考資料③

# 名神高速道路天王山トンネル増設区域における タケノコ生育障害に関する調査報告書

平成 15 年 6 月

国土問題研究会島本町タケノコ問題調査団（代表 奥西一夫）

### 1. はじめに

国土問題研究会は島本町のタケノコ生産農家有志の依頼を受けて、名神高速道路天王山トンネル増設工事後のタケノコ減収に関する調査をおこなった。そしてその報告として日本道路公団から出された「名神高速道路（改築）天王山トンネル掘削による竹林影響検討書」に対する所見を平成 8 年 9 月に提出した。その後、平成 12 年まで日本道路公団による調査がおこなわれたが、平成 13 年度からはこれまでの調査を見直し、新たな観点で水文調査がおこなわれた。この調査は平成 14 年度末で一応の区切りをつけることになり、平成 15 年 5 月に島本町役場で水文調査に関する最終的な報告がおこなわれた。そこで我々は「平成 13 年度名神高速道路（改築）天王山トンネル付近水文調査解析業務報告書」（平成 14 年 3 月）および平成 15 年 5 月に報告されたデータにもとづき、改めてタケノコ被害に関する分析をおこなったので、ここにその結果を報告する。

### 2. 水文調査の概要

水文調査は日本道路公団から委託されたサンコーワンダーサルサント株式会社によっておこなわれた。またこの調査の計画には大阪市立大学名誉教授内村悦三、岡山大学西垣教授および国土問題研究会奥西調査団代表の意見が反映された。水文調査は、対象地として、被害を訴えているタケノコ生産農家 7 戸のタケノコ林、および比較地として自然条件が類似していてトンネルの影響を受けていないタケノコ林（馬場氏竹林）でおこなわれた。調査地点の位置を図-1 および図-2 に示す。水文調査の主要項目とその概要は次の通りである。

#### (1) 土質調査（平成 13 年度）

対象地點 7 林分 20 地点、比較地點 1 林分 3 地点につき、深さ 0.3, 0.5, 1.0, 1.5m の 4 深度で実施。

#### (2) 土壌成分調査（平成 13 年度）

対象地點 4 林分 9 地点、比較地點 1 林分 3 地点で実施。

#### (3) 降水量（平成 13~14 年度）

対象地點 1 地点、比較地點 1 地点。（以下は林分につき 1 地点）

#### (4) 気温（平成 13~14 年度）

対象地點 2 地点、比較地點 1 地点。

#### (5) 湿度（平成 13~14 年度）

対象地點 2 地点、比較地點 1 地点。

#### (6) 風速（平成 13~14 年度）

対象地點 2 地点、比較地點 1 地点。

#### (7) 日射量（平成 13~14 年度）

対象地點 2 地点、比較地點 1 地点。

#### (8) 土壌水分（平成 13~14 年度）

対象地點 7 地点、比較地點 1 地点。ADR 型土壤水分計で 1 時間ごとに測定。

#### (9) 土壌水サクション（pF）調査（平成 13~14 年度）

対象地點 2 地点、内 1 地点ではゲージ型と表示型を併用。他の地點ではゲージ型を使用。比較地點なし。

#### (10) 高密度電気探査（平成 13 年度）

2 林分にわたる斜面で、斜面を縦断する主測線（長さ 110m）と斜面を横断する副測線（長さ 15m と 37.5m の 2 本）につき、間隔 0.5m で設置した固定電極により 2 極法による水平・垂直比抵抗電気探査を平成 14 年 2 月と 3 月に実施。

#### (11) 地下茎調査（平成 13 年度）

対象地点 4 地点、比較地点 1 地点。 $1m \times 1m \times 1m$  のピットの 4 方向断面でスケッチ。

(12) 竹林実態調査（平成 13 年度）

対象地点 7 林分、比較地点 1 林分。約  $50m^2$  の区画で竹の分布と状態を調査。

(13) トンネル湧水量（昭和 60 年度～平成 14 年度）（1985 年～2003 年）

既設及び新設トンネルからの湧水量を毎日測定。

(14) 溪流流量調査（平成 13 年度）

鈴谷川の流程に沿う 7 地点で流量変化を食塩水希釀法により測定。平成 13 年 8 月に 2 回、平成 14 年 2 月に 1 回実施。

### 3. 水文調査方法の評価

上記の水文調査の項目と地点数は諸般の事情があり、必要最小限に近いものであるが、トンネル工事とタケノコ被害の関係の有無を明らかにするためには十分と考えられる。またそれぞれの項目について、現時点で可能な最高精度を持ったものであると評価できる。なお、pF 測定で旧タイプのゲージ型と新タイプの表示型が使われているのは、昭和 61 年度から平成 10 年度（1986 年～1999 年）までに実施された旧タイプでの測定結果の信頼性評価を兼ねたものである。

昭和 61 年度から平成 10 年度まで実施された pF 測定に基づき、日本道路公団はトンネル工事前（1986 年～1990 年）、工事中（1991 年～1995 年）、および工事完了後（1996 年～2000 年）の間で、異常渴水の時期を除けば pF 値に本質的な差がないので、トンネル工事の直接影響はなかったと判断した。しかしタケノコ栽培農家からは、土壤の乾燥化は明白であり、pF 測定は土壤水分の実態を反映していないとの意見が出された。国土問題研究会の調査団は平成 8 年 9 月提出の「所見」で pF 測定に問題があることを指摘した。すなわち、測定に際し、水切れが起こっていたり、水切れになりそうな場合は給水の上、翌日に測定がおこなわれているが、給水によって土壤水分が一時的に自然状態よりも高くなり、翌日になっても完全には自然状態に戻らないため、実際よりも小さい pF 値（土壤水分が高い状態）が記録されることになる。pF 測定装置の応答時間は通常は 24 時間以内であるが、絶乾状態に近い低水分状態の時は応答時間が長くなることがその原因である。このような問題を払拭するため、平成 13 年度から実施の水文調査では、上記のような問題が起り得ない新開発の ADR 方式による土壤水分測定を中心とし、pF 測定を併用した上述の観測態勢が敷かれた。そして pF 値の測定は給水前におこない、測定時に水切れしている場合はその旨を記載することとした。

平成 13 年度の測定データに基づく pF・水分量関係が公団の平成 13 年度報告書に示されているが、両者の対応関係はかなり良い。また、新旧タイプの pF 測定器による差もほとんどない。したがって、平成 13 年度以降の土壤水分と pF の測定値は測定地点の土壤の水分状態を正確に反映しているものと見なし得る。

比較地点の選定に当たっては、土地所有者の協力が得られるという絶対的な条件のほか、地形、地質その他の条件でできるだけ相違が少ない地点が選定されたが、土壤水分を除く土質・土壤調査、および環境条件としての各気象要素は、公団の平成 13 年度報告書及び平成 15 年 5 月の報告資料にも記載のように、本質的な違いはない。やや詳しく見ると、平均風速は井上幹氏の竹林で横山氏および馬場氏の竹林よりも高い。一方日射量は井上幹氏の竹林で高く、馬場氏の竹林がそれに次ぎ、横山氏の竹林で最も低い。これは主として竹の本数（調査区画内の本数が井上幹氏 47 本、馬場氏 59 本、横山氏 76 本）の違いのため、日射及び平均風速が異なるものと解釈される。しかし対象林分の 2 地点での平均と比較林分（馬場氏）での値に本質的な違いないと判断される。それに加え、気温及び湿度には有意な差が見られない。これは竹の本数の違いによって局所的な微気象条件が異なるものの、山崎地峡の山麓に位置し、すべての調査地点で常に風通しがよいため、気温と湿度に

おいては地域全体に平均化され、竹林ごとの差が生じなかつたものと判断される。

上の結果から、馬場氏の竹林における測定データは比較地点データとして統計的解析に耐えるものと判断される。

### 4. 土壤水分と pF の測定に基づくトンネル影響の検討

前節の検討結果から、トンネルの影響がなかった場合は対象林分の土壤水分状態は本質的に馬場氏の比較地点のそれと同じであったと仮定できる。以下ではそれを前提としてトンネル影響の検討をおこなう。ただし、対象林分においては地点ごとに水分状態とその時間変化特性に相違が見られる。これらの相違はトンネル工事前から地下水深度や地形条件の相違によって条件が異なっていたため、あるいはトンネル工事の影響が地点によって異なったため、あるいはこれら 2 つの原因の複合と見なしうるが、これら 2 つの原因の影響を区別することは、得られたデータからは不可能である。しかしこれをどのように解釈するかは対策上、極めて重要なことで、これについては測定データの具体的な検討の後、本節の最後および第 6 節で再度取り上げることとする。

#### 4. 1 pF・水分関係に基づく検討

平成 13 年度の測定データに基づく、2 地点（井上和氏および井上幹氏の竹林）における pF・水分関係の検討は公団の平成 13 年度報告書になされている。平成 14 年度の測定データを含めた pF・水分関係を図-3 に示すが、本質的には上記報告書の記載と変わらない。ただ、平成 14 年度データでは水分回復過程にある時のデータも多くプロットされるため、一般的に pF・水分関係に介在するヒステリシスループの影響が顕著に表れている。しかし主要な問題は降雨後の土壤乾燥過程におけるトンネル工事の影響にあると考えられるので、図-3 の各グラフで、土壤乾燥過程を代表する右寄りのデータ点から pF・水分関係を検討してゆくこととする。

土は乾いて水分が少なくなるほど水を吸引しようとする力（吸引圧）が大きくなる。この吸引圧を水柱高さ（単位 cm）であらわし、その常用対数を取ったものが pF である。飽和した地下水には吸引圧が働くないので pF は定義されない。飽和に極めて近い土壤の pF はほとんどゼロである。土には毛管作用によって水を保持し、水を移動させることができるが、pF1.5 または 1.7 として定義される圃場容水量以下の水分状態になると毛管作用による水の移動はなくなる。また重力の 1000 倍の遠心力で脱水した時の pF は 2.7 であるが、テンショメーターによる測定では pF が 2.7 を越えると測定系に空気が入り込んで水切れ状態になり、測定が不安定になるので、これが事実上の測定限界となる。この程度まで脱水されても植物の根が水を吸うことができるが、一時しおれ点とよばれる pF3.9 になると水を吸うことができず、永久しおれ点（pF4.2）になると回復できない萎れが起り、やがて枯死する。

図-3 に示すように、2 地点での各深度の pF・水分関係グラフは概ね同じ形を呈するが、井上幹氏の竹林の 0.5m 深と 1.0m 深では pF が 2.5 以下の場合は水分量が pF 値によらずほぼ一定の高い値となる特徴がある。言い換えれば乾燥的な環境で pF 値が上昇してもある限度までは土壤水分状態が飽和に近い状態に保つことができる。これは粘土分を多く含む土に特徴的な pF・水分関係である。図-3 の各グラフを見渡すと、高い方では水切れ状態を示す 3.0 までの測定値があるが、1.5 以下の測定値はほとんどない。すなわち、井上和氏と井上幹氏の竹林はほとんど常に圃場容水量を割っていると言える。テンショメーターの測定値の範囲では pF2.5 はかなり乾燥した状態であると言えるが、井上和氏と井上幹氏の竹林について平均すると、この時の 0.3m 深の水分量は約 28% である。そこですべての林分について水分量が 28% 未満の状態を乾燥状態と定義し、各地点の 0.3m 深の水分量グラフで 28% ラインを境に色分けすると図-4 のようになる。これを地点ごとに見ると次のようである。

馬場氏の竹林では平成 13 年 9 月に短期間乾燥状態になっているほか、平成 14 年夏から年末にかけてほとん

ど常に乾燥状態になっている。これはこの年の夏から秋にかけて降雨量が異常に少なかったためである。井上和氏の竹林では平成 15 年の春を除き、全期間にわたって、無降雨が何日か続くと必ず乾燥状態になっている。馬場氏の竹林と対照的に、平成 14 年の秋よりも平成 13 年の秋に乾燥状態が長く続いている。井上幹氏の竹林ではさらに乾燥状態の割合が多く、乾燥状態、湿潤状態ともやや長く持続する傾向が見られる。横山氏の竹林では 0.3m 深ではほとんど常に乾燥状態になっている。木村氏の竹林では井上和氏と井上幹氏の竹林の中間的な特性が見られる。林氏の竹林は井上幹氏の竹林に似た特性を示すが、全般的にやや水分が多い。後氏の竹林では馬場氏の竹林と同様、平成 14 年の夏以降にのみ乾燥状態になり、降雨によって回復する回数はむしろ多いが乾燥状態の発生は早く始まり遅くまで続いている。中原氏の竹林は井上和氏の竹林に似た傾向を示すが、乾燥一湿潤の繰り返しがやや少ない。全体的に程度の差はあるが、すべての対象竹林の 0.3m 深で馬場氏の竹林にくらべて乾燥状態になっている期間が長く、トンネル増設によって土壤の乾燥が増大したと言える。

#### 4. 2 積算水分量による検討

次に水の量がどれだけ減少したかを検討するために、地表から 2m 深までの間の土壤に貯留されている水の量（積算水分量）を計算する。単純にこれを計算するためには、流域平均雨量を計算する時のティーセン法と同じ考え方により、深さ 0.3, 0.5, 1.0, 1.5m における水分測定値がそれぞれ 0.4m, 0.4-0.75m, 0.75-1.25m, 1.25-2.0m の範囲を代表しているものとして数値積分することができるが、ここでは上記のすべての深度の測定値が 0.5m の範囲の土壤水分を代表しているものとして数値積分した。これは深さ 0.3, 0.5, 1.0, 1.5m における水分測定値にそれぞれ 1.25, 1.67, 1.0, 0.67 の重みを付けたことに相当し、水分測定が竹の地下茎が発達し、タケノコの生育に最も関係の深い 0.3-0.5m 深に重点を置いたものになっていることに対応した積算方法として、単純ではあるが適切な方法であると思われたからである。このようにして計算した各地点の積算水分量を図-5 に示す。対象地点と比較地点の違いを明瞭に検出するためには図-6 に示す両者の間の比（積算水分量比）を見るのが適当である。以下で対象地点ごとに検討する。

井上和氏の竹林では無降雨が続くと積算水分量比はどんどん下がって行く傾向があり、最低値は 0.5 に近い。すなわち比較地点の半分ほどしか土中に水がない状態になる。比較地点で異常渴水となった平成 14 年秋には逆に時間とともに積算水分量比が増加する傾向があり、植物による蒸散が減少することによって土壤水分量が下げ止まったことが示唆される。同じような傾向が井上幹、木村、中原の各氏の竹林で見られる。変化パターンは全く同じではなく、積算水分量比のレベルも少しずつ異なり、井上幹氏の竹林で約 0.5、木村氏の竹林で約 0.6、中原氏の竹林で約 0.7 である。横山氏の竹林も上記グループとやや似た変化傾向を示すが、積算水分量比は一貫して低く、降雨時にあまり上がらず、むしろ異常渴水期に高い値（0.9～1.0）になる。最低値は約 0.5 である。林氏の竹林では横山氏の竹林と同様、積算水分量比の時間変化が小さいが、全般的にその値が大きく、特に平成 14 年 3 月～12 月の間は 1 以上であることが多い。しかしその期間以前では 0.9 内外であり、平成 15 年 1 月には 0.8 まで落ち込んでいる。後氏の竹林では平成 14 年 7 月までは積算水分量比は概ね 1 以上であるが、9 月以降は井上和氏の竹林に似て、無降雨が何日か続くと急落して約 0.75 の最低値をマークし、降雨時には最大 1.5 近くまで跳ね上がっている。

全般的に、対象地域の竹林ではトンネル直上を中心として、比較地点にくらべて土壤水分量が少ないと言える。また同様に土壤水分量の変動が大きいという顕著な差異もある。同じことが図-4 に示した 0.3m 深の土壤水分についても言える。

#### 4. 3 土壤水分欠損とトンネルの因果関係

トンネルは十分深い位置を通過しているので、トンネル工事とトンネルの存在が直接土壤水分に影響することは考えにくい。しかしトンネル湧水が周辺の地下水位を大きく下げたことは既発表の資料で明らかであるか

ら、考えられるメカニズムは、地下水位低下が表層土壤への毛管水の上昇や毛管水の保持を困難にし、土壤水分を引き下げたことである。横山氏竹林を除くすべての対象地点で、降雨時には 0.3m 深の土壤水分はかなり上昇し、飽和度が 70% 程度になることから、降雨によって土壤水分が涵養されていることが分かる。しかし、前項で述べたように、井上和、井上幹、木村、中原の各氏の竹林では降雨後積算水分量比が急速に減少する。これは植物による蒸散が格別増加しない限り、毛管現象による土壤水分の保持が不十分で、土壤水が鉛直下方に移動して減少したものと考えられる。すなわち、地下水位低下の影響である。次に積算水分量比の変化パターンが異なる 3 つの竹林について考察する。これらの竹林における各深度の土壤水分の時間変化を図-7 に示すが、横山氏の竹林では、小降雨では 0.3m 深と 0.5m 深の土壤水分が増加しないことが他の竹林と特に異なる点である。ほとんど常に、深いほど土壤水分が高いということも注目される。これは雨水のほとんどが地表または表土中の側方流として流去し、土壤水は斜面上方から流下する地中側方流（おそらく一時的に生じる浅い地下水流）によって涵養されているものと考えられる。そうすると当然、地下水位低下の影響を最も大きく被ることになり、対象地点の中で積算水分量比が最も低いことが納得される。林氏の竹林では全般的に土壤水分が豊富な平成 14 年の前半と異常渴水状態の同年後半に積算水分量比が高く、むしろ平均的な降雨状態であった平成 13 年度後半と平成 15 年に低いことが特徴的である。図-7 を見ると、積算水分量比が高い時は 1.0m 深と 1.5m 深の土壤水分が高く、それが低い時はこれらの深度の土壤水分が低いことが分かる。林氏の竹林は増設トンネルの真上であるが、尾根上の緩傾斜部に立地しており、地形的に土壤水分を保持しやすい環境にあると考えられる。そのため、多雨時には全層にわたって土壤水分が高くなり、異常乾燥時には深い土層中の水分が下支えをするが、やや少雨の時は深い土層の水分が比較的速く低下するために水分欠損になるものと考えられる。この、深い土層の水分不足は、やはり地下水位低下の影響によるものと考えられる。後氏の竹林では異常乾燥時以外は水分欠損が見られず、むしろ比較地点よりも土壤水分が多い。図-7 をみると、ここでは横山氏の竹林とは逆に、深いほど土壤水分が多い時期が多い。ただ異常乾燥期間にだけ、降雨時を除き 1.5m 深の水分が最も高くなっている。このことからこの竹林では土壤水分はほとんどの場合に雨水浸透によって涵養されているが、異常に渴水状態になった時にだけ地下水起源の毛管上昇水によって涵養され、その時期にのみ地下水位低下の影響を受けると言える。これは、この竹林が対象竹林の中で最も上流側に位置していることに起因するものと考えられる。

#### 4. 4 対象地点間の差異について

前項での考察から、地下水位低下の影響を受ける度合いによって対象竹林をおおまかに 3 グループに分けることができる。横山氏の竹林の土壤水分は、ほぼ全面的に地下水層の上の毛管上昇水に依存しているので、常に地下水位低下の影響を受けている。井上和、井上幹、木村、中原の各氏の竹林は、その位置によって程度の差があるが、降雨時には浸透雨水で土壤水分が涵養されるものの、無降雨が続くにつれて毛管上昇水に依存する割合が高くなるため、地下水位低下に起因する水分欠損が増加する。林氏と後氏の竹林はいずれも特定の気象条件の時に地下水位低下の影響を受ける。ただし、地下水位低下の影響を受けるのは、立地条件が異なるために別の時期になる。

このように、量的並びに質的な相違があるが、対象地点の竹林はすべて多少とも地下水の影響を受けていることが明らかになった。しかし、地下水位低下の影響を竹林ごとに絶対値として評価するためには、トンネルの影響を受ける前に各竹林間の土壤水分の差異がどうであったかを知らなければならない。もちろんこれは知ることができないので、何らかの仮定を置かざるを得ない。この問題はむしろ対策の中で考えるべき事なので、第 6 節で改めて述べる。

## 5. その他の調査結果について

土壤水分調査以外の調査項目は平成13年度におこなわれ、その詳細なデータと結果の概要は公団の平成13年度報告書に記述されているが、総合的な考察がおこなわれていないので、ここではそれを補うための若干の検討をおこなう。

### 5. 1 土質について

この地域の山地は中・古生代に属する丹波層群の砂岩、粘板岩を基岩とし、表層はこの基岩が風化した砂と粘土の混合物からなるが、山麓近くには地表部に大阪層群の海成粘土が分布し、これを客土することによって土壤水分を保持したり、その他タケノコにとって望ましい環境を作り出していると言われている。そのため、1~1.5m深では同一林分でも地点によって土の粒度に違いがある場合でも、0.3m深ではほぼ同一の粒度に調整されている。

### 5. 2 気象条件について

平成15年5月の報告資料によると、気象調査がおこなわれた2つの対象地点と馬場氏の比較地点のうち、井上幹氏の竹林で風速が横山氏、馬場氏の竹林よりも高く、日射量は井上幹氏、馬場氏、横山氏の順に高い。これは明らかに竹の密度の違いによるものである。井上幹氏の竹林では土壤水分の低下に伴って竹の本数を減らさざるを得なくなっているようである。横山氏の竹林では内村教授の勧告にしたがって竹の本数を減らしているが、測定条件の変化を避けるため、測定地点付近では敢えて本数調整をしていないようである。しかし、このような差異があるにもかかわらず、気温については3つの地点でほとんど差がない。これは本地域が山崎地峡の平坦地に接する山麓部に位置し、全般的に風通しがよい立地条件であるため、空気が常に入れ替わっており、林分ごとの熱収支の差異が気温に直接影響しない条件があるものと考えられる。

同資料によると、0.3m~1.5m深の地中温度は気温に対して1ヶ月弱~1.5ヶ月の遅れを示している。このため、植物による土壤水の蒸散のピークは秋にずれ込み、秋の前半に降水量が少ないと一般に土壤水分が低下し、秋の後半から冬にかけてはいつも降水量が少ないので、春まで土壤水分が回復しないことがある。その典型例が図-4の平成14年秋~平成15年春の部分に見られる。この時期の水分不足はタケノコの生育に大きい影響を及ぼすと言われているが、それに地下水位低下による土壤水分欠損が加わると、壊滅的な被害が生じることが納得される。

### 5. 3 電気探査結果について

電気探査（多電極方式による比抵抗探査）は林氏と井上幹氏の竹林を結ぶような斜面縦断測線（AB測線）と、それには直交する2つの短い横断測線（CD、EF測線）でおこなわれた。詳細データは公団の平成13年度報告書に記載されているが、縦断測線に沿う第1回の測定結果を図-8に転載する。地中では土粒子または鉱物粒子と水の接触部が電気をよく通るので、電気比抵抗は土質（または地質）と含水量によって変わる。図-8で比抵抗が200Ωm以下の部分は基岩と解釈されている。水平距離43m付近と88m付近にはやや低比抵抗の部分が深くまで入り込んでいる。これについては測定者のコメントが示されていないが、基岩の破碎を反映している可能性がある。表層2mくらいは全般的に比抵抗が高く、測定時期が乾期であったこともあり、深部よりも土壤が乾いていたと考えられるが、所々に比抵抗が特に高い（乾いた）塊状の部分が存在する。このような高比抵抗部は横断測線でもやはり塊状の形状を示すので、連続性の乏しいものと考えられるが、地形的凸部に多く見られ、小崖に接する部分で特に高比抵抗になる傾向がある。これは土の乾燥に伴って土の持つ吸引力（pF）が増加し、地上の空気を吸い込むことによるのではないかと考えられる。解析深度はトンネル（標高40~50m）位置までは及んでいないが、大局的には深いほど比抵抗が低く、表層部の土壤水分が地下水に起因する毛管水の上昇によって支えられていることを示唆している。

## 5. 4 トンネル湧水量

公団の平成13年度報告書からトンネル湧水量の経時変化を図-9に転載する。これによると、トンネル増設後、既設トンネルからの湧水量が減少しているが、全湧水量には有意な変化が認められない。しかし湧水位置が斜面上流にシフトしたことにより、地下水位は顕著に低下したことが別資料で確かめられている。平成11年頃から記録が中断しているが、再開後の平成14年からは既設トンネルからの湧水量が顕著に減少しており、その分だけ全湧水量も減少しているようである。その原因はつまびらかではないが、タケノコ生産量が年々減少していることから、地下水にもかなり経年の変化があったのではないかとも推測される。

現在地下水を回復させるための対策工事が試行されているが、地下水が回復すると、当然トンネル湧水量も回復する。そのため、現在の湧水量だけからポンプ等を設計すると当然能力不足になるので、注意が必要である。

### 5. 5 溪流流量の調査

天王山トンネルの工事によって地下水位が大きく低下しているが、それに伴って近隣の溪流流量が減少したと言われている。そのなかで調査対象域の真ん中を流れ、最も流量減少が著しいと言われている鈴谷川について、希釈法による流量測定が平成13年8月から平成14年2月にかけて3回実施された。測定時の流況は平水流量よりも少し少ない程度であった。食塩希釈法は、河道形状が不規則で、流速計や量水堰による流量測定が難しく、流量が少ない山地溪流に適した流量測定法である。測定地点の位置を図-10に、測定結果を図-11に示す。測定地点7は図-10には示されていないが、その付近では河床勾配が小さく、渓床には土砂が堆積しているため、渓流は渓床堆積物に伏没したり、再湧出したりしている。いずれにしても流量は極めて小さく、精度の高い測定はできていない。測定地点5から測定地点2にかけては、下流に向かって流量が増加している。そして測定地点2の下流では急激に減少し、図-11の水平距離50mあたりで渓流水は完全に伏没して流量がゼロになっている。集水面積は下流ほど大きくなるが、測定地点2の前後では流域幅が小さく、支流の合流もないため、下流に向かっての集水面積の増加は少なく、比流量（単位面積あたりの流出量）は図-11に示されている流量そのものにほぼ比例している。比流量の値は測定地点2で最大値0.18mm/dayを示すが、良好な森林を持つ山地の基底流出の比流量が1mm/day程度と言われているのと比較すると、やや渴水状態であったことを考慮しても、かなり比流量が小さいと言うことができる。このことから、当地の地下水の大半は鈴谷川にではなく、直接低地に向かって流れていると思われる。また比流量は、測定地点2までは下流に向かって直線的に増加しているので、トンネルの影響がなければ測定地点よりも下流の比流量は0.18mm/dayよりも大きいと考えられ、下流で流量がゼロになっていることから、トンネルの鈴谷川への影響は毎分20リットル程度と推測される。上述のように、鈴谷川の両側の斜面を流れる地下水の流量は鈴谷川の流量よりもはるかに多いので、トンネルが地下水に与えて影響も当然、上記よりもはるかに大きいと考えられる。

## 6. 被害補償と保全対策について

ここでは土壤水分に対するトンネルの影響の評価に関する事項に限ってコメントする。特に、第4節で考察しきれなかった林分ごとのトンネル影響の定量化について述べる。

4.4項で、トンネル工事以前における林分ごとの土壤水分の差異が分からぬと言ふ問題点を述べたが、対策にあたって2つの仮定が容易に想定される。ひとつは現在見られる林分間の土壤水分の差異は工事以前から存在し、すべての林分で同じだけのトンネル影響を受けたという仮定である。この場合、工事前の各林分の土壤水分を平均したものが現在の比較地点（馬場氏竹林）の土壤水分と等しいことになる。そして対策は、

積算水分量比の平均値を1に戻すことを目標とすることになる。そして補償は、面積を考慮するとしても、単位面積あたり同一の補償となる。今ひとつは、トンネル工事前はすべての林分で土壤水分は同じで、現在の比較地点の土壤水分との差だけトンネルの影響を受けたという仮定である。この場合は、細かい問題をさておいても、対策はすべての林分に対して積算水分量比を1に戻すことを目標にすることになり、それぞれの竹林に対して異なる対策工事をしなければならないので、実行は極めて困難である。また対策効果の判定も大変であり、実際的には実行不可能と言わねばならない。それ以外の仮定も当然あり得るが、数値的な仮定を置くことが必要となり、その根拠がないと言う批判を免れないことになるので、实际上不可能と言わざるを得ず、ここでは特に取り上げない。

そこで前者の仮定、すなわち全ての林分で同じだけのトンネル影響を受けたとの仮定に基づいて、補償と対策について考えることにする。そうすると、必然的に日本道路公団と農家集団全体の話し合いになる。そして必要なら農家集団内部で利害調整をすることがあり得るが、そこには島本町当局が助言者として介在するとしても、日本道路公団が介在する必要はないので、手続き的にも分かり良くなるし、上述のように技術的困難も少ないと考えられる。

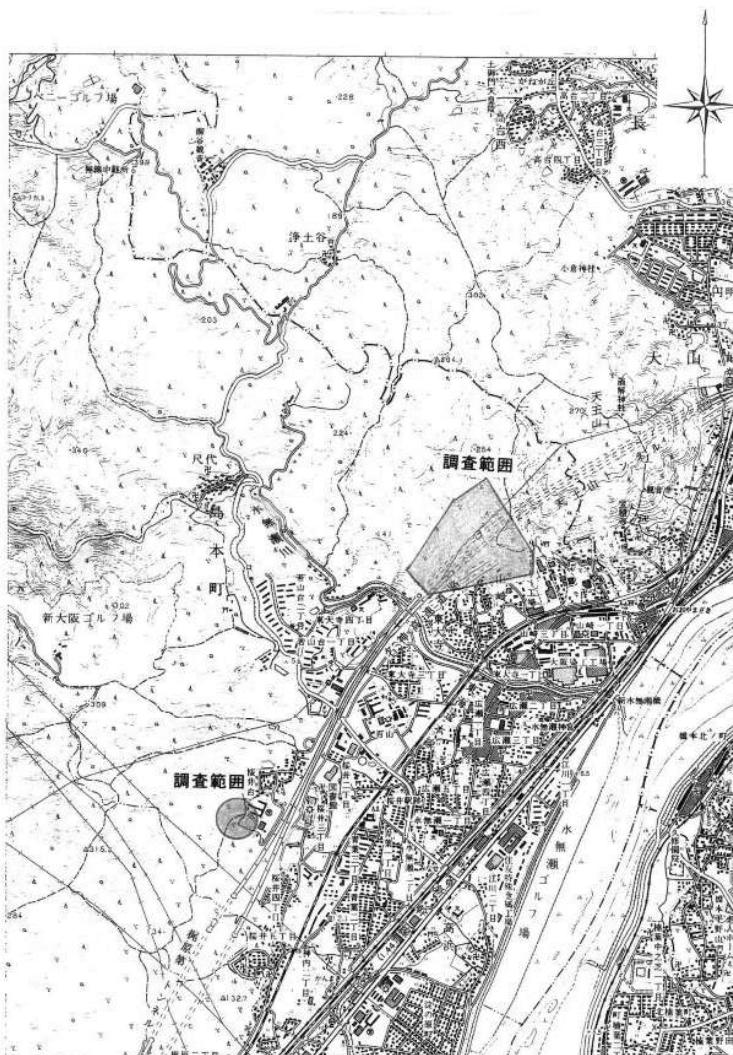


図-1 調査値の位置図（縮尺約1/25,000）  
(多角形部分は調査対象竹林の分布範囲、○印部分は比較竹林)

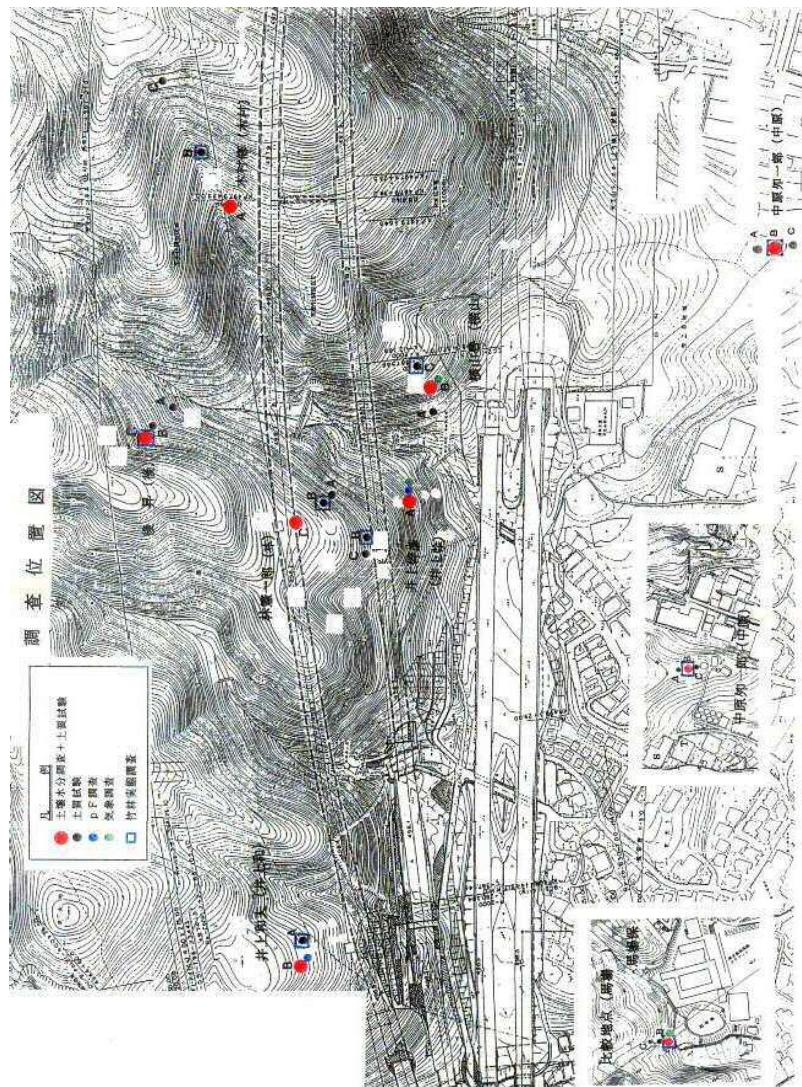


図-2 調査地点の位置図（縮尺約 1/3,000）

比較地点（馬場氏竹林の位置は図-1 の○部分、他の竹林は図-1 の多角形部分）

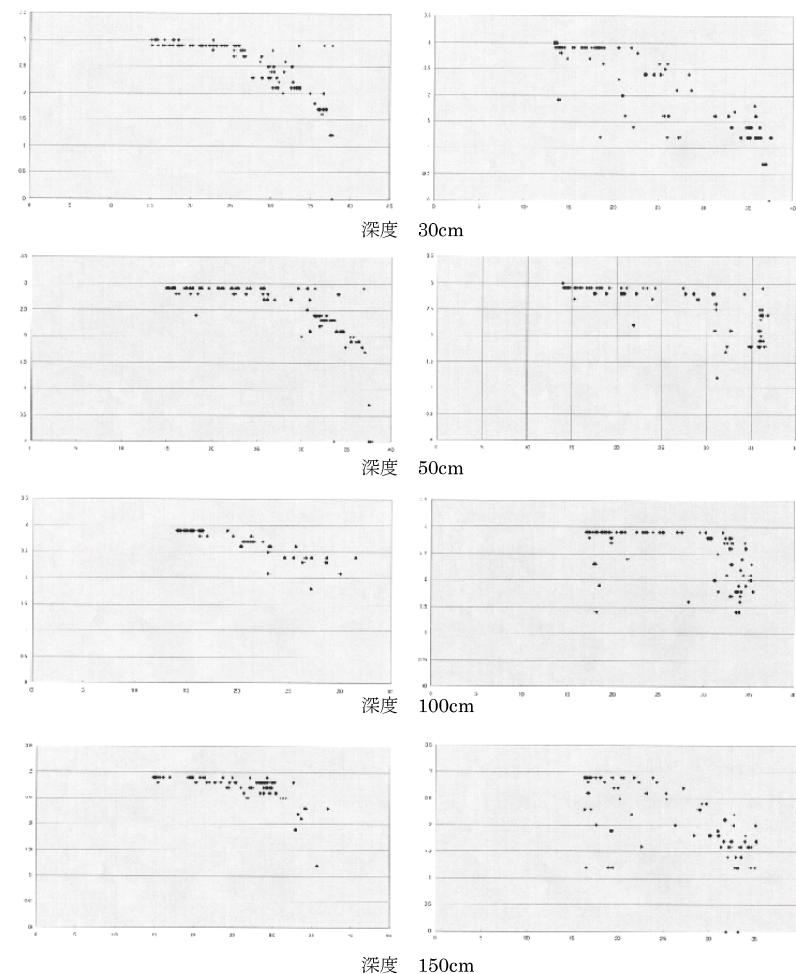


図-3 井上和氏（左側）と井上幹氏（右側）の竹林における各深度の pF・水分関係

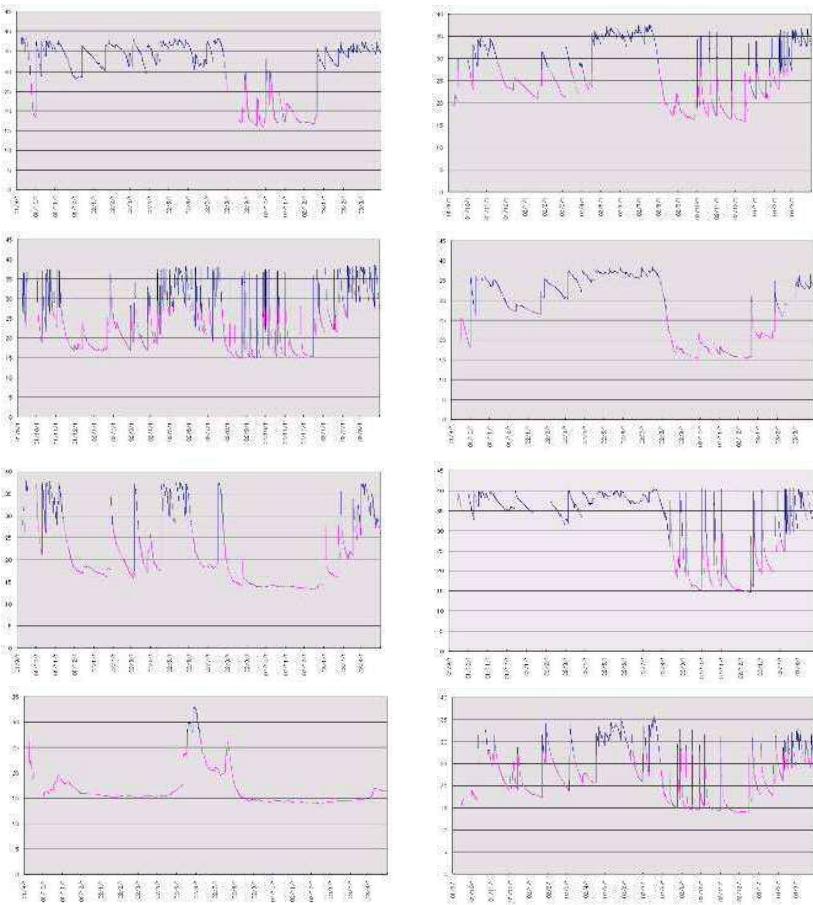


図-4 各地点の0.3m深土壤水分の時間変化に水分量0.28未満の部分を赤で色づけ(水分量が急速に上昇している場合は0.28未満の部分も青色になっている)。左側は上より馬場氏、井上和氏、井上幹氏、横山氏の竹林、右側は上より木村氏、林氏、中原氏の竹林

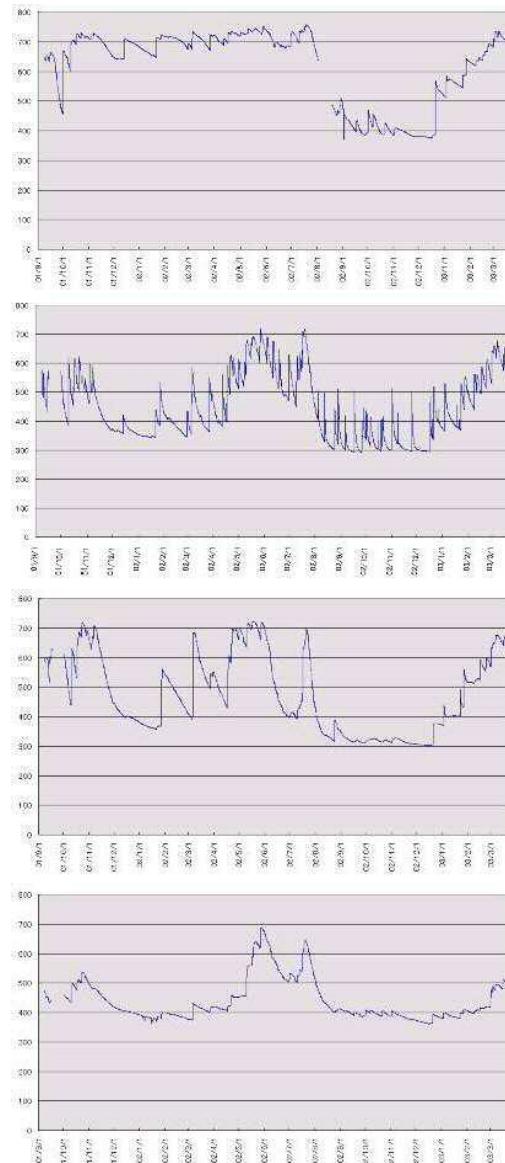


図-5 各地点の積算水分量(1) 上から馬場氏、井上和氏、井上幹氏、横山氏の竹林

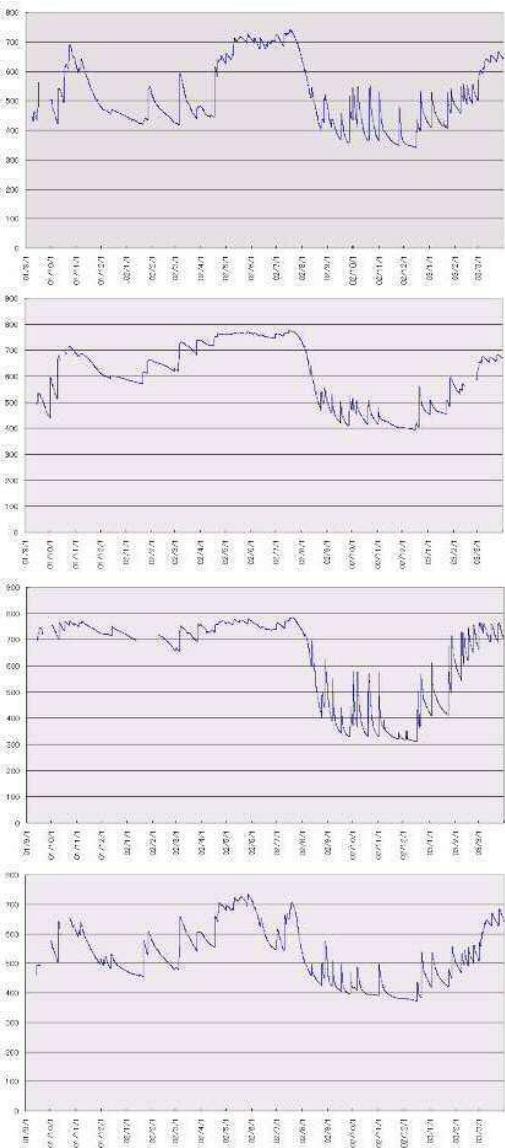


図-5 各地点の積算水分量（2）上から木村氏、林氏、後氏、中原氏の竹林

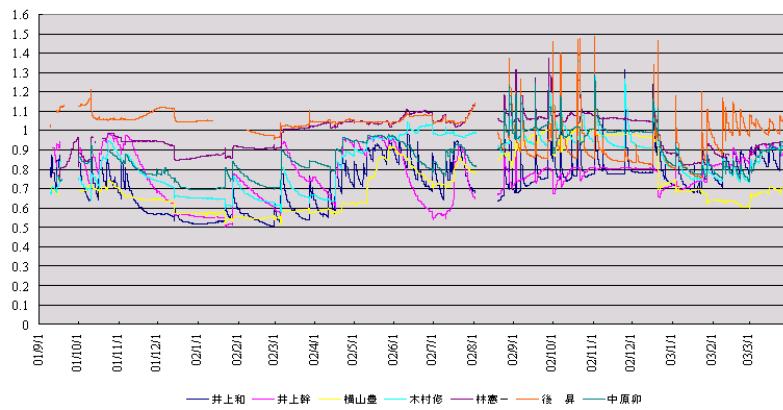


図-6 各対象地点の積算水分量の比較地点との比率

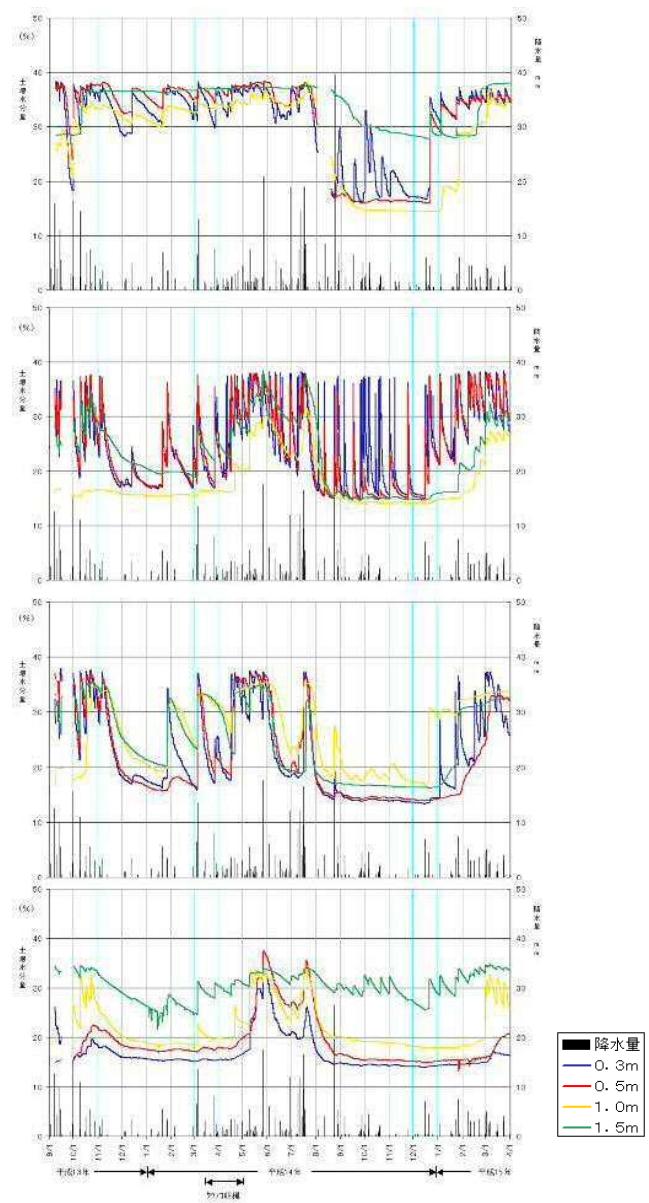


図-7 各地点、各深度の土壤水分（上から馬場氏、井上和氏、井上幹氏、横山氏の竹林）

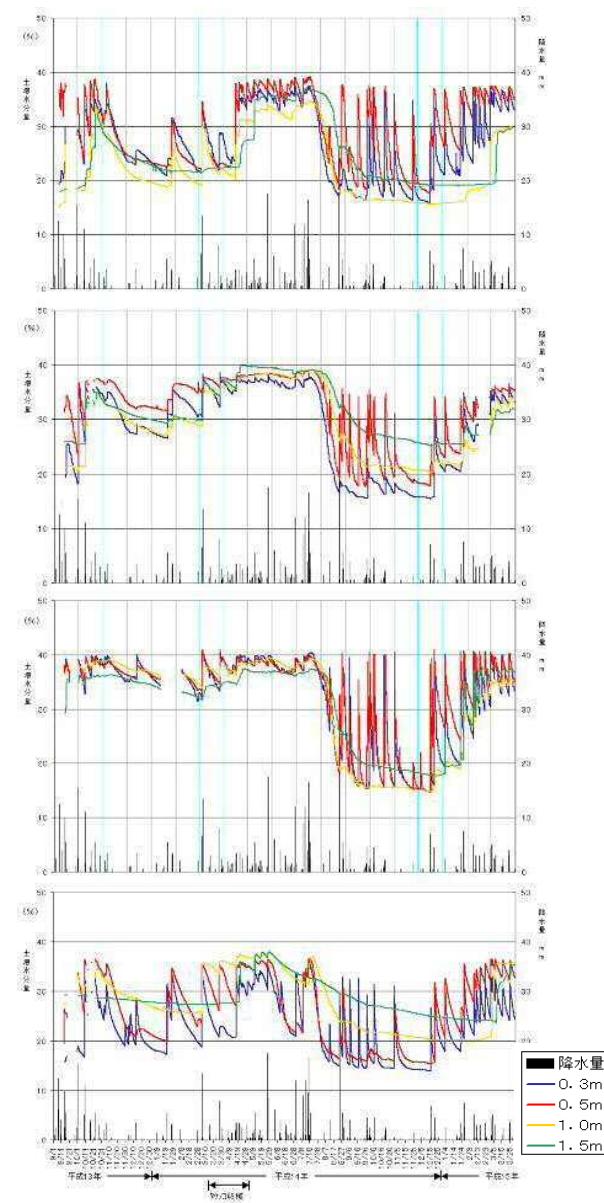


図-7 各地点、各深度の土壤水分（上から木村氏、林氏、後氏、中原氏の竹林）

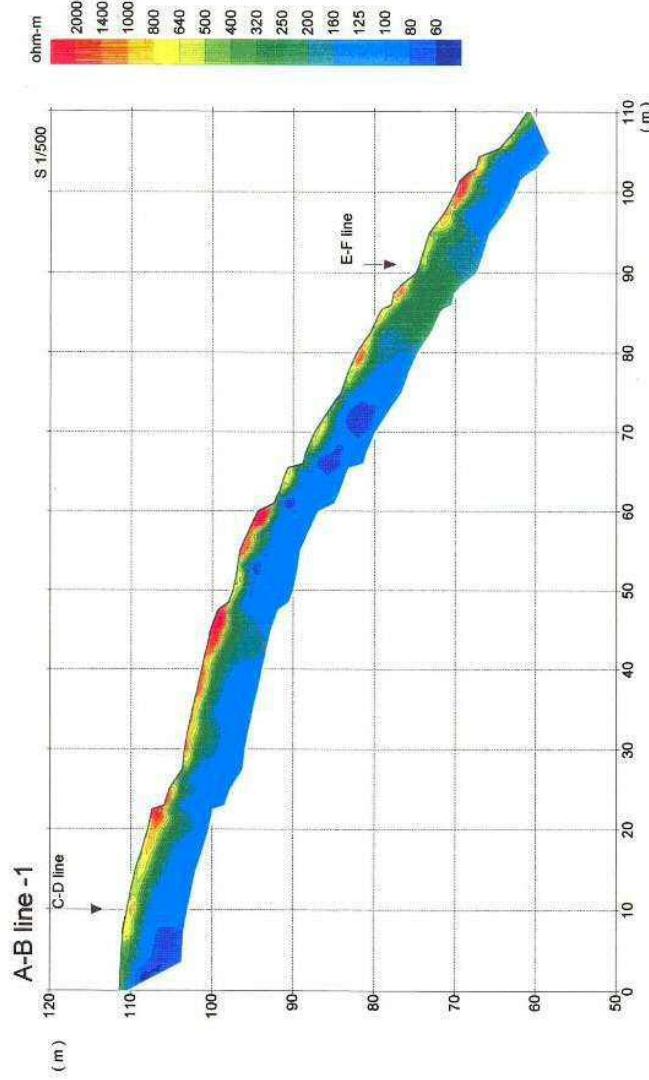


図-8 縦断測線に沿う電気比抵抗の分布（測定期間：平成 15 年 2 月 21 日～25 日）

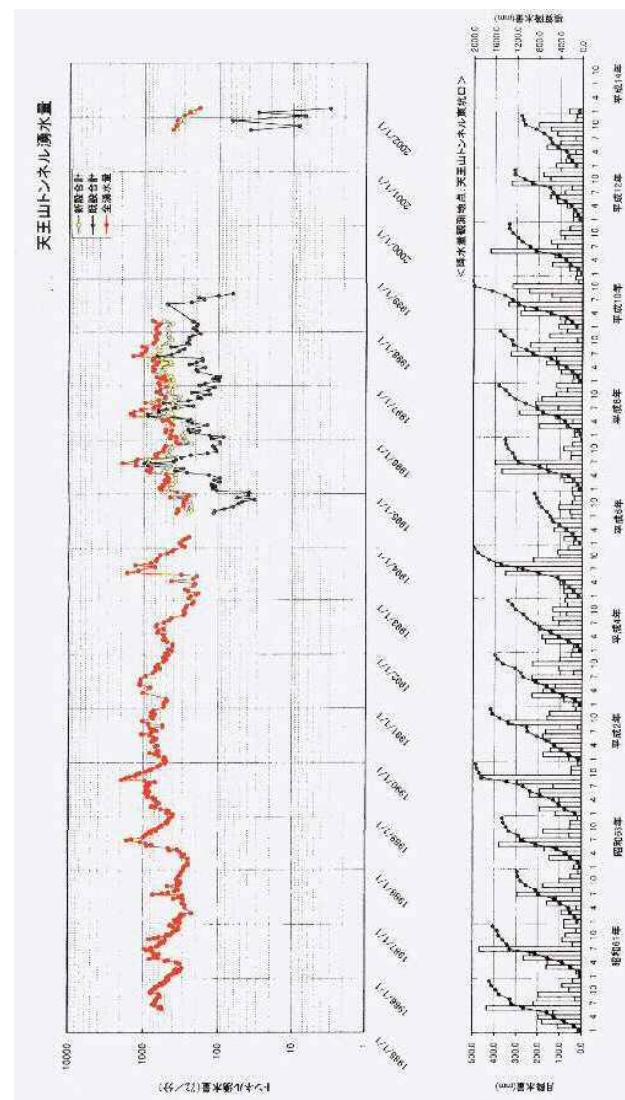


図-9 トンネル湧水量の時間変化

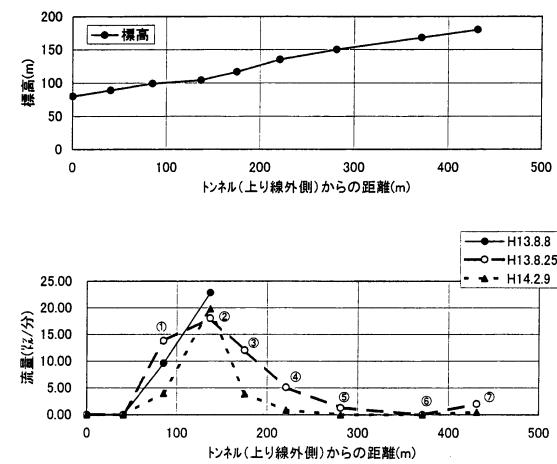
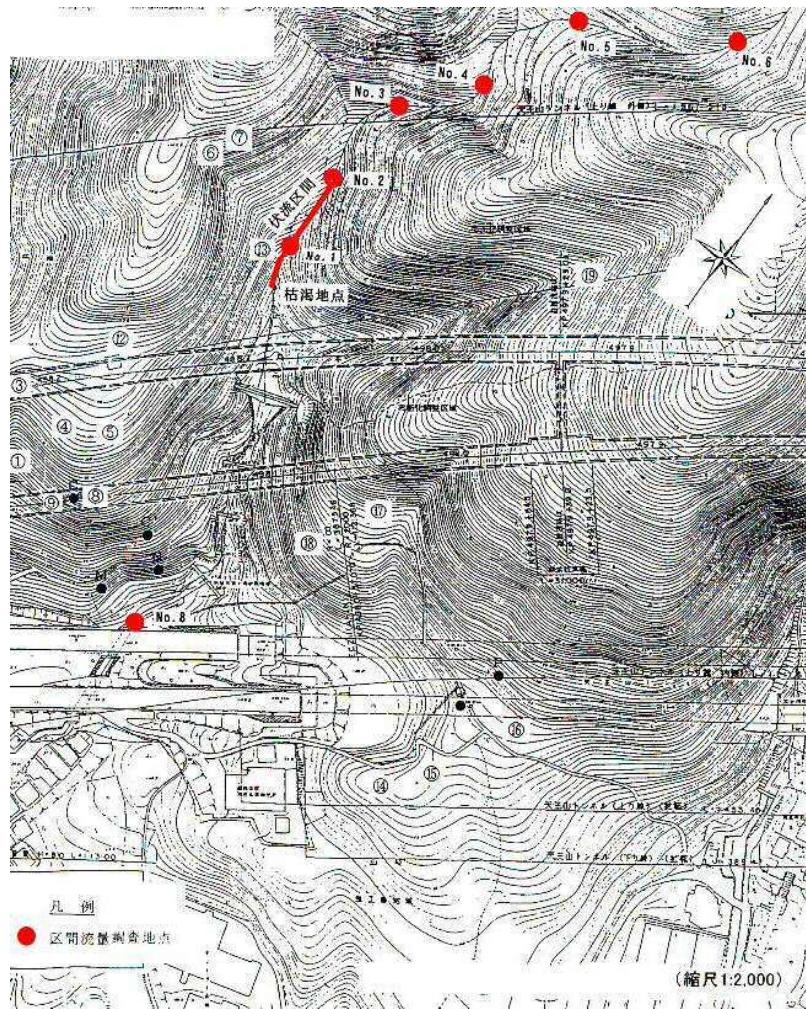


図-11 鈴谷川の河床縦断図（上）と鈴谷川に沿う流量変化

(2) 関委員意見書

「植生にかかる補足調査計画二次案」について（中根委員）（9月10日）へのコメント



「植生に係る補足調査計画二次案」について（中根委員）（9月10日）へのコメント

関 太郎

平成22年9月16日

1. 「植生に係る補足調査計画（案）」の整理表〔以下、整理表と略〕の関連委員から関の名を削除して頂きたい。すでに、関が22年9月9・10日並びに4月29日でのコメントで提案したことと大幅に異なっているので、ここに名を連ねるのは整合性がない。

2. 整理表の「2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生に及ぼす影響：根系の土壤緊ばく力を考慮して」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地域に指定されており、屋上屋を重ねるような調査は必要がない。

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、中根委員の提案で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）の調査を参照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。

5. 植物は環境に適応して生育しているので、ある植物種の分布をすれば、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（二葉山の植生図を参考資料として添付）。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、ヌルデ、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、むしろ土壤緊ばく力は増す場合が多い。以上

### 3. 調査結果

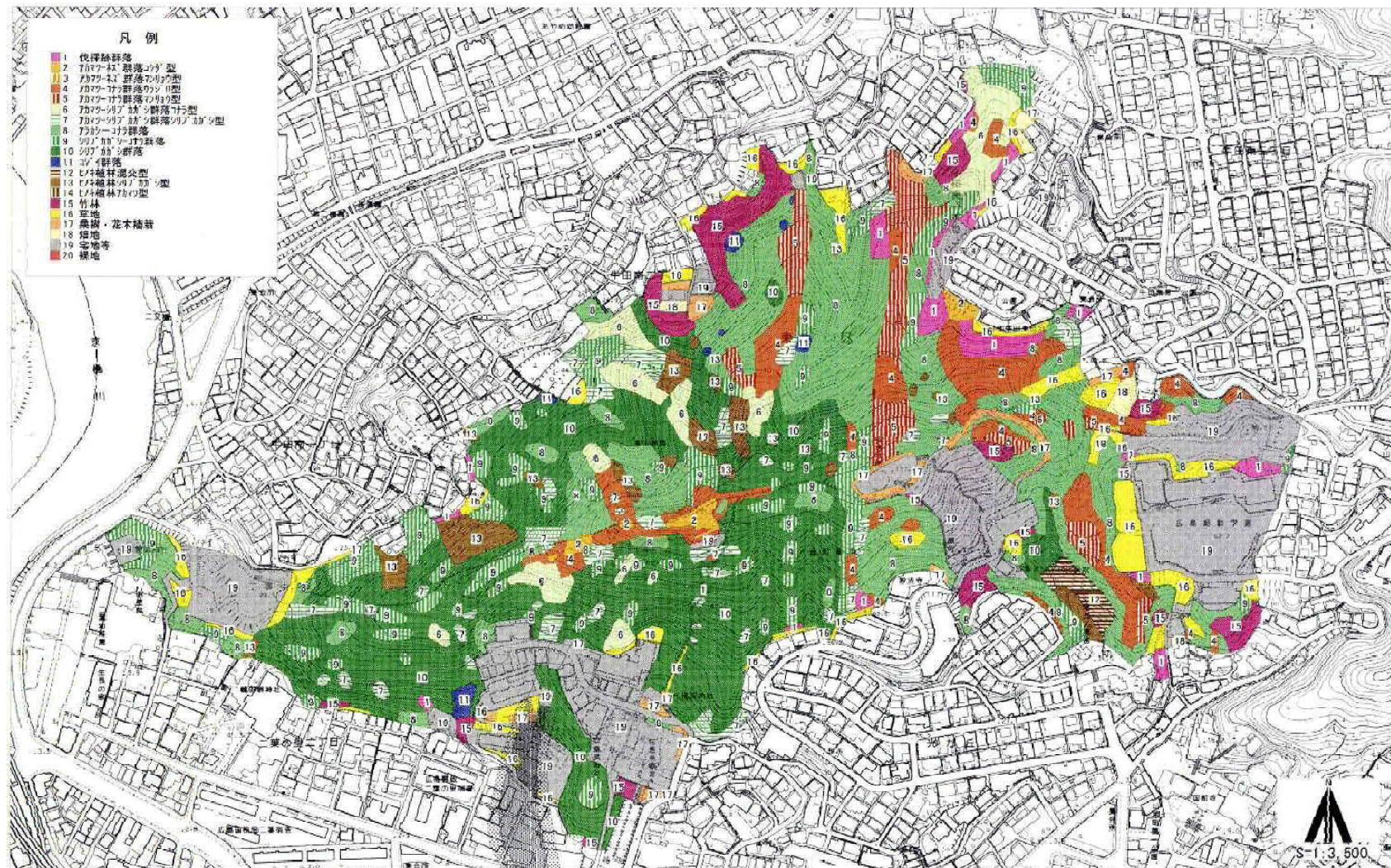


図-2 細密植生図

III 第3回委員会等における委員の意見（区分別総括表）



## 第3回委員会等における委員の意見 総括表

1/5

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
事務局の役割分担	1	事務局	事務局は県と市	・広島県と広島市が委員会を運営。 ・技術的質問にはコンサルタントが対応。 ・公社は庶務的な事務を行う。	今後は、広島県・広島市を中心となりまして委員会を運営することとしまして、事業主体である広島高速道路公社は、庶務的な事務を担うこととしました。 委員会の場における委員の皆様から出される技術的な質問に対する説明につきましては、本委員会の事務局補助でありますコンサルタントにおいて、対応させて頂く場合がございます。 委員の皆様との連絡調整につきましては、これまでどおり、庶務的な事務ということで、広島高速道路公社から行ってまいりたい。	

## 第3回委員会等における委員の意見 総括表

2/5

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
追加調査 計画 (地質)	1	山本	小土被り区間の地表面沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小土被り区間（中山側坑口、牛田東）の地盤沈下が問題である。</li> <li>・トンネル直上に加えてある程度の範囲のデータを取り、検討解析を行う必要がある。</li> </ul>	<p>中山側の坑口とか牛田東のいわゆる住宅団地の非常に土被り厚の薄い所で住民の方の第一の関心事と言いますと、今住んでおられるところの地盤沈下がどうなるかという事だと思うんですね。やはりそれが安全なのかという事を我々はきちんと議論して回答を出す必要があると思います。</p> <p>当然トンネル直上だけが下がる訳じゃないので、ある程度の範囲を含めて、そいつたデータをきちんと取れるように進めて、その後安全検討をやってそれが許容値に合うかどうかという事を解析すると思うのですが、それが科学的に、きちんとできる限り早く進めるようにして頂きたいと思います。</p>	
	2	西垣	地表面沈下 盛土のデータ 坑口部の沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・牛田東地区の盛土、岩盤の調査が必要。特に、盛土の水位低下に伴う沈下の可能性を検討する調査を行いたい。</li> <li>・必要に応じて2次調査を追加。</li> <li>・小土被り区間である坑口部でも、水位低下に伴う沈下の可能性の検討を行いたい。</li> </ul>	<p>トンネル掘るとその直上の方、あるいはその付近の方は自分の家の下が地盤沈下するのは困るというのが、今回の委員会の中で一番大きな議論になって、悩みでござりますので、牛田地区でまだ調査が入ってない所もございますので、出来ましたら盛土の部分、その下の岩盤の部分がどういう風な組成になっているか。特に盛土の部分は、トンネルを掘る事によって水が抜けると、本当に地盤が沈下するような地盤なのかどうかというようなデータをぜひ取りたいと思います。</p> <p>もし足らなければ2次で調査を追加するという形でやって頂ければと思っております。</p> <p>もう1点、坑口の辺りの調査に關しても、ここでも同じように非常に土被りの浅いところでの掘削になってきますので、これにつきましても従来の方法と、あるいはここも同じですが、水を抜く事によって沈下が起きないのか、詳細な検討をぜひして頂きたいと思っております。</p>	
	3	角湯	追加調査方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現時点では事務局案の追加調査を行い、その結果を見て、必要であれば追加調査を行えばよい。</li> </ul>	<p>現時点では事務局案の調査で十分こういった部分について議論できるのではないかと考えています。基本的にはこれでよろしいかと思いますが、一定の留保条件という事で、その調査結果、調査して実際にどのようになっているのかというのを把握してからでないと、影響把握や影響予測ができませんので、その結果を踏まえて必要であれば追加で調査を実施していくというのをやって頂けるのではあるかと思われます。</p>	
	4	坂巻	福木トンネルと5号線の関係検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福木トンネルと5号線の比較検討を行うことが必要。</li> </ul>	<p>福木の例を、いっ�ん私達としても慎重に検討してみて、どの程度のことまでなら言えるのか、見ておく必要があるだろうという気が強くしております。そういう意味では、これまでの公社でお持ちのデータを開示して頂いて、二葉山の場合、どの部分が適合できて、どの部分が注意しないといけないのか、それからどの部分が考慮の外に置いていいのかという吟味をきちんとやっていくことが必要ではないかと思っています。</p>	
	5	奥西	谷地形と地下水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・牛田地区の東西方向の谷が地下水のボケットになっている可能性がある。</li> </ul>	<p>牛田地区は主な谷は北向きですけど、支谷といいますか、枝分かれした谷は東西方向に伸びているケースがあるわけです。これが地質と関係あるのかどうか、私には分からぬのですが、仮に関係あるとすると、仮定に仮定を重ねるようなことになるわけですから、これが地下水のボケットになってる可能性がないでない。</p>	
	6	西垣	地下水位低下に伴う圧縮沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・盛土の水位低下に伴う沈下の予測を行うべきである。</li> </ul>	<p>盛土の中のきちんと水位が下がるとどれくらい沈下するかどうか、圧密的な要素もきちんと入れて、解析も弾塑性解析だけでは水のことは一切考えていませんので、是非そういうような事も考慮した予測をするべきだと考えていますので、是非今後はこの委員会でそういう方向へ持っていきたいと思っていますので、御協力の程お願い致します。</p>	
	7	中根	(1号線) アセスと実際の違い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・(1号線)</li> <li>・アセスと実際の違いが、どの段階（地質調査、水文解析）でおこったのか不明である。</li> </ul>	<p>アセスメントと実際の結果が違う。この食い違いを二度と二葉山トンネルについてはしてはならない。これは委員会の第一歩だと思います。そういう意味では、どういう点がその誤差に繋がったのか、それはモデルの問題、それから地質調査の段階の問題ですね、水文解析の問題、これはいくつかあると思います。それが今全くクリアにされていない。</p>	
	8	横山	アセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アセスはどうなっていたのか。</li> <li>・なぜ地盤沈下が予測できなかったのか。</li> </ul>	<p>事業実施の段階のアセスメントがどうだったのか、どうしてこういう地盤沈下が予測できなかつたのか。</p>	
	9	越智	牛田東地区の追加調査方針 地質関係小委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地質調査は、金折委員の提案に賛成する。必要があれば調査を追加する。</li> <li>・地質関係の小委員会を持ちたい。</li> </ul>	<p>牛田東三丁目・一丁目の地質がどうかというのは、かなり大きなウェイトを占めているような気がするんですね。そういう意味で、金折先生が出されている、まず当面垂直ボーリングで大まかな方向性を掘むような事を先ずする。それで終わるのではなく、追加する必要があれば追加していく。</p> <p>地質関係のプロバーの小委員会を持たせて頂ければと。</p>	

## 第3回委員会等における委員の意見 総括表

3/5

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
追加調査 計画 (植生)	1	閔	調査項目 土壌水の動態調査	・中根委員の調査案は、時間と経費の面で実行は難しく、絞った方が良い。 ・土壌水の動態は調査すべき。	中根委員の提案された事は基本的には賛成なんですけれども、やはり時間と経費の点から、なかなか実行は難しいのではないかと思います。 根園における土壌水の動態は、是非調査すべきだと思うんです。 中根委員さんの提案されたことを全部やればいいんですが、かなり絞った方がいいのではないかと思います。	
	2	坂巻	調査費と調査期間	・事業計画として、費用と時間を立案することはできると思う。	住民の方々の御心配に対して、効率的な調査プランを立ててやる分には、費用としてはどれぐらい、それから時間としてはどれくらい必要かということは、事業計画として立案できると思いますね。	
	3	奥西	土石流	・土石流との関係かなり難しい問題だと思う。	土石流との関係はかなり難しい問題であろうと思います。 この委員会として、責任を持ってものを言う為にはどうしたら良いかと考えますとですね、少し広い視野が必要なのではないかと思います。 乾燥した時に、ほんのちょっとの雨で斜面が崩れるということがあって、どうもそれは乾燥することによって、土壤構造が良くない状態になっているのではないかということを、1つの仮説として出されております。	
	4	城間	トンネルと土石流	・トンネルが原因で土石流が発生したということを聞いたことがない。 ・土被りがある程度ある所で、(地表面が)乾燥することはない。	トンネルが原因で土石流が発生したというようなことは、今まで聞いたことはありません。 トンネルのある程度土被りがあるところで、掘って乾燥という乾くことはない。	
	5	中根	乾燥 調査期間は1年	・乾燥の有無を調査する必要がある。 ・調査期間は1年。	乾燥するかしないか、どのくらい乾燥するのかしないのか、このようなデータを、やはりきちんととらないといけません。 一年あればできます。	
	6	西垣	土石流発生の事例提供依頼	・中根委員が言われる土石流の発生事例を提出して欲しい。	中根先生の4本のトンネル中の3本でそういう大きな土石流が起きているというふうな事例ですね、是非、さっき城間さんが仰ったように、実際にトンネル掘られている人には、あまりそんな植生が変わった、そういった災害が起きたような事例とかお持ちじゃないので、是非先生の方から出して頂けたら、委員の方々が理解できるんじゃないかなと思うんですね。	
	7	閔	下方からの土壌水分の移動 トンネル掘削の影響	・下方からの土壌水の移動を遮断するのは難しい。 ・トンネル掘削の植生への影響は、1年間でできるのか。	「土壤深さにおいて、下方からの土壌水分の移動（移入）を遮断して」とあります。どうやって遮断するのかですね、具体的な方法を。これかなり難しいと思います。 「トンネル掘削が植生の維持、成長に及ぼす影響」というところに「根園土壌水分量の変化が各樹木の生育維持、成長に及ぼす影響を毎木調査全域において評価を試みる」とありますが、これ1年間でできるのでしょうか。	

## 第3回委員会等における委員の意見 総括表

4/5

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
沈下解析	1	角湯	地下水位低下に伴う圧縮沈下の可能性	・盛土における地下水位低下による圧密沈下の可能性は、今後解析が必要。	トンネルを掘ることによる応力の解放については、十分考慮されているわけですが、地下水が低下する事による圧密については、今のやり方では考慮されていませんので、今後より精緻に盛土部、造成地の部分が本当に沈下するかどうかということは、今後の地盤調査等の結果を踏まえて、地下水位が低下することによって、盛土、造成地の部分がどれだけ沈下するのかという事を予測する事で、かなりの部分の不確実性は取り除かれるのではないかと考えています。その部分の解析が今後必要になってくるということかと思います。	
	2	越智	1号線の地表面沈下 地下浸食	・(福木トンネルでは) CL級でも沈下が生じているので、牛田東でも見る必要がある。 ・地下水位低下に伴う地下浸食も考えておく必要がある。	強風化花崗岩での、だいたいCL級よりも軟らかいというか、弱い部分がいるみたいなんですね。CL級でも十分それが起こっていますので、それはここ牛田地域でもCL級の岩盤というのは結構ある訳ですから、やはりそこも見る必要がある。 地下水位が下がった事に付随して起ころうとする地下浸食というか、そういう問題もやはり考えておく必要があるのではないかと思うんですね。	
	3	佐々木	花崗岩の圧密による地表面沈下	・花崗岩は圧密による沈下がおきやすく、水を抜いてしまうと地下水脈が変わることが多い。	花崗岩質の所はその圧密による沈下が非常に起きやすいんですね。だから一旦地下水を抜いてしまうと、もちろんそのあと地下水脈はほとんど変わることが多いです。 特に花崗岩のようなもろい岩盤では、圧がかかる方向にすっと地下水が流れるような経験を持っておりますので、よくそこは非常に注意して検討しておくかないと、地盤沈下に結びつくんじゃないかななどそういうふうに思います。	
	4	山本	3次元解析 物性値	・非定常による3次元解析が必要。 ・入力する物性値の検討が重要。	施工のプロセスをきちんと見て、3次元解析ができるかどうか知りませんが、要するに、計算機のパワーにもよりますから。解析モデルとしては、当然地表面の解析も入ります。きちっと施工のプロセスと地形形状をきちんと入れた3次元解析ができるならば、その方向でやるというのが、これは当たり前と思うので、その方法で解析をし直すことを提案します。ただし、もう一つは地盤調査精度に関わるのですが、では、入力する物性値をどういう風に見るかというが議論の対象になります。	
	5	城間	変形と排水による沈下	・新しい物性値が得られるので、新しい解析手法を用いるのも精度向上の手法と考えられる。 ・変形と排水による沈下の両方を考慮して、総合的に評価する必要がある。	今回の追加調査で色々と土質定数、新しいデータ得られるので、それらを分析をして新しい解析手法というのですか、新しいコードでやるという手法も、より精度を上げる手法かなと思います。 水は、今回考慮されていないので、先程角湯委員が言われているように、変形と排水による沈下というのを両方考慮して、総合的に評価する必要があるというふうに思います。 CL級も注意しなければならないというのであれば、追加調査する際には強風化花崗岩ですか、その辺も排水して、どのような運動を起こすのかというのも確認する必要があるのかなと感じました。	
	6	西垣	地下水位低下に伴う圧縮沈下の解析	・通常のFEM解析では、福木トンネルのような水位低下に伴う沈下は予測できない。	このような解析では、なかなか福木トンネルのような沈下は予測できない。いくらパラメータを整合させてもできないですから、もう少し考え方を変えてくださいというふうにお願いします。	
	7	角湯	水位低下を起さない沈下対策	・再解析の結果、変位が大きい場合は、地下水位を低下させずに掘る案(例えば、岩盤シールド)も考えられる。	岩盤シールド等で地下水位を低下させずに掘るという事も、技術的に可能でありますので、場合によってはかなり解析等で不確実な要素が出てきたとか、解析で説明できない現象があるのだとか、解析値がかなり許容できないような変位が発生するという結果が出た場合には、そういうトンネル工法によって、地下水位を下げずに掘るということも一つの案かと考えております。	
	8	西垣	水位低下と地表面沈下 地盤低下を起さない対策	・盛土の水位低下に伴う沈下の影響がなければ、水位を下げても良い。 ・沈下の影響があれば、沈下が生じない案として、地盤改良する案も考えられる。	牛田地区の盛土の所は、地下水位を下げた事によって地盤沈下するような土性かどうかをきちんと把握したい。それでもし下げても大丈夫なのであれば、トンネル掘る時に地下水位を下げてもよいと思う。 地下水位を下げる事によって地盤沈下するような盛土でしたら、さっき角湯先生も仰ってましたけれど、地盤に影響あるのだったらその地盤を下げても下がらないような地盤に改良するのも一つの方法で、色々なケースバイケースの、オプションって言ったらおかしいんですけど、工法と対策と色々な組み合わせが出てくると思うんです。	
	9	越智	水位低下と地表面沈下の可能性	・現データで水位低下に伴う沈下の可能性を探る解析を行い、その上で水位低下の可否による施工方法を検討すべき。	今出されているデータを徹底的に精査して、再度シミュレーションをかけてみて、それでどうなのかこうなのかというのをまず今のうちにやっておいて、それで地下水位を下げてやっても大丈夫なのか、いや地下水位を下げたらアウトだから地下水位を下げない方法を検討すべき。	
	10	吉國	再解析は必要	・再解析は必要である。	どれくらいの地盤改良をすればよいかなどを検討するにも、やはり解析はある意味で必要だと考えます。	
	11	城間	中山地区の沈下対策 (家屋、池)	(中山地区) ・小土被り区間の沈下対策は慎重に検討すべきであり、中山地区の土被り1D位は家屋はない方が望ましい。 ・ため池は、水を抜くか抜けないような構造にするか検討すべきである。	トンネルを掘る場合には、なかなかそういう土被りが薄いと沈下は免れないという事で、色々な対策をするんですけれども、1Dでも結構厳しい状況ではあると思うんです。ですから対策を非常に慎重に検討すべきだと思います。できれば、1D位は家屋はない方がいいかなという気はする。 池の方面でそれども、施工時はやはり水が近くにあるという事で、トンネルの掘削もそれに影響しますので、水を抜いてトンネル掘削するとかですね、水が抜けないような構造にするとか、その辺は検討すべきじゃないかと思います。	
	12	角湯	中山地区の沈下対策 (トンネルの短縮)	(中山地区) ・地元にとって一番良い案を選択することが重要である。 ・坑口を追い込む案も考えられる。	対策毎の費用、効果、時間、影響等を色々検討され、それを比較考量された上で、一番地元にとっていい案を選んで頂く事が重要なんではないかと思っております。 場合によってはトンネル構造を止めるとか、少し切土構造にしてしまうとか、そういう形になると用地買収等を伴ってしまうわけですが、場合によっては、そういう事の方が安全を確保できるという事も考えられるかと思いますので、少し幅広に検討して頂いて、いくつかの案を出して頂くのがよろしいんじゃないかと思います。	
	13	城間	中山地区の追加解析	(中山地区) ・(No.23以奥) 再解析の対象にすべきである。	(No.23以奥) 後半にいけば土被りが徐々に厚くなってくるという状況にありますけれども、今回は数値解析の対象から外れていますので、対象にして検討すべきじゃないかというふうには思います。	
	14	越智	牛田東地区 (既往データの精査、追加解析)	(牛田東地区) ・既往データの精査が必要。	既に掘られているボーリングデータを精査して、さらにそこから得られる、例えば地下水を下げて沈下するかどうかとか、そういうデータを取り出して、そして解析した後で、さらにどこを掘っていくかということがあります。	
	15	西垣	牛田東地区 (土石流の可能性、風化層の厚さ)	(牛田東地区) ・土石流を考える上で、風化層の厚さ等を調査する必要がある。	土石流が起きるというのは、表層の風化層ですね、それがどれくらいのものがあるのかとか、そういうふうなことももう少し、非常にこれは難しいと思いますけれども、風化層がどれくらいあつたらということが分かれば。	
	16	中根	牛田東地区 (植生と崖錐の堆積状況)	(牛田東地区) ・植生や崖錐の堆積状況の現状調査に異論はない。	特に植生とか崖錐の堆積状況の調査というのは、特に現状把握という点では、異論はない。	

## 第3回委員会等における委員の意見 総括表

5/5

区分	No.	発言者	項目 キーワード	意見の要約	意見	備考
沈下解析	17	横山	牛田東地区の環境影響評価	(牛田東地区) ・環境影響評価は行政が行わなければならぬ。	住民の安全性が脅かされる危険性があるという状態のとき、影響評価調査は行政はやらなければいけない。 環境影響評価の調査票が、私の手元にはまだ明らかになっていない。	
	18	事務局	環境影響評価	・次回、環境影響評価を資料として提供する。	次回資料として提供はさせて頂く準備はございます。	
	19	越智	二葉の里地区 (マンションへの影響)	(二葉の里地区) ・東側のマンションにひび割れが発生しており、トンネル掘削の影響を検討する必要がある。	東側のマンションにひび割れが南北方向に入っています、丁度その尾根部の所に。それでその辺りのことに関しての事前の報告というか、周辺の状況報告というのが無いので、もし今後影響の評価とか、工学的な評価をされる場合、このマンションにどういうふうな影響があるかどうか、この辺りについて非常に慎重に検討する必要があると言う事をあえて報告させて下さい。	
	20	城間	二葉の里地区 (マンションへの影響)	(二葉の里地区) ・事前調査と掘削方法の検討が必要。	トンネル掘削の基礎に、岩盤の中に入っていると思うんですが、トンネル掘削時の振動がマンションに影響するかなど、ちょっと心配したんですが、今の話を聞くと色々あるということなので事前の調査とか、掘り方ですね、慎重にする必要があるかなと思いました。	
	21	山本	二葉の里地区 (マンションへの影響、ひび割れの分析)	(二葉の里地区) ・ひび割れの分析が必要。	構造的なひび割れだったら非常にまずいし、単なる収縮ひび割れならほとんど影響がないので、慎重に調査して頂きたいという意見です。	
	22	佐々木	東照宮名水	(二葉の里地区) ・東照宮の名水を保護したい。	由緒ある名水なものですから、できれば守りたい。	



## 植生調査について



## 植生に係わる補足調査計画（二次概略案）

二葉山や尾長山でトンネルを掘削することによる植生への影響、そしてそれが植生の根系が保持する土壤緊ばく力にもたらす影響を調査する必要がある。ところが、すでに実施されているトンネル建設に係わる「環境影響調査」では、二葉山南斜面と尾根部に分布するシリブカガシ群落への影響調査に限定されており、植生全体への影響や植生の根系が保持する防災的な機能の現状とそれへの影響、さらに斜面崩壊、土石流被害の危険性の現況とトンネル掘削がもたらす影響については全く調査されていない。

そこで、次のような項目の調査を行う。

### 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

トンネル掘削による影響が明確なのは地下水位の低下とそれに伴う土壤水分の変化で、これについて、地下水位や土壤水分の現況とそれへの影響評価が求められる。その際、樹木の根系の分布、根圏をめぐる土壤水分動態の現況の把握が欠かせない。

#### 1.1 現況調査

##### 1) 地下水位の分布と地質断面構造の把握

トンネルが直下を通る二葉山北斜面の地下水位の面的な把握が求められる。現在は実測したのはB-29の1ヵ所である(BW-3を加えても2ヵ所)。これではシミュレーションモデルの精度評価と予測に、仮にモデルが妥当であっても信憑性はない。面的な把握とモデルとその係数値の妥当性の検討のためには、二葉山北斜面(特に、谷頭部)で、尾根部、斜面中部、斜面下部、谷部でそれぞれ数カ所のボーリングまたは簡易水位調査を行う。その際、地質・地層の調査(コアサンプル採取)を行う。これらの調査地点、調査方法については「地質・水文補足調査」関係の委員による提案を考慮して最終的に確定する。

##### 2) 土壤水分の動態

土壤水分は、降雨との関係(直前降水量、無降水期間など)や地形(尾根、斜面の部位)などによって影響を受ける。また、土壤深度、地下水位などによっても大きく影響を受ける。ここでは、トンネル掘削による地下水位の低下がもたらす影響を想定し、地形と土壤深度の差異を考慮して、根圏(特に、最深部)での土壤水の動態を把握する。二葉山北斜面の2~3ヵ所の尾根筋で、尾根、斜面中部、斜面下部で、土壤水分計(TDRなど)を用いて、直根に沿った深さ別の土壤水分を連続(1時間間隔)測定する。その際、下方からの水分の移動を遮断した測定も並行して行う。

##### 3) 樹木の分布と根系の分布

トンネル上方、少なくとも45度の範囲に位置する二葉山、尾長山北斜面全域で毎木調査(樹種と胸高直径、マッピング)を行う。さらに、2~3ヵ所の尾根部、斜面中部、斜面下部で高木の直根分布を斜面下部側の土壤断面を作成し、観察する。これから上記の毎木調査域での根系の分布を推定する。

##### 4) 大径木(DBH>30cm)を構成する樹種の立地環境(土壤水分の閾値)

二葉山、尾長山の北斜面(トンネル通過斜面)において、大径木(DBH>30cm)を

構成する樹種の立地環境、特に土壤水分の閾値(制限値)、または生育可能な土壤水分値を把握するため、各樹種、十数本ずつ、その生育立地の表層の土壤水分を、携帯用水分計(TDR)で、降雨直後、1~2週間後、また干ばつ期に測定する。特に、夏季の日中の光合成“昼寝”現象を起こす土壤水分状態を把握する。

これらの結果を、第1章1節2項の土壤水分の連続測定点と比較し、各樹種の生育する土壤水分の状況を把握する。また、広島市内または近辺で、トンネルを掘削した2~3の斜面上に生育する、これら樹種の土壤水分を同様に測定する。さらに、これらの生育状況(生長錐による年輪調査)を把握する。

#### 1.2 トンネル掘削が植生に及ぼす影響評価

##### 1) 根圏における土壤水の動態

尾根、斜面中部、斜面下部において、根圏の上部、中部、下部、直下で測定された土壤水分の動態と同様な斜面位置、土壤深さにおいて、下方からの土壤水分の移動(移入)を遮断して測定された土壤水分の動態を比較検討することによって、根圏への土壤水分の供給源を把握する。

##### 2) 地下水位の低下と根圏土壤水分への影響

前項の結果を踏まえて、トンネル工事中、工事後の地下水位の低下(「水文補足調査」結果に基づく)がもたらす、根圏土壤の水分への影響を定量的に把握する。

##### 3) トンネル掘削が植生の維持、成長に及ぼす影響

前項の結果を踏まえて、根圏土壤水分量の変化が各樹木の生育維持、生長に及ぼす影響を毎木調査全域において評価を試みる。

### 2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生に及ぼす影響：根系の土壤緊ばく力を考慮して

トンネル直上の二葉山北斜面は斜面崩壊、土石流発生危険地域に指定されている。この斜面の斜面崩壊と土石流発生の危険性の現況を把握し、これがトンネル掘削によってどのような影響が生じるか、特に地下水位の低下や樹木根系の土壤緊ばく力の変化による地層の沈下の危険性に注目する。

#### 2.1 現況調査

##### 1) 堆積土砂量などの把握

トンネル直上の二葉山北斜面谷筋の谷頭部から数10m下流には多量の崩壊土砂が堆積していると思われる。この堆積土砂量の推定とこれら土砂が土石流などで流出する際の滑り面となる基盤の構造(傾斜、幅、長さなど)の把握が土石流発生危険性の定量的な評価には不可欠である。これら調査を二葉山北斜面の3つの谷筋と尾長山の1つの谷筋で行う。

##### 2) 「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」(H-SLIDER法)に基づく斜面崩壊と土石流発生危険度の把握

土木研究所の「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」(H-SLIDER法)に基づき、二葉山北斜面、尾長山斜面の斜面崩壊と土石流発生危険度の把握を行う。

この手法では、メッシュ(例えば10m×10m)レベルで、地表面地形、土層厚、土質強度、飽和透水係数などの因子を現地で測定して、斜面スケールから小流域レベルの斜面崩壊、土石流発生危険度を評価する。

### 3) 植生の根系土壤緊ばく力の把握

第1章 1.1節 3)項における「トンネル上方、少なくとも 45 度の範囲に位置する二葉山、尾長山北斜面全域で毎木調査（樹種と胸高直径、マッピング）を行う。」ことによって得られたデータを基に、樹木の根系の土壤緊ばく力を推定する。その際、胸高直径と根系の土壤緊ばく力は比例関係にあるので（北村・難破 1981）、測定した胸高直径から根系の土壤緊ばく力を推定する（中根ら 1983）。これによって、上記の毎木調査域での根系の土壤緊ばく力とその分布を把握する。

## 2.2 トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生の危険性に及ぼす影響評価

### 1) 地下水位の低下と地層への影響

今回提案のウォータータイト工法によるトンネル掘削を想定しても、地下水位の長期的な低下は免れない。「水文調査」の結果に基づき、工事中と地下水位低下期間及び地下水位回復時の地下水位の予測値を採用する。その際、二葉山北斜面の谷部や谷頭部斜面の地層（崖錐堆積層など）の沈下の可能性について、「地質補足調査」結果や関係委員の意見、見解に基づき、解析する。

### 2) 樹木根系の土壤緊ばく力と地盤沈下

二葉山北斜面や尾長山における樹木根系の土壤緊ばく力がトンネル掘削による地下水の低下によってどれほど影響を受けるかの評価（1章 1.2節 3) 項）を考慮して、予測される地層、地盤のズレや沈下に対してどれほどの抵抗力を持つか、毎木調査全域において、地形や土質（地層）を考慮して評価する。

### 3) トンネル掘削が斜面崩壊と土石流発生に及ぼす影響評価

上記項目（1)と 2)) を考慮して、(H-SLIDER 法) に基づき、トンネル掘削が二葉山北

斜面、尾長山斜面の斜面崩壊と土石流発生危険度の変化を予測し、評価する。

（文責：担当委員、中根周歩）

「植生に係わる補足調査計画（案）」の整理表（文責：中根、関連委員：関、奥西、西垣によるメールを整理）

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

1・1. 現況調査

番号	調査	主たる議題	目的	調査方法	調査地点、数量・調査期間等	備考	その他
1	ボーリングあるいは簡易水位調査	植生への影響	地下水位の分布 地質断面構造の把握	ボーリングあるいは簡易水位調査	二葉山、尾長山のトンネルの真上と両側斜面、谷部 深さは地下水位+5m程度 調査期間：12ヶ月程度？	地質・地層の調査(コアサンプルの採取)。堆積物の調査	地質・水文調査と協議する必要あり。 <a href="#">（参照：添付 図 1-1～1.3.ボーリング地点案）</a>
2	土壤水分調査	植生への影響	土壤水分の動態把握	土壤水分計による樹木の直根に沿った深さ別の土壤水分を連続的に計測	二葉山の3つの谷筋のトンネル付近と両側斜面。 尾長山では2地点 調査期間：12ヶ月程度	深さ1.5m程度まで3つの層で測定を行う。	<a href="#">（参照：添付 図 2.3-1～2.3-3.土壤水分調査地点案）</a>
3	土壤水分調査	植生への影響	地下水位が低下した時の土壤水分の動態把握	上記と同じ方法で、下方からの水分移動を遮断して測定	二葉山の3つの谷筋のトンネル付近と両側斜面。 尾長山では2地点 調査期間：12ヶ月程度	センサーの下側にU字形の遮水板を入れる。	遮断率を求めるため、予備実験が必要（中根）。
4	樹木の分布調査	植生への影響	樹木の分布状況の把握	毎木調査	トンネル上方45°の範囲 二葉山ではおよそ140(幅)×長さ320m(長さ), 尾長山ではおよそ140(幅)×670m(長さ)の範囲		直径(DBH)5cm以下の調査は不要（中根） 詳細な地形図が必要
5	根系の分布調査	植生への影響	根系の分布状況の把握	直根の分布を斜面下部側で土壤断面を作成し、観察する。	二葉山、尾長山の2～3つの谷筋のトンネル付近と両側斜面。	2と同じ地点で行う。	
6	各樹種の生育する土壤水分の調査	植生への影響	大径木の立地環境（土壤水分の閾値）	携帯用水分計(TDR)で、各樹種について測定	二葉山、尾長山で20種類×10本, 調査期間：平常時、降水直後、1～2週間後、干ばつ期の4回	15cm程度の深さで測定する。	<a href="#">（参照：添付 別紙）</a>
7	各樹種の生育する土壤水分の調査	植生への影響（比較）	既存トンネルにおける大径木の立地環境（土壤水分の閾値）	携帯用水分計(TDR)で、各樹種について測定	2地点、10種類×5本, 調査期間：平常時、降水直後、1～2週間後、干ばつ期の4回	可能な限り6と同じ樹種とする。同じ深さで測定する。	<a href="#">（参照：添付 別紙）</a>
8	年輪調査	植生への影響	既存トンネルにおける大径木の各樹種の生育状況の把握	生長錐による調査(木の根元付近で細い棒状のサンプルを採取)	10種類、各5本	可能な限り6と同じ樹種とする。	樹木の所有者の了解を得る必要がある。

注：調査地点、数量、調査期間等は中根の案。

なお、図で尾長山4とした谷筋は地形図と実際の地形が異なるため、現状に合わせて印を入れてある。

1・2. トンネル掘削が植生に及ぼす影響評価

番号	主たる議題	目的	方法	備考
1	土壤水の動態	根圏への土壤水分の供給源の把握	尾根、斜面中部、斜面下部において、根圏の上部、中部、下部、直下で測定された土壤水分の動態と同様な斜面位置、土壤深さにおいて、下方からの土壤水分の移動（移入）を遮断して測定された土壤水分の動態を比較検討	
2	根圏土壤水分への影響	根圏土壤の水分への影響を定量的に把握	トンネル工事中、工事後の地下水位の低下（「水文補足調査」結果に基づく）がもたらす、根圏土壤の水分への影響を定量的に把握	
3	植生の維持、生長に及ぼす影響	根圏土壤水分量の変化による生長への影響評価	根圏土壤水分量の変化が各樹木の生育維持、生長に及ぼす影響を毎木調査全域において評価を試みる	

2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生に及ぼす影響：根系の土壤緊ばく力を考慮して

2・1. 現況調査

番号	調査	主たる議題	目的	調査方法	地点数・期間等	備考	その他
1	堆積土砂量の調査	土石流	堆積土砂量の把握と滑り面となる基盤構造（傾斜、幅、長さなど）の把握	ボーリング調査結果の柱状図と地形、露頭の観察などによる	二葉山北斜面 3 つの谷筋、尾長山 1 つの谷筋		地質・水文調査と協議する必要あり。
2	斜面の形状	斜面崩壊、土石流	斜面崩壊と土石流発生危険度の把握	メッシュ（例えば 20m × 20m）レベルで、地表面地形、土層厚、土質強度、飽和透水係数などの因子を現地で測定		「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」(H-SLIDER 法)	メッシュは植生調査のメッシュと合わせる。植生メッシュを 10m × 10m に内装可能か？
3	根系土壤緊ばく力	斜面崩壊、土石流	樹木の根系の土壤緊ばく力を推定（毎木調査域での根系の土壤緊ばく力とその分布を把握）	毎木調査（樹種と胸高直径、マッピング）結果を用いる		胸高直径と根系の土壤緊ばく力は比例関係にあるので（北村・難破 1981），測定した胸高直径から根系の土壤緊ばく力を推定する（中根ら 1983）。	

2・2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生の危険性に及ぼす影響評価

番号	主たる議題	目的	方法	備考
1	地下水位の低下	地層への影響評価	工事中と地下水位低下期間及び地下水位回復時の地下水位の予測値を採用	二葉山北斜面の谷部や谷頭部斜面の地層（崖錐堆積層など）の陥没の可能性について、「地質補足調査」結果や関係委員の意見、見解に基づき、解析。
2	樹木根系の土壤緊ばく力の変化	樹木根系の土壤緊ばく力がどの程度低下するかを評価	二葉山北斜面や尾長山における樹木根系の土壤緊ばく力がトンネル掘削による地下水の低下によってどれほど影響を受けるかの評価を考慮	予測される地層のズレや沈下に対してどれほどの抵抗力を持つか、毎木調査全域において、地形や土質（地層）を考慮して評価。
3	トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生の危険性に及ぼす影響評価	影響評価	上記 2 項目を考慮して、(H-SLIDER 法)に基づき、トンネル掘削が二葉山北斜面、尾長山斜面の斜面崩壊と土石流発生危険度の変化を予測し、評価。	H-SLIDER 法に根系の土壤緊ばく力と地層の沈下の影響を組み込むことを検討する。（参照：添付 H-SLIDER 法）

別紙

6. 各樹種の生育する土壤水分の調査

二葉山, 尾長山では

常緑広葉樹: シリブカガシ, アラカシ, タブノキ, シロダモ, クスノキ, カゴノキ, カクレミノ, クロキ,  
ナナミノキ, ヤブニッケイ

落葉広葉樹: アカメガシワ, クリ, アベマキ, ヤマザクラ, コナラ, リョウブ, ウラジロノキ, アオハダ,  
イヌビワ, エゴノキ, ムクノキ

常緑針葉樹: スギ, ヒノキ, アカマツ などが多い。

これらの種から選定する。

7. 各樹種の生育する土壤水分の調査（比較）

地点は、地形や地質が類似しており、山体の中心を通っているトンネル付近とする。

例: 4号線の上、山陽道の武田山、五日市、志和、西条トンネルなど。比治山トンネル

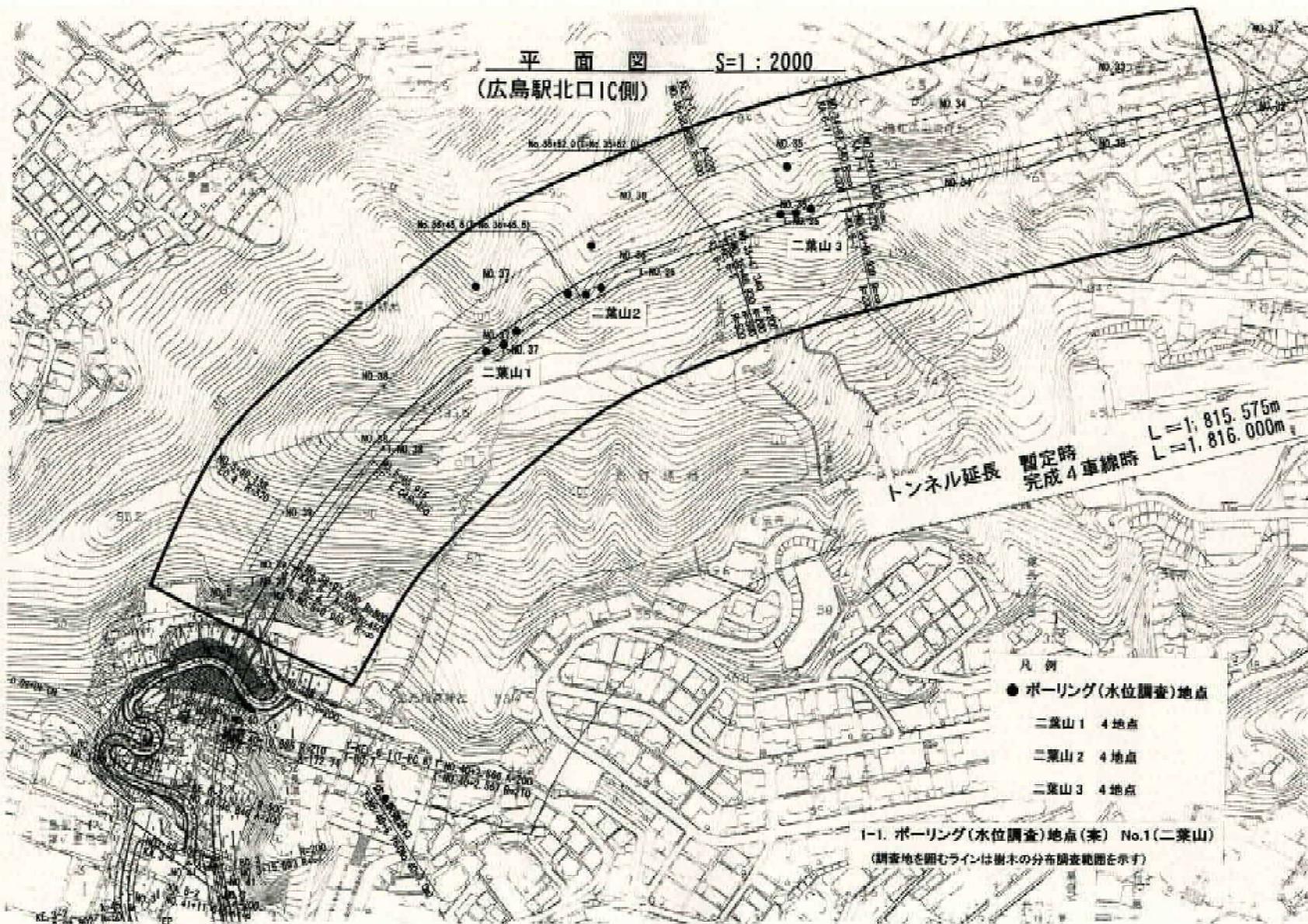
測定する樹種は可能な限り 6 と同じ樹種とする。

8. 年輪調査

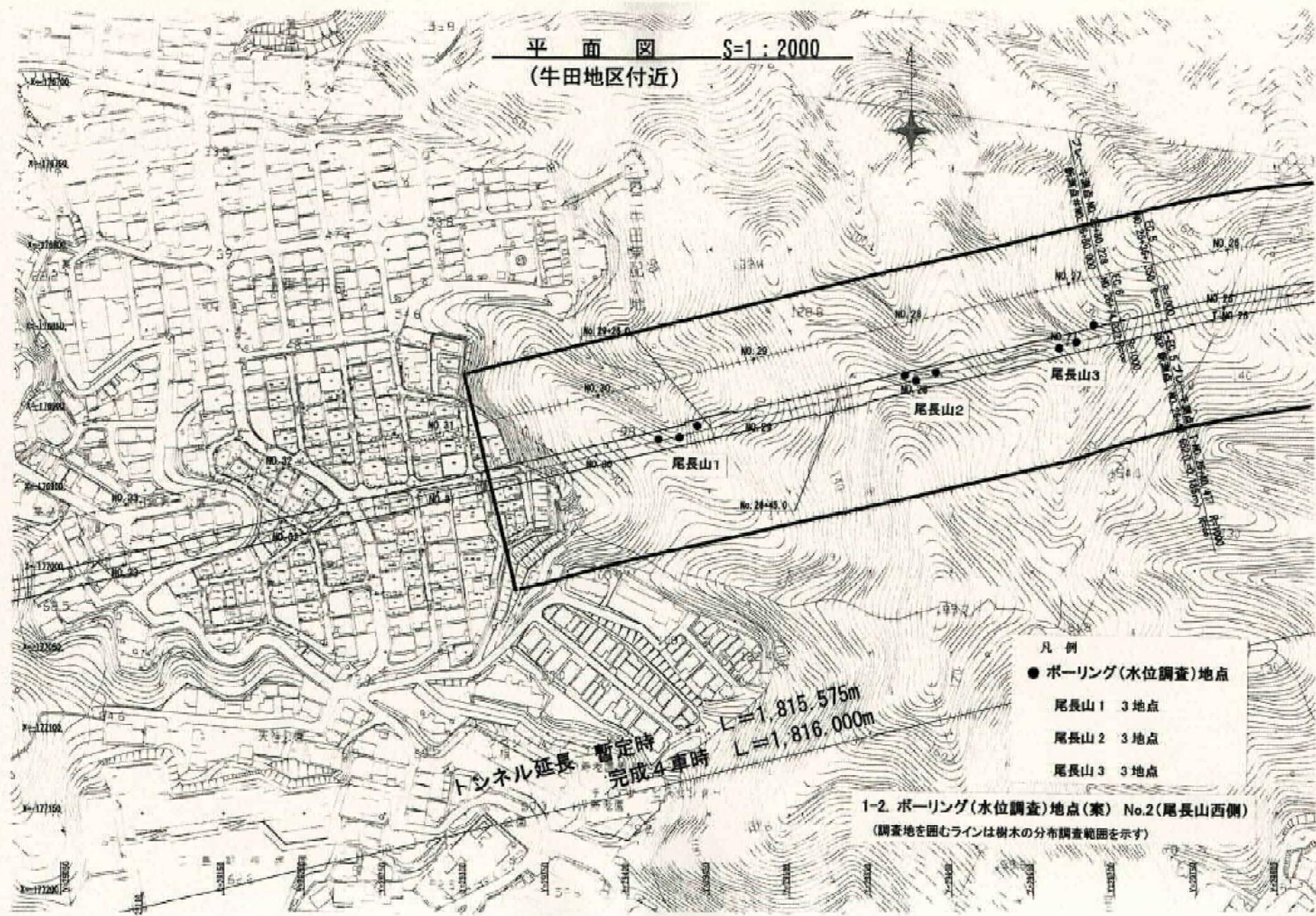
測定する樹種は可能な限り 6 と同じ樹種とする。

平面図 S=1:2000

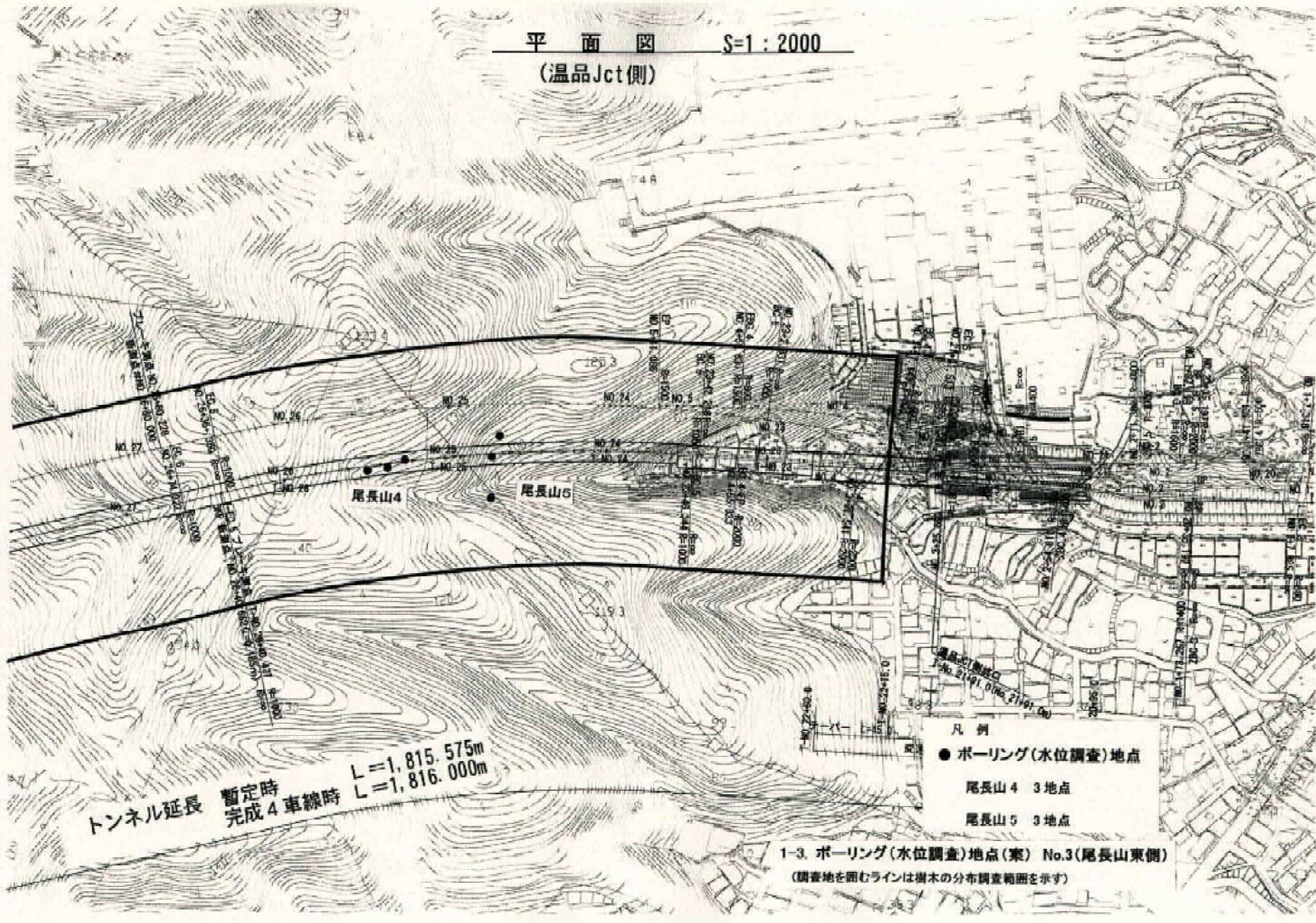
(広島駅北口IC側)

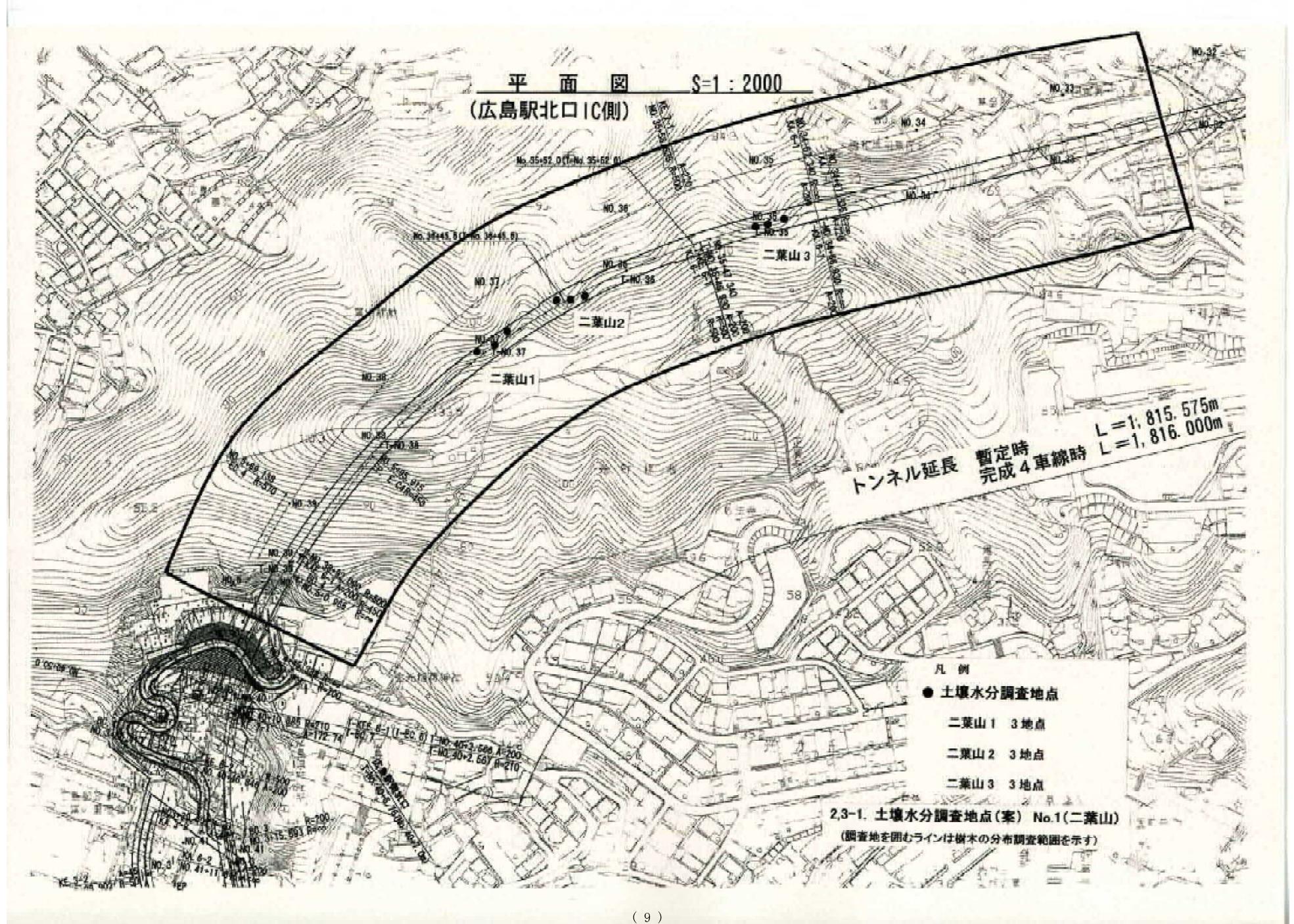


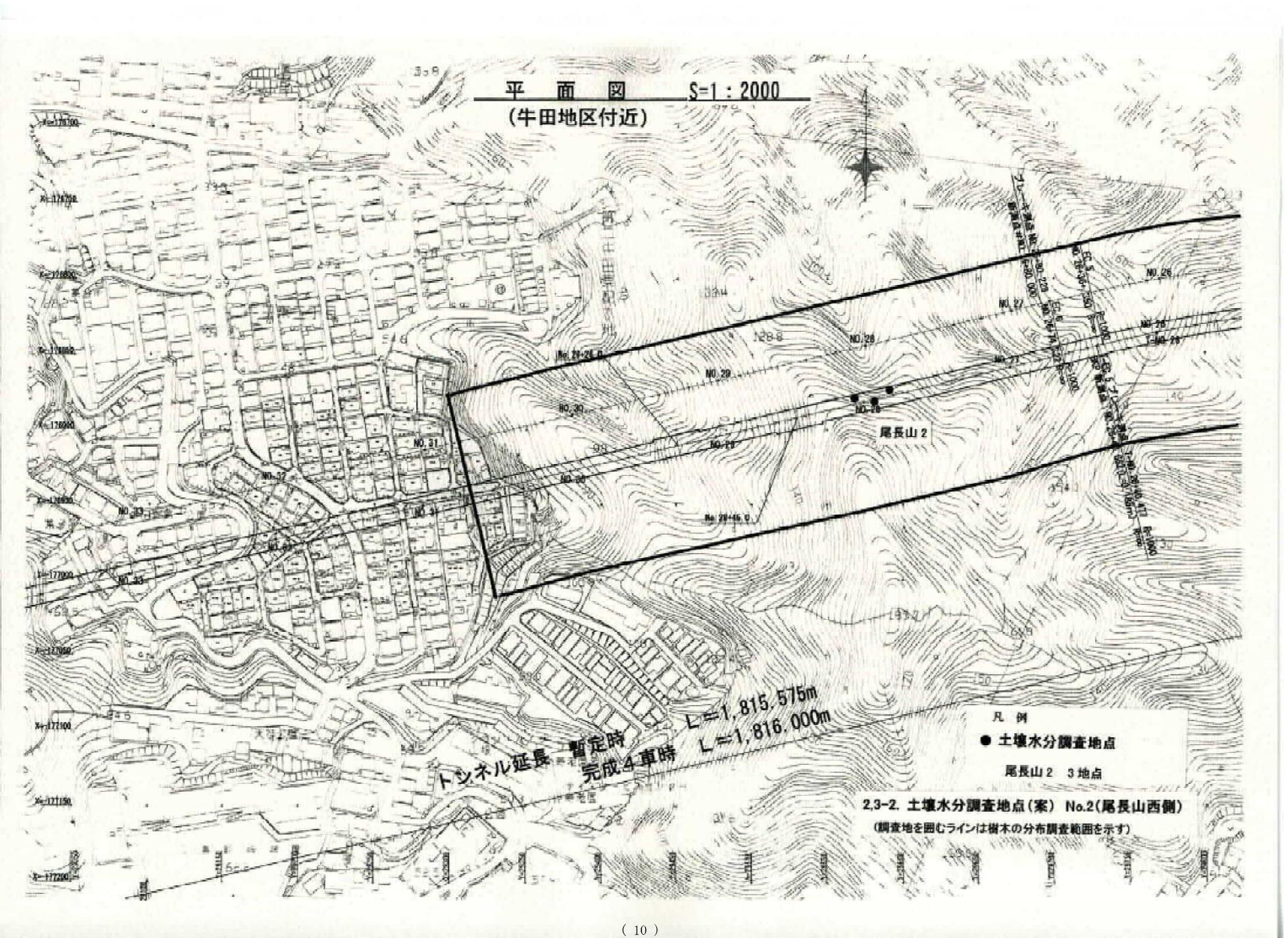
平面図 S=1:2000  
(牛田地区付近)

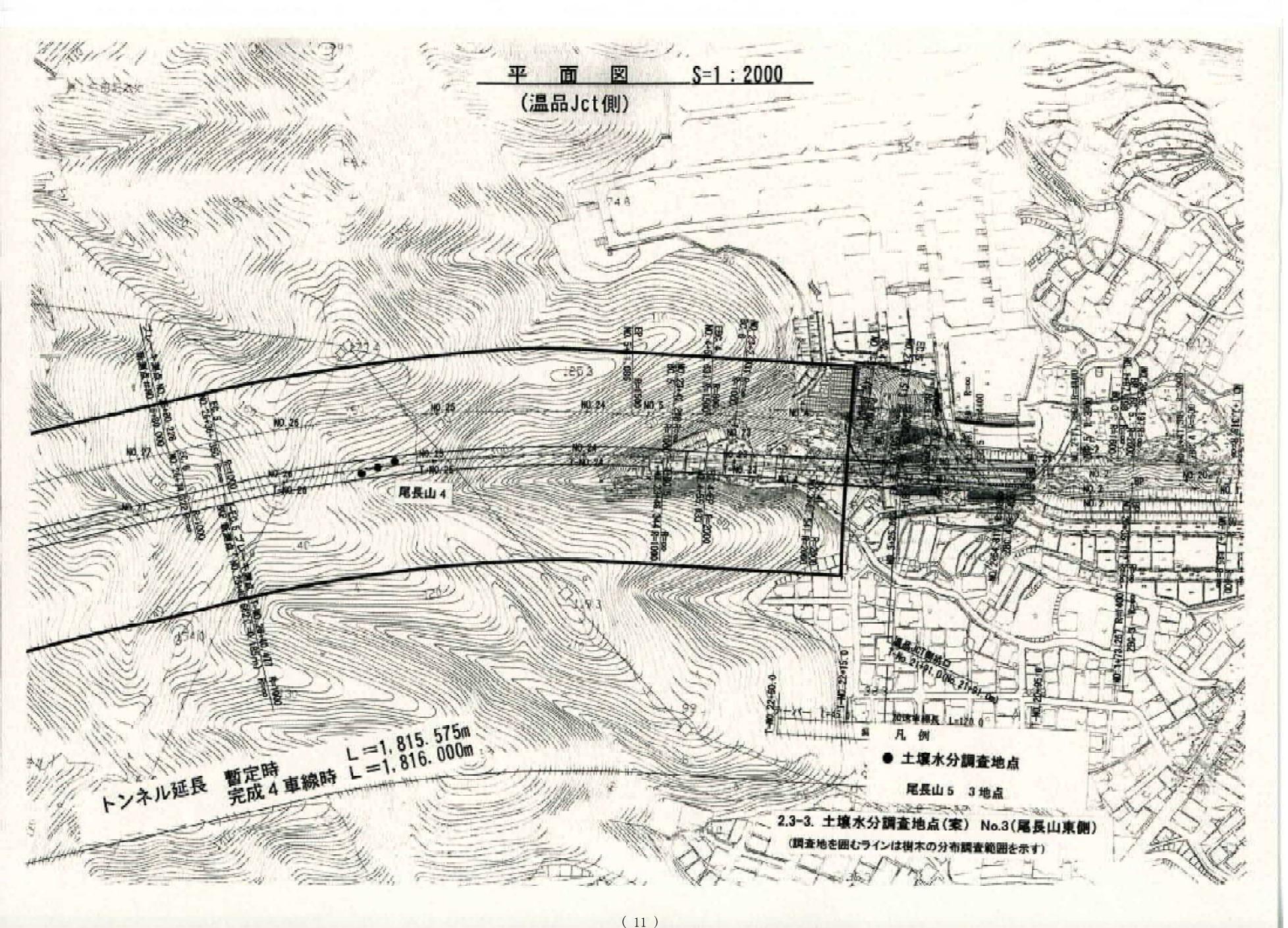


平面図 S=1:2000  
(温品Jct側)









全体平面図 S=1:5000

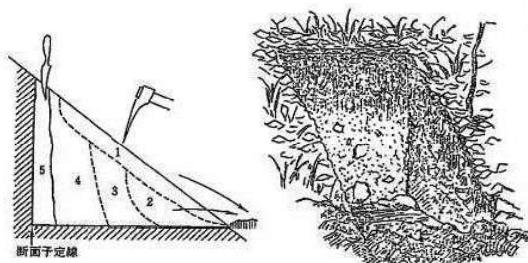
4. 樹木の分布調査範囲

## 1. 土壌水分調査

### ①土壌断面の掘り出し

縦1m×横1mの垂直な面が斜面の山側に現れるように、斜面の傾斜に直角の位置に断面を作る。作業は、シャベル、ツルハシ、クワ、スコップ等を用い、人力で行う。

基岩が浅い場合は、基岩に達するまでとする。



土壌断面の掘り方

### ②調査項目

現れた土壌断面について、肉眼により層位を区分し、その厚さ・表面からの深さを調べるとともに、土性を確認する。

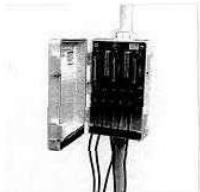
また、土壌構造、孔隙、根等について、肉眼及び手指感覚により調査し、さらに、測定機器により土壤硬度を測定する。

### ③土壌水分調査

土壌水分センサーを表層から1.5m程度まで3つの層に設置（挿入）し、センサーはデータロガーに接続する。土壌断面はセンサー設置後、埋めもどす。



土壌水分センサー



データロガー

## 植生に係わる補足調査一次案への意見・コメントと対応

「植生に係わる補足調査一次案」への各委員のご意見、コメントの要旨を下記します。ただ、海堀委員と関委員の意見は別途、全文を添付します。

奥西委員：特に一次案に異論はない。このたびの植生関係の調査において、トンネル掘削→地下水位変化、土壌変化、植生変化→土石流・斜面崩壊の危険性への影響という視点が求められる。

越智委員：（トンネル掘削による地下水位の低下が）「表層の崖錐堆積層はもちろんあるが、福木トンネルの例では、強風化花崗岩（D 級など）も表面沈下する」とすべき。尾長山では田東 3 丁目の東側を対象流域とすべき。

海堀委員：対象地域はもともと、斜面崩壊、土石流発生危険地域であるが、トンネル掘削は地下水位を低下させるので、安全となる。また、トンネル建設地の上部山体（斜面）で土石流などが発生したのは五日市トンネルのみで、トンネル建設と土石流の因果関係は確かに考慮する必要はない。（全文は別紙 1）

「トンネル工事によって起きる可能性の高い地中水位や水圧の低下ならびに排水等は、これをうまく利用することで、排水により間隙水圧が低下したり高い含水状態の部分を減らすことが、その周囲一帯で摩擦抵抗力を増やし、土砂移動による災害発生の危険度を減じることにつながり、斜面の安定化を高めるための一種の地中水対策工事として見ることもできる可能性がある。ただし、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ことから、その影響範囲や程度等については専門の委員に追加調査の必要性についての検討をゆだねたい。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。」（海堀委員の意見抜粋）

「トンネル工事が土石流の発生を助長する場合とはどのように生じるのだろうか？ 少なくとも、土石流発生の危険性を直接的に高めるようなトンネル工事というのを想像することができない。1999 年 6.29 災害の時に広島市五日市トンネル付近で起きた土石流はそのときの集中豪雨によって 1 千カ所以上で起きた崩壊や土石流などの土砂移動現象のひとつであって、トンネル位置に集中して発生していたものではないことから、関連づけて考える必要はないと思われる。他にトンネル工事と密接に関係した土石流災害というのがあるのであればぜひ教えてほしい。」（同抜粋）

佐々木委員：異論なし。

関委員：1 次案は基本的に妥当であるが、調査経費と調査期間から縮小すべき。予めの予測・評価基準を示すべき。（全文は別紙 2）

城間委員：補足調査計画への意見はありません。ただ、文面で、「地層陥没」→「地層沈下」とすべき。「ウォータータイト工法」→「今回提案のウォータータイト工法」とすべき。

坂巻委員：賛同する。

富井委員：異議なし。

吉國委員：植生に係わる補足調査計画の内容に意見はない。トンネル建設に関連して行われた類似の植生調査例とその効用を示すべき。

以上、9名の委員が意見を寄せられた。これに、西垣委員と中根はここに表示していませんが、原案に同意とします。11名中9名は、この原案で、字句の修正などはあるが、基本的に問題ない、とされています。

しかし、関係委員で、これらの意見を検討し、再度、修正案（二次案）を委員会への審議に付すことにしました。その修正については、上記の各委員への回答を含めて以下のように対応しました。

### <審議で出された論点>

一次案への異論としては、海堀委員の次の論点があります。

1. トンネル掘削よって、掘削中および掘削後中長期にわたって地下水位は低下する。二葉山などの山体の地下水位は高く、潜在的に土壌が雨水飽和になりやすく、斜面の崩壊、土石流発生の危険性は高い。それ故に、地下水位が低下することはその危険性が低下する。
2. 実際に、1999 年 6 月 29 日の広島西部と西条における集中豪雨によって、トンネル（山陽道など）の近辺で斜面崩壊、土石流が発生したのは五日市トンネルにおいてのみである。トンネル掘削と土石流の因果関係は不明で考慮しなくてよい。

以上の論点に対して

- ① 今回提案のウォータータイト工法」であっても掘削中とその後数年間は地下水位の低下は免れません。福木トンネルのように、工事後僅かの期間で宅地の崖錐堆積土で地盤沈下が生じています。同様に、二葉山、尾長山の谷筋には大量の崖錐が堆積していると思われます。この直下をトンネルが掘削されるわけですので、万が一、谷筋の地盤や堆積土の一部が沈下すれば、そこに雨水、谷水が集中する可能性があります。これは土石流の危険性を高くすると考えられます。これらの危険性については、別途、室内モデル実験を実施することが考えられます。

「ウォータータイト工法」よって、工事後 4~5 年間で地下水位を戻すとしていますので、「地下水位の低下で安全となる」という海堀委員の判断は工事計画の安全検討という点から、事実誤認で、海堀委員の主張の根拠は成り立ちません。

- ② 1999 年 6 月 29 日の集中豪雨を浴びた山陽道のトンネルで山体の中心部を貫通する、長さ が 1km 程度のものとして、五日市トンネル、武田山トンネル、志和トンネル、西条トンネルがあります。武田山トンネルを除くいずれのトンネルでも、トンネル上部付近の山腹で複数の斜面崩壊、土石流が発生しています（当時の航空写真や現地踏査による）。このたびの二葉山、尾長山の斜面谷頭部などの崖錐堆積土が、トンネル掘削による一時的であり、地下水位の低下で沈下した場合の土石流発生危険性への影響を評

価する試みは皆無といえるので、両者に関連はない、と言い切るのは危険であり、海堀委員の見解はその意味で採用できません。

その他の論点として

3. トンネル掘削によって、直上の樹林が枯れた前例がないので、土壤水分が仮に多少低下しても、それが斜面崩壊や土石流には結びつかない。

③ 吉國委員の提案にあるような、トンネル建設に伴う樹木生長、枯死への影響調査（評価）は、本来の環境影響評価の対象ではないため、先例はありません。ただ、奥西委員が京都の天王山トンネルで上部山腹の竹林の土壤の乾燥化を指摘されています。二葉山や尾長山では、「シリブカカシ林」調査のデータから求めた、樹木根系の土壤把握力（土壤緊ばく力）は、1999年広島市西部を襲った集中豪雨で、崩壊した斜面の土壤緊ばく力と同等かそれ以下であることが判明しています。斜面崩壊を止める力は現在の樹木には期待できません。さらに、これら樹木の成長が乾燥化によって抑制されるならば、将来の土壤緊ばく力の増大を遅らすことになります。

4. 評価基準を予め、設定して、調査を実施すべきではないか。

④ 斜面崩壊や土石流では、現状の危険度を100とした時、 $100 - 110$ 、 $110 <$ でどのように判断するか、ということでしょうか？ 現状がすでに斜面崩壊、土石流発生危険地域である以上、現在より危険度が高まるならば、安全とは言えないと言べきと考えます。樹木については、各樹木の特性がありますが、夏季の日中において、長期にわたって（2～3週間）、光合成の“昼寝”現象が生じるならば、生育に大きな影響あり、と評価すべきと考えます。

（文責：担当委員 中根周歩）



## 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)



## 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)

土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム  
土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム  
土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム  
土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム  
土砂管理研究グループ

上席研究員 田村 圭司  
主任研究員 内田 太郎  
交流研究員 秋山 浩一  
交流研究員 盛 伸行<sup>\*</sup>  
グループ長 寺田 秀樹

#### 要旨

砂防事業の更なる重点化、効率化を図るために、土砂災害が発生する危険度の高い箇所からハード対策を推進していくことが有効であると考えられる。そのためには、膨大かつ広域に広がる土砂災害の危険箇所の危険度を評価できる手法の構築が必要となる。

近年、レーザープロファイラや簡易貫入試験の改良など、場の条件の測定技術に進歩が見られる。その結果、新たな測定技術を用いて場の条件を従来以上に精度良く計測し、表層崩壊発生危険度評価モデルを用いることで、表層崩壊発生場所を比較的精度良く予測できるようになった。

そこで、本資料は、新たに表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価手法をマニュアルとしてとりまとめ、その内容を解説するものである。

キーワード：表層崩壊、微地形、土層厚分布

\* 現 横東京建設コンサルタント

### 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)

#### 目次

はじめに .....	1
1. 概説 .....	2
2. 調査及び評価手法の概要 .....	3
3. データの準備 .....	4
4. 表層崩壊発生危険定常降雨強度 (rc) の算出 .....	9
5. パラメータの妥当性確認 .....	10
6. 斜面スケールの表層崩壊の発生危険度評価 .....	11
7. 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の高い渓流の抽出 .....	12
参考資料 1 渓流単位の表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の概略評価手 (G SLIDER法) .....	14
参考資料 2 表層崩壊発生危険定常降雨強度 (rc) の算出に用いる式の導出 .....	22
参考資料 3 D Infinity Flow Direction法による集水面積の算定 .....	24
参考資料 4 H SLIDER法の適用事例 .....	29
参考資料 5 G SLIDER法の適用事例 .....	32
参考文献 .....	34

## はじめに

砂防事業の更なる重点化、効率化を図るために、土砂災害が発生する危険度の高い箇所からハード対策を推進していくことが有効であると考えられる。そのためには、膨大かつ広域に広がる土砂災害の危険箇所の危険度を評価できる手法の構築が必要となる。

1980年代から表層崩壊の予測手法として、浸透流解析等の雨水流出に関するモデルと斜面安定解析を組み合わせた表層崩壊発生危険度を評価するモデルが提案され、複雑な自然現象に近づけようと評価モデルの改良が加えられてきている。さらに、近年、レーザープロファイラや簡易貫入試験の改良など、場の条件（評価モデルの入力条件）の測定技術に進歩が見られる。その結果、新たな測定技術を用いて場の条件を従来以上に精度良く計測し、表層崩壊発生危険度評価モデルを用いることで、表層崩壊発生場所を比較的精度良く予測できるようになった（参考資料4）。

表層崩壊により発生した土砂の一部は流動化し土石流となると考えられる。しかし、崩壊土砂が土石流化するか否かを精度良く予測することが困難であるため、ここでは、崩壊土砂が土石流化する可能性は等しいと仮定し、表層崩壊の発生のおそれの高い斜面が多い渓流ほど表層崩壊に起因する土石流の発生の危険性が高いと考えることにより、表層崩壊に起因する土石流の発生危険度を評価する手法を検討した。

同手法を用いることにより、

- ① 事業優先度の決定に資する渓流および斜面の相対的な危険度評価
  - ② 警戒避難支援に資する渓流斜面監視箇所決定のための渓流および斜面の相対的な危険度評価
  - ③ 斜面対策を含む対策工法決定に資する渓流および斜面の相対的な危険度評価
- 等が可能となった。

そこで、本資料では、上記の①から③など実際に土砂災害対策に活用できるように、表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価手法をマニュアルとしてまとめ、解説する。また、本マニュアルに示す表層崩壊発生危険度評価手法は、急傾斜地で発生するかけ崩れの危険度評価などにも適用可能である。

## 1. 概説

本マニュアルは、表層崩壊に起因する土石流の危険度を評価するために用いるものとする。対象現象は、表層崩壊に起因する土石流とし、深層崩壊に起因する土石流および天然ダムの決壊に起因する土石流は対象としない。

### 【解説】

表層崩壊とは、表土層のみが崩壊する現象であり、表土層を截せた風化した岩盤から崩壊する深層崩壊とは区別される。

なお、深層崩壊の発生の恐れのある渓流の抽出にあたっては、「深層崩壊の発生の恐れのある渓流抽出マニュアル(案)」(土木研究所資料 N. 4115) が参考になる。

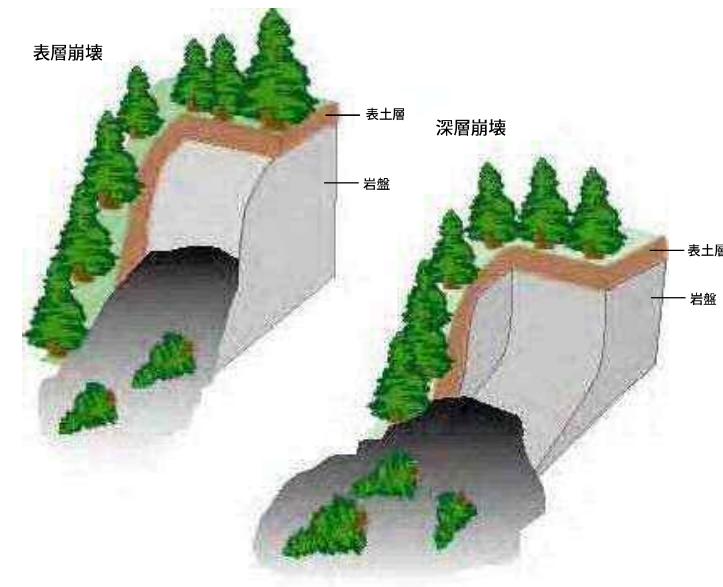


図-1 表層崩壊と深層崩壊の模式図

## 2. 調査及び評価手法の概要

本マニュアルでは地表面地形、土層厚、土質強度、飽和透水係数など表層崩壊の発生を規定する場の条件について実測した上で、簡易な評価モデルを用いて、表層崩壊に起因する土石流の発生危険度を評価する。

### 【解説】

本マニュアルで用いる危険度評価手法は、以下では「H SLIDER法(Hill slope scale shallow landslide-induced debris flow risk evaluation method)」と呼ぶ。

H SLIDER法では、地表面地形、土層厚、土質強度、飽和透水係数を実測し、斜面安定解析及び定常状態を仮定した水文モデルを組み合わせた簡易な評価モデルを用いて斜面スケールの表層崩壊の発生危険度を評価する。その上で、渓流単位で斜面スケールの表層崩壊の発生危険度を積み上げ、表層崩壊に起因する土石流の発生危険度を評価する。

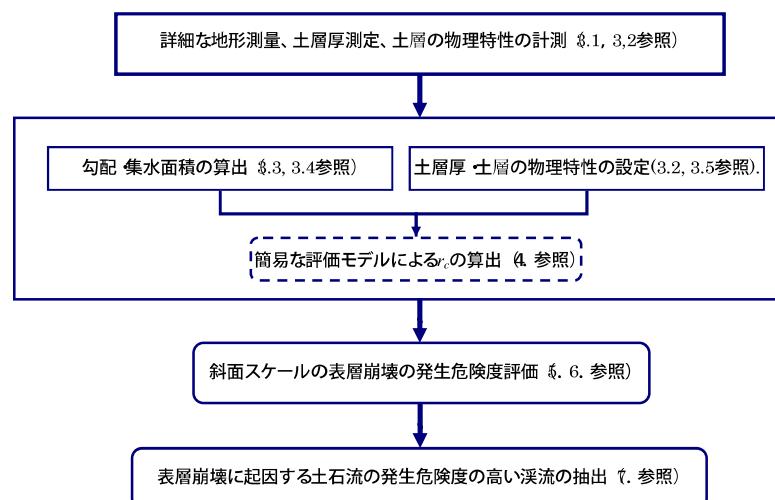


図-2 H SLIDER法の概念図

## 3. データの準備

### 3.1 必要なデータ

H SLIDER法では、以下のデータを使用する

- ① 数値地形情報（DEM）
- ② 土層厚の分布
- ③ 土層の粘着力、内部摩擦角
- ④ 土層の飽和透水係数
- ⑤ 饱和時および不飽和時の土層の単位体積重量

### 【解説】

DEMについては、少なくとも空間分解能が10m以下のレーザープロファイラ等を用いることを基本とする。

土層厚は貫入試験により測定することとして、詳細は3.2に示すとおりとする。

土層の粘着力、内部摩擦角、飽和透水係数、飽和時および不飽和時の土層の単位体積重量は、現場でサンプリングした測定結果の平均値など、代表性のある値を用いることとする。なお、詳細は3.4に示すとおりとする。

土層の飽和透水係数は、水文観測結果などを用いてパラメータの設定を行うことが望ましい。ただし、水文観測結果などが得られない場合は、土壤サンプル(例えば、100cm<sup>3</sup>)の透水試験により、パラメータを設定するものとするが、斜面土層の等価透水係数に比べて小さくなる場合が多いため、4.で算出する表層崩壊発生危険定常降雨強度( $r_c$ )が過小に評価される恐れがあることに留意する。

### 3.2 土層厚の分布の測定

土層厚は簡易貫入試験などにより、面的に測定する。

#### 【解説】

ここで言う土層厚とは、「表層崩壊の恐れのある土層厚」のことである。土層厚は、対象地域内に過去の崩壊地がある場合、崩壊地内と崩壊地外の貫入試験結果を比較することにより、過去の崩壊が生じたと考えられる貫入抵抗値を推定し決定する。

簡易貫入試験を用いた土層厚の測定に関しては、国土技術政策総合研究所資料 No 261が参考になる。なお、測定間隔は、想定される崩壊の幅以下とする。「想定される崩壊の幅」は、対象地域およびその周辺の既往の崩壊幅を参照する。

なお、土層厚の測定は、評価対象範囲内に崩壊地がある場合、崩壊地も含めて測定する。また、比較的緩勾配（概ね勾配 15° 以下）の斜面は土石流の発生源となる可能性が低いため調査の対象から除外しても良い。

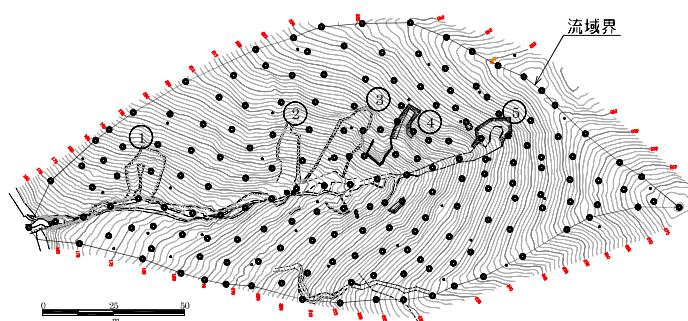


図-3 土層厚測定点の事例（黒丸が土層厚の測定点）

### 3.3 メッシュ分割・標高の算出

評価対象範囲のメッシュ分割を行い、メッシュごとに地表面の標高、土層厚、基岩面の標高を算定する。

#### 【解説】

メッシュサイズは 10m程度とし、斜面規模や土層厚測定状況に配慮し、分割することとする。また、基岩面の標高は、地表面の標高から、土層厚を引いた値とする。

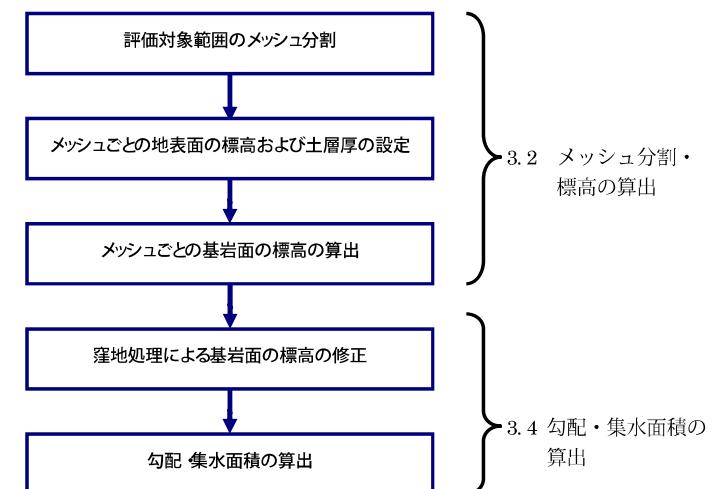


図-4 勾配・集水面積の算定フロー

### 3.4 勾配・集水面積の算出

3.3で設定した基岩面の標高を用いて、メッシュごとに基岩面の勾配・集水面積を算出する。

#### 【解説】

集水面積(A)の概念図を図-5に示す。勾配・集水面積の算出にあたり、明らかな溝地を除き、予め溝地を埋め戻す処理を行う。また、勾配・集水面積の算出に関しては、できるだけ実態にあった地形量が算出可能な方法(例えば、Dinfinity法(参考資料3))を用いて、実施することが望ましい。

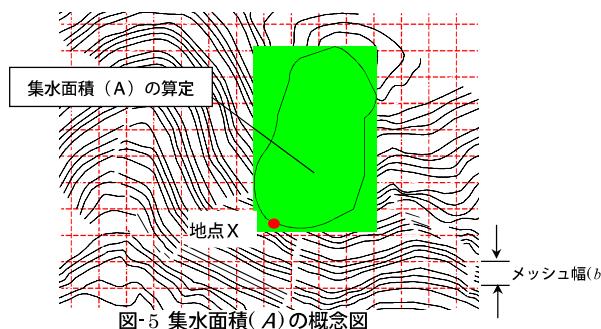


図-5 集水面積(A)の概念図

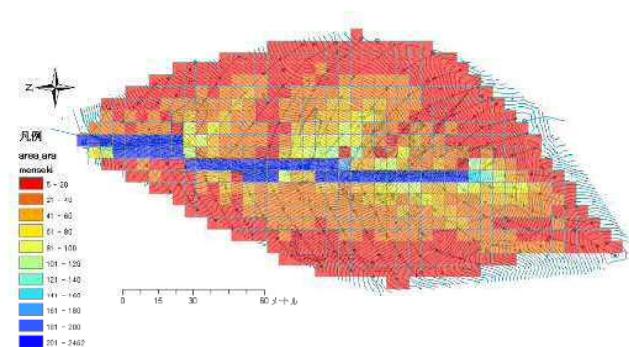


図-6 集水面積(A)の算出事例

### 3.5 土質強度の設定

室内試験または地形および土層厚より、土層の粘着力、内部摩擦角を設定する。

#### 【解説】

土質強度は3軸圧縮試験などの室内実験結果より設定する他、以下の理由から地形及び土層厚から逆推定する手法を用いることができる。

小さい土壤サンプルを用いて求めた粘着力・内部摩擦角は、実斜面における根系の影響や礫等の影響を考慮した見かけの粘着力・内部摩擦角と乖離している可能性がある。また、土の粘着力は含水率の影響を受ける上、実際の斜面崩壊発生時において、土層が完全な排水状態になるかどうかなど排水条件についても不明な点がある。さらに、斜面崩壊は土層内の最も弱い部位において発生すると考えられる。

#### 参考 地形および土層厚より土質強度を求める方法

逆推定方法としては、少なくとも、不飽和時には、安全率が1以下になることはないと考え、ほぼ全ての点で地下水位が0 cmの状態で安全率が1を切らない範囲の最小の粘着力、内部摩擦角の組合せを算出する方法などがある(参考資料4参照)。

#### 4. 表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) の算出

表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) を、勾配 ( $I$ )、集水面積 ( $A$ )、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 ( $\phi$ )、土層の飽和透水係数 ( $K_s$ )、土層の飽和時単位体積重量 ( $\gamma_s$ )、土層の不飽和時単位体積重量 ( $\gamma_t$ )、水の単位体積重量 ( $\gamma_w$ ) から以下の式で算出する。

$$r_c = \frac{K_s \tan I \cos I \{c - \gamma_t h \cos I (\sin I - \cos I \tan \phi)\}}{A \{ \gamma_w \cos I \tan \phi + (\gamma_s - \gamma_t) (\sin I - \cos I \tan \phi) \}} \quad \text{式-1}$$

$r_c$  の算出は、メッシュごとに行う。

##### 【解説】

本マニュアルでは

- ①間隙水圧が定常状態
- ②地下水の流れはダルシー則に従う
- ③無限長斜面安定解析で安全率が 1.0 となった時点での表層崩壊が発生する。
- ④地表流による侵食現象は生じない。

と仮定し、式-1により、 $r_c$ を求める。

なお、式の導出の詳細については、参考資料 2 に示した。

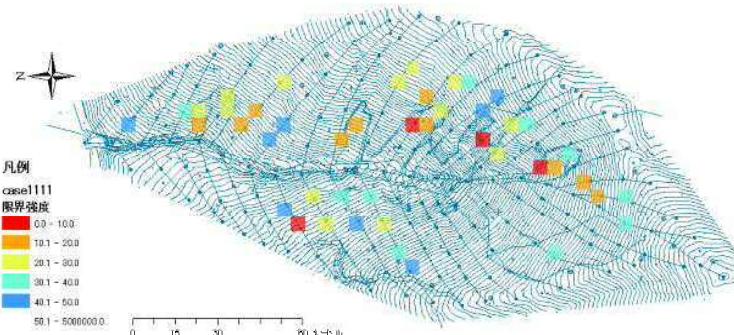


図-7 表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) の計算例

#### 5. パラメータの妥当性確認

評価対象範囲内に過去の表層崩壊地が存在する場合、崩壊発生以前の土層厚を想定し、設定したパラメータの妥当性を確認する。

##### 【解説】

崩壊発生以前の土層厚を想定し、4. で示した手法により、表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) を算出する。算出結果より設定した土層厚および土質強度等のパラメータの妥当性を確認する。過去の崩壊地の表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) が他の斜面（崩壊地外）の  $r_c$  に比べて概ね小さくなっている場合、パラメータの設定は妥当と判断する。過去の崩壊地内の表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) が正しく表現できない場合は、崩壊の恐れのある部位(3.2 参照)、土質強度(3.5 参照)等の設定方法を見直すこととする。

なお、崩壊発生以前の土層厚の設定は、崩壊地の状況を現地で確認し設定することを基本とする。

## 6. 斜面スケールの表層崩壊の発生危険度評価

4. で算出した表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) が小さい斜面ほど、表層崩壊の危険度が高い斜面として評価する。

### 【解説】

表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) は、土壌中の水分状態が定常に達するまで、一定降雨強度の雨が降った場合に崩れる最小降雨強度を表したものである。そのため、必ずしも、降雨強度が  $r_c$  を超えた瞬間に表層崩壊が発生するということを意味するものではない。 $r_c$  の値は相対的な表層崩壊の発生危険度を表す指標である。

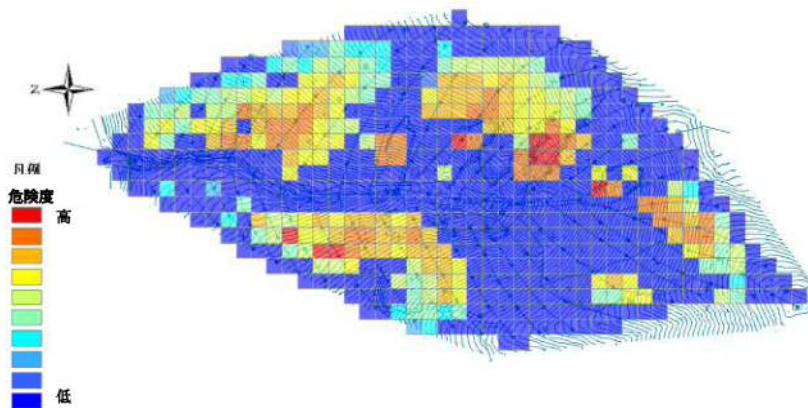


図-8 表層崩壊発生危険度評価例

## 7. 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の高い渓流の抽出

6. で評価した表層崩壊発生危険度の高い斜面が多い渓流を表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の高い渓流として抽出する。

### 【解説】

渓流ごとの危険度を表す指標として、「崩壊危険面積 ( $\alpha$ )」および「崩壊危険面積率 ( $P$ )」を用い、崩壊危険面積、崩壊危険面積率の高い渓流を表層崩壊に起因する土石流の発生の危険の高い渓流として抽出する。崩壊危険面積 ( $\alpha$ ) および崩壊危険面積率 ( $P$ ) は以下の式で算出する。

$$\alpha = A_m N(r) \quad \text{式-2}$$

$$P = \alpha / A \quad \text{式-3}$$

ここで、 $A_m$  はメッシュの面積、 $N(r)$  は  $r_c$  が降雨強度  $r$  以下のメッシュの数、 $A$  は渓流の面積である。なお、降雨強度  $r$  は、既往の災害発生時の降雨実績をもとに決定する。ただし、算出結果が既往の災害実績と著しく異なる場合については、降雨強度  $r$  を算出された表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) の値を参照して見直すこととする。

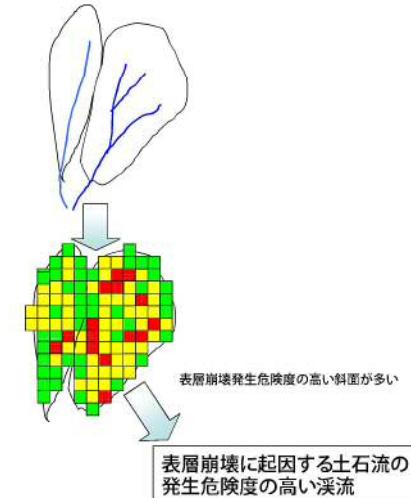


図-9 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の高い渓流の概念図

## 参考資料

- 参考資料 1 溪流単位の表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の概略評価手法(C-SLIDER法)
- 参考資料 2 表層崩壊発生危険定常降雨強度( $r_c$ )の算出に用いる式の導出
- 参考資料 3 D-Infinity Flow Direction 法による集水面積の算定
- 参考資料 4 H-SLIDER法の適用事例
- 参考資料 5 G-SLIDER法の適用事例

## 参考資料 1

### 溪流単位の表層崩壊に起因する土石流の発生危険度の概略評価手法 (C-SLIDER法)

#### はじめに

H-SLIDER法は、地表面地形、土層厚、土質強度、飽和透水係数を実測し、無限長斜面の安定解析及び定常状態を仮定した水文モデルを組み合わせた簡易な評価モデルを用いて表層崩壊に起因する土石流の発生危険度を評価する手法である。すなわち、H-SLIDER法は、空間分解能の高いDEM・土層厚の分布の計測等が必要となる。そのため、広域に適用するには不向きな面がある。

そこで、H-SLIDER法の考え方方に従い、場の条件に関するパラメータの不確実性を考慮することにより、比較的簡単に広域（地質および気候条件が概ね等しいと考えられる範囲）に適用できる「C-SLIDER法(Catchment scale shallow landslide-induced debris flow risk evaluation method)法」を紹介する。

#### C-SLIDER法は

- ① H-SLIDER法で斜面の危険度を評価した溪流の周辺渓流における土石流の発生危険度の概略評価（図-1）
  - ② 対象地域が広域であるため全域で詳細な調査実施が困難である場合における土石流の発生危険度の概略評価（図-2）
- を行う場合に用いられることが考えられる。

また、G-SLIDER法は、土石流危険渓流単位の危険度を大まかに評価する手法であり、土石流危険渓流内の斜面ごとの表層崩壊発生危険度の評価を目的としたものではない。そのため、危険度の高い渓流の中の危険度の高い斜面の抽出などより詳細に危険度を評価するためには、G-SLIDER法の評価のうちに、H-SLIDER法による評価を実施する必要がある（図-2）。

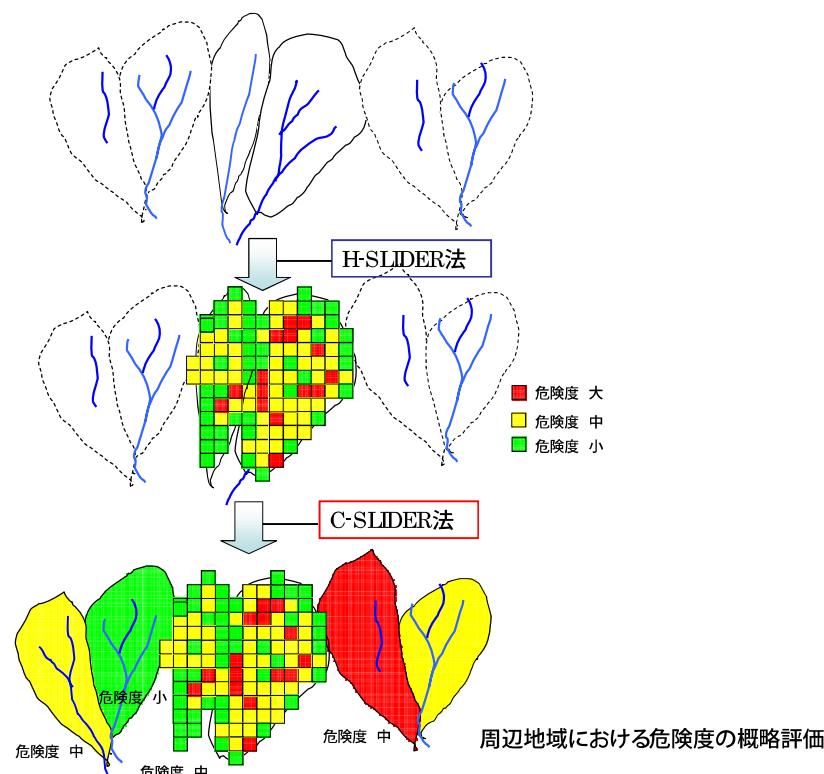


図-1 H-SLIDER法で危険度評価した溪流の周辺渓流におけるC-SLIDER法による危険度の概略評価の概念図

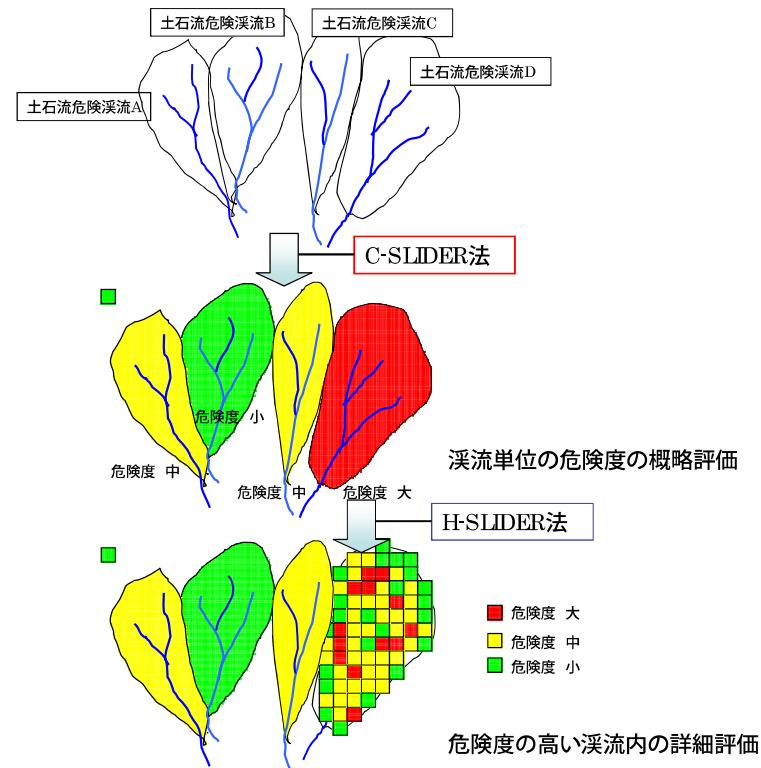


図-2 C-SLIDER 法による概略の危険度評価および危険度の高い渓流における H-SLIDER 法による詳細な危険度評価の概念図

## 1. 使用データの準備

- G-SLIDER法では、以下のデータを使用する
- ① 数値地形情報（DEM）
  - ② 土層厚の分布
  - ③ 土層の粘着力、内部摩擦角
  - ④ 土層の飽和透水係数
  - ⑤ 飽和時および不飽和時の土層の単位体積重量

### 【解説】

DEMについては、空間分解能が高いレーザープロファイラ等のDEMを用いることを基本とする。ただし、空間分解能が高いDEMが計測されていない場合においては、50mメッシュのDEMを用いることとする。

土層厚の分布の測定は、本マニュアルの3.2と同様な方法で実施する。土層厚の測定は、概ね100点以上実施することとし、対象地域内の代表的な溪流で実施する。

土層の粘着力、内部摩擦角、飽和透水係数、飽和時および不飽和時の土層の単位体積重量は、できるだけ多く計測し、分布状況を把握する。なお、土層の粘着力、内部摩擦角の分布を明らかにすることが困難な場合は、貫入試験結果をもとに設定することも可能である（参考資料5参照）。

## 2. 勾配・集水面積の算出

- 対象地域をメッシュ分割し、地表面の標高より、メッシュごとに勾配、集水面積を算出する。

### 【解説】

勾配及び集水面積の算出するメッシュの大きさは、10m程度とする。勾配・集水面積の算出の前に窪地処理を行う。また、勾配・集水面積の算出に関しては、できるだけ実態にあった地形量を算出可能な方法（例えば、参考資料3で示したD-infinity法）を用いて、実施することが望ましい。

### 3. 安全率の算定

安全率( $F_s$ )を、勾配( $I$ )、集水面積( $A$ )、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( $\phi$ )、土層の飽和透水係数( $K_s$ )、土層の単位体積重量( $\gamma$ )、水の単位体積重量( $\gamma_w$ )から以下の式で算出する。

$$F_s = \frac{c + (\gamma h \cos^2 I - \gamma_w b K_s \tan I) \tan \phi}{\gamma h \cos I \cdot \sin I} \quad \text{式-1}$$

$F_s$ の算出は、メッシュごとに行う。

#### 【解説】

安全率の算出にあたっては、土層内の間隙水圧は定常状態に達した状態を仮定し、参考資料2に示す式-1～式-3を変形し、式-1で算出する。

降雨強度 $r$ は、既往の災害発生時の降雨実績をもとに決定する。ただし、算出結果が既往の災害実績と著しく異なる場合については、降雨強度 $r$ を既往の崩壊実績を考慮し見直すこととする。

### 4. 崩壊発生確率の算出

3. の式1の入力条件に関する実測データが十分ないメッシュでは、周辺地域の調査結果に基づく入力条件の確率分布を用いて、メッシュの表層崩壊発生危険度を算出する。

#### 【解説】

3. の式1の入力条件(土層厚、土質強度など)に関する実測データが十分ないメッシュでは、周辺地域の調査結果に基づく入力条件の確率分布を用いて、ある降雨条件下において、安全率が1.0以下となる確率を「崩壊発生確率」として算出する。なお、安全率は3.で示した式1を用いる。(参考資料5参照)

## 参考資料 1

### 5. 溪流単位の評価

溪流単位の表層崩壊に起因する土石流の発生危険度は、「崩壊危険面積」及び「崩壊危険面積率」により評価する。

#### 【解説】

溪流ごとの危険度を表す指標として、「崩壊危険面積 ( $\alpha$ )」および「崩壊危険面積率 ( $\alpha/A$ )」を式2、3でそれぞれ算出する。

$$\alpha = \sum_{i=1}^n A_m p_i \quad \text{式-2}$$

$$\alpha/A = \sum_{i=1}^n A_m p_i / A \quad \text{式-3}$$

ここで、 $A_m$  はメッシュの面積、 $p$  はメッシュ  $i$  の崩壊確率（計算実施回数のうち安全率が1.0以下になる確率）、 $n$  は溪流内のメッシュ数、 $A$  は溪流の面積である。

## 参考資料 2

### 表層崩壊発生危険定常降雨強度 ( $r_c$ ) の算出に用いる式の導出

斜面の安全率 ( $F_s$ ) は無限長斜面を仮定し、以下の式で算出する。

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

ここで、 $c$ [kN/m<sup>2</sup>]は粘着力、 $\gamma$ は土層の単位体積重量[kN/m<sup>3</sup>]、 $h$ は土層厚[m]、 $I$ は斜面勾配[°]、 $u$ は間隙水圧[kN/m<sup>2</sup>]、 $\phi$ は土の内部摩擦角[°]とする。

土層内の水流はダルシー則に従うとすると、土層内の水深が地表面に達しない範囲で以下のように表すことができる。

$$Q(t) = K_s \frac{u(t)}{\gamma_w} \tan I \quad \text{式-2}$$

ここで、 $Q(t)$  は単位幅あたりの時刻  $t$  にある地点を流下する水量[m<sup>3</sup>/s]、 $K_s$  は飽和透水係数[m/s]、 $\gamma_w$  は水の単位体積重量[kN/m<sup>3</sup>]、である（図-1）。

また、水に関する質量保存則から、 $Q(t)$  は、

$$Q(t) = r(t)a + \frac{dv}{dt} \quad \text{式-3}$$

ここで、 $r(t)$  は時刻  $t$  の降雨強度[m/s]、 $a$  はある地点より上流側の単位等高線長さあたりの集水面積（斜面上のある地点における等高線の長さ 1mあたりの集水面積（n/m以下では単に「m」とする））、 $v$  はある地点より上流側の単位等高線長さあたりの集水面積内の貯留水量[m<sup>3</sup>/m]となる。

ここで、定常状態 ( $dv/dt=0$ ) を仮定すると、式-2、式-3より  $u(t)$  は、

$$u(t) = \frac{r(t)a\gamma_w}{K_s \tan I} \quad \text{式-4}$$

と表すことができ、これを式-1に代入すると、

$$F_s(t) = \frac{c + (\gamma h \cos^2 I - \frac{r(t)a\gamma_w}{K_s \tan I}) \tan \phi}{\gamma h \cos I \cdot \sin I} \quad \text{式-5}$$

となる。ここで、安全率が1となったとき ( $F_s(t)=1$ ) に斜面崩壊が発生しはじめるときを定義する。

また、飽和状態、不飽和状態の土層の単位体積重量は一様と仮定し、 $\gamma$  は

$$\gamma = \frac{\gamma_s h_s + (h - h_s) \gamma_t}{h} \quad \text{式-6}$$

## 参考資料 2

ここで、 $\gamma_s$ 、 $\gamma_t$ はそれぞれ、飽和状態、不飽和状態の土層の単位体積重量[kN/m<sup>3</sup>]とする。また、土層内の水深  $h_s[m]$  と間隙水圧  $u$  の関係は図-1より、式-7の通りとなる。

$$h_s = \frac{u}{\gamma_w \cos^2 I} \quad (h_s \leq h) \quad \text{式-7}$$

式-5～式-7より、斜面崩壊 ( $F_s=1$ ) に必要な定常降雨強度 ( $r_c$ ) について、式-8が得られる。

$$r_c = \frac{K_s \tan I \cos I \{c - \gamma_t h \cos I (\sin I - \cos I \tan \phi)\}}{a(\gamma_w \cos I \tan \phi + (\gamma_s - \gamma_t)(\sin I - \cos I \tan \phi))} \quad \text{式-8}$$

式-8から、 $r_c[m/s]$ は、任意の地点で、土層の単位体積重量、土層厚、斜面勾配、土の粘着力、土の内部摩擦角、飽和透水係数、集水面積から求まることが分かる。

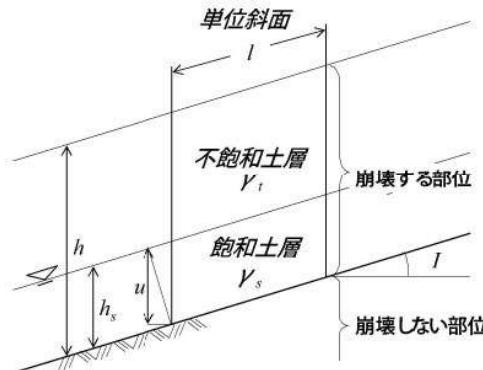


図-1 断面の模式図

## 参考資料 3

### 参考資料 3

#### D Infinity Flow Direction 法による集水面積の算定

D Infinity Flow Direction 法(以下 D Infinity 法)<sup>※7</sup>とは、最急勾配の方位を 8 方位ではなく、0～360° の全方位で求める方法である(図-1)。集水域は 1 メッシュ周りの流れ方向(2 方位と重み)からそのメッシュより上流のメッシュを判定して求める。

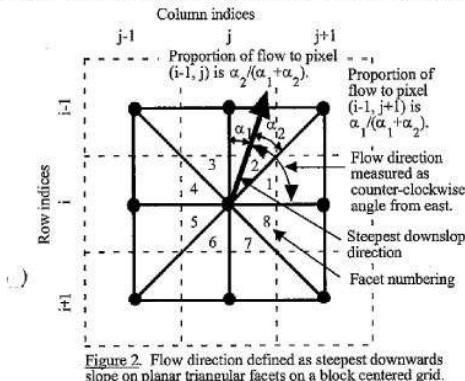


Figure 2. Flow direction defined as steepest downwards slope on planar triangular facets on a block centered grid.

図-1 集水地形計算方法 最急勾配の方位の概念図

図-2に示す1～8のFacetにおける斜面(流下方向)は以下のベクトル( $s_1$ 、 $s_2$ )で表せる。

$$s_1 = (e_0 - e_1) / d_1 \quad \text{式-1}$$

$$s_2 = (e_0 - e_2) / d_2 \quad \text{式-2}$$

ここで、 $e_i$ と $d_j$ は図2の位置にある標高とその距離である。

斜面ベクトルの大きさ  $S$  と流下方向  $r$  は以下のとおり表すことができる。

$$r = \tan^{-1}(s_2 / s_1) \quad \text{式-3}$$

$$S = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} \quad \text{式-4}$$

なお、斜面勾配  $\theta = \tan^{-1} S$  である。

8つのFacetで勾配と流れの方向が求められ、そのうち最も大きい  $S$  がこの地点(i,j)

### 参考資料 3

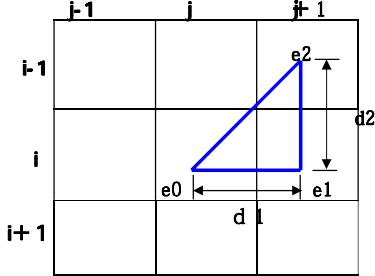
#### 参考資料 3

の斜面ベクトル、 $r$  が方位となる。

なお、 $r$  を全方位( $^{\circ}$ )で表すと以下となる。

$$r_g = a_f r' + a_c \pi / 2$$

式-5



Facet	1	2	3	4	5	6	7	8
E0	$e_{i,j}$							
E1	$e_{i-1,j}$	$e_{i-1,j}$	$e_{i-1,j}$	$e_{i-1,j-1}$	$e_{i-1,j-1}$	$e_{i-1,j-1}$	$e_{i-1,j-1}$	$e_{i-1,j-1}$
E2	$e_{i-1,j+1}$							
A <sub>c</sub>	0	1	1	2	2	3	3	4
A <sub>f</sub>	1	-1	1	-2	1	-1	1	-1

図-2 Facet における標高  $e_0$ 、 $e_1$ 、 $e_2$

計算例は図-3 に示すとおりである。

中心位置( $e_0$ )での標高を 96m とし、8 ファセットについて、各々勾配( $S$ )と流方向( $r$ )を求めた。

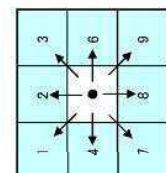
Facet 1、6、7、8 では隣接する  $e_1$  の標高が中心位置( $e_0$ )の標高より低いため流下が可能となる。そこで、(1)～(4) 式より、勾配( $s$ )と流下方位( $r$ )を求めた。

Facet 2、3、4、5 では、 $e_1$  の値が中心標高より高いため流下は不可能である。

流下が可能な Facet 1、6、7、8 の勾配  $s$  はそれぞれ、0.20、0.40、0.41、0.35 で、Facet 7 が最大である。したがって、中心位置の流下方向は  $284^{\circ}$ 、勾配  $S=0.41$  となる。

Facet 1	<table border="1"> <tr><td>100</td><td>99</td><td>97</td></tr> <tr><td>97</td><td>96</td><td>94</td></tr> <tr><td>93</td><td>92</td><td>91</td></tr> </table>	100	99	97	97	96	94	93	92	91	$s_1 = (e_0 - e_1) / d_1$ $s_2 = (e_1 - e_2) / d_2$ $\tan^{-1}(d_1/d_2)$ $r = \tan^{-1}(s_2/s_1)$ $r = 0.00^{\circ}$ $s = s_1 = 0.00$ $r_g = a_f r + a_c * \tan 2$ $r_g = 0.00$
100	99	97									
97	96	94									
93	92	91									
Facet 2	<table border="1"> <tr><td>100</td><td>99</td><td>97</td></tr> <tr><td>97</td><td>96</td><td>94</td></tr> <tr><td>93</td><td>92</td><td>91</td></tr> </table>	100	99	97	97	96	94	93	92	91	$s_1 = (e_0 - e_1) / d_1$ $s_2 = (e_1 - e_2) / d_2$ $\tan^{-1}(d_1/d_2)$ $r = \tan^{-1}(s_2/s_1)$ $r = 0.00^{\circ}$ $s = s_1 = 0.00$ $r_g = a_f r + a_c * \tan 2$ $r_g = 0.00$
100	99	97									
97	96	94									
93	92	91									
Facet 3	<table border="1"> <tr><td>100</td><td>99</td><td>97</td></tr> <tr><td>97</td><td>96</td><td>94</td></tr> <tr><td>93</td><td>92</td><td>91</td></tr> </table>	100	99	97	97	96	94	93	92	91	$s_1 = (e_0 - e_1) / d_1$ $s_2 = (e_1 - e_2) / d_2$ $\tan^{-1}(d_1/d_2)$ $r = \tan^{-1}(s_2/s_1)$ $r = 0.00^{\circ}$ $s = s_1 = 0.00$ $r_g = a_f r + a_c * \tan 2$ $r_g = 0.00$
100	99	97									
97	96	94									
93	92	91									
Facet 4	<table border="1"> <tr><td>100</td><td>99</td><td>97</td></tr> <tr><td>97</td><td>96</td><td>94</td></tr> <tr><td>93</td><td>92</td><td>91</td></tr> </table>	100	99	97	97	96	94	93	92	91	$s_1 = (e_0 - e_1) / d_1$ $s_2 = (e_1 - e_2) / d_2$ $\tan^{-1}(d_1/d_2)$ $r = \tan^{-1}(s_2/s_1)$ $r = 0.00^{\circ}$ $s = s_1 = 0.00$ $r_g = a_f r + a_c * \tan 2$ $r_g = 0.00$
100	99	97									
97	96	94									
93	92	91									

図-3 D-infinity 法による最急勾配の方向



流れ方向の定義

Facet 5	99 97 <b>97 → 96</b> 94 93	100 99 97 96 94 93	100 99 97 96 94 93	100 99 97 96 94 93	100 99 97 96 94 93	100 99 97 96 94 93	100 99 97 96 94 93
Facet 6							
Facet 7							
Facet 8							

**参考資料 3**

	e0	e1	e2
s1=(e0-e1)/d1	0.40	0.40	0.40
s2=(e1-e2)/d2	-0.10	-0.10	-0.10
tan-(d1/d2)	0.79	0.79	0.79
r=tan-1(s2/s1)	-0.24	-0.24	-0.24
r=	0.00	0.00	0.00
<b>rg=af* r+ac* pa/2</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>
<b>s=s1=</b>	<b>3.14</b>	<b>3.14</b>	<b>3.14</b>
<b>rg=af* r+ac* pa/2</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

	e0	e1	e2
s1=(e0-e1)/d1	0.40	0.40	0.40
s2=(e1-e2)/d2	-0.10	-0.10	-0.10
tan-(d1/d2)	0.79	0.79	0.79
r=tan-1(s2/s1)	-0.24	-0.24	-0.24
r=	0.00	0.00	0.00
<b>rg=af* r+ac* pa/2</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>
<b>s=s1=</b>	<b>3.14</b>	<b>3.14</b>	<b>3.14</b>
<b>rg=af* r+ac* pa/2</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

**Weight of e1=  
Weight of e2=**

**0.89  
0.31**

流れ方向の定義

図-3 D Infinity 法による最急勾配の方向

図-4 に D Infinity 方による流れ方向を示す。また、図-5 に流れ方向を d8 基準で成分を分けたもの（重みを含む）を示す

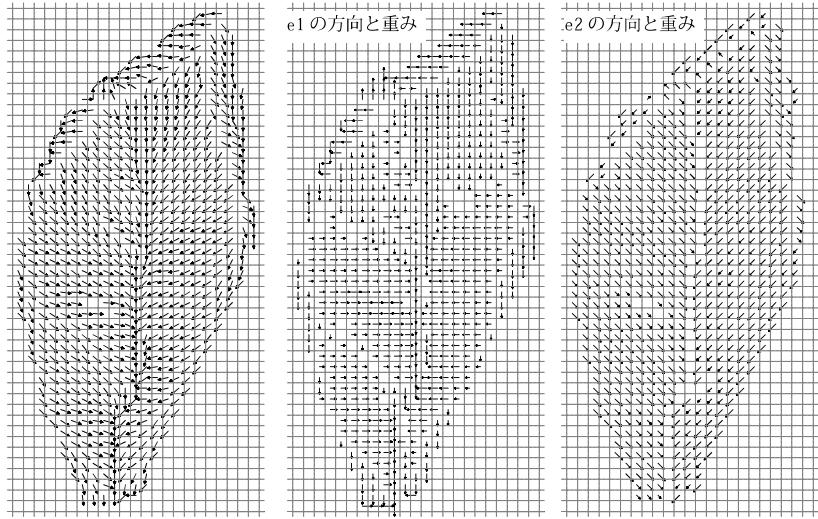


図-4 D Infinity 法による流れ方向 図-5 流方向の 2 成分 (d8 基準の方向と重み)

## 参考資料 4

## H SLIDER法の適用事例

## 1. 検討対象流域

本検討は、広島市街地から西方約11kmに位置する荒谷川流域の支溪で行った（図-1）。流域面積は1.4ha、流域の斜面勾配は12~54°で平均36°である（写真-1）。1999年6月には、総雨量417mm、最大時間雨量63mmの豪雨により、荒谷川で土石流が発生し、多くの被害が発生している。本検討の対象流域内において斜面崩壊が4つ発生した（図-2①~④）。



図-1 荒谷流域の位置



写真-1 荒谷流域

## 2. パラメータの設定

土層厚の設定は検討対象流域で簡易貫入試験を概ね10~15m間隔で、計173点行った。崩壊地内及びその周辺の貫入試験結果から、 $N_t=20$ 程度が崩壊面と考えられたため、検討に用いる土層厚は各試験地点の $N_t=20$ の深度とした。なお、崩壊地内の土層厚は簡易測量を行い、崩壊前の土層厚を推定した。

飽和状態、不飽和状態の土層の単位体積重量は、流域内で5試料を採取し、室内土質試験を行い、パラメータの設定を行った。

豪雨時の斜面の等価飽和透水係数は、パイプ流など選択的な流れの影響を受け、小さい土壤サンプル（例えば、100cc）で求めた透水係数より大きい可能性が高い<sup>⑥</sup>。そこで、本研究では、豪雨時の現象の再現のため、検討対象流域内で継続して行っている水文観測から得られた間隙水圧と流量をもとにダルシー則にしたがうと仮定した手法<sup>⑦</sup>に従い、斜面の等価飽和透水係数を算出し、用いた。また、斜面の見かけの粘着力・内部摩擦角は根系の影響や礫等の影響を受け、小さい土壤サンプルで用いた値と乖離している可能性がある。また、実際の斜面崩壊発生時において、土壤が完全な排水状態になるかどうか不明である。さらに、土のせん断強度は含水率の影響を受け、斜面崩壊は土層内の最も弱い部位において発生すると考えられる。そこで、本研究では、地形及び土層厚から粘着力を逆推定した。ここでは、少なくとも、不飽和時には、安全率が1以下になることはないと考え、流域内で例外的に斜面勾配が急（54°）かつ土層厚が大きい（390 cm）1点を除いた地点で、土層が不飽和状態で安全率が1を切らない範囲の最小の粘着力（7.5 kN/m<sup>2</sup>）を算出し、計算に用了いた。

集水面積ならびに斜面勾配については、貫入試験実施箇所ごとに、地形測量結果ならびに簡易貫入試験結果をもとに算出した基岩面の5mメッシュの地形データを用いて算出した。集水面積、斜面勾配の算出は、D-Infinity Flow Direction法<sup>⑧</sup>を用いた。なお、D-Infinity Flow Direction法は全方向を0.01°刻みで算出し、最急勾配の方向を求めてことで、上流側のメッシュから下流側2メッシュに対して流下する流量の重み付けを行い、流下させる手法である。

## 3. 検討結果

前節で示した方法で設定したパラメータを用いて $r_c$ を算出した結果を図-2に示した。 $r_c$ の値が小さい箇所と実際に崩壊した箇所は、崩壊地②を除き、概ね一致する結果となった（図-2）。

図-3には $r_c$ ごとの崩壊確率（ある $r_c$ の全地点数に対する崩壊地内の地点数の割合）を示した。崩壊確率は $r_c$ が20mm/h以下の地点では6割弱、20~30mm/hの地点では3割強であるのに対し、 $r_c$ が30~100mm/hでは、崩壊地内に属する地点は1つのみで崩壊確率は約3%、100mm/h以上で1%以下であった。すなわち、 $r_c$ が小さいほど、斜面崩壊する可能性が高く、 $r_c$ が斜面崩壊発生の相対的な危険度を良く表しているといえる。

また、1999年の豪雨時の最大1、3、6時間平均の降雨強度は、それぞれ、63、44、28mm/hであり、崩壊地内の $r_c$ が10~40mm/hであった結果と概ね整合している。以上より、表層土層厚の空間分布情報、レーザープロファイルに基づき計測した地形データ、水文観測結果により設定したパラメータを簡易な物理モデルに入力することにより、表層崩壊箇所を比較的精度良く予測できることが分かった。

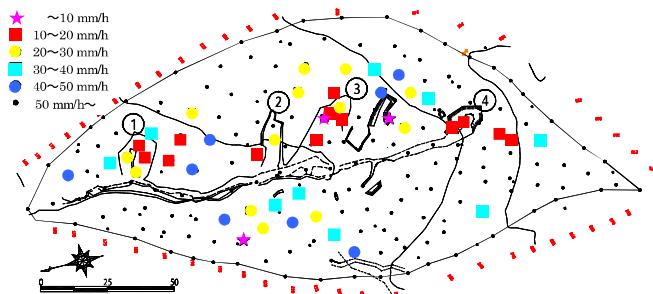


図-2 崩壊危険降雨強度の算出結果

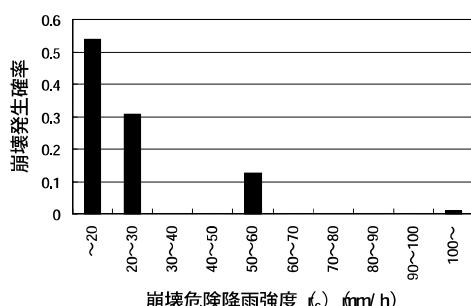


図-3 崩壊危険降雨強度と崩壊確率の関係

## 参考資料 5

## G-SLIDER法の適用事例

## 1. 検討対象地域

検討対象は、愛媛県新居浜市多喜浜地区の面積3.22 km<sup>2</sup>の地域である（図-1）。同地区は新居浜市の背後に広がる標高300m未満の丘陵性の山地であり、和泉層群の砂岩、泥岩からなる。同地域は2004年の台風15号と21号により、表層崩壊や土石流が多発した。検討対象地域内では108個の表層崩壊が発生した。

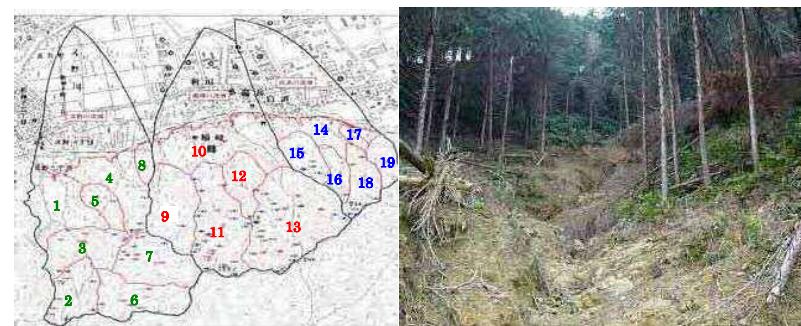


図-1 検討対象地域愛媛県新居浜地区）写真-1 新居浜地区で発生した表層崩壊の様子

## 2. パラメータの設定

土層厚は図-1中の流域13の崩壊地周辺で25点土研式簡易貫入試験を実施し、平均値、標準偏差を求めた。また、粘着力、土の内部摩擦角については、貫入抵抗値と粒度分布より、粘着力および土の内部摩擦角が推定できる若月ら（2007）<sup>9)</sup>が提案した式により、貫入試験結果と粒度分布の測定結果より平均値及び標準偏差を算出した。さらに、飽和透水係数については、ここでは、六甲山地において大型サンプルを用い、測定したHédroayant o（1999）<sup>10)</sup>のデータを参考に平均値及び標準偏差を設定した。なお、算出の結果、いずれのパラメータとも正規分布よりも、対数正規分布に近い分布形を示したため、正規乱数の発生にあたっては、対数値を用いた。

地形量の算出にはレーザープロファイルによる地形データを用いて、10mメッシュで勾配、集水面積を算出した。算出には、D-Infinity Flow Direction法を用いた。

### 3. 検討結果

対象地域を図1に示すように0.04~0.46km<sup>2</sup>の19の渓流に分割した。その上で、渓流ごとの危険度を表す指標として、「崩壊危険面積(α)」および「崩壊危険面積率(α/A)」を式-1、式-2でそれぞれ算出した。

$$\alpha = \sum_{i=1}^n ap_i \quad \text{式-1}$$

$$\alpha / A = \sum_{i=1}^n ap_i / A \quad \text{式-2}$$

ここで、aは各メッシュの面積(=100m<sup>2</sup>)、pはメッシュ*i*の崩壊確率(10000回の計算で安全率1以下になる確率)、nは渓流内のメッシュ数、Aは各渓流の面積である。

降雨強度を50mm/hにした場合の渓流ごとの崩壊危険面積の算出結果と実際に2004年の台風で発生した崩壊地数の関係を図-2に示した。図-2に示したように、渓流単位で見た場合、算出された崩壊危険面積と実際の崩壊地数とは正の相関が極め高く( $r^2=0.77$ )、崩壊危険面積は渓流単位の表層崩壊発生危険度をよく表しているといえる。

また、図-3には、崩壊危険面積率と1km<sup>2</sup>あたりの2004年に発生した崩壊地数(以下、崩壊地密度)の関係を示した。崩壊危険面積率が大きいにもかかわらず、崩壊地密度が小さい渓流はあるものの、崩壊地密度が高かった渓流は、崩壊危険面積率も大きく、斜面崩壊が多発する渓流は概ね抽出できていた。

以上のように、簡易な物理モデルと実測に基づき推定した土層厚・土質強度の確率分布を用い、渓流単位で表層崩壊の発生危険度の評価を試みたところ、概ね良い再現性が見られた。

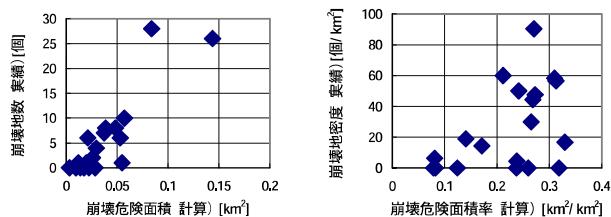


図-2 渓流単位の崩壊危険面積と崩壊地数の関係

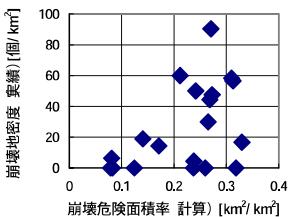


図-3 渓流単位の崩壊危険面積率と崩壊地密度

### 参考文献

- 1) 内田太郎：近年における山地の土砂移動現象にかかる斜面水文プロセス研究の進歩、砂防学会誌, Vol. 57, No. 2, pp. 58-64, 2004
- 2) 例えば、平松晋也・水山高久・石川芳治：雨水の浸透流下過程を考慮した表層崩壊発生予測手法に関する研究、砂防学会誌, Vol. 43, No. 1, pp. 5-15, 1990.
- 3) 沖村 孝・市川龍平・藤井郁也：表土層内浸透水の集水 モデルを用いた花崗岩表層崩壊発生位置の予知のための手法、砂防学会誌, Vol. 37, No. 5, pp. 4-13, 1985
- 4) Montgomery, D. R., and W. E. Dietrich : A physically-based model for the topographic control on shallow landsliding, Water Resources Research, Vol. 30, 1153-1171, 1994.
- 5) Pack, R. T., D. G. Tarboton and C. N. Goodwin : The SInMAP Approach to Terrain Stability Mapping, " Paper Submitted to 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 1998
- 6) Uchida, T., Y. Asano, N. Ohte and T. Mizuyama : Analysis of flowpath dynamics at a steep unchannelled hollow in the Tanakami Mountains of Japan, Hydrological Processes, Vol. 17, 417-430, 2003
- 7) Tarboton, D. G. : A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models, Water Resources Research, Vol. 33, 309-319, 1997.
- 8) 三根 久:モンテカルロ法・シミュレーション(現代応用数学講座4)、40-48、コロナ、1994
- 9) 若月 強・佐々木良宜・田中幸哉・松倉公憲：簡易貫入試験値と粒度組成を用いたマサ土の単位体積重量とせん断強度定数及び透水係数の推定、砂防学会誌 Vol. 59, No. 6, 38-46, 2007
- 10) Hendrayanto, Analysis on Spatial Variability in Hydraulic Properties of Forest Soils, Ph.D Thesis, Kyoto Univ., 1999.

## 第4回委員会

- ・ 資料ア 高速5号線(東部線)の環境アセスメントについて
- ・ 資料イ ボーリング調査に伴う地元住民の懸念について
- ・ 資料ウ 第一次調査項目とその調査内容(案)(金折委員提出資料)
- ・ 資料エ 第4回委員会提案「植生に係わる補足調査計画二次概略案」への委員の意見(中根委員提出資料)
- ・ 資料オ 植生に係る補足調査計画の提案(関委員提出資料)
- ・ 資料カ 水文調査について(西垣委員提出資料)
- ・ 資料キ 広島高速5号線トンネルに関する個人的見解(大島委員提出資料)
- ・ その他 全体平面図・地質縦断図



## 高速5号線（東部線）の環境アセスメントについて

### 【要旨】

「第2回 広島高速5号線トンネル安全検討委員会」において、富井委員から「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、都市計画決定の際の環境影響評価は、同法に基づいて実施したのか否か。」との趣旨の御質問がありました。

また、「第3回 広島高速5号線トンネル安全検討委員会」において、横山委員からも「環境影響評価の評価項目やその結果、その際の住民意見についての御質問がありました。」

このため、広島高速5号線（東部線）の環境影響評価について概要を御説明させていただくとともに別添資料を御提示させていただくものです。

### 【概要】

広島高速5号線（東部線）の環境影響評価は、当該路線の都市計画を定めた時期（平成11年3月）が、「環境影響評価法」の施行（平成11年6月）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綱に基づき、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、予測及び評価を行う設定基準が示されています。

広島高速5号線（東部線）においては、この設定基準に基づき、大気汚染、騒音、植物及び動物の4項目を「予測及び評価を行う環境要素」として設定したうえで環境影響評価を実施しており、大気汚染、植物、動物の3項目について「環境保全目標を満足する」との結果となっており、騒音についても環境保全対策を講じることで目標を満足する結果となっています。

広島高速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いては、福木トンネルを含む延伸区間（馬木料金所～山陽自動車道広島東インターチェンジ）を対象に、広島高速5号線（東部線）と同様に閣議決定された環境影響評価実施要綱に基づき、都市計画決定権者である広島県知事が実施しています。

当該路線については、大気汚染、騒音及び動物の3項目を「予測及び評価を行う環境要素」として設定しています。

### 【別添資料】

#### ＜資料1＞ 「東部線環境影響評価書（平成11年3月 広島県）」抜粋

（第4章 環境影響要因の把握及び現状調査を行う環境要素の設定  
第6章 予測及び評価を行う環境要素の設定  
第8章 評価結果  
第9章 環境保全対策の検討結果  
第10章 公害の防止及び自然環境の保全の見地からの意見書の要旨  
及びそれについての都市計画決定権者の見解）

#### ＜資料2＞ 「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針」による設定基準について

#### ＜参考＞ 「安芸府中道路環境影響評価書（平成9年5月 広島県）」抜粋

（第4章 環境影響要因の把握及び調査等を行う環境要素の設定  
第6章 予測及び評価を行う環境要素の設定  
第8章 評価結果  
第9章 環境保全対策の検討結果  
第11章 公害の防止及び自然環境の保全の見地からの意見書の要旨  
及びそれについての都市計画決定権者の見解）

<資料1> 「東部線環境影響評価書（平成11年3月 広島県）」抜粋

#### 第4章 環境影響要因の把握及び

##### 現状調査を行う環境要素の設定

###### 第1節 環境影響要因の把握

道路事業が環境に影響を及ぼす要因は、道路自体の建設、それを利用する自動車交通が考えられる。

これらに係る環境要素は、公害の防止に係る環境要素として大気汚染、水質汚濁、騒音、振動及び地盤沈下が、また、自然環境の保全に係る環境要素として地形・地質、植物、動物及び景観がある。

###### 第2節 現状調査を行う環境要素の設定

第1節で述べた環境要素について「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針」（昭和60年9月26日）の現状調査を行う環境要素の設定基準によって判断した結果、表4-2-1に示す環境要素について現状調査を行うこととした。

表4-2-1 現状調査を行う環境要素の設定基準

環境要素	設定の有無	判断理由
公害の防止に係るもの	○	都市計画法の手続きにより用途地域として指定された地域（用途地域以外において新市街地、住宅団地等の開発事業が予定されている地域並びに既存集落を含む。）及びこれらの近接地域を通過する。
	－	サービスエリア、パーキングエリア等の施設計画ではなく、また、水質汚濁に影響を与えるおそれのある工事を実施しない。
	○	大気汚染に同じ。
	○	大気汚染に同じ。
	－	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おそれがない。
自然環境の保全に係るもの	－	自然環境保全法、自然公園法、都市緑地保全法等の自然環境の保全を目的とする法令により指定された地域及び既存資料の収集等により学術上等の観点から重要と認められる地域を通過しない。
	○	自然環境保全法、自然公園法、都市緑地保全法等の自然環境の保全を目的とする法令により指定された地域及び既存資料の収集等により学術上等の観点から重要と認められる地域を通過する。
	○	植物に同じ。
	○	植物に同じ。

（備考） 設定の有無 ○：設定する、－：設定しない

#### 第6章 予測及び評価を行う環境要素の設定

第5章で各環境要素について現状調査を行った結果、本事業においては、予測及び評価を行う環境要素を「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針」（昭和60年9月26日）の予測及び評価を行う環境要素の設定基準に基づき、表6-1-1に示すとおり設定した。

表6-1-1 予測及び評価を行う環境要素の設定

区分	環境要素	設定の有無	判断理由
公害の防止に係るもの	大気汚染	○	計画路線周辺に住居等がある。
	騒音	○	大気汚染に同じ。
	振動	－	現状調査の結果、軟弱地盤地帯を通過しない。
自然環境の保全に係るもの	植物	○	現状調査の結果、学術的価値の高い植物の分布する地域を通過する。
	動物	○	植物に同じ。
	景観	－	現状調査の結果、良好な自然景観及び自然環境の保全上特に必要な野外レクリエーション地を通過しない。

（備考） ○：予測及び評価を行う環境要素  
－：予測及び評価を行わない環境要素

## 第8章 評価結果

### 第1節 環境保全目標の設定

#### 1. 公害の防止に係る環境要素の環境保全目標

##### 1) 大気汚染

大気汚染に係る環境保全目標は、「環境基本法」第16条の規定に基づく大気汚染に係る環境基準に準拠し、表8-1-1に示すとおりとする。

表8-1-1 大気汚染に係る環境保全目標

項目	内 容
一酸化炭素	1時間値の1日平均値が10ppm以下であること。
二酸化窒素	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であること。

##### 2) 騒 音

騒音に係る環境保全目標は、「環境基本法」第16条の規定に基づく騒音に係る環境基準に準拠することとする。

予測断面①、②には、表8-1-2に示す「2車線を越える車線を有する道路に面する地域」の基準値を適用する。一方、予測断面③については、本線部の計画が未確定であるため、表8-1-2に示す「2車線を有する道路に面する地域」の基準値を適用する。

表8-1-2 騒音に係る環境保全目標

地域の類型	地域の区分	時 間 の 区 分		
		星 間	朝・夕	夜 間
A類型	2車線を有する道路に面する地域	午前8時から 午後6時まで	午前6時から午前8時まで 午後6時から午後10時まで	午後10時から 翌日の午前6時まで
	2車線を越える車線を有する道路に面する地域	55 dB	50 dB	45 dB
B類型	2車線を有する道路に面する地域	60 dB	55 dB	50 dB

#### 2. 自然環境の保全に係る環境要素の環境保全目標

環境保全目標は、表8-1-3に示す3段階に区分する。

表8-1-3 自然環境の環境保全目標

区 分		保 全 目 標
A	全国的価値に値するもの	環境要素を努めて保全する
B	都道府県的価値に値するもの	環境要素を相当程度保全する
C	市町村的価値に値するもの	環境要素への影響を努めて最小化する

##### 1) 植 物

植物に係る環境保全目標は、表8-1-4に示すとおりとする。

表8-1-4 植物に係る環境保全目標

区 分		保 全 目 標	相当する植物
A	全国的価値に値するもの	環境要素を努めて保全する	二葉山のシリブカガシ林
B	都道府県的価値に値するもの	環境要素を相当程度保全する	オガタマノキ

##### 2) 動 物

動物に係る環境保全目標は、表8-1-5に示すとおりとする。

表8-1-5 動物に係る環境保全目標

区 分		保 全 目 標	相当する動物
A	全国的価値に値するもの	環境要素を努めて保全する	鳥類 ハイタカ ハチクマ 昆虫類 ミカドアゲハ
B	都道府県的価値に値するもの	環境要素を相当程度保全する	鳥類 サンコウチョウ ヤマドリ類 魚類 メダカ

## 第2節 公害の防止に係る環境要素の評価結果

### 1. 大気汚染

#### 1) 評価方法

大気汚染の評価手順は、図 8-2-1 に示すとおりである。

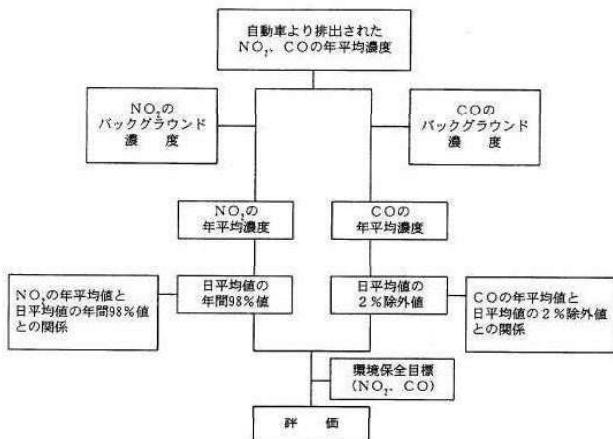


図 8-2-1 大気汚染の評価手順

#### 2) バックグラウンド濃度の設定

計画路線の通過する地域のバックグラウンド濃度は、「第5章 第1節 1. 大気汚染」の項で示した現地調査結果、並びに立地条件等を勘案して表 8-2-1 に示すとおりとする。

表 8-2-1 バックグラウンド濃度

予測 断面 番号	予測対象区域	測定地点	バックグラウンド濃度(ppm)	
			年平均値	
			二酸化窒素	-酸化炭素
①	中山南二丁目	中山小学校	0.023	0.7
	中山東一丁目			
②	中山南一丁目	中山西二丁目	0.018	0.8
	中山西二丁目			
③	二葉の里三丁目	二葉中学校	0.018	0.8

#### 3) 年平均値と日平均値の年間 98% 値 (2%除外値) との関係

二酸化窒素の年平均値と日平均値の年間 98% 値及び一酸化炭素の年平均値と日平均値の 2% 除外値との関係は、昭和 58 年度から昭和 60 年度の自動車排出ガス測定期（沿道地域）の測定結果に基づく次式<sup>注1)</sup> で表される。

##### (1) 二酸化窒素 (NO<sub>x</sub>)

$$Y = 1.48X + 0.0064$$

ここで、Y : 二酸化窒素の日平均値の年間 98% 値 (ppm)

X : 二酸化窒素の年平均値 (ppm)

##### (2) 一酸化炭素 (CO)

$$Y = 1.49X + 0.544$$

ここで、Y : 一酸化炭素の日平均値の 2%除外値 (ppm)

X : 一酸化炭素の年平均値 (ppm)

注 1) 道路事業環境影響評価に用いる排出係数、NO<sub>x</sub>、変換式、日平均値の年間 98% 値の推定式（案）（建設省 道環発第 10 号、昭和 62 年）

#### 4) 評価結果

「第 7 章 第 1 節 2. 予測項目及び予測対象区域」の項に示した予測対象区域における二酸化窒素及び一酸化炭素の評価結果は、表 8-2-2 に示すとおりである。

評価結果によれば、二酸化窒素については、自動車交通による発生濃度の予測結果にバックグラウンド濃度を加え、二酸化窒素の 1 時間値の 1 日平均値の年間 98% 値に換算すると、0.035ppm から 0.044ppm となり、すべての地域において環境保全目標を満足する。一方、一酸化炭素の 1 時間値の 1 日平均値の 2%除外値は、1.60ppm から 1.76ppm となり、すべての地域において環境保全目標を満足する。

表 8-2-2(1) 大気汚染の評価結果（二酸化窒素）

(単位: ppm)

予測断面番号	予測対象区域	方向	年平均値			1時間値の1日平均値の年間98%値	環境保全目標	評価
			寄与濃度	バッカランド濃度	合計濃度			
①	中山南二丁目	南側	0.0013	0.023	0.0243	0.042	1時間値の1日平均値が0.04～0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であること。	すべて環境保全目標を満足する
	中山東一丁目	北側	0.0025		0.0255	0.044		
②	中山南一丁目	南側	0.0022	0.018	0.0252	0.044	1時間値の1日平均値が0.04～0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であること。	すべて環境保全目標を満足する
	中山西二丁目	北側	0.0020		0.0250	0.043		
③	二葉の里三丁目	東側	0.0014	0.018	0.0194	0.035	1時間値の1日平均値が0.04～0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であること。	すべて環境保全目標を満足する
	二葉の里三丁目	西側	0.0016		0.0196	0.035		

(備考) 表中の予測濃度は、すべて官民境界における地上1.5mでの値である。

表 8-2-2(2) 大気汚染の評価結果（一酸化炭素）

(単位: ppm)

予測断面番号	予測対象区域	方向	年平均値			1時間値の1日平均値の2%除外値	環境保全目標	評価
			寄与濃度	バッカランド濃度	合計濃度			
①	中山南二丁目	南側	0.009	0.7	0.709	1.60	1時間値の1日平均値が10ppm以下であること。	すべて環境保全目標を満足する
	中山東一丁目	北側	0.027		0.727	1.63		
②	中山南一丁目	南側	0.021	0.8	0.721	1.62	1時間値の1日平均値が10ppm以下であること。	すべて環境保全目標を満足する
	中山西二丁目	北側	0.018		0.718	1.61		
③	二葉の里三丁目	東側	0.012	0.8	0.812	1.75	1時間値の1日平均値が10ppm以下であること。	すべて環境保全目標を満足する
	二葉の里三丁目	西側	0.014		0.814	1.76		

(備考) 表中の予測濃度は、すべて官民境界における地上1.5mでの値である。

## 2. 驚音

「第7章 第1節 2. 予測項目及び予測対象区域」の項に示した予測対象区域における騒音の評価結果は、表 8-2-3 に示すとおりである。

評価結果によれば、予測断面①の中山南二丁目を除くすべての予測断面において環境保全目標を上回る。したがって、環境保全目標を満足する環境保全対策が必要である。

表 8-2-3 騒音の評価結果

(単位: dB)

予測断面番号	予測対象区域	方向	道路構造	環境保全目標			予測値	評価	対策
				類型	区分	目標値			
①	中山南二丁目	南側	高架及び平面	A	朝	55	52	すべての時間帯で環境保全目標を満足する	無
					昼	60	52		
	中山東一丁目	北側	高架及び平面	A	夕	55	51		
					夜	50	46		
②	中山南一丁目	南側	高架及び平面	A	朝	55	56	朝の時間区分で環境保全目標を1dB上回る。	有
					昼	60	56		
	中山西二丁目	北側	高架及び平面	A	夕	55	55		
					夜	50	50		
③	二葉の里三丁目	東側	高架	A	朝	55	56	すべての時間帯で環境保全目標を上回る。	有
					昼	55	56		
	二葉の里三丁目	西側	高架	A	夕	55	55		
					夜	45	49		

(備考) 予測値は、すべて地上1.2mでの値であり、最大値となる地点はすべて官民境界である。

### 第3節 自然環境の保全に係る環境要素の評価結果

#### 1. 植 物

植物の評価結果は、表 8-3-1 に示すとおりである。

これによると、二葉山のシリブカガシ林、オガタマノキとも環境保全目標を満足する。

表 8-3-1 植 物 の 評 価 結 果

相当する植物	保全目標	予測の概要	評 価
二葉山のシリブカガシ林	環境要素を努めて保全する	計画路線は、本種の分布地域をトンネル構造で通過する。また、改変部となるトンネル坑口部周辺は、すでに宅地化された地域、残地森林の要素の強い樹林地となっている。また、トンネル坑口部には綠化を行う。これらのことから、二葉山のシリブカガシ林への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。
オガタマノキ	環境要素を相当程度保全する	計画路線は、本種の生育位置をトンネル構造で通過する。また、改変部となるトンネル坑口部周辺では、本種の生育は確認されていない。これらのことから、本種への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。

#### 2. 動 物

動物の評価結果は、表 8-3-2 に示すとおりである。

これによると、ハイタカ、ハチクマ、サンコウチョウ、ヤマドリ類、メダカ、ミカドアゲハとも環境保全目標を満足している。

表 8-3-2(1) 動 物 の 評 価 結 果 (鳥類)

相当する動物	環境保全目標	予測の概要	評 価
ハイタカ	環境要素を努めて保全する	計画路線は、本種の確認地点である尾長山をトンネル構造で通過する。トンネル坑口周辺において一部森林を改変するが、その場所は本種の繁殖及び生息環境として適していないと考えられ、その周辺から本種は確認されていない。加えて坑口周辺改変部には綠化などの保全対策を行うことなどから本種の生息環境への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。
ハチクマ	環境要素を努めて保全する	計画路線は、本種の確認地点である尾長山をトンネル構造で通過する。トンネル坑口周辺において一部森林を改変するが、その場所は本種の繁殖及び生息環境として適していないと考えられ、その周辺から本種は確認されていない。加えて坑口周辺改変部には綠化などの保全対策を行うことなどから本種の生息環境への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。
サンコウチョウ	環境要素を相当程度保全する	計画路線は、本種の確認地点である尾長山をトンネル構造で通過する。トンネル坑口周辺において一部森林を改変するが、その場所は本種の繁殖及び生息環境として適していないと考えられ、その周辺から本種は確認されていない。加えて坑口周辺改変部には綠化などの保全対策を行うことなどから本種の生息環境への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。
ヤマドリ類	環境要素を相当程度保全する	計画路線は、本種の確認地点である尾長山をトンネル構造で通過する。トンネル坑口周辺において一部森林を改変するが、その場所は本種の繁殖及び生息環境として適していないと考えられ、その周辺から本種は確認されていない。加えて坑口周辺改変部には綠化などの保全対策を行うことなどから本種の生息環境への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。

## 第9章 環境保全対策の検討結果

### 第1節 公害の防止に係る環境要素の環境保全対策

#### 1. 騒音

騒音の予測値が環境保全目標を上回る地域に対しては、遮音壁の設置などの環境保全対策を講じることにより、環境保全目標を満足させるものとする。  
環境保全対策の検討結果は、表9-1-1に示すとおりである。  
なお、実施に当たっては、交通量、沿道の土地利用など地域の状況を勘案し、遮音壁、植樹帯、その他の種々の技術的手法を用いて環境保全対策を講じることとする。

表8-3-2(2) 動物に係る評価結果(魚類)

相当する動物	環境保全目標	予測の概要	評価
メダカ	環境要素を相当程度保全する	計画路線は、本種の生息場所となる府中大川を橋梁構造で通過し、現状改変は行わない。また、工事により発生する汚濁水に対しては、沈砂池の設置や降雨時の作業の抑制などにより、土砂の流出を抑えるような対策を講じることとしている。これらのことから、本種の生息への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。

表8-3-2(3) 動物に係る評価結果(昆蟲類)

相当する動物	環境保全目標	予測の概要	評価
ミカドアゲハ	環境要素を努めて保全する	計画路線は、本種の生息位置及び本種の食樹であるオガタマノキの生育位置をトンネル構造で通過する。また、改変部となるトンネル坑口部周辺では本種の生息地域及び本種の食樹であるオガタマノキの生育は確認されていない。これらのことから、本種の生息環境への影響は少ないものと考えられる。	環境保全目標を満足する。

表9-1-1 騒音の環境保全対策

(単位: dB)

予測断面番号	予測対象区域	方向	道路構造	環境保全目標			無対策時予測値	対策の内容	対策後予測値
				類型	区分	目標値			
①	中山東一丁目	北側	高架及び平面	A	朝	55	60	遮音壁1.5m ※道路部の官民境界部	54
					昼	60	60		54
					夕	55	60		53
②	中山南一丁目	南側	高架及び平面	A	朝	55	56	遮音壁0.5m ※道路部の車道と歩道の境界部	55
					昼	60	56		55
					夕	55	55		54
③	中山西二丁目	北側	高架及び平面	A	朝	55	56	遮音壁0.5m ※道路部の車道と歩道の境界部	52
					昼	60	55		52
					夕	55	55		51
③	二葉の里三丁目	東側	高架	A	朝	50	56	高欄1.0m+遮音壁1.5m ※路面高さ(2.5m)	50
					昼	55	56		50
		西側	高架	A	夕	50	55	高欄1.0m+遮音壁1.0m ※路面高さ(2.0m)	49
					夜	45	49		43
					夜	45	46		42

(備考) 予測値は、すべて地上1.2mでの値であり、最大値となる地点はすべて官民境界である。

## 第2節 自然環境の保全に係る環境要素の環境保全対策

自然環境の保全に係る環境要素については、計画路線周辺における自然環境の実態を十分に踏まえたうえで、その生育環境並びに生息環境の保全に努めるとともに、必要に応じて保護等の適切な措置を講じることとする。

### 1. 植 物

変更部に隣接する植生は日照や風当たりの変化により、乾湿状態等の微気象の変化に伴う植物の枯損等の影響が考えられる。そこで、とくにトンネル坑口部については、施工により消失する林分の面積が最小となるよう配慮するとともに、微気象の緩和、樹林の早期回復を目的に、陽性植物（クズ、フジ、カナムグラ、ヤブガラシ、アカメガシワ、ヌルデ、ハゼノキなど）によるマント群落を誘導する。また、施工によって生じた裸地には、周辺植生になじんだ樹林の成立を目指して、表土の撒きだしや郷土樹種の苗木の植え付け等を行うものとする。

なお、今回の調査では確認されていないが、ギフチョウの幼虫の食草となるカンアオイ類やオムラサキの幼虫の食草となるエノキの成木等を確認した場合は、これらの種が生息している可能性があるので、移植などの適切な措置を講じるものとする。

### 2. 動 物

動物については、植物同様植生の変更区間を少なくするように配慮し、計画路線周辺を生活圏としている動物の生息環境の保全に努める。トンネル坑口部の施工により生じる自然変更部については、周辺の森林から道路へ動物が侵入することによって生じる衝突死（ロードキル）を防止するため、侵入防止柵を設置するものとする。

## 第3節 その他必要な環境保全対策

### 1. 工事中の環境保全対策

#### ①公害の防止に係る環境要素

工事の実施に当たっては、関係法令などを遵守し、環境に及ぼす影響をできるだけ少なくするよう努める。また、工事の実施に際しては、工事関係者に当該地域の自然環境の実態と、学術上の観点から重要と認められる動植物種の存在を周知させたうえで実施し、生育環境並びに生息環境の保全に努める。さらに、必要に応じて工事中の環境監視を実施する。

工事の方法については、未決定の要素が多いため、一般的と考えられる工事方法を前提として、次の項目について配慮する。

##### (1) 工事騒音

騒音の発生源となる主な工事は、ブルドーザー、ショベルなどの建設機械、土運搬、材料運搬のためのダンプカー、トラックなど、橋梁工事における杭打機、生コン車、コンクリートポンプ車などが考えられる。

工事にあたっては、建設機械等は点検整備を十分に行い、とくに敷地境界線付近及び住宅付近での作業では、作業時間帯の制限の徹底、低騒音工法の実施、消音カバーの取り付け、建設機械の同時稼働の回避等により、騒音の低減に努める。

工事車輛等による交通については、運搬車輛等は原則として本線内の工事用道路を使用するとともに低速走行を遵守して騒音の低減に努める。なお、一般道路を利用する場合には住居に与える影響の少ないルートを選定する。

橋梁工事の杭打ち等については、極力騒音の少ない工法を選択する。

##### (2) 工事振動

振動の発生源となる主な工事は、杭打ち及び工事車輛の交通振動が考えられる。

工事にあたっては、建設機械等は点検整備を十分に行い、とくに敷地境界線付近及び住宅付近での作業では、作業時間帯の制限の徹底、低振動工法の実施、低速走行の実施、建設機械の同時稼働の回避等により、振動の低減に努める。

工事車輛等による交通については、運搬車輛等は原則として本線内の工事用道路を使用するとともに低速走行を遵守して振動の低減に努める。なお、一般道路を利用する場合には住居に与える影響の少ないルートを選定する。

橋梁工事の杭打ち等については、極力振動の少ない工法を選択する。

### (3) 大気汚染

大気汚染の発生源の主なものは、土運搬車輛によるものが考えられる。

建設機械の運転にあたっては、空ぶかし運転・高負荷での運転は避け、大気汚染物質の発生の抑制に努める。

工事車両等による交通については、運搬車両等は原則として本線内の工事用道路を使用するとともに低速走行を遵守して大気汚染物質の発生抑制に努める。また、一般道路を利用する場合には住居に与える影響の少ないルートを選定する。さらに、工事用道路については定期的に散水を行う等、土砂による粉じん発生の抑制に努める。

### (4) 水質

工事により発生する汚濁水は、トンネル坑口部周辺の工事、橋梁工事等に伴う土砂の掘削による濁水が考えられる。

土砂の掘削にあたっては、沈砂池を設置する等の対策を講じることとする。また、降雨時の工事はできる限り避けるとともに一時的に出現する裸地を最小限に止めるため、早期に植栽を行い濁水の発生の抑制に努める。さらに、必要に応じてビニールシート等により、法面を保護する等の対策を講じる。

### 2) 自然環境の保全に係る環境要素

自然環境の保全に係る環境要素については、計画路線周辺における自然環境の実態を踏まえ、その生育、生息環境の保全に努めるとともに、必要に応じて保護するための適切な措置を講じるものとし、次の項目について配慮する。

#### (1) 植物

植物については、植生の改変区域を少なくするよう配慮し、計画路線周辺における生育環境の保全に努める。工事中においては、土砂流出等で植物の生育環境を壊さないように、適切な保護対策を講じるとともに、トンネル坑口周辺改変部等は必要に応じ適切な緑化対策を実施する。また、今回の調査で確認されていない重要種の生育が確認された場合は、随時適切な措置を講じるものとする。

#### (2) 動物

動物については、植生の改変区域を少なくするよう配慮し、計画路線周辺を生活圏としている動物の生息環境の保全に努める。また、工事中の土砂流出等により水生動物の生息への影響が生じないように、適切な保護対策を講じるものとする。また、今回の調査で確認されていない重要種の生息が確認された場合は、随時適切な措置を講じるものとする。

## 2. その他

### 1) 維持作業等

道路施設の保守点検、清掃、散水等の維持作業及び修繕工事等により、施設は常時良好な状態に保ち、安全かつ円滑な交通を維持することによって路線周辺の環境の保全に努める。

### 2) 交通管理

道路交通を安全かつ円滑な状態に保ち、事故の発生や交通渋滞等による異常事態の発生を未然に防止するため、交通管制、情報管理を関係行政機関等の協力のもとに行い路線周辺の環境保全に努める。

### 3) その他

当事業は、環境に及ぼす影響を予測評価し、適切な対策を講ずることとしているが、工事中及び供用後予測し得なかった著しい影響の発生がみられる場合は、必要に応じて環境に及ぼす影響について、調査を実施し、適切な措置を講じるとともに、工事の実施段階では事前に十分な説明を行うこととする。

なお、本路線は広島市指定の重要文化財「東照宮唐門及び翼廊」、同「東照宮手水舎」、同「東照宮本地堂」、同「東照宮御供所（付脇門）」の西側約80mを通過するため、自動車排気ガス及び道路交通振動について予測したが、二酸化硫黄及び二酸化窒素が現状の大気濃度に対して寄与する割合は約1～3%であり、また振動は人間が感知できるレベルを下回るものと予測されることから、本事業による東照宮への影響は軽微であると思われる。

また、事業の実施にあたっては、必要に応じて、これら東照宮の指定文化財に及ぼす影響について調査を実施し適切な措置を講じるとともに、東照宮並びに広島市文化課に十分な説明を行うこととする。

**第10章 公害の防止及び自然環境の保全の見地からの意見書の要旨及びそれについての都市計画決定権者の見解**

都市計画法第1・7条に基づく住民意見のうち環境保全上の意見の要旨と都市計画を定めるに際しての見解

環境保全上の意見の要旨	都市計画を定めるに際しての見解
①東部線は、排気ガスによる大気汚染、騒音、振動、地盤沈下などの公害により、住民の健康や家屋への悪影響が心配され、憲法25条を侵す懸念がある。排気ガスと騒音にさらされることは無いのか。	以下に示す見解の中で、今後事業実施に際し、対応すべき事項については、事業予定者に伝えるものとする  ①について 本路線の環境影響評価の調査、予測及び評価は「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針について」(560.9.26付建設事務次官通達)（以下「技術指針」）に基づき行った。 「技術指針」に基づき、大気汚染、騒音について、道路構造、交通条件、土地利用等を考慮して、地域の環境を代表すると思われる地点を設定し、計画目標年次の予測交通量をもとに予測を行った。 大気及び騒音の予測結果については、一部の地域の騒音を除き、環境保全目標として設定した。環境基本法第16条に基づく「人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準」として定められた環境基準を満足している。 また、騒音に係る環境基準を上回る地域については、遮音壁を設置する等の保全対策を講じることにより、環境基準を満足させることとしており、周辺の生活環境は保全されるものと考えている。 さらに、事業実施にあたって、予測し得なかった著しい影響の発生が見られる場合は、必要に応じて環境に及ぼす影響について調査を実施し、適切な対策を講じることとする。
②東部線の広島駅北の坑口付近は、環境保全目標を上回る昼夜を問わない騒音が予想されるが、遮音壁等では効果が期待できない。またマンションには喘息患者、沿線には気管支の弱い子供もあり、排ガスによる健康面への影響が心配である。問題が出てからでは遅い。トンネル坑口付近での環境アセスメントはどうなっているのか。	坑口付近については、評価断面としていないが、遮音壁設置等の保全対策を講じることにより、大気及び騒音について環境基準を満足するものと考えている。 さらに、事業実施にあたって、予測し得なかった著しい影響の発生が見られる場合は、必要に応じて環境に及ぼす影響について調査を実施し、適切な対策を講じることとする。
③現在住んでいる土地は沼地の上に盛土した軟弱地盤であり、この地下15～20mの位置へトンネルがあることは、トンネル内を通行する車両の騒音、振動等により人体や家屋に影響を及ぼす。このことは、生活権の侵害があるので、トンネル計画に反対する。	③～④について トンネル内の交通による周辺への影響については、「技術指針」に予測手法が定められておらず、現段階ではその予測は出来ないが、これに関する研究事例や、他の工事実施例から判断すると、その影響は軽微であると考えられる。 なお、事業実施にあたって予測し得なかった著しい影響の発生が見られる場合は、必要に応じて環境に及ぼす影響について調査を実施し、適切な対策を講じることとする。
④トンネル開通後の振動、騒音、耐震性について不安があるが、これらの家屋への影響について、市から説明がされていない。調査結果はどうなったのか。	

環境保全上の意見の要旨	都市計画を定めるに際しての見解
⑤大気の想定条件が不明である。環境に関する推測値がどの程度正しいのか。この推測値は、将来にわたる計画を含めたものでなければならない。	⑤について 大気については、本路線が通過する地域を代表すると考えられる気象データ、バックグラウンド濃度及び本路線の計画目標年次のH32年における交通条件をもとに予測・評価を行っている。 また、「技術指針」によると騒音の予測は官民境界の高さ1.2mで行うこととされている。
⑥古くから霧山として敬われ、全国的に珍しいシリブカガシの原生林である二葉山にトンネルを通することは、公共の福祉とは言えず、土の中を掘るから自然破壊に繋がらないというのは危険であり人類の傲慢である。自然に対して畏敬と尊厳の念を持ち、これを々々孫々まで保存することが我々の勇気ある決断である。	⑥～⑧について 「技術指針」に基づき自然環境保全法等の法令により指定された地域や、学術上等の観点から重要と認められる地域を通過する場合に、環境要素（動植物）を設定し、既存文献・資料により調査を行うとともに、必要に応じて現地調査を実施して、予測・評価を行っている。 予測結果では、最大限生態環境に与える影響を少なくすることに努めることから、本路線が生態環境に与える影響は少ないものと考えている。
⑦二葉山トンネル建設は、地下水や地盤の変化、排気ガスをもたらし、生態系への悪影響など自然環境の破壊につながる恐れがあるので反対である。	なお、工事中及び供用後においても、本路線周辺における貴重な動植物や自然環境の実態を踏まえ、必要に応じて保護対策等の措置を講じることとする。
⑧地下トンネルにともなう、治水の安全性や水脈の切断による動植物系の変化などの環境アセスメントはどうなっているのか。	
⑨東部線を実行すれば、二葉の里の散歩道の分断破壊となり、広島駅付近の自然緑地を永久に失うこととなるため、いかがわしい代案か、計画の中止を強く求める。	⑨について 事業実施にあたっては、当地区の地域性や歴史的重要性を十分考慮し、出来るだけ景観や環境に配慮した構造とすることとする。
⑩昆虫の評価について、温品二丁目付近にホタルの生息を確認している。	⑩について 当該地区で発見されたホタルは、生息環境や生態調査に関する文献調査によると、貴重種とされる「ゲンジボタル」ではないと考えられるが、事業実施にあたっては、本路線周辺の自然環境の実態を踏まえ、必要に応じて保護対策等の措置を講じるものとする。

<資料2> 「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針」による設定基準について

環境要素	現状調査を行う環境要素の設定基準	予測及び評価を行う環境要素の設定基準
①大気汚染	都市計画法の手続きにより用途地域として指定された地域（用途地域以外において新市街地、住宅団地等の開発業が予定されている地域並びに既存集落を含む。）及びこれらの近接地域を通過する場合	計画路線周辺に住居等がある場合
②水質汚濁	サービスエリア、パーキングエリア等の污水を公共用水域に排水する場合、又は水質汚濁に影響を与えるおそれがある工事を実施する場合	サービスエリア、パーキングエリア等の污水を公共用水域に排水する場合、又は水質汚濁に影響を与えるおそれがある工事を実施する場合
③騒音	大気汚染と同じ	大気汚染と同じ
④振動	大気汚染と同じ	軟弱地盤地帯を通る区間で計画路線周辺に住居等がある場合
⑤地盤沈下	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おそれがある場合	軟弱地盤地帯において地盤沈下により周辺の住居等に有害な影響を与えるおそれがある場合
⑥地形・地質	自然環境保全法、自然公園法、都市緑地保全法等の自然環境の保全を目的とする法令により指定された地域及び既存資料の収集等により学術上等の観点から重要と認められる地域を通過する場合	現状調査の結果、学術的価値の高いもの、天然記念物等の分布する地域を通る場合
⑦植物	地形・地質と同じ	地形・地質と同じ
⑧動物	地形・地質と同じ	地形・地質と同じ
⑨景観	地形・地質と同じ	自然公園等の法令により指定された地域その他の地域で良好な自然景観を有している地域又は自然環境の保全上特に必要な野外レクリエーション施設を通る場合

第4章 環境影響要因の把握及び調査等を行う環境要素の設定

第1節 環境影響要因の把握

調査等にあたっては、当該道路事業に係る道路施設の設置及びその供用並びに工事の実施の各段階において、人の健康、生活環境及び自然環境に影響を及ぼすと予想されるものを環境要因として把握する。これは、昭和60年9月26日付建設事務次官通知による建設省所管道路事業環境影響評価技術指針（以下「技術指針」という。）による。

環境要因としては、第1に道路施設の設置がある。これが影響を与える環境要素には、公害の防止に係るものとして水質汚濁、地盤沈下があり、自然環境の保全に係るものとして地形・地質、植物、動物及び景観がある。

環境要因の第2は、道路施設の供用に伴う自動車交通である。これが影響を与える環境要素には、公害の防止に係るものとして大気汚染、水質汚濁、騒音及び振動があり、自然環境の保全に係るものとして植物及び動物がある。

環境要因の第3は、工事の実施である。これが影響を与える環境要素には、公害の防止に係るものとして大気汚染、水質汚濁、騒音、振動及び地盤沈下があり、自然環境の保全に係るものとして植物及び動物がある。

以上を総括すると、環境要素は、表4-1-1のとおりとなる。

表4-1-1 環境要素

区分	環境要素
公害の防止に係るもの	○大気汚染 ○水質汚濁 ○騒音 ○振動 ○地盤沈下
自然環境の保全に係るもの	○地形・地質 ○植物 ○動物 ○景観

## 第2節 現状調査を行う環境要素の設定

第1節で述べた環境要素のうち、本事業について現状調査を行う環境要素を、技術指針の設定基準に基づき、次のとおり設定する。

表4-2-1 現状調査を行う環境要素の設定

区分	環境要素	設定の有無	設 定 理 由
公害の防止に係るもの	1. 大気汚染	○	計画路線が通過する広島市東区においては、広島都市圏として用途地域の指定がなされており、計画路線は用途地域として指定された地域及びこれらの近接地域を通過する。
	2. 水質汚濁	-	計画路線内には、サービスエリア、パーキングエリアは計画していない。 また、河川との交差部はトンネルで通過するため、水質汚濁に影響を与える工事を実施しない。
	3. 騒 音	○	大気汚染と同じ。
	4. 振 動	○	大気汚染と同じ。
	5. 地盤沈下	-	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おそれがない。
自然環境保全に係るもの	6. 地形・地質	-	自然環境保全法、自然公園法、都市緑地保全法等の自然環境の保全を目的とする法令により指定された地域ではなく、かつ、既存資料の収集等により、学術上等の観点から重要と認められる地域を通過しない。
	7. 植 物	○	自然環境保全法、自然公園法、都市緑地保全法等の自然環境の保全を目的とする法令により指定された地域ではないが、既存資料の収集等により、計画路線の周辺地域には、学術上等の観点から重要と認められる地域を通過する。
	8. 動 物	○	植物と同じ。
	9. 景 観	-	地形・地質と同じ。

凡例：○ 現状調査を行う必要のある環境要素  
- 現状調査を行う必要のない環境要素

## 第6章 予測及び評価を行う環境要素の設定

第5章で各環境要素について現状調査を行った結果、本事業について予測及び評価を行う環境要素は、技術指針の設定基準に基づき、表6-1-1のとおり設定する。

表6-1-1 予測及び評価を行う環境要素の設定

環境要素	設定の有無	設 定 理 由
大気汚染	○	計画路線が通過する広島市東区において、計画路線周辺に住居等がある。
騒 音	○	大気汚染と同じ。
振 動	-	計画路線は軟弱地盤地帯を通過しない。
植 物	-	計画路線は学術的価値の高いもの、天然記念物等の分布する地域を通過しない。
動 物	○	計画路線が通過する広島市東区において、現状調査の結果、学術的価値の高いもの、天然記念物等の分布する地域を通過する。

凡例：○ 予測及び評価を行う必要のある環境要素  
- 予測及び評価を行う必要のない環境要素

## 第8章 評価結果

### 第1節 大気汚染

#### 1. 環境保全目標の設定

環境保全目標は、技術指針によるが、これは環境基本法第16条に基づいて定められた環境基準「大気の汚染に係る環境基準について」（昭和48年5月8日 環境庁告示第25号）、並びに「二酸化窒素に係る環境基準について」（昭和53年7月11日 環境庁告示第38号）により設定されたもので表8-1-1のとおりである。

基準は、日平均値であり、用途地域にかかわらず同一に適用される。

表8-1-1 大気汚染の環境保全目標

項目	内 容
一酸化炭素	1時間値の1日平均値が10ppm以下であること。
二酸化窒素	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。

なお、予測結果の評価については、長期的評価によるものとする。

#### 2. バックグラウンド濃度

計画路線が通過する地域のバックグラウンド濃度については、周辺の現状調査結果を用いて設定する。

二酸化窒素については、広島市が設置している一般環境大気測定局の福木小学校測定局が測定しているのでその値を用いる。

また、一酸化炭素については一般環境大気測定局では測定を行っていないため、現地調査のデータを用いることとした。

表8-1-2 バックグラウンド濃度

汚染物質	測 定 局	バックグラウンド値
二酸化窒素	福 木 小 学 校	0.016 ppm (年平均値)
一酸化炭素	現 地 調 査	0.4 ppm (年間の四季平均値)

### 3. 年平均値と日平均値の2%除外値及び98%値との関係

二酸化窒素の環境基準は1日平均値を用いており、測定された年間における1日平均値の低い方から98%値に相当する値によって評価することとされている。なお、日平均値の98%値の算定にあたっては、1時間値の欠測（異常と判断されるデータも含む）が4時間を超える測定日の1日平均値を用いないものとし、かつ年間における二酸化窒素の測定時間が6,000時間未満の場合は、環境基準による評価の対象としないこととしている「二酸化窒素に係る環境基準の改定について」（昭和53年7月17日環境庁大気保全局長通知）。

これに対して予測に用いた拡散式は、種々の条件下で測定されたデータを統計的に処理して得られたものであり、一年間の平均濃度を算定したものである。

したがって、評価にあたっては予測された年平均値を日平均値の98%値に換算して行う必要がある。

また、一酸化炭素については、日平均値の2%除外値を用いる方法が一般的に用いられているため、本評価においても同様の手法をとることとする。

なお、日平均値の2%除外値をとることについては、評価は年間にわたる測定結果を長期的に観察して行う必要があるとしたうえで、現在の測定体制においては、測定精度に限界があること、測定時間・日による特殊事情が直接反映されること等から、測定値の高い方から2%の範囲内にあるものを除外することとしている「大気汚染に係る環境基準について」（昭和48年6月12日環境庁大気保全局長通知）。

この換算にあたっては、年平均値と日平均値の98%値及び日平均値の2%除外値との間に高い相関性があることが認められているため、それぞれの相関関係を求めた換算式を用いる。

$$\text{二酸化窒素 } Y = 1.48X + 0.0064$$

ただし、X：年平均値 (ppm)

$$Y : \text{日平均値の} 98\% \text{値 (ppm)}$$

$$\text{一酸化炭素 } Y = 1.49X + 0.544$$

ただし、X：年平均値 (ppm)

$$Y : \text{日平均値の} 2\% \text{除外値 (ppm)}$$

### 4. 評価方法

大気汚染の評価手順は下記の図8-1-1のとおりである。

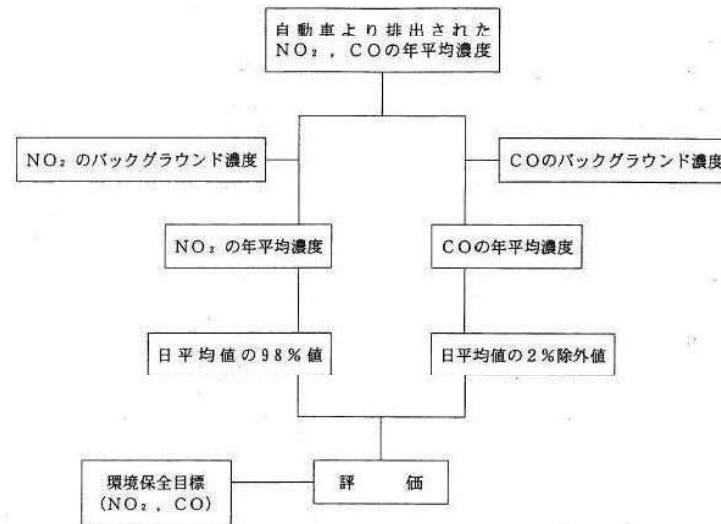


図8-1-1 大気汚染の評価手順

## 5. 評価結果

第7章第1節2に示した予測地点における一酸化炭素及び二酸化窒素の評価結果を表8-1-

-3(1), (2)に示す。

一酸化炭素は、自動車交通による発生濃度にバックグラウンド濃度を加えた年平均値を日平均値(2%除外値)に換算すると、1.15~1.20ppmであり、環境保全目標を満足している。

二酸化窒素については、自動車交通による発生濃度にバックグラウンド濃度を加えた年平均値を日平均値(98%値)に換算すると、0.033~0.035ppmであり、環境保全目標を満足している。

表8-1-3(1) 一酸化炭素の評価結果

番号	予測地点	環境保全目標	自動車交通による発生濃度		バックグラウンド濃度ラウ	合計値				評価		
						年平均値		日平均値の2%除外値				
			西側	東側		西側	東側	西側	東側			
①	広島市東区福田三丁目	10 以下	0.02	0.04	0.4	0.42	0.44	1.17	1.20	環境保全目標を満足する。		
②	広島市東区福田二丁目		0.02	-		0.42	-	1.17	-			
③	広島市東区馬木三丁目		0.01	-		0.41	-	1.15	-			

(注) 表中の予測濃度は、すべて官民境界の地上1.5 mでの値である。

表8-1-3(2) 二酸化窒素の評価結果

番号	予測地点	環境保全目標	自動車交通による発生濃度		バックグラウンド濃度	合計値				評価		
						年平均値		日平均値の98%値				
			西側	東側		西側	東側	西側	東側			
①	広島市東区福田三丁目	0.04から0.06までのゾーン内又はそれ以下であること。	0.002	0.003	0.016	0.018	0.019	0.033	0.035	環境保全目標を満足する。		
②	広島市東区福田二丁目		0.002	-		0.018	-	0.033	-			
③	広島市東区馬木三丁目		0.002	-		0.018	-	0.033	-			

(注) 表中の予測濃度は、すべて官民境界の地上1.5 mでの値である。

## 第2節 駆音

### 1. 環境保全目標の設定

環境保全目標は技術指針によるが、これは環境基本法第16条に基づいて定められた環境基準「騒音に係る環境基準について」(昭和46年5月25日閣議決定)のうち、2車線を越える車線を有する道路に面する地域の基準により設定されたもので、表8-2-1のとおりである。

これに係る地域の類型指定ならびに時間区分は、第3章第3節1.(3)に示した広島県告示により定められたものとする。

表8-2-1 駆音に係る環境保全目標

[単位: d B(A)]

地域類型	環境保全目標			
	朝	昼間	夕	夜間
A	55	60	55	50

なお、Aをあてはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。

## 2. 評価結果

第7章第1節2に示した3カ所の予測地点における騒音の評価結果を表8-2-2に示す。

評価結果は、広島市東区福田二丁目において朝、昼間、夕の時間区分で2~7dB(A)環境保全目標を上回り、広島市東区馬木三丁目において朝の時間区分で2dB(A)環境保全目標を上回り、それぞれ環境保全対策が必要である。

以上の評価は、計画路線の自動車交通騒音のみについて、「騒音に係る環境基準について」(昭和46年5月25日閣議決定)に基づく測定方法に従い、官民境界で行ったものである。

したがって、広島市東区福田三丁目の夜間の時間区分においては、現状程度の騒音レベルとなると考えられる。

表8-2-2 評価結果（中央値L<sub>50</sub>）

[単位：dB(A)]

番号	予測地点	道路構造	区域	類型	区分	環境保全目標	予測値	評価	対策の必要
①	広島市東区 福田三丁目	盛土 及び 平面	西側	A 類型	朝	55	52	全ての時間区分 で環境保全目標 を満足する。	無
					昼間	60	51		
					夕	55	49		
					夜間	50	38		
				A 類型	朝	55	52	全ての時間区分 で環境保全目標 を満足する。	無
					昼間	60	50		
					夕	55	48		
					夜間	50	33		
②	広島市東区 福田二丁目	切土	西側	A 類型	朝	55	62	朝、昼間、夕の 時間区分で環境 保全目標を2~7 dB(A)上回る。	有
					昼間	60	62		
					夕	55	60		
					夜間	50	47		
③	広島市東区 馬木三丁目	切土	西側	A 類型	朝	55	57	朝の時間区分で 環境保全目標を 2dB(A)上回る。	有
					昼間	60	58		
					夕	55	55		
					夜間	50	44		

(注) 予測値は、すべて官民境界の地上1.2mの高さの値である。

凡例：有 環境保全対策を実施する必要がある。

無 環境保全対策を実施する必要がない。

## 第3節 動物

### 1. 環境保全目標の設定

動物に係る環境保全目標は、表8-3-1のとおりである。

表8-3-1 動物に係る環境保全目標

保全対象	保全対象のオーダー	選定理由	重要度区分	保全目標
ヨタカ	地域個体群	広島県RDB 希少種	B	環境要素を相当程度保全する
ギフチョウ	地域個体群	環境庁および 広島県RDB 危急種	A	環境要素を努めて保全する

1) 貴重な種や生息環境など特定の保全対象については、以下の3段階に区分した。

区分	保全目標
A 全国的に価値に値するもの	環境要素を努めて保全する
B 都道府県的価値に値するもの	環境要素を相当程度保全する
C 市町村的価値に値するもの	環境要素への影響を努めて最小化する

2) また、重要度区分は、保全対象種の希少性(RDBによるカテゴリ区分等)と調査区域における生息状況によって決定した。

## 2. 評価結果

選定した保全対象について、環境保全目標と予測された影響の程度を比較し、環境保全目標の達成の程度を判断した。これによると、ヨタカ、ギフチョウとも環境保全目標を満足している。

表8-3-2 環境保全目標の達成の程度

保全対象	環境保全目標	予測の概要	評価
ヨタカ	環境要素を相当程度保全する。	営巣地を含む主要な生息域は、直接改変を受けないと考えられる。 計画路線の改変部は行動域の一部となる可能性があるが、利用場所が上空であることや改変面積が小さいことから、その影響は小さいと考えられる。	環境保全目標を満足する。
ギフチョウ	環境要素を努めて保全する。	食草であるサンヨウアオイ生育地の消失規模はさわめて小さい。 また、改変面積が小さく、とくに利用環境として重要な森林の消失が少ないため、成虫の行動域に影響を及ぼさないと考えられる。 したがって、本地域の個体群は十分に維持されると考えられる。	環境保全目標を満足する。

## 第4節 予測評価の総括

各予測項目について、影響評価を行った結果は表8-4-1のとおりである。

表に示すとおり、大気汚染及び動物については、環境保全目標を満足する。

したがって、環境保全対策を必要とする騒音について対策を検討する。

表8-4-1 環境影響評価総括表

評価項目	評価内容	対策の有無
大気汚染	二酸化窒素 評価地点で環境保全目標を満足する。	無
	一酸化炭素 同 上	無
騒音	環境保全目標を上回る地点がある。	有
動物	環境保全目標を満足する。	無

凡例：有 環境保全対策を実施する必要がある。

無 環境保全対策を実施する必要がない。

## 第9章 環境保全対策の検討結果

### 第1節 騒音に対する環境保全対策

騒音の予測結果によると、広島市東区福田二丁目と、広島市東区馬木三丁目で騒音の予測値が環境保全目標を上回っている。その部分については、騒音の予測値が環境保全目標を足すように環境保全対策を講じる必要がある。

環境保全対策として遮音壁の設置で対応した場合、それぞれ高さ1.5mの遮音壁の設置により、環境保全目標を満足することができる。

遮音壁による環境保全対策の結果を表9-1-1に示す。

なお、保全対策を講じる場合には、交通量の推移、沿道の土地利用の動向などの地域の状況を十分踏まえて実施するものとする。

表9-1-1 環境保全対策

[単位：dB(A)]

番号	予測地点	道路構造	区域	類型	区分	環境保全目標	対策前 予測値	対策方法 (遮音壁による対策)	対策後 予測値
②	広島市東区 福田二丁目	切土	西側	A類型	朝	55	62	(道路の法肩) 遮音壁H=1.5m	53
					昼間	60	62		53
					夕	55	60		51
					夜間	50	47		38
③	広島市東区 馬木三丁目	切土	西側	A類型	朝	55	57	(道路の法肩) 遮音壁H=1.5m	50
					昼間	60	58		50
					夕	55	55		48
					夜間	50	44		37

(注) 1. 予測値は、すべて官民境界の地上1.2mの値である。

2. 出は地上からの高さを示す。

### 第2節 工事中の環境保全対策

諸工事の実施にあたっては、植生の改変区域を少なくするよう配慮し、これに伴い発生する跡地は必要に応じ適切な緑化対策を実施し、植物の保全に努める。

また、地形の改変及び森林の伐採を極力少なくするよう配慮し、動物の保全に努め、関係法令等を遵守し、環境に及ぼす影響をできるだけ少なくする。

工事の方法については、未決定の要素多いため、一般的と考えられる工事方法を前提として、次の項目について配慮する。

#### 1. 工事騒音

騒音の発生源となるものは、ブルドーザー、ショベル等の建設機械、材料運搬のためのダンプカー、トラック等、構梁工事における杭打機、生コン車、コンクリートポンプ車等が考えられる。

建設機械等は点検整備を十分に行い、運転を行う。工事用車両等による自動車騒音は住居に与える影響の少ないルートを選ぶ。

トンネル工事における発破については、近接して民家等が位置しているので、装薬量を制限し、発破騒音の影響を軽減することとする。

#### 2. 工事振動

振動発生源となる主なものは、杭打ち及び工事用車両の交通振動が考えられる。

住居に近接する場合、杭打ちは、振動に対する影響の少ない工法を選択する。

また、工事用車両等による交通振動は住居に与える影響の少ないルートを選ぶ。

トンネル工事における発破については、近接して民家等が位置しているので、装薬量を制限し、発破振動の影響を軽減することとする。

#### 3. 大気汚染

大気汚染の発生源の主なものは、土運搬車両によるものが考えられる。

土運搬車両については、原則として計画路線内工事用道路の使用により、住民への影響を極力少くするよう努める。また、工事用道路については定期的に散水を行う等土砂による粉じん発生の抑制につとめる。

#### 4. 水質汚濁

工事により発生する汚濁水はトンネル工事等による土砂の掘削による濁水が考えられる。

土砂の掘削にあたっては、できる限り水質に与える影響の少ない工法を採用するとともに必要に応じて、沈砂池を設置するなど適切な措置を講じる。

第II章 公害の防止及び自然環境の保全の見地からの意見書の要旨  
及びそれについての都市計画決定権者の見解

都市計画法第17条に基づく住民意見のうち環境保全上の意見の要旨と都市計画を定めるに際しての見解

環境保全上の意見の要旨	都市計画を定めるに際しての見解
① 現在の環境基準は理解できない。厳しく見直すこと。	以下に示す見解の中で、今後事業実施に際し対応すべき事項については、事業者に伝えるものとする。
② 平成22年の環境保全目標を満足していると回答しているが、走行台数を何台と仮定しているのか。	①～⑤ 本路線の環境影響評価の調査、予測及び評価は「建設省所管道路事業環境影響評価技術指針について」（昭和60年9月26日）（以下、「技術指針」という。）に基づき行った。 「技術指針」に基づき、大気汚染及び騒音について、道路構造、交通条件、土地利用等を考慮して地域の環境を代表すると思われる地点を設定し、計画目標年次の予測交通量（本線約18,500～24,000台/日、ランプ部約3,800～5,500台/日）をもとに予測を行った。 大気汚染及び騒音の予測結果では、一部地域の騒音を除き、環境保全目標として設定した環境基本法第16条に基づく「人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準」として定められた環境基準を満足している。 また、騒音に係る環境基準を上回る地域については、遮音壁を設置する等の保全対策を講じ、環境基準を満足させることとしており、周辺の生活環境は保全されるものと考えている。 さらに事業実施に当たっては、調査・検討を実施し、著しい環境悪化がみられる場合には、適切な対策を講じるものとする。
③ 防音壁等の設置については、いかに計画しているのか。	
④ 屋根式トンネル工法とし、大気汚染、騒音防止対策が図られるよう要望する。	
⑤ 交通量が増えれば、環境が悪くなる。	

環境保全上の意見の要旨	都市計画を定めるに際しての見解
⑥ 自然環境を確保してもらいたい。	⑥ 「技術指針」に基づき、自然環境保全法等の法令により指定された地域や学術上等の観点から重要と認められる地域を通過する場合に、環境要素（動植物）を設定し、既存文献・資料により調査を行うとともに、必要に応じて現地調査を実施して予測・評価を行っている。 予測結果では、最大限生息環境に与える影響を少なくするよう努めることから、本路線が生息環境に与える影響は少ないものと考えている。 なお、工事中及び供用後においても本路線周辺における貴重な動物・植物や自然環境の実態を踏まえ、必要に応じて保護対策等の措置を講じることとする。

## ボーリング調査に伴う地元住民の懸念について

追加ボーリング調査を実施することについて、これまで地元から出された主な意見は次のとおりである。

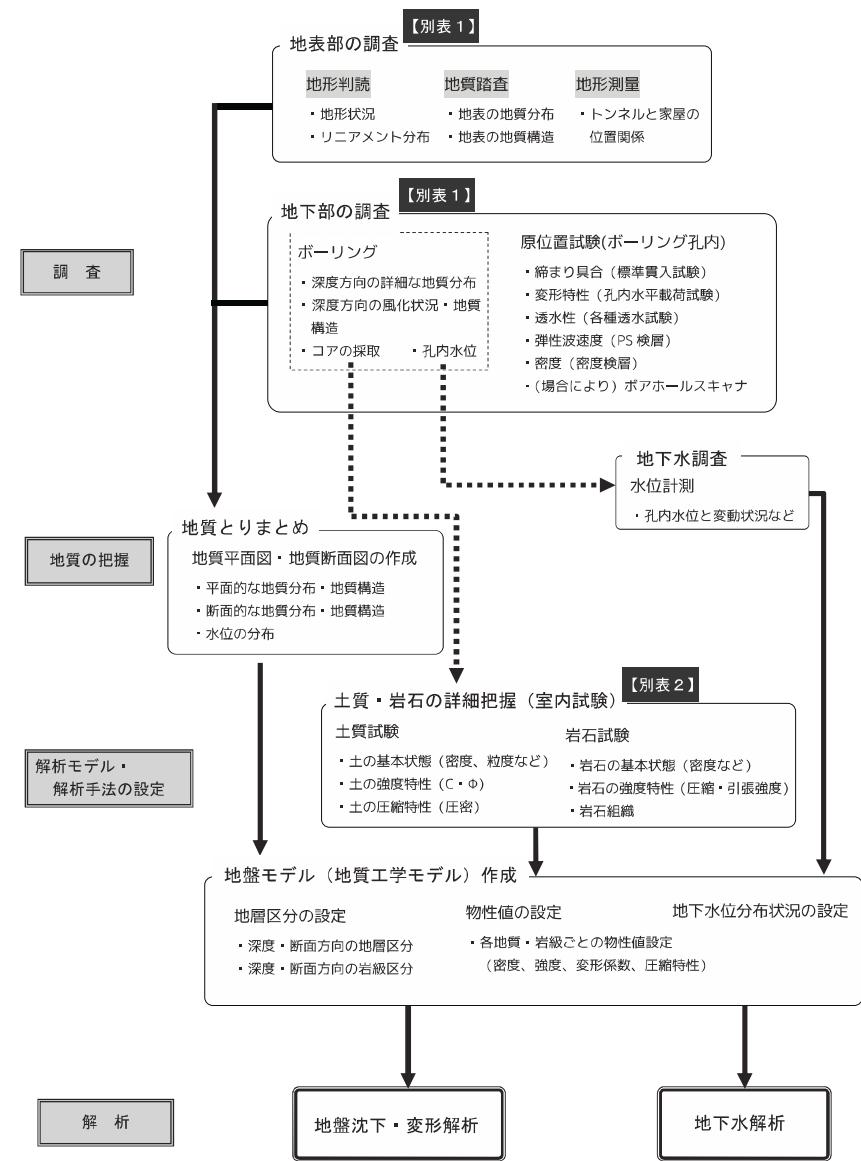
### I ボーリングによって地盤が弱くなる

- ① 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も多く見られ、土地の乾燥化が進んでいる。
- ② 過去のボーリング調査により水の道が変わり、雨水の側溝や下水管に被害がおこり、トンネル直上の擁壁に異常が発生している。
- ③ ボーリングは水の道を変え、小規模の沈下を引き起こす。
- ④ 深さ 50 m の穴を何本も掘れば地盤に良いわけがない。
- ⑤ ボーリングは地盤を弱くし安全を損なうものである。

### II なぜ追加ボーリングが必要なのか

- ① 既存のボーリング調査で何がわかつて、何がわからなかつたのか。
- ② どうして追加調査が必要なのか。
- ③ 追加調査の場所はなぜこの場所なのか、この場所で何が分かることか。
- ④ 追加ボーリング調査で得られたデータをどのように使い、どのような解析に使うのか。
- ⑤ ボーリング調査が住民の安全を検証できないのならボーリング調査をする意味が無い。

## 調査から解析までの流れ



別表1 第一次調査項目とその調査内容(案)【現地調査関連】

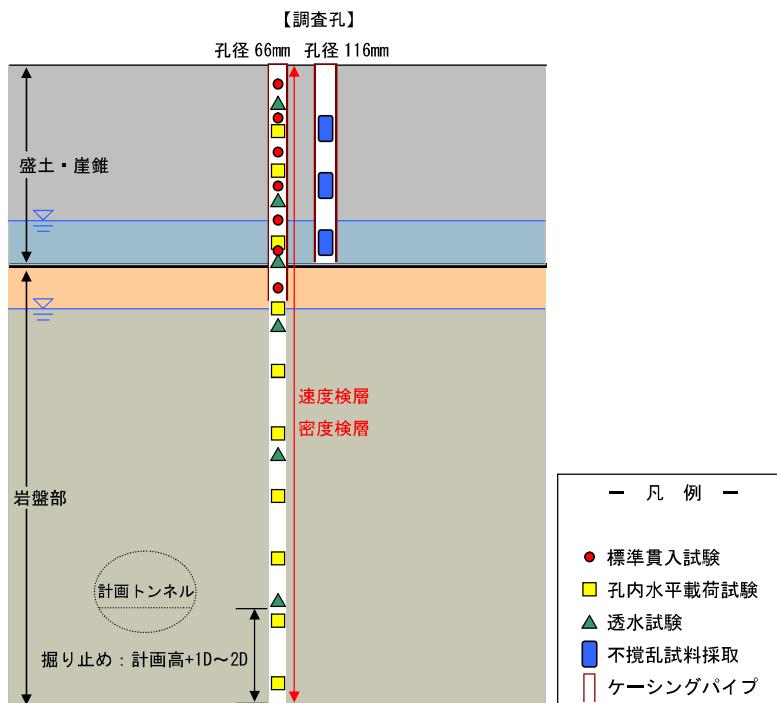
大項目	項目	内容	求まるもの	解析への利用*	備考
地形判読		空中写真、地形図を用いたリニアメント判読	大スケールでの地形状況、リニアメント分布	地盤モデルへ反映させる	
地質踏査		地形判読範囲と同等の範囲内を踏査	現地スケールでの地形状況、リニアメント分布、地質分布、地質構造、地表水状況	地盤モデルへ反映させる	
地形測量		牛田地区内の実測測量(未実施地区の追加)	トンネルと家屋の位置関係	トンネルと家屋の位置関係を地盤モデルに再現する	
ボーリング掘削	孔径	66mm、サンプリング孔は116mm ボーリング掘削中も水位を記録	ボーリングコア、掘削水位記録	コア観察のうえ、地質断面図に反映させるとともに、地下水位モデルの基礎資料とする	
	掘り止め条件	岩盤の場合：計画高から1D(トンネル幅)を目安 土砂の場合：計画高から2D(トンネル幅×2)を目安	—	地盤モデルはトンネルより下位の情報も必要であるため、掘り止め条件をあらかじめ設定しておく	計画トンネル幅(D)：11～18m
	不搅乱試料採取	盛土・崖錐部では原則3mピッチ、岩盤強風化部でも採取可能なら実施	不搅乱状態での土質試験用試料	土質試験に供する	地層状況によっては採取できない可能性もある
(ボーリング) 原位置試験	標準貫入試験	1mピッチ(軟岩まで実施)	盛土・崖錐部及び強風化岩のN値(締まり)	地盤モデルの地層区分設定根拠となる	
	孔内水平載荷試験	盛土・崖錐部では原則3mピッチ、岩盤部は岩級区分毎におおよそ5～10mピッチ	各地層の変形係数	地盤モデルの物性値設定の根拠となる	
	現場透水試験	盛土・崖錐部では原則3mピッチ、岩盤部は岩級区分毎におおよそ5～10mピッチ	各地層の透水係数	地盤モデルの物性値設定の根拠となる	盛土部で水位がない場合はチューブ法で実施
	速度検層(P波・S波測定)	P波測定は全区間実施 S波測定は盛土層から軟岩層までは実施	各地層のP波・S波速度	地盤モデルの地層区分設定根拠となる	第一次調査結果に基づき、地表からの物理探査も検討
	密度検層	盛土・崖錐部～軟岩層で実施	盛土・崖錐部～軟岩層の密度	地盤モデルの物性値設定の根拠となる	不搅乱試料が採取できない場合に実施
	ボアホールカメラ	破碎帯や重要な地質境界を確認した場合は実施	破碎帯、地層境界等の分布方向、及び割れ目の状態	地質平面図、地質断面図へ地質構造を反映させる	
その他	不搅乱試料が採取できなかった場合の対応	地表部でテストピット掘削による試料採取及び現場密度試験を実施 その試料を調整後、室内土質試験(別表2)を実施			

\*解析手法については別途検討

別表2 第一次調査項目とその調査内容(案)【室内試験関連】

大項目	項目	内容	求まるもの	解析への利用*	備考	
室内 土質試験	土粒子の密度試験	各孔、各地層で1~2個実施	盛土・崖錐部・強風化岩の土粒子密度	地盤モデル設定の根拠となる	ボーリング掘削後、コア状況及びサンプリング状況により適宜変更	
	含水比試験		盛土・崖錐部・強風化岩の含水比			
	粒度試験(ふるい)		盛土・崖錐部・強風化岩の粒度分布			
	土の湿潤密度試験	不搅乱試料を用いて実施	盛土・崖錐部・強風化岩の湿潤密度	地盤モデル設定の根拠となる		
	土の圧密試験		盛土・崖錐部・強風化岩の圧密特性			
	三軸圧縮強度試験(CD条件)		盛土・崖錐部・強風化岩の強度特性(C・Φ)			
室内岩石試験	岩石の一軸圧縮強度試験	各孔、岩級区分毎に1~2試料	岩盤部の圧縮強度	地盤モデル設定の根拠となる	ボーリング掘削後、コア状況により適宜変更	
	岩石の引張り強さ試験		岩盤部の引張り強度			
	岩石の超音波速度試験		岩盤部の超音波速度(P波、S波)			
	岩石の密度試験		岩盤部の密度			
	岩石の顕微鏡観察	岩種・岩級で各3試料程度を実施	岩石の種類、間隙比	地質図の作成根拠とともに間隙比を明らかにし、地盤モデルへ反映	掘り上がったコアを観察した上で位置・数量を決定	

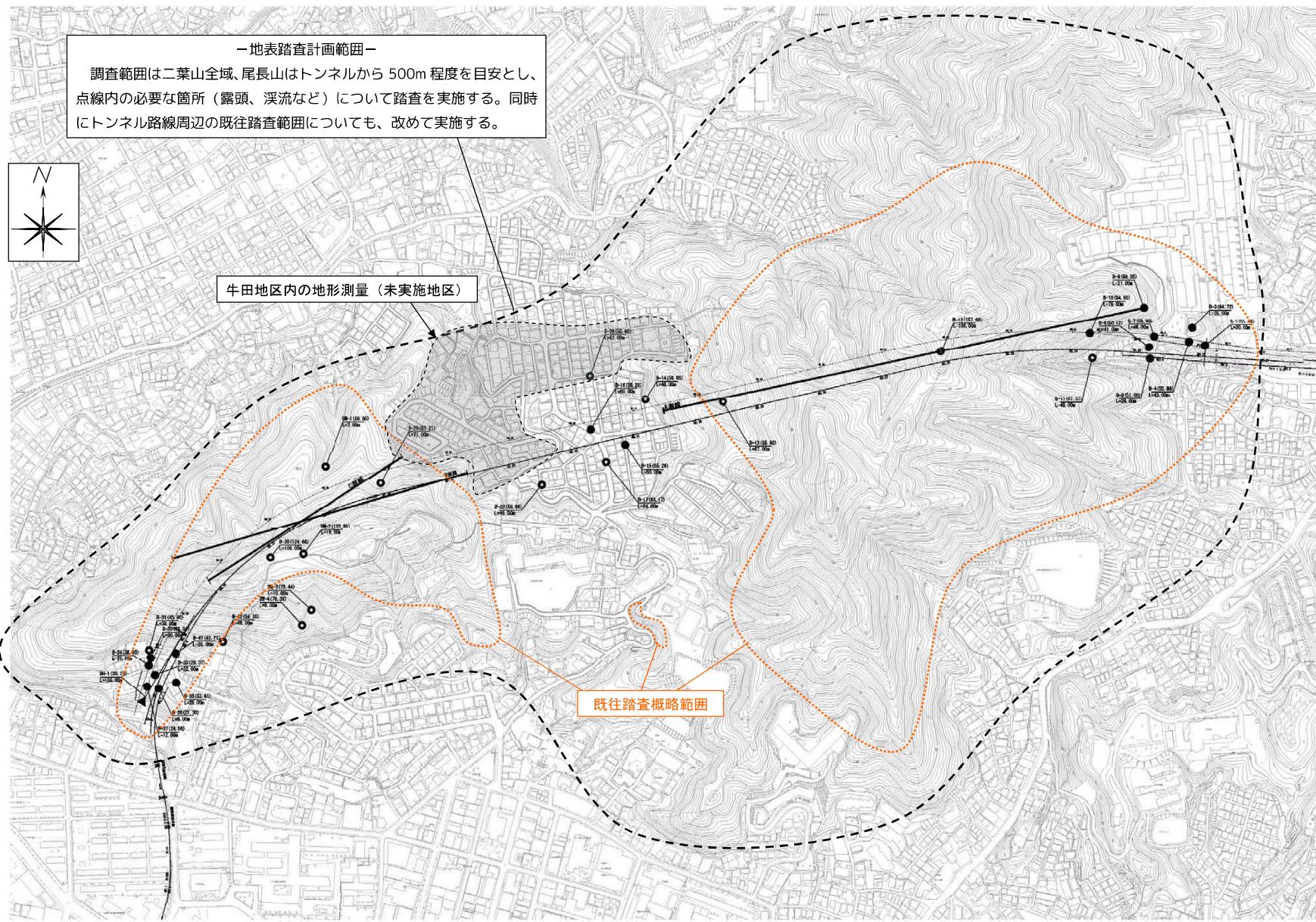
\*解析手法については別途検討

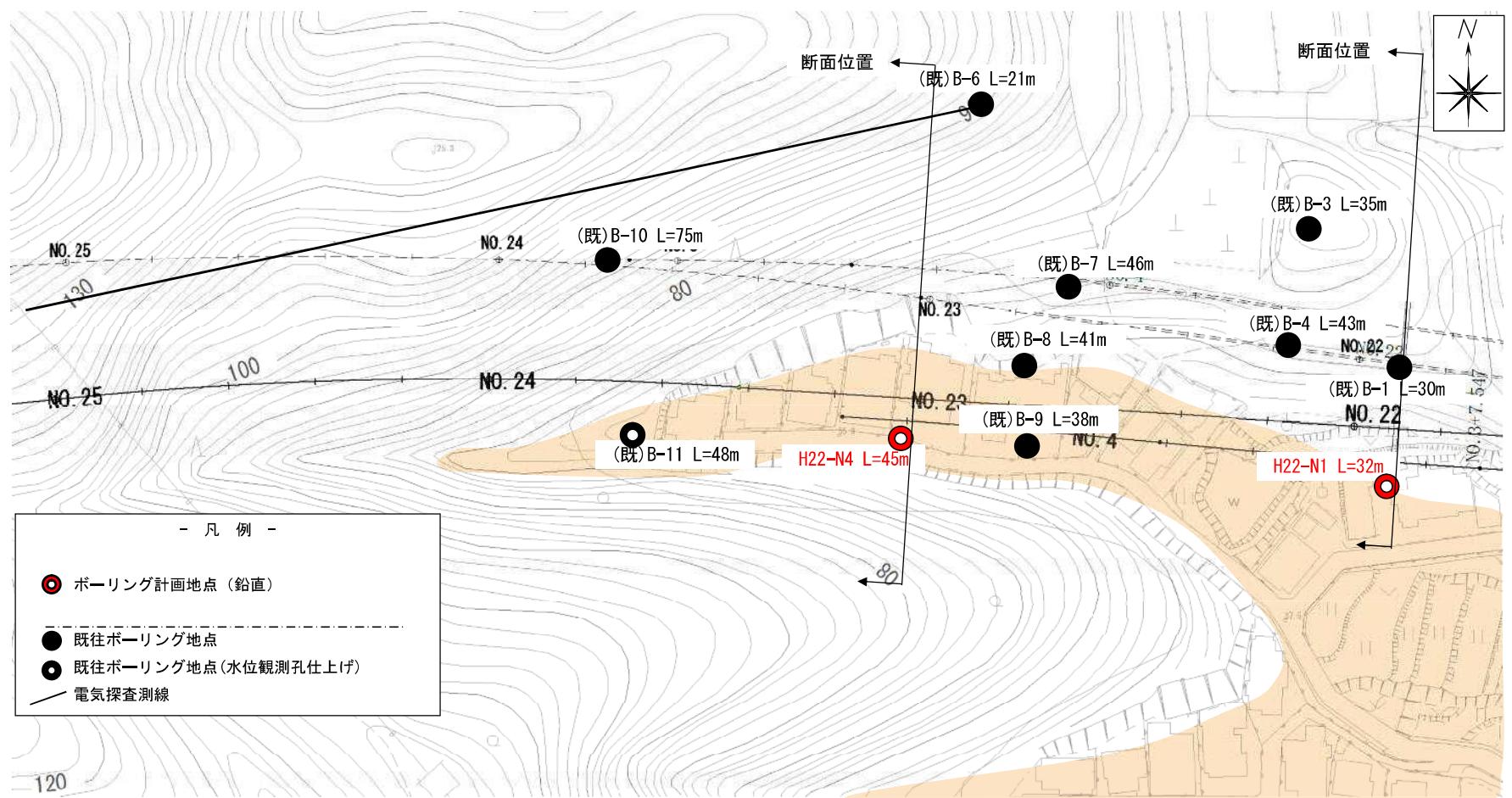


ボーリング調査計画 模式図

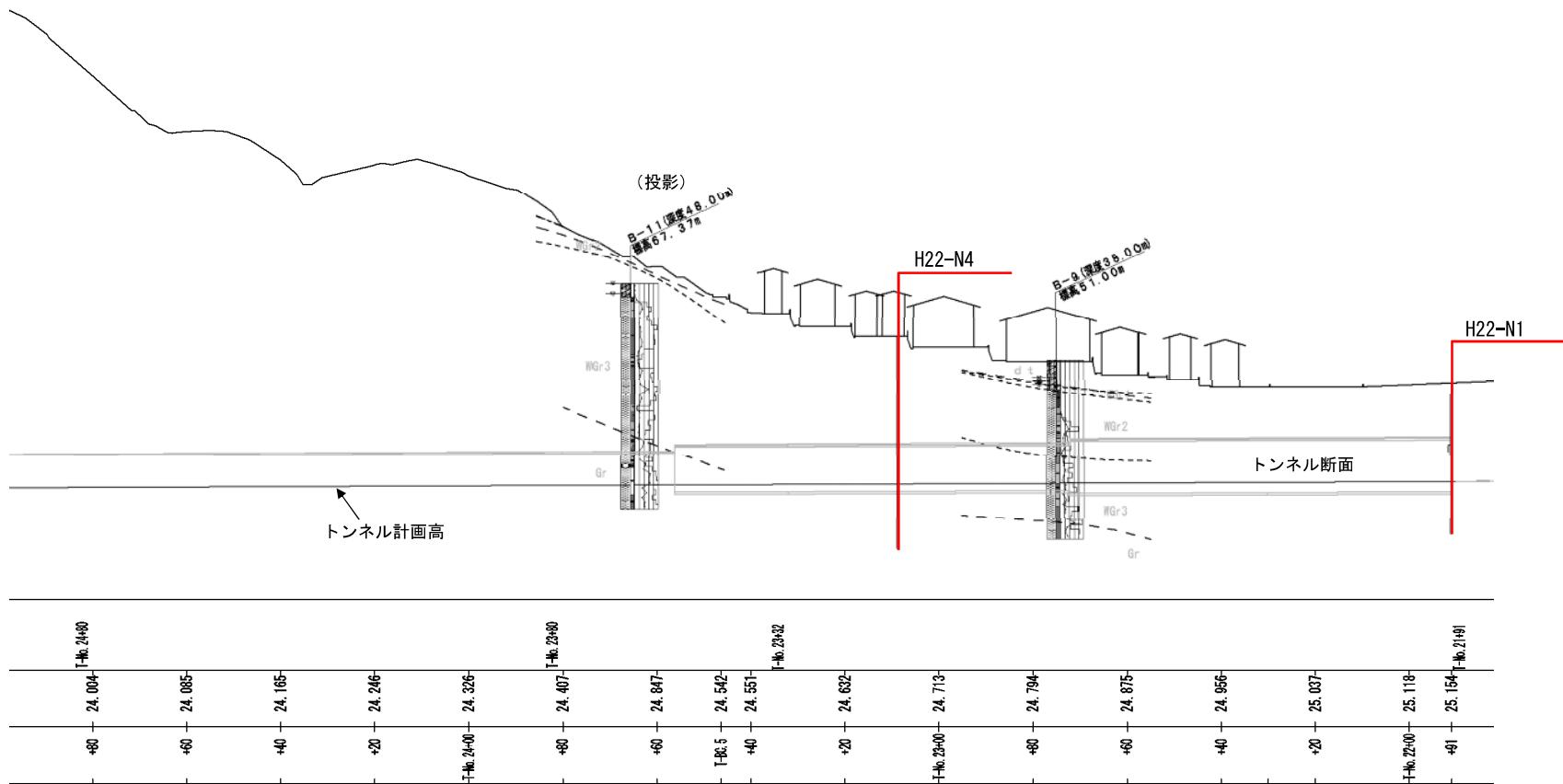
掘削計画

調査孔は1箇所につき2孔立てとし、1孔は地層状況を把握しながら原位置試験を実施し、もう1孔では把握した地層状況を踏まえて不搅乱試料採取を実施する。

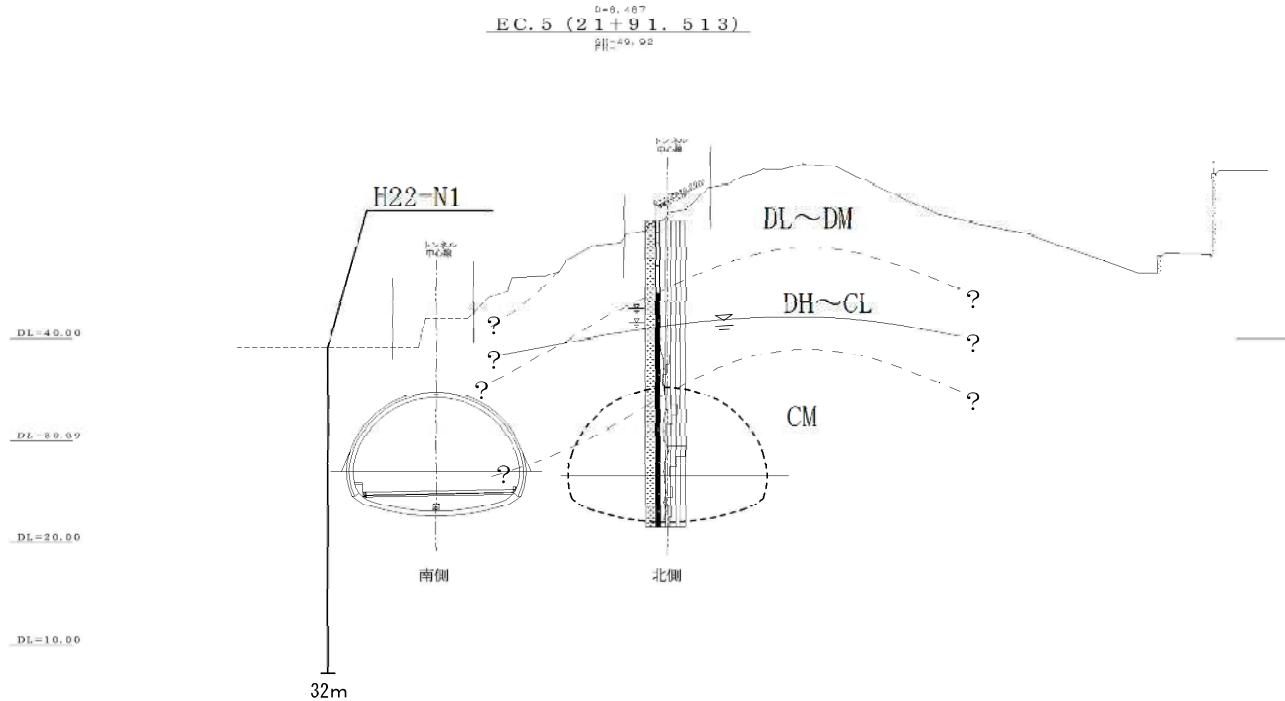




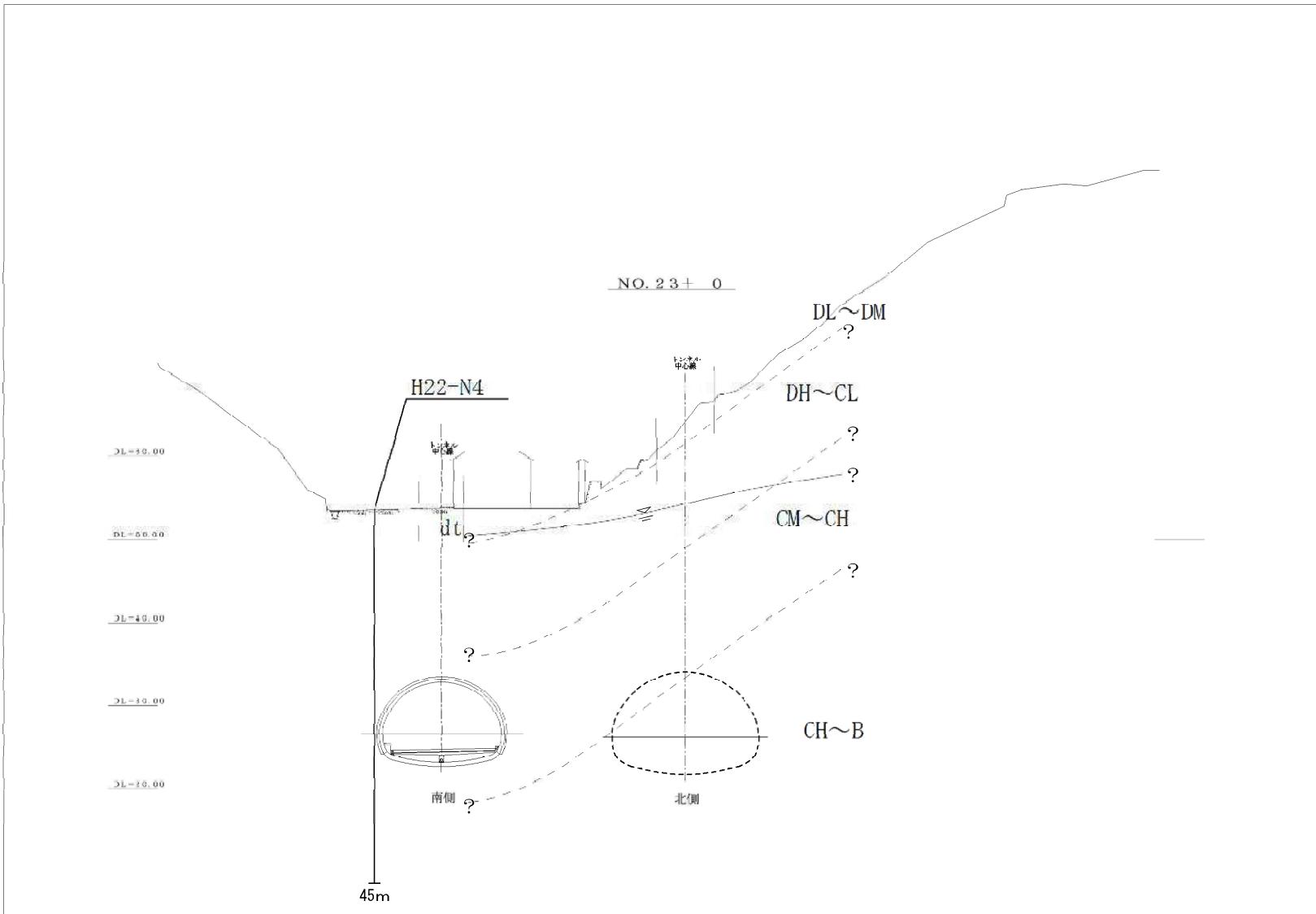
第1次調査計画地点 (S=1:1,000)



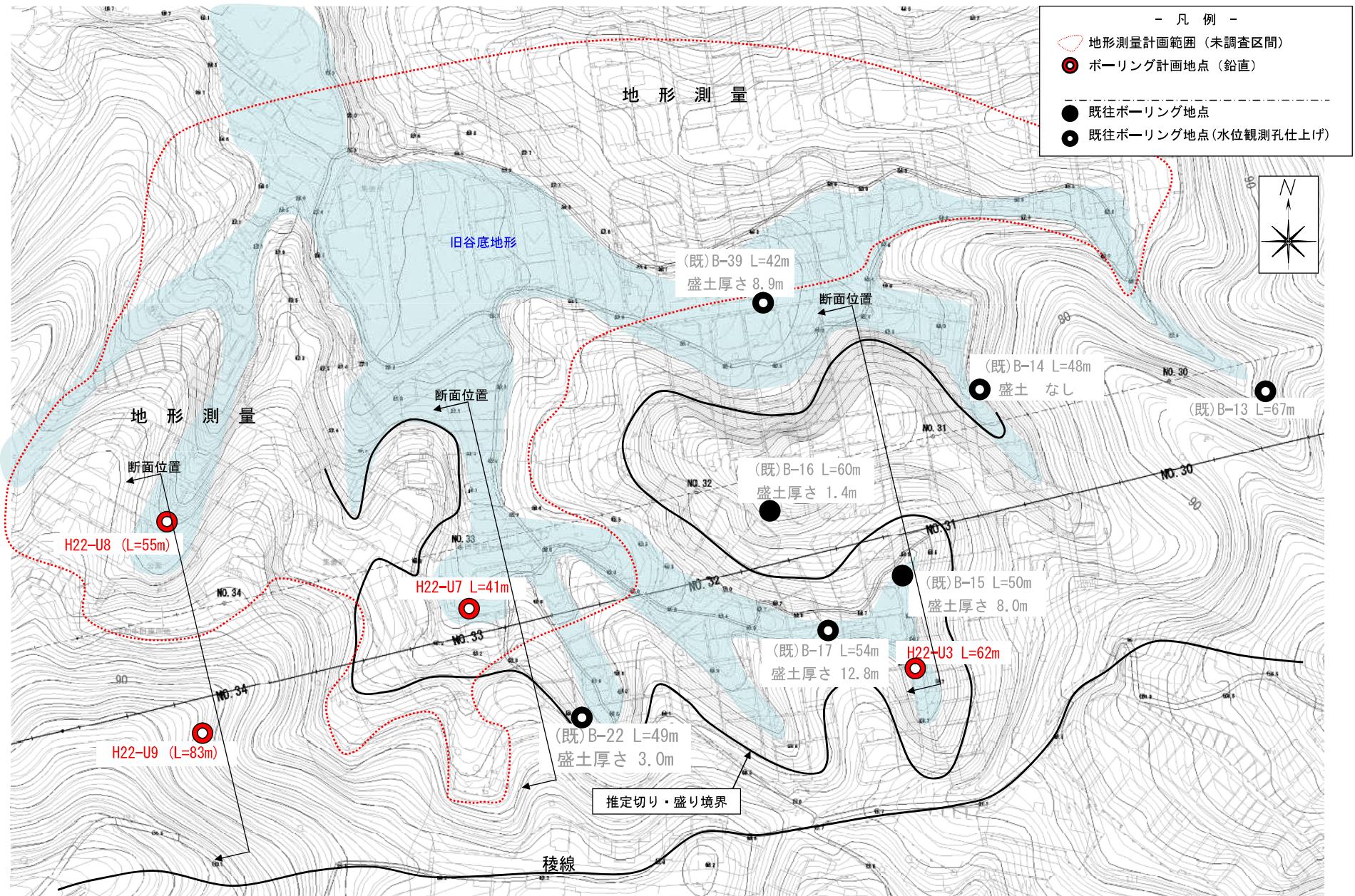
南側路線における縦断図とボーリング計画位置 ( $S=1:1,000$ )



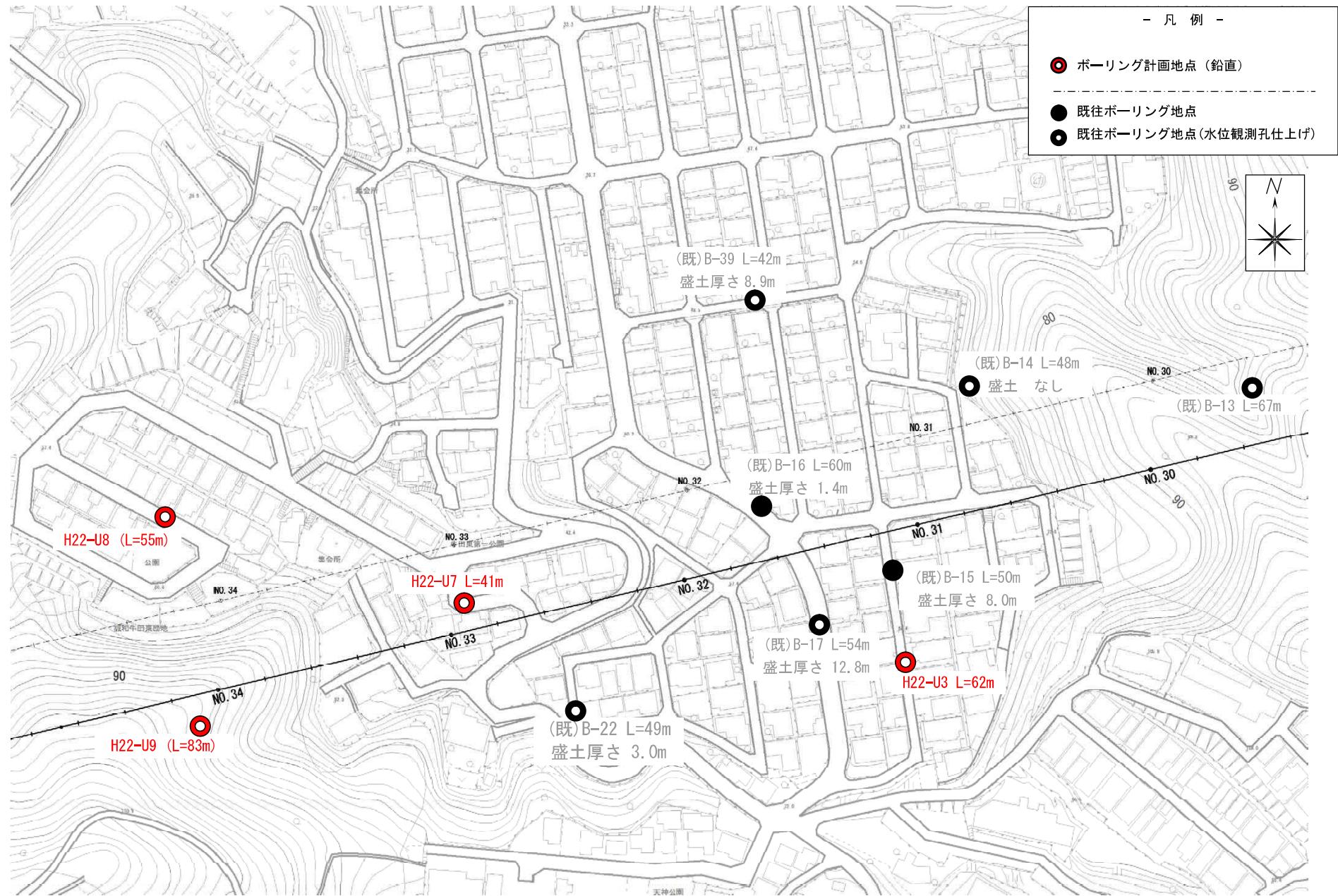
## H22-N1 地点での想定断面（坑口断面） (S=1:500)

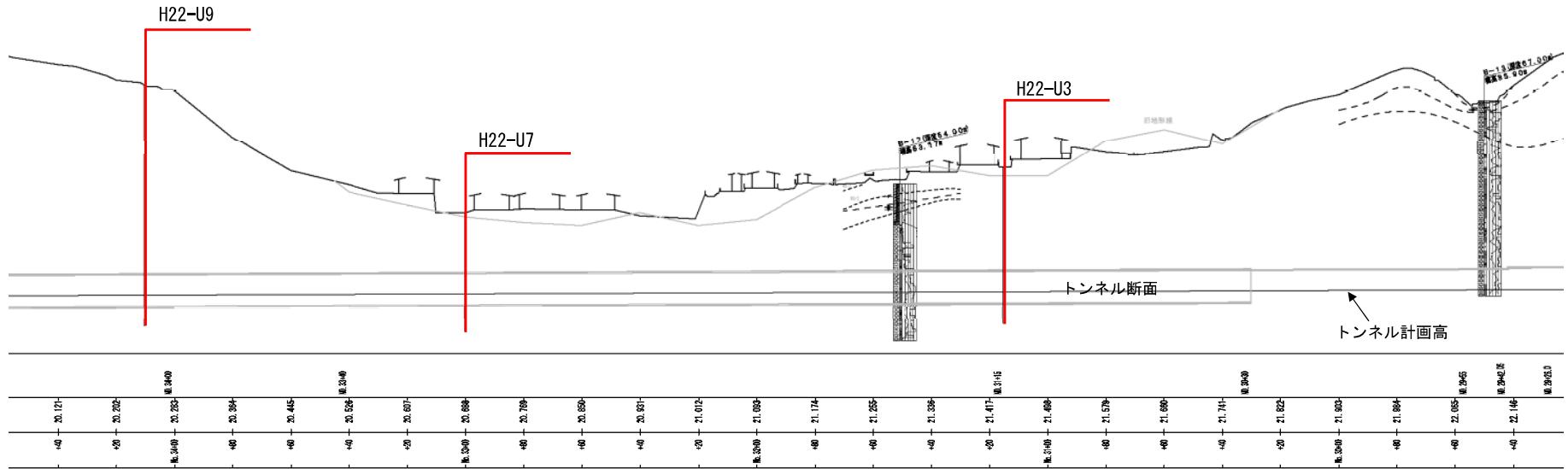


H22-N4 地点での想定断面 (南側路線 : No. 23+0.492m 地点) (S=1:500)

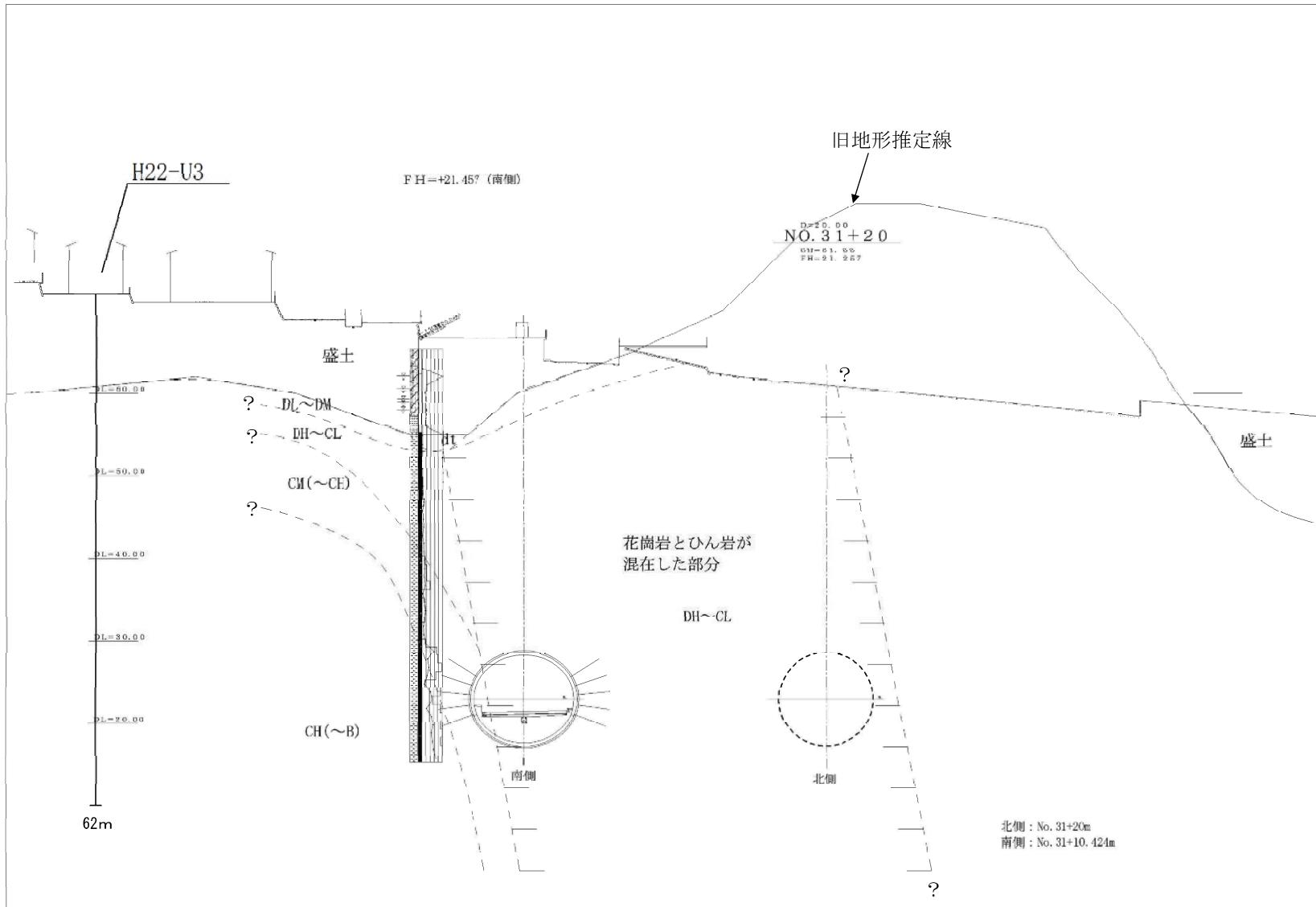


第1次調査計画地点 (S=1:1,500) (旧地形及び旧谷底地形を併記したもの)

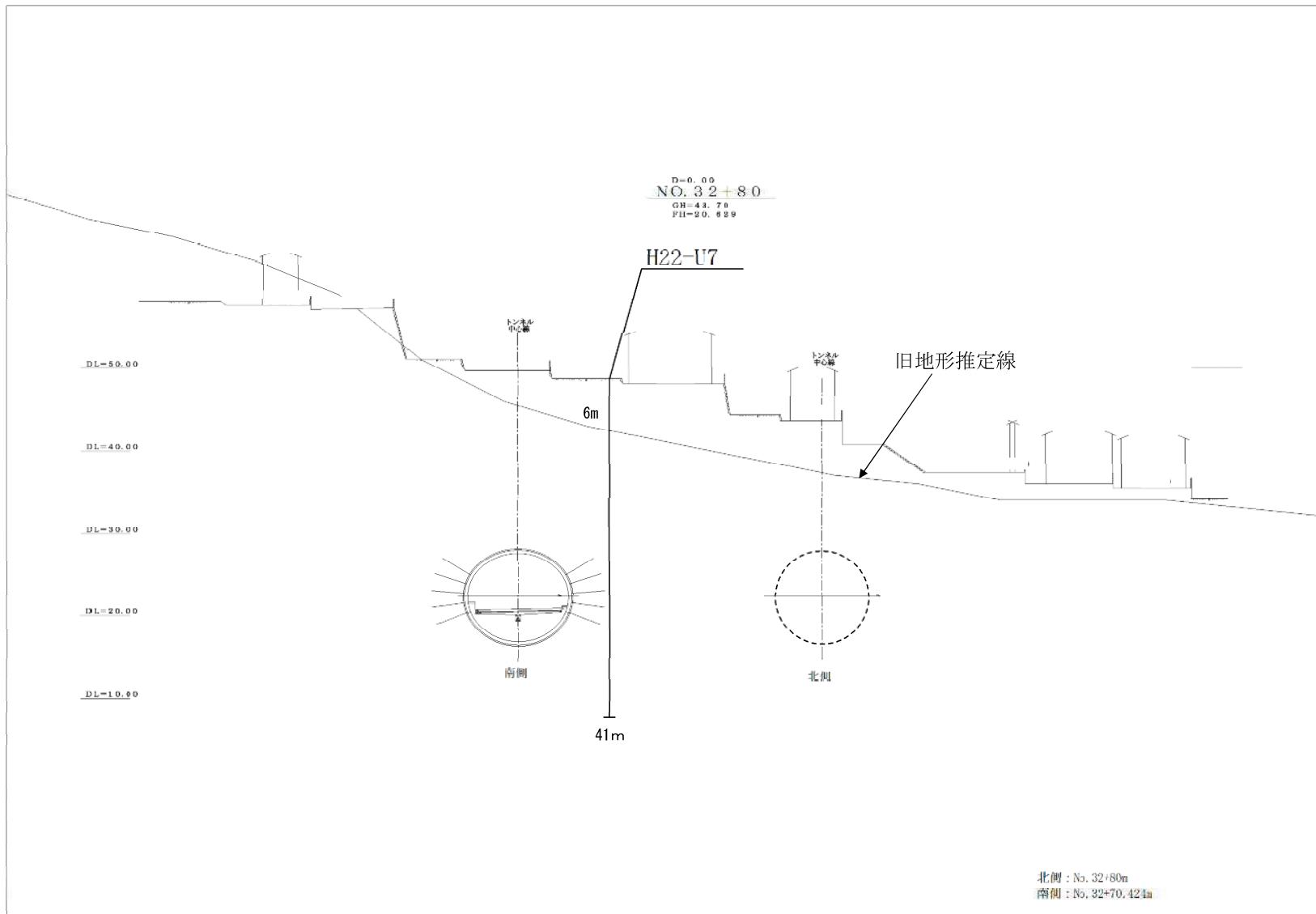


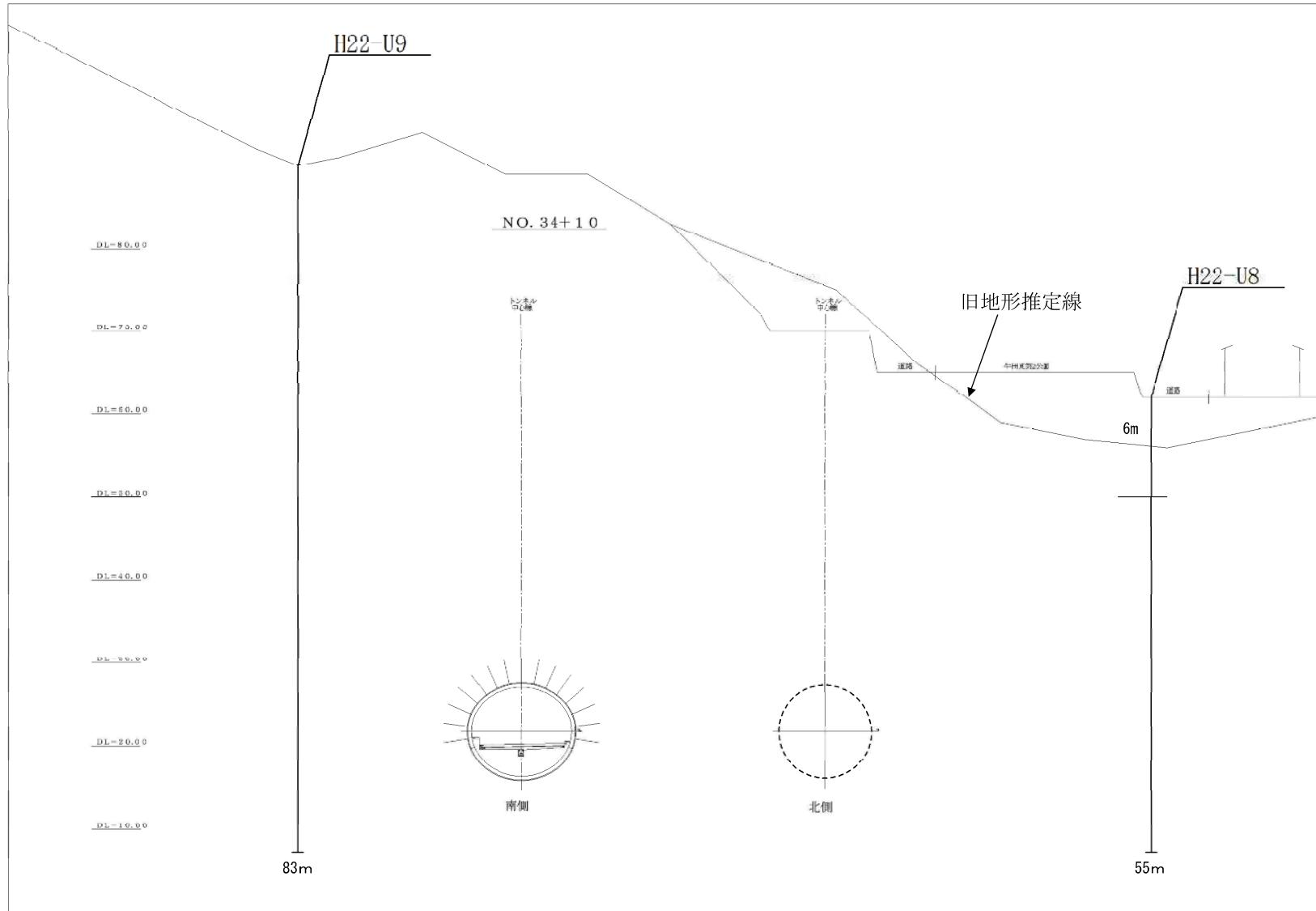


南側路線における縦断図とボーリング計画位置 (S=1:1,500)



H22-U3 地点での想定断面 (南側路線 : No. 31+10.424m 地点) (S=1:500)





H22-U8、H22-U9 地点での想定断面（南側路線：No. 34+10m 付近断面） (S=1:500)

第2回委員会資料 資料-2.2より抜粋

地質調査項目の内容

(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」関係)



表-4 調査項目の内容とその特徴

大項目	細目	実施内訳	目的	試験の基準等
地形測量	平板測量	牛田東一丁目 牛田東三丁目	牛田一・三丁目地区の詳細地形把握	—
ボーリング	土質ボーリング（土砂部 116mm）	必要部は 116mm で掘削	土質試験に回す必要性から、116mm で掘削し、乱れを最小限にする	—
	岩盤ボーリング（岩盤部 66mm）	66mm で掘削	岩盤試料の採取	—
サンプリング	不攪乱試料採取	盛土・崖錐堆積物・風化土層を対象に実施	土質試験試料の採取	地盤工学会基準 JGS 1223-2003 等
孔内試験	標準貫入試験	1 m ピッチで実施	未固結地盤・強風化岩盤の締まり具合把握	日本工業規格 JIS A 1219:2001
	孔内水平載荷試験	3 m ピッチで実施	トンネル変形による地表面沈下量推定	地盤工学会基準 JGS 1421-2003
	透水試験 (単孔を利用した透水試験、注水による岩盤の透水試験、孔内水位回復法による岩盤の透水試験)	各ボーリングにおいて複数回実施	地盤・岩盤の透水性を把握し、解析に用いる	地盤工学会基準 JGS 1314-2003 JGS 1322-2003 JGS 1321-2003
	ボアホールカメラ	ひん岩と花崗岩混在部で実施	ひん岩と花崗岩混在部の分布方向把握、亀裂発達方向把握	—
物理検層	速度検層	鉛直ボーリング孔で実施	弾性波探査が実施できない地点での速度分布把握	地盤工学会基準 JGS 1122-2003
	密度検層	鉛直ボーリング孔で実施	盛土・崖錐堆積物・風化土層の密度把握 (不攪乱試料採取ができない場合を想定している)	—
物理探査	表面波探査（レイリー波探査）	盛土部で実施	盛土層厚および締まり具合把握 (ボーリング結果の補間)	物理探査ハンドブック
室内土質試験	・土粒子の密度試験 ・土の含水比試験 ・土の粒度試験 ・土の湿潤密度試験 ・土の段階載荷による圧密試験 ・土の圧密排水(CD)三軸圧縮試験 の各試験	盛土・崖錐堆積物・風化土層を対象に実施	未固結地盤の沈下検討に用いる	地盤工学会基準 JGS 0111 (JIA A 1202) JGS 0121 (JIA A 1203) JGS 0131 (JIA A 1204) JGS 0191 (JIA A 1225) JGS 0411 (JIA A 1217) JGS 0524
地下水位観測	地下水位観測孔仕上げ	原則実施 (現地条件による)	地下水位を観測すると同時に、施工時はモニタリング地点となる	建設省地下水調査 および観測指針(案)
室内岩石試験	密度・超音波伝播速度・圧縮強度 引張り強さ	各孔で実施	岩盤の硬さを確認する	岩の調査と試験 (地盤工学会)
顕微鏡観察	偏光顕微鏡観察	D 級岩盤で実施	岩石組織の状況(鉱物の風化、間隙) 圧縮沈下時の組織変形観察	—

#### 第4回委員会提案「植生に係わる補足調査計画二次概略案」への委員の意見

(山本委員)

植生に係わる補足調査計画二次案についてを拝見致しました。

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ろうとの前提での意見です。

1) すでにある近隣の同様の事例で、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、比較検討するほ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。

ご検討、よろしくお願ひ致します。

(城間委員)

各委員様

資料ありがとうございました。

私（城間）は、来週一杯出張で帰りが 9/24 夜の予定です。

その準備で中身を確認している時間はありません。

大変申し訳ありませんが、意見は出張後に確認後、委員会  
当日にお願いします。

よろしくお願ひします。

(奥西委員)

植生調査（中根二次案）へのコメント

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と思われる。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。

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と予測される地点、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。

2. 二次案の完全性

二次案はあるゆる可能性を網羅した完全なものではない。しかし、経験的な知識に基づいて、通常考えられる影響をほぼカバーしているので、一応の信頼性を持ったものと言える。ただし、

過去に予測されなかった影響が出ていているケースが多々あり、これについては主に予測方法に問題があったと思われるが、二次案の調査に漏れた区域で予想外の影響が生じる可能性が皆無とは言えない。

#### 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

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。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。もともと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。

##### (2) 地下水位と土壤水分の測定

地下水位の測定に関しては、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。

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。

しかし、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、そこでも地下水位と土壤水分を測定することが望ましい。対照地点は植生調査範囲内でトンネルルートから上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、長尾山地区で 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。

##### (角湯委員)

植生補足調査二次計画案作成いただきありがとうございました。意見・質問等があれば、24 日 17:00 までに送付するように依頼がありましたが、中身を十分精査する時間もなく、本計画案については次回の委員会の議題ともなっておりますので、何かあれば当日議論させていただければと考えておりますので、ご容赦のほどよろしくお願ひします。

##### (関委員)

別紙

## 植生に係わる補足調査計画（三次概略案）

二葉山や尾長山でトンネルを掘削することによる植生への影響、そしてそれが植生の根系が保持する土壤緊密力にもたらす影響を調査する必要がある。ところが、すでに実施されているトンネル建設に係わる「環境影響調査」では、二葉山南斜面と尾根部に分布するシリブカガシ群落への影響調査に限定されており、植生全体への影響や植生の根系が保持する防災的な機能の現状とそれへの影響、さらに斜面崩壊、土石流被害の危険性の現況とトンネル掘削がもたらす影響については全く調査されていない。さらに、広島高速公社が提供している地形図は航空写真によって作成されたものと思われ、実際の地形との食い違いが少なからずある。これでは水文調査・解析、植生調査・解析に大きな支障をきたし、結果の精度、信憑性が得られない。

そこで、次のような項目の調査を行う。

### 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

トンネル掘削による影響が明確なのは地下水位の低下とそれに伴う土壤水分の変化で、これについて、地下水位や土壤水分の現況とそれへの影響評価が求められる。その際、樹木の根系の分布、根圏をめぐる土壤水分動態の現況の把握が欠かせない。また、これらに先だって二葉山及び尾長山の地形を現地測量にもとづいて把握することが不可欠である。

#### 1.1 現況調査

##### 1) 地下水位の分布と地質断面構造の把握

トンネルが直下を通る二葉山北斜面の地下水位の面的な把握が求められる。現在は実測したのは B-29 の一ヵ所である (BW-3 を加えても 2 カ所)。これではシミュレーションモデルの精度評価と予測に、仮にモデルが妥当であっても信憑性はない。面的な把握とモデルとその係数値の妥当性の検討のためには、二葉山北斜面（特に、谷頭部）で、尾根部、斜面中部、斜面下部、谷部でそれぞれ数カ所のボーリングまたは簡易水位調査

を行う。その際、地質・地層の調査（コアサンプル採取）を行う。これらの調査地点、調査方法については「地質・水文補足調査」関係の委員による提案を考慮して最終的に確定する。また、二葉山と尾長山のトンネル掘削の影響が極めて少ないと思われる尾根部に対照区を設置し、同様な調査を行う。

##### 2) 土壤水分の動態

土壤水分は、降雨との関係（直前降水量、無降水期間など）や地形（尾根、斜面の部位）などによって影響を受ける。また、土壤深度、地下水位などによっても大きく影響を受ける。ここでは、トンネル掘削による地下水位の低下がもたらす影響を想定し、地形と土壤深度の差異を考慮して、根圏（特に、最深部）での土壤水の動態を把握する。二葉山北斜面の 2~3 カ所の尾根筋で、尾根、斜面中部、斜面下部で、土壤水分計（TDR など）を用いて、直根に沿った深さ別の土壤水分を連続（1 時間間隔）測定する。その際、下方からの水分の移動を遮断した測定も同一ヶ所で並行して行う。その際、遮断の効果程度を予め、同類土層を用いた室内実験で検証しておく。

また、二葉山と尾長山のトンネル掘削の影響が極めて少ないと思われる尾根部に対照区を設置し、同様な調査を行う。

##### 3) 樹木の分布と根系の分布

トンネル上方、少なくとも 45 度の範囲に位置する二葉山、尾長山北斜面全域で毎木調査（樹種と胸高直径、マッピング）を行う。さらに、2~3 カ所の尾根部、斜面中部、斜面下部で高木の直根分布を斜面下部側の土壤断面を作成し、観察する。これから上記の毎木調査域での根系の分布を推定する。この土壤断面は、前項 2)の土壤水分測定地点と可能ならば重複させる。

##### 4) 大径木 (DBH>30cm) を構成する樹種の立地環境（土壤水分の閾値）

二葉山、尾長山の北斜面（トンネル通過斜面）において、大径木 (DBH>30cm) を構成する樹種の立地環境、特に土壤水分の閾値（制限値）、または生育可能な土壤水分値を把握するため、各樹種、十数本ずつ、その生育立地の表層の土壤水分を、携帯用水分計（TDR）で、降雨直後、1~2 週間後、また干ばつ期に測定する。特に、夏季の日中の光

合成“昼夜”現象を起こす土壤水分状態を把握する。

これらの結果を、第1章1節2)項の土壤水分の連続測定点と比較し、各樹種の生育する土壤水分の状況を把握する。また、広島市内または近辺で、トンネルを掘削した2~3の斜面上に生育する、これら樹種の土壤水分を同様に測定する。さらに、これらの生育状況(生長錐による年輪調査)を把握する。これによって、トンネル掘削後の土壤乾燥化が樹木の生長(年輪成長)に及ぼす影響を解析し、根系土壤緊ばく力への影響を把握する。

## 1.2 トンネル掘削が植生に及ぼす影響評価

### 1) 根圏における土壤水の動態

尾根、斜面中部、斜面下部において、根圏の上部、中部、下部、直下で測定された土壤水分の動態と同様な斜面位置、土壤深さにおいて、下方からの土壤水分の移動(移入)を遮断して測定された土壤水分の動態を比較検討することによって、根圏への土壤水分の供給源を把握する。

### 2) 地下水位の低下と根圏土壤水分への影響

前項の結果を踏まえて、トンネル工事中、工事後の地下水位の低下(「水文補足調査」結果に基づく)がもたらす、根圏土壤の水分への影響を定量的に把握する。

### 3) トンネル掘削が植生の維持、成長に及ぼす影響

前項の結果を踏まえて、根圏土壤水分量の変化が各樹木の生育維持、生長に及ぼす影響を、年輪成長解析の結果と合わせて、毎木調査全域において評価を試みる。

## 2. トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生に及ぼす影響：根系の土壤緊ばく力を考慮して

トンネル直上の二葉山北斜面は斜面崩壊、土石流発生危険地域に指定されている。この斜面の斜面崩壊と土石流発生の危険性の現況を把握し、これがトンネル掘削によってどのような影響が生じるか、特に地下水位の低下による地層の沈下や樹木根系の土壤緊ばく力の変化に注目する。

### 2.1 現況調査

#### 1) 堆積土砂量などの把握

トンネル直上の二葉山北斜面谷筋の谷頭部から数10m下流には多量の崩壊土砂が堆積していると思われる。この堆積土砂量の推定とこれら土砂が土石流などで流出する際の滑り面となる基盤の構造(傾斜、幅、長さなど)の把握が土石流発生危険性の定量的な評価には不可欠である。これら調査を二葉山北斜面の3つの谷筋と尾長山の1つの谷筋で行う。

#### 2) 「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」(H-SLIDER法)に基づく斜面崩壊と土石流発生危険度の把握

土木研究所の「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」(H-SLIDER法)を一部改良して(後述)、二葉山北斜面、尾長山斜面の斜面崩壊と土石流発生危険度の把握を行う。

この手法では、メッシュ(例えば10m×10m)レベルで、地表面地形、土層厚、土の粘着力、根の粘着力、土の内部摩擦角、飽和透水係数などの因子を現地で測定して、斜面スケール(メッシュ)から小流域レベルの斜面崩壊、土石流発生危険度を評価する。

その際、次項(3)で記述する根の粘着力とともに、土の粘着力がトンネル掘削による土壤乾燥の影響をどれほど受けるかを室内実験で把握しておく。

#### 3) 植生の根系土壤緊ばく力の把握

第1章1.1節3)項における「トンネル上方、少なくとも45度の範囲に位置する二葉山、尾長山北斜面全域で毎木調査(樹種と胸高直径、マッピング)を行う。」ことによって得られたデータを基に、樹木の根系の土壤緊ばく力を推定する。その際、胸高直径と根系の土壤緊ばく力は比例関係にあるので(北村・難破 1981)、測定した胸高直径から根系の土壤緊ばく力を推定する(中根ら 1983)。これによって、上記の毎木調査域での根系の土壤緊ばく力とその分布を把握する。

この根系の土壤緊ばく力(せん断抵抗力、粘着力)を前項2)のH-SLIDER法に、黒川ら(2007)のモデルを参考にして、組み入れる(改良H-SLIDER法とする)。

## 2.2 トンネル掘削が斜面崩壊、土石流発生の危険性に及ぼす影響評価

### 1) 地下水位の低下と地層への影響

今回提案のウォータータイト工法によるトンネル掘削を想定しても、地下水位の長期的な低下は免れない。「水文調査」の結果に基づき、工事中と地下水位低下期間及び地下水位回復時の地下水位の予測値を採用する。その際、二葉山北斜面の谷部や谷頭部斜面の地層（崖錐堆積層など）の沈下の可能性について、「地質補足調査」結果や関係委員の意見、見解に基づき、解析する。また、それが土石流発生の危険性への影響について検討する（例えば、室内斜面モデルでの散水実験などを試みる）。

### 2) 樹木根系の土壤緊ぱく力と地盤沈下

二葉山北斜面や尾長山における樹木根系の土壤緊ぱく力がトンネル掘削による地下水の低下によってどれほど影響を受けるかの評価（1章1.2節3項）を考慮して、予測される地層、地盤のズレや沈下に対してどれほどの抵抗力を持つか、毎木調査全域において、地形や土質（地層）を考慮して評価する。

### 3) トンネル掘削が斜面崩壊と土石流発生に及ぼす影響評価

上記項目（1）と（2）を考慮して、改良H-SLIDER法に基づき、トンネル掘削が二葉山北斜面、尾長山斜面の斜面崩壊と土石流発生危険度の変化を予測し、評価する。

その際の評価基準は、1～2章の現況が把握された時点で設定する。

（文責：担当委員、中根周歩）

### 植生に係る補足調査計画の提案

関 太郎

2010年9月20日

#### 1. 植生図の作成

植生図は植物群落を地図上に平面的に投影したもので、環境をよく反映している。すでに、二葉山では平成15年に植生図が作成されており、尾長山のトンネル予定ルートに沿って植生図を作成する。二葉山の植生図と同じ縮尺(1:3,500)とし、二葉山の群落区分表に主として基づき、実地踏査と航空写真を併用した植物社会学的植生図を作成する。これらの植生図によって、ボーリング・土壤調査・土壤水分調査・根系調査などの地点を決定し、それらの結果をフィードバックすることにより、植物群落単位を用いて、安定地域と危険地域を区分することが可能であろう。毎木調査は、必要があれば、群落単位ごとに胸高直径5cm以上の樹木について実施する。

#### 2. 土壤調査

植生図から代表的な群落を選定して、斜面および谷底部について土壤調査を行う。縦1m×横1mの垂直な面が山側に現れるように、斜面の傾斜に直角の断面を作る。この土壤断面は、土壤水分・根系の調査等にも用いる。平成20年度に行った土壤調査の地点を利用すれば、土壤断面図の作成は一部省略できる。

#### 3. 根系群調査

土壤調査の地点で、樹木の根の張り方について調査する。しかし、樹木の根の垂直方向への張り方については、技術的に困難であるので、ボーリング調査などの結果から推定する。1m未満の浅い部分については、土壤断面で観察する。

#### 4. 土壤水分調査

土壤調査の地点で、表層、中間層、底層の3層にセンサーを設置し、土壤水分の変動をデータロガーで記録する。これは長期間にわたるので、センサーを設置したまま埋め戻す。土壤水分の変動については、トンネル工事中ならびに完成後も観測を続ける。土壤水分調査は二葉山ならびに尾長山の植生と類似した比治山でも実施することが望まれる。場合によつては、他の地域でも実施して、比較すべきであろう。

#### 5. 地下水位調査

地質・水文調査と協議の上、地点を選定して、ボーリングを実施し、地下水位の調査を行う。地点の選定にあたっては、植生図から群落単位を判定しておく。地下水位の変動は、トンネル工事前・中・後と継続して観測を行う。ボーリングのコアを用いて、樹木の根の垂直分布の推定を行う。上記1~5の各調査期間は6ヶ月ないし1年とする。

### 植生に係る補足調査計画の提案

#### 1. 植生図の作成

目的：尾長山の植物群落の現状把握

理由：尾長山における植物群落の分布状況が不明なため

内容：群落区分表を用い、踏査により現地で群落を確認し区分

調査範囲：尾長山のトンネル予定ルートに沿った範囲、面積は約30ha

備考：二葉山と同じレベルの植生図を作成。平成15年度の群落区分表を利用。

地形図は縮尺(1:3,500)を利用、必要があれば空中写真も利用

資料：図1：植生図作成範囲 表1：群落区分表(2003年作成)

#### 2. 土壤調査

目的：トンネルにそって見られる植物群落毎の斜面、谷部における土壤構造の把握

理由：これまで特定の位置の土壤断面しか把握していないため。

内容：縦1m×横1mの垂直な面が山側に現れるように、斜面の傾斜に直角の断面を作る。

調査範囲：二葉山および尾長山の斜面および谷筋

地点数：平成15年の群落調査結果として大きな群落区分：6 斜面・谷で最大12地点

備考：群落毎に行う。平成20年度のデータも利用する。

資料：図2：平成20年度のコドラート調査地点図

#### 3. 根系群調査

目的：トンネルにそって見られる植物群落毎の根系の把握

理由：二葉山および尾長山の樹木の根の張り方にに関する情報を得るために

内容：土壤断面の観察による。

調査範囲：二葉山および尾長山の斜面および谷筋

地点：2の土壤調査地点

備考：群落毎に行う。平成20年度のデータも利用する。

樹木の根の垂直方向への張り方については、技術的に困難であるので、ボーリング調査などの結果から推定

#### 4. 土壤水分調査

目的：土壤水分の変化について既存トンネルと対比して調べる

理由：トンネル工事が行われた場合、土壤水分が低下する可能性があるため

内容：表層、中間層、底層の3層にセンサーを設置し、土壤水分の変動をデータロガーで記録

調査地：二葉山および尾長山、対照区：比治山ほか

地点：二葉山、尾長山2の土壤調査地点、比治山ほかは新たに設置する

期間：6ヶ月～1年

備考：工事中、工事後も測定を行う。

資料：図3：比治山の位置図

#### 5. 地下水位調査

目的：地下水位の調査

理由：トンネル工事が行われた場合、地下水位が低下する可能性があるため

内容：水文調査と協議の上、地点を選定してボーリングを実施

調査範囲：二葉山および尾長山の斜面および谷筋で行う

地点数：水文調査と協議の上、地点を選定

期間：6ヶ月～1年

備考：工事中、工事後も測定を行う。

その他：地点の選定にあたっては、植生図から群落単位を判定

ボーリングのコアを用いて、樹木の根の垂直分布の推定を行う。

#### 6. 每木調査（必要があれば）

植物群落単位ごとに胸高直径5cm以上の樹木について実施

調査範囲：二葉山および尾長山の斜面および谷筋

地点数：平成15年の群落調査結果として大きな群落区分：6 斜面・谷で最大12地点

備考：群落毎に行う。平成20年度のデータも利用する。

資料：図2：平成20年度のコドラー調査地点図

#### 注：平成20年度の調査

「高速5号線二葉山自然環境モニタリング業務報告書」平成21年3月、広島高速道路公社

調査項目：影響予測種生育調査、大径木生育調査、毎木調査、植生調査、樹冠調査、土壤  
調査

全体平面図 S=1:5000

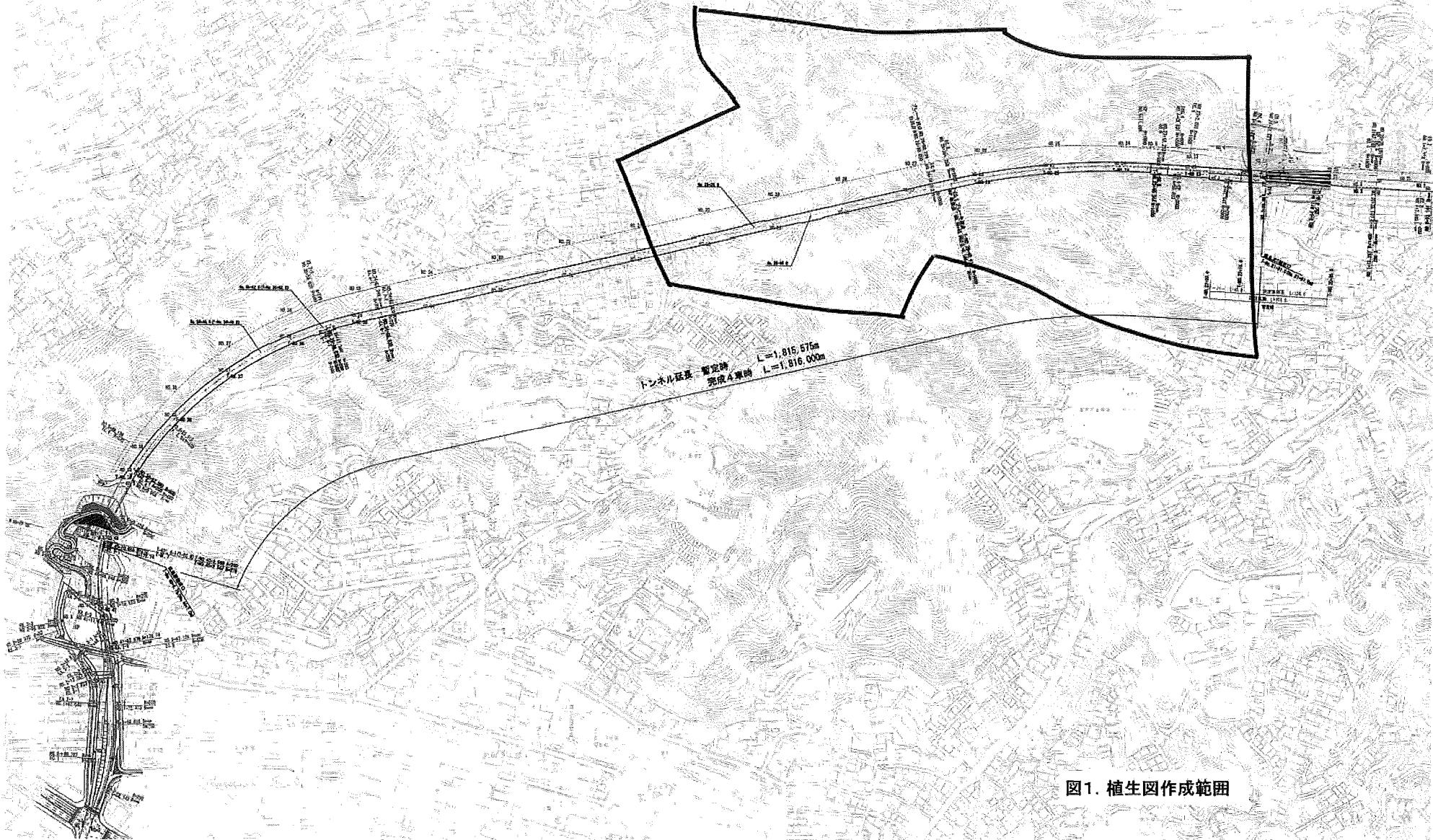


図1. 植生図作成範囲

表1. 群落組成表

• 二

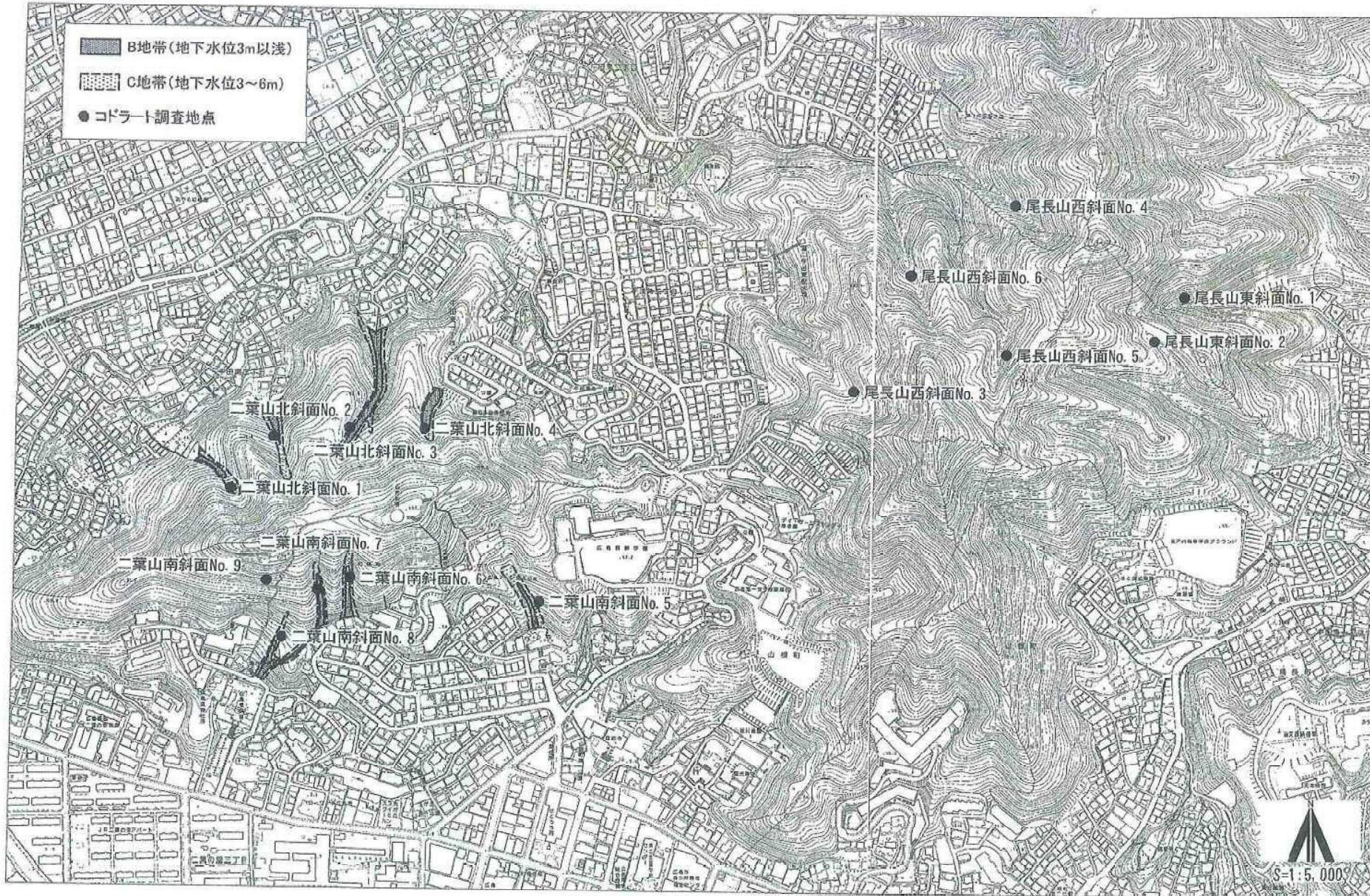


図2. 平成 20 年度のコドラー調査地点図

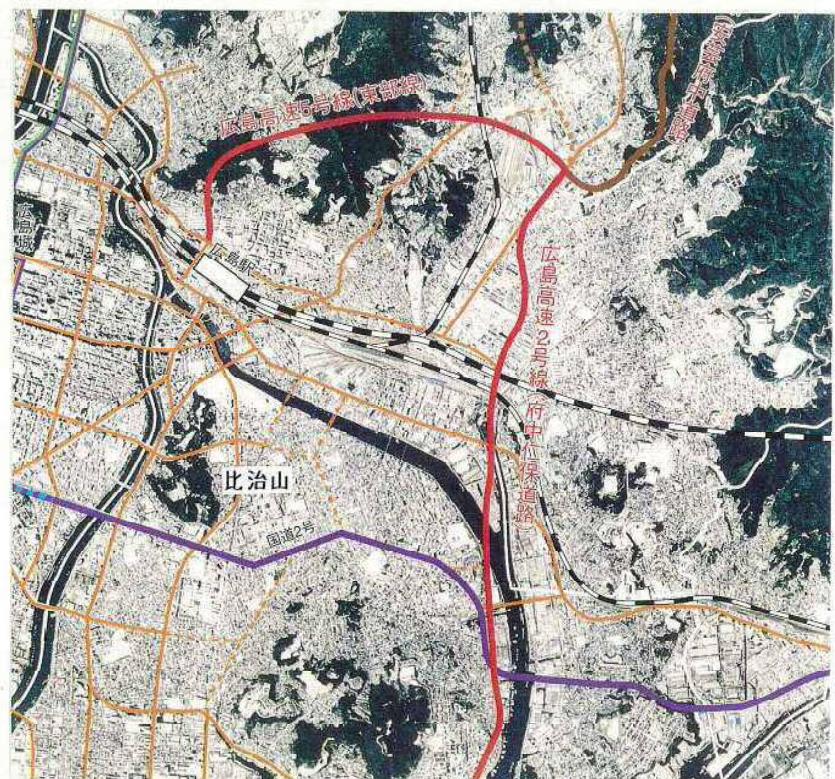


図3 比治山位置図

平成 22 年 9 月 21 日

【別紙】

## 水文調査について

西垣 誠

第3回委員会におきまして、追加ボーリングについての意見の一一致が見られましたので、追加ボーリングに伴う水文調査の考え方について、意見を述べさせて頂きます。

### 1 追加ボーリング箇所における水文調査について

今後、地下水位低下等による地表面への影響を把握するにあたっては、地下水の状態をできるだけ詳細に把握する必要があり、これまでのボーリングと同様、この度の追加ボーリング孔を用いて、地下水観測を実施することが望ましい。

本調査箇所においては、トンネルが通過する岩盤部分及び盛土部分の地下水位を観測することによって、地下水の状態を把握することが可能と考えられる。

観測方法としては、より正確な観測を期すために、観測する岩盤部と盛土部の地下水が混じり合うことがないよう、それぞれの観測深度まで掘削したボーリング孔によって観測する方法が考えられる。（別紙参照）

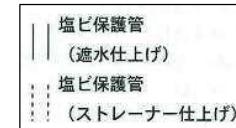
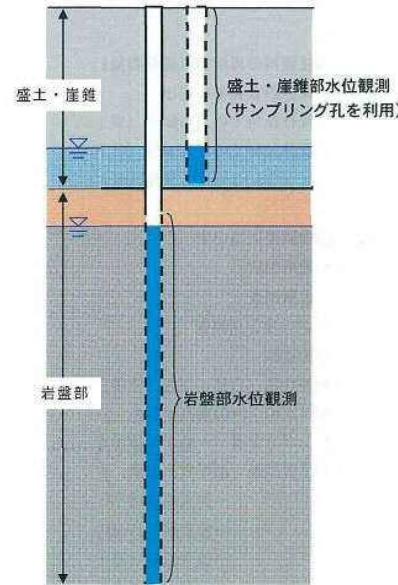
なお、実際にボーリングを掘進することによって得られる地質サンプルにより、亀裂集中等による被圧水が想定される場合には、別途、その深度での水位観測を行うことを検討すべきである。その場合は、その観測のためのボーリング孔の追加や、あるいは、一本のボーリング孔において間隙水圧計を用いて多層の地下水頭を観測する方法も考えられる。

### 2 既往水文調査箇所の観測について

現在、観測が行われていない既往の水文調査箇所については、この度の追加ボーリング箇所における水文調査の実施に際し、降雨・関連する流域の地表水と広い範囲の地下水との関連性の把握や、これまで行ってきた既往調査結果の活用という点から、可能な限り、追加ボーリングによる水文調査の実施に合わせ、既往調査箇所においても観測を行うことが望ましい。

これら広域的かつ連續的な観測の実施は、トンネル掘削に伴う地下水位低下の影響把握に資するものと考える。

【水位観測孔】



水位観測孔仕上げのイメージ図

第1回委員会資料 資料-1.2より抜粋

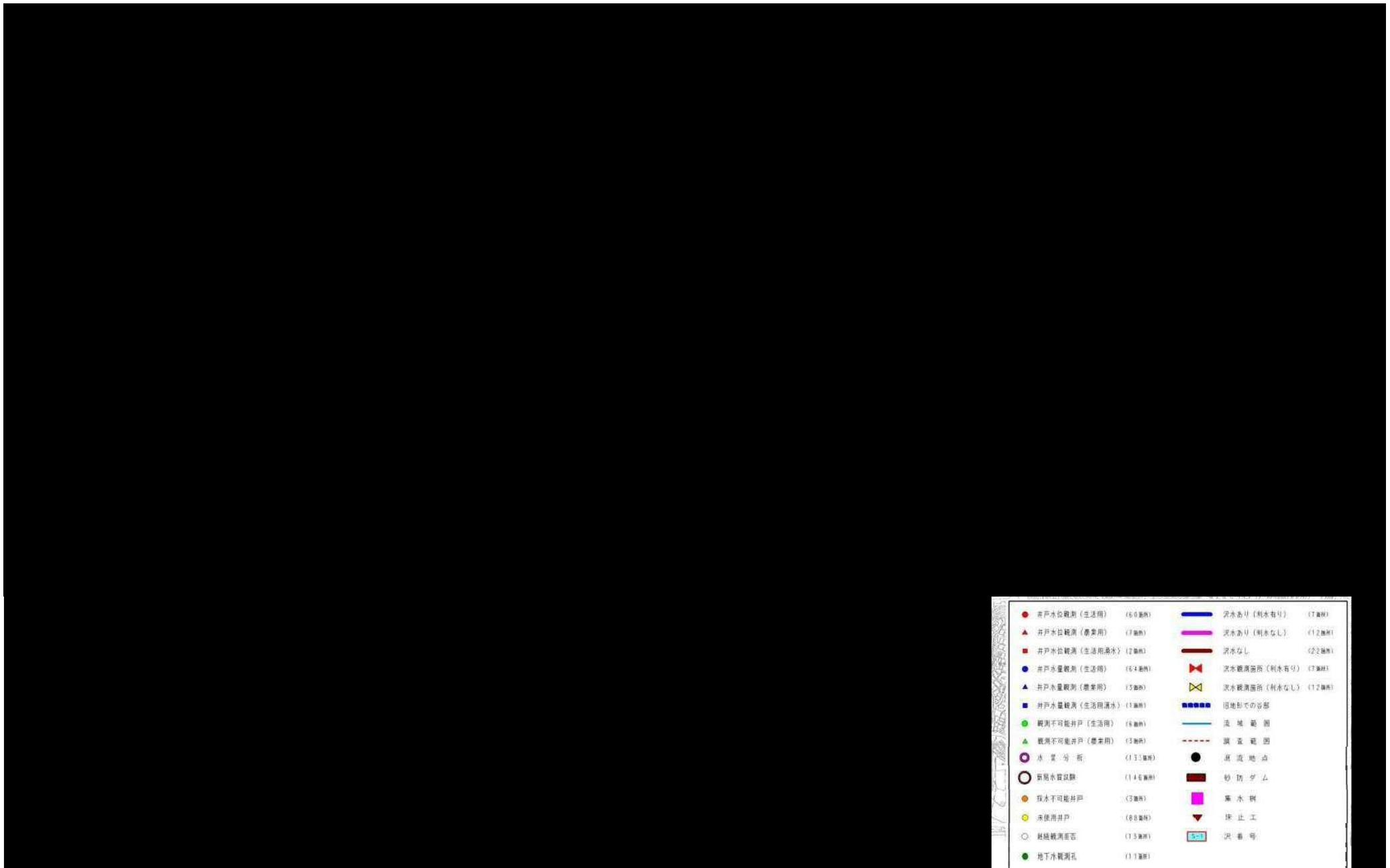
## 水文調査結果概要

(審議事項「(3) 水文調査について」関係)



## 1 水文調査結果概要

水文調査は、図-1.1に示す位置で、地下水位観測、井戸水位観測、井戸水量観測、沢水流量観測、簡易水質試験（pH、電気伝導度、水温）、水質分析（水道法に基づく水質、イオン成分分析）が行われている。



## 2 降水量

図-2.1に水文調査が実施された平成13年～平成20年の年間降水量を、図-2.2に月平均降水量を示す。降水量は、いずれも広島気象庁のデータである。8年間の年平均降水量は1490mm、最も降水量が多かったのは平成18年の1960mm、最小は平成19年の1047.5mmである。平成20年も降雨量は1200mm未満となっている。

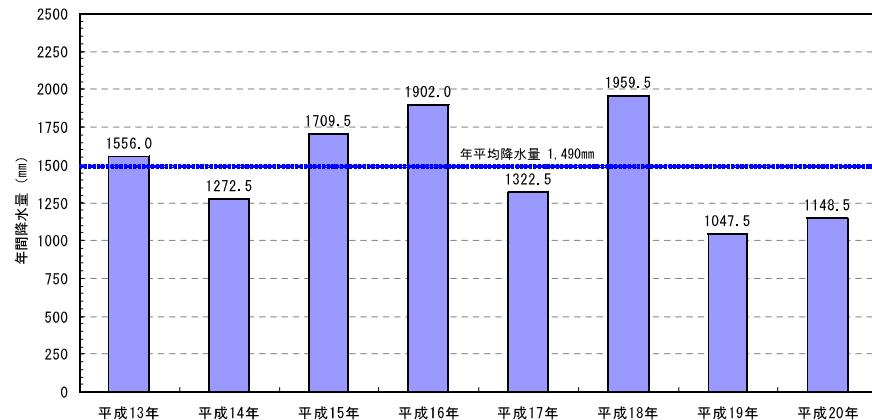


図-2.1 平成13年～平成20年の年間降水量

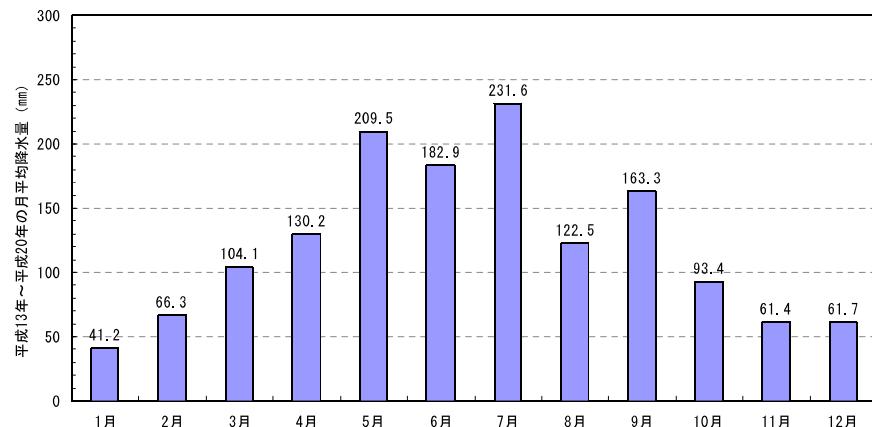


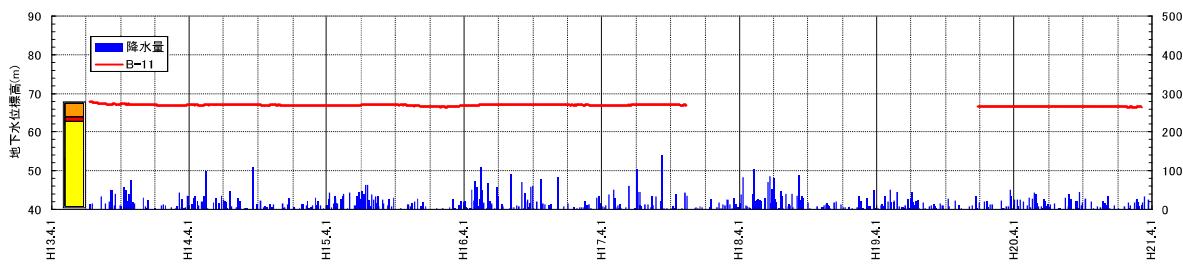
図-2.2 平成13年～平成20年の月平均降水量

### 3 地下水位観測結果

#### 中山地区

B-11

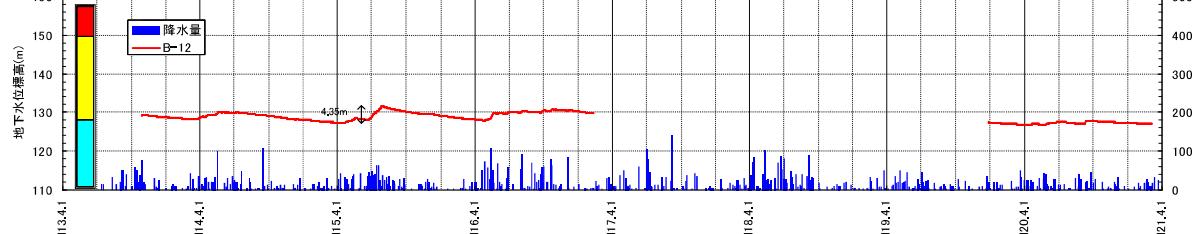
上り No.23+65.507 L12.560  
掘進長 48.0 m  
孔口標高 67.37 m  
トンネル計画高 24.465 m



#### 尾長山

B-12

上り No.26+1.219 R17.083  
掘進長 138.0 m  
孔口標高 157.66 m  
トンネル計画高 23.516 m



#### 柱状図凡例

<span style="color:blue;">■</span>	埋土
<span style="color:yellow;">■</span>	表土
<span style="color:orange;">■</span>	崖錐堆積物
<span style="color:red;">■</span>	D級
<span style="color:magenta;">■</span>	DH～CL級
<span style="color:yellow;">■</span>	C級
<span style="color:cyan;">■</span>	CH～B級

B-13

上り No.29+51.161 R18.013  
掘進長 67.0 m  
孔口標高 85.90 m  
トンネル計画高 22.101 m

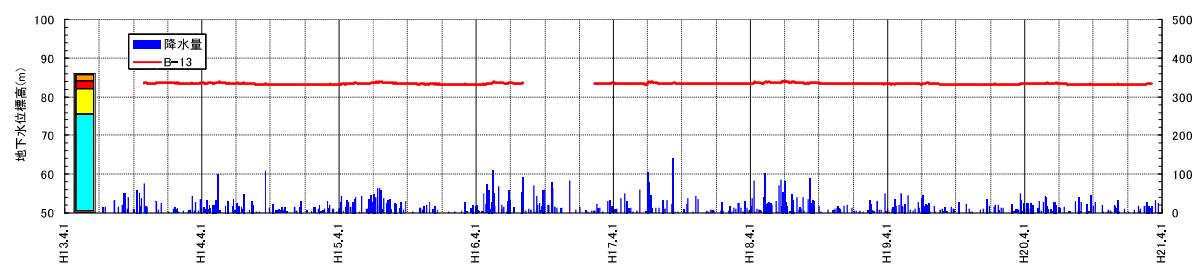
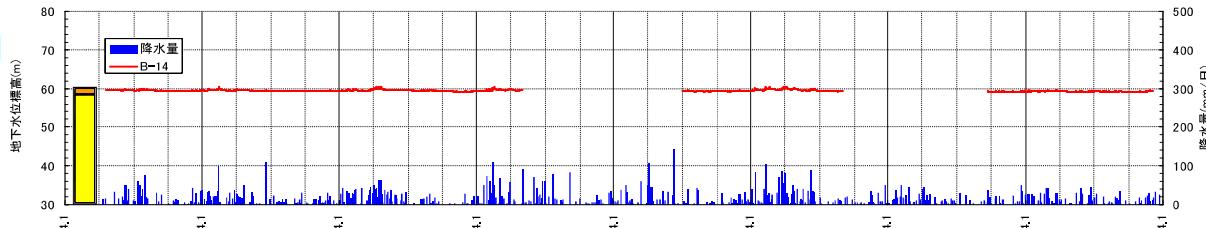


図-3.1 地下水位経時変化(中山地区・尾長山)

### 牛田地区

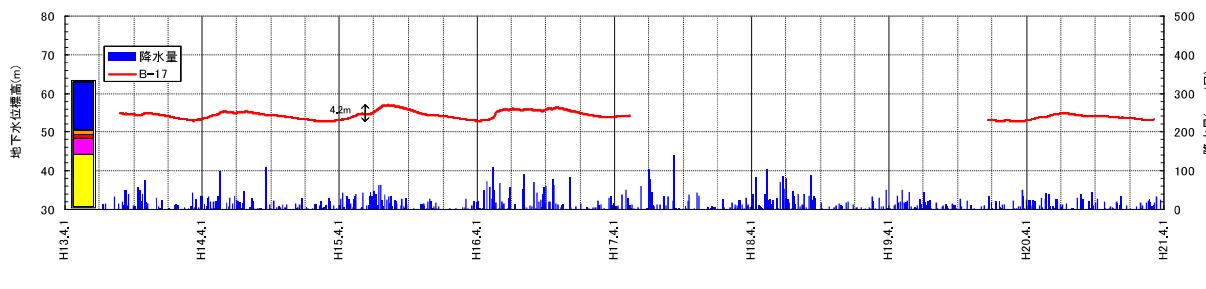
B-14

下り N0.30+77.690 R13.515  
掘進長 48.0 m  
孔口標高 59.88 m  
トンネル計画高 21.898m



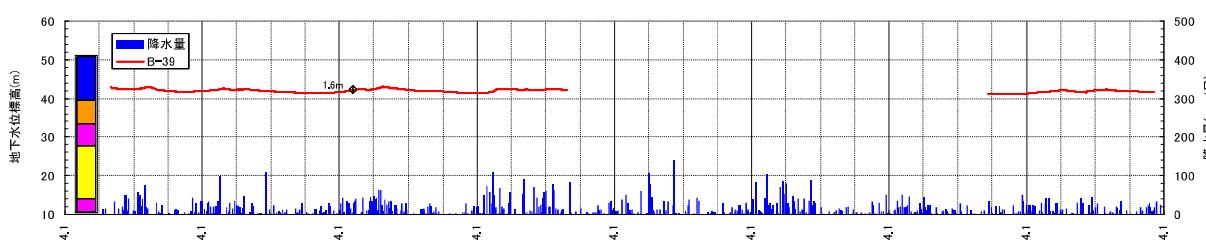
B-17

上り N0.31+50.857 L31.890  
掘進長 54.0 m  
孔口標高 63.17 m  
トンネル計画高 21.292m



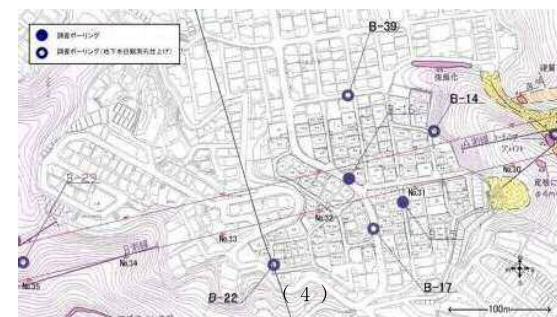
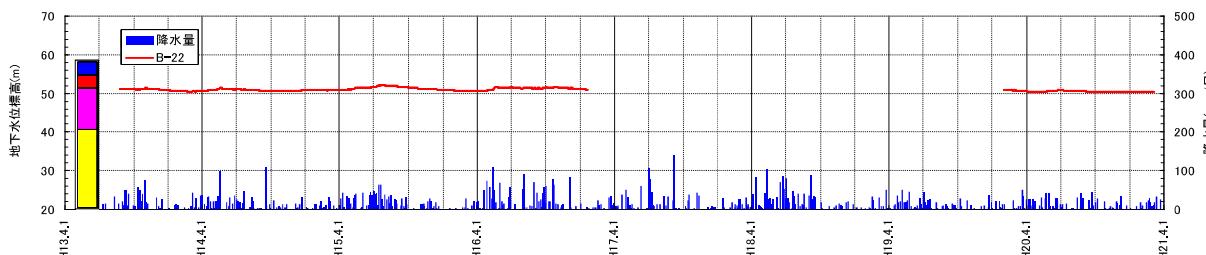
B-39

下り N0.31+53.994 R69.202  
掘進長 42.0 m  
孔口標高 50.68 m  
トンネル計画高 21.279 m



B-22

上り N0.32+57.198 L43.705  
掘進長 49.0 m  
孔口標高 58.06 m  
トンネル計画高 20.861 m



柱状図凡例

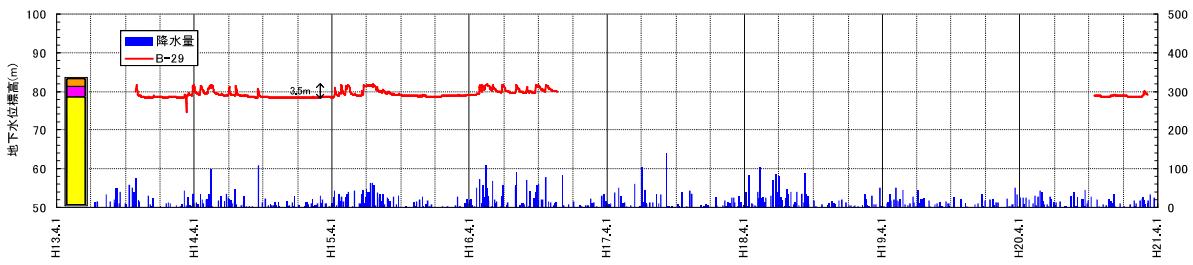
	埋土
	表土
	崖錐堆積物
	D級
	DH~CL級
	C級
	CH~B級

図-3.2 地下水位経時変化(牛田東地区)

### 二葉山

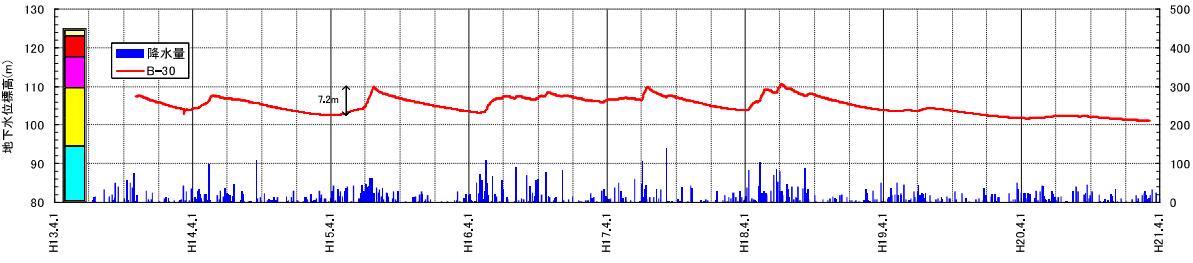
B-29

上り No.35+1.464 R17.438  
掘進長 71.0 m  
孔口標高 83.21 m  
トンネル計画高 19.872m

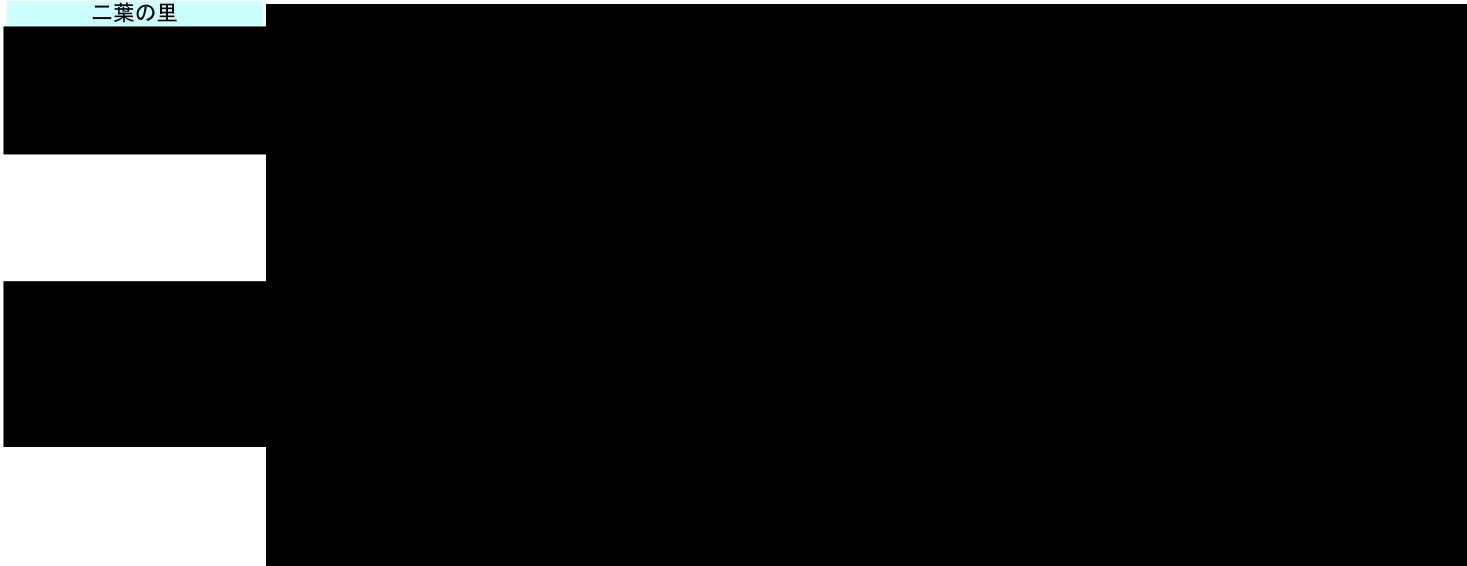


B-30

上り No.37+9.021 L17.653  
掘進長 109.0 m  
孔口標高 124.66 m  
トンネル計画高 19.032m



### 二葉の里



### 柱状図凡例

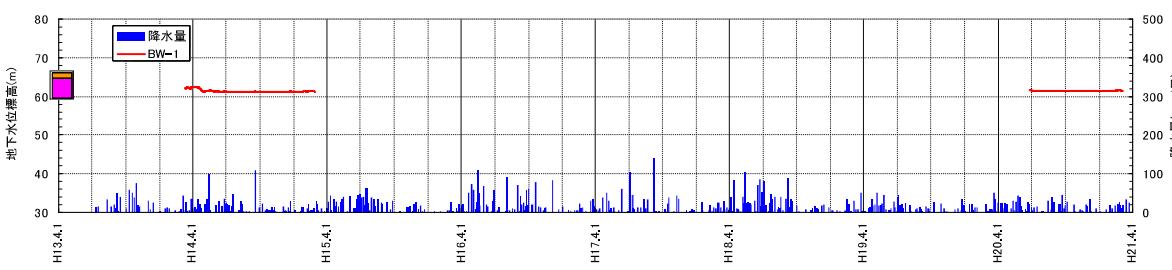
	埋土
	表土
	崖錐堆積物
	D級
	DH～CL級
	C級
	CH～B級



### 二葉山

BW-1

下り No.35+85.838 R31.972  
掘進長 7.0 m  
孔口標高 66.05 m  
トンネル計画高 19.530m

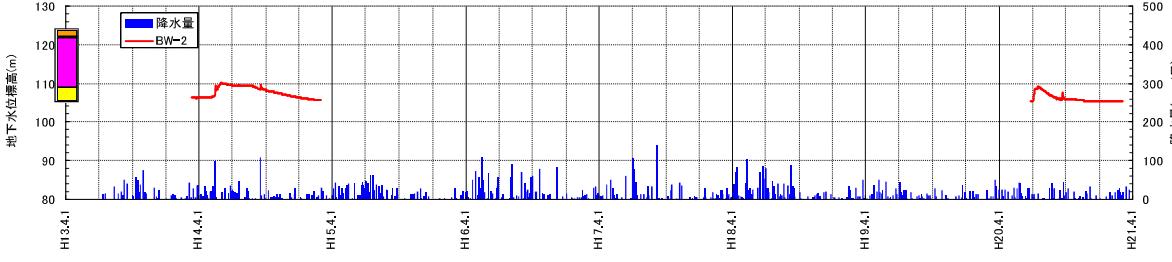


### 柱状図凡例

<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	埋土
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	表土
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	崖錐堆積物
<span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	D級
<span style="background-color: magenta; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	DH~CL級
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	C級
<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	CH~B級

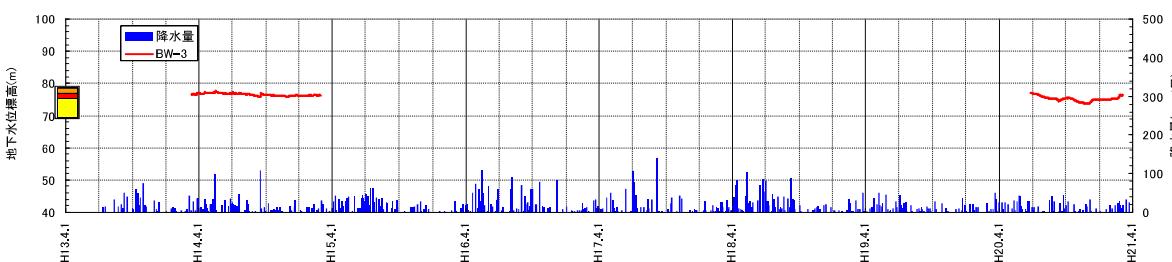
BW-2

上り No.36+60.742 L41.739  
掘進長 19.0 m  
孔口標高 123.95 m  
トンネル計画高 19.183m



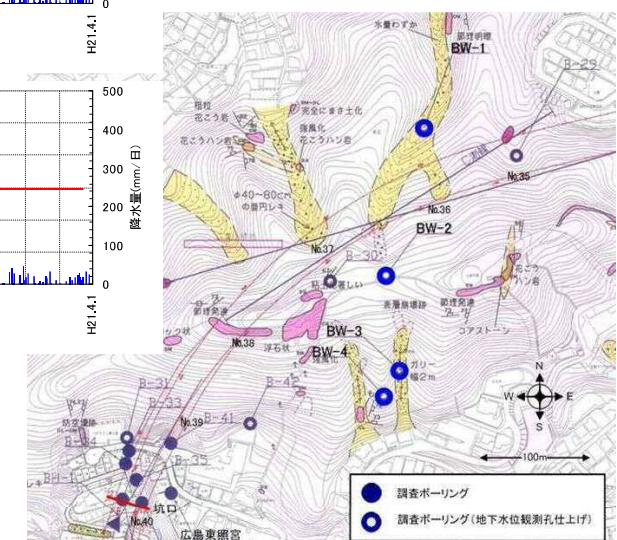
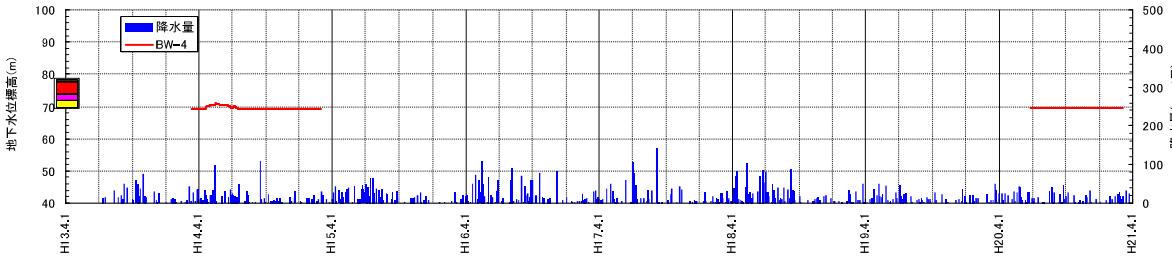
BW-3

上り No.37+ 6.465 L121.742  
掘進長 10.0 m  
孔口標高 78.44 m  
トンネル計画高 18.835m



BW-4

上り No.37+37.727 L131.862  
掘進長 9.0 m  
孔口標高 78.36 m  
トンネル計画高 18.487m



#### 4 井戸水位観測結果

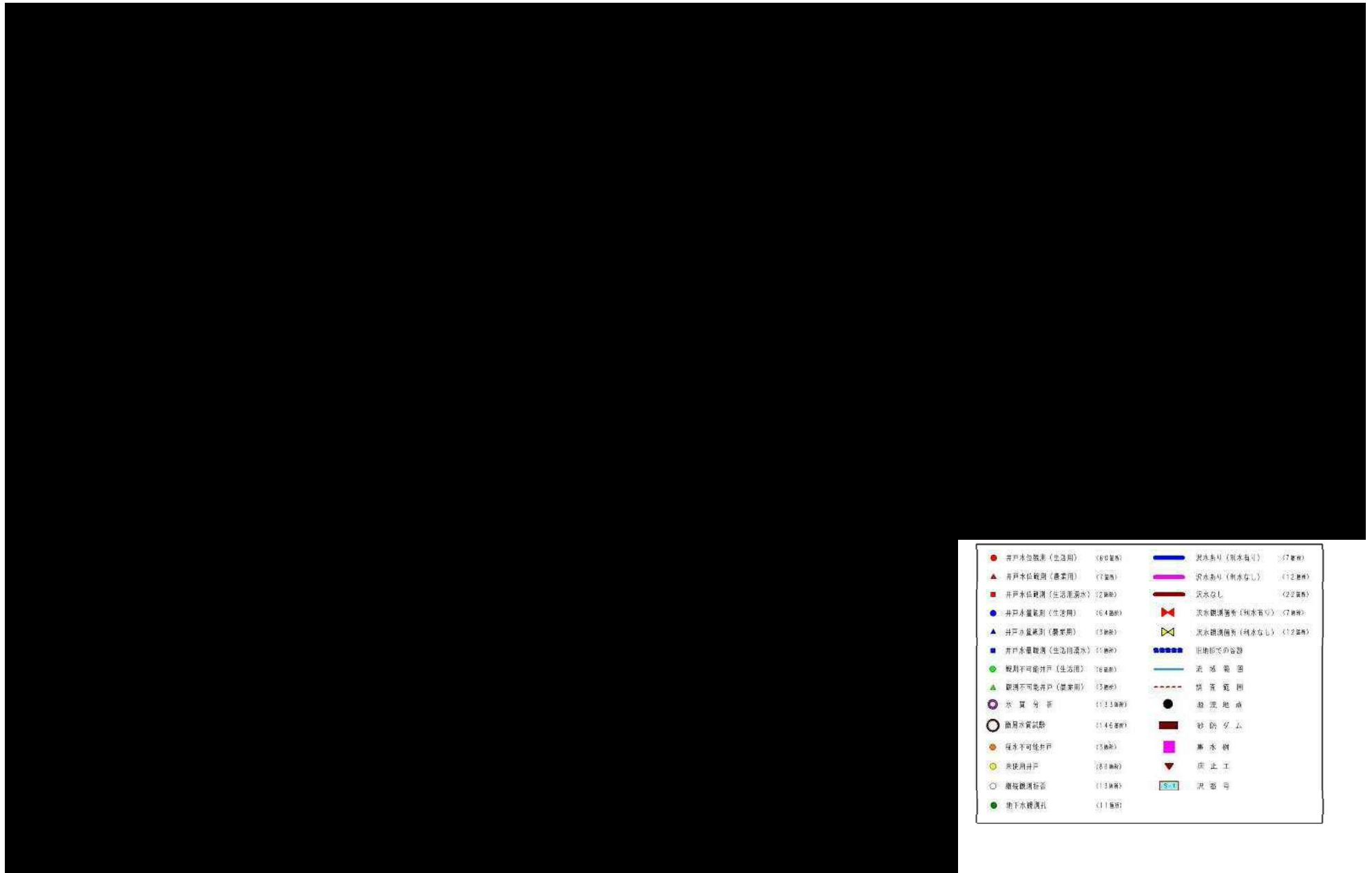


図-4.1 井戸水位経時変化(中山地区)



図-4.2 井戸水位経時変化(山根地区)



図-4.3 井戸水位経時変化(牛田地区)

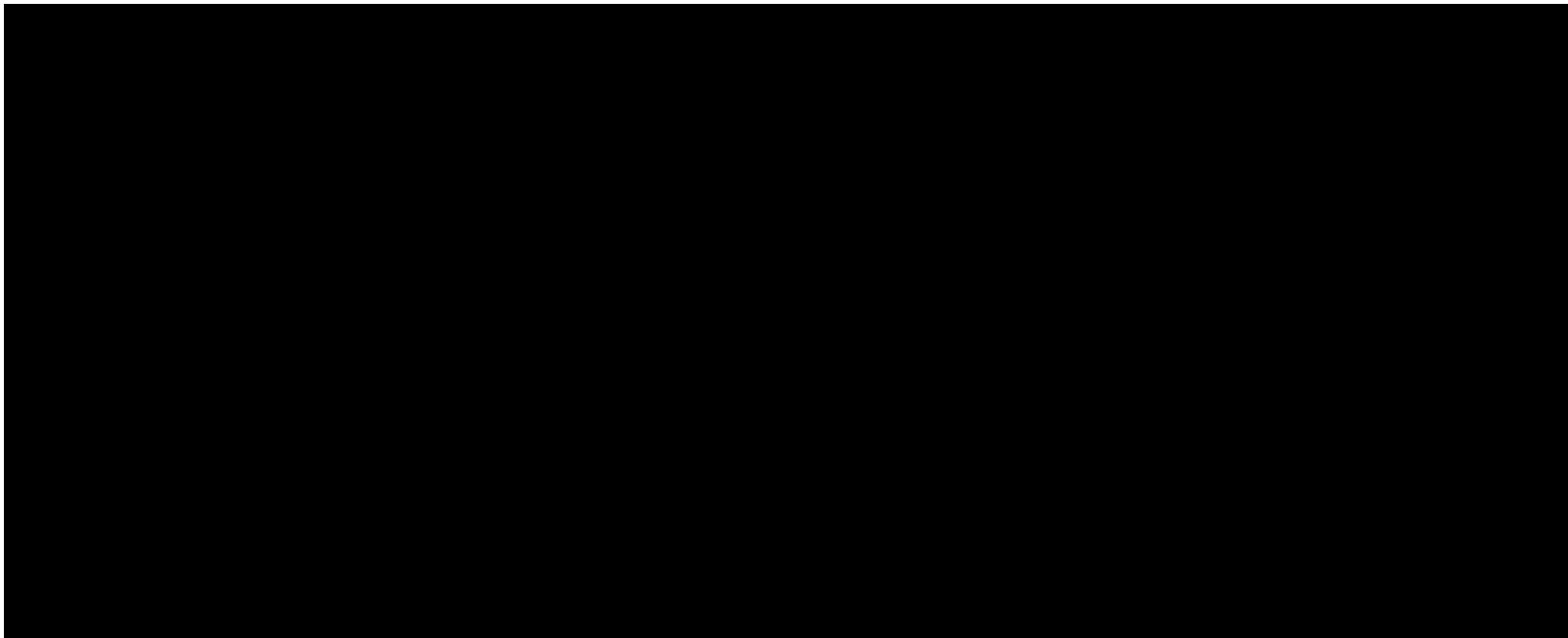


図-4.4 井戸水位経時変化(二葉の里地区)

## 5. 流量測量結果

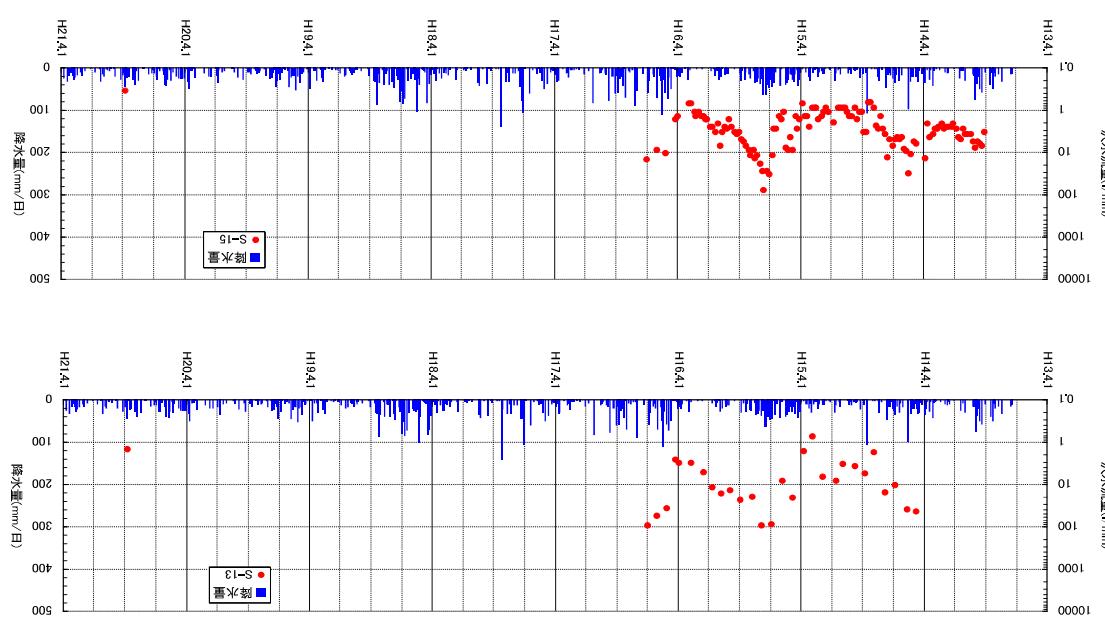
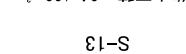
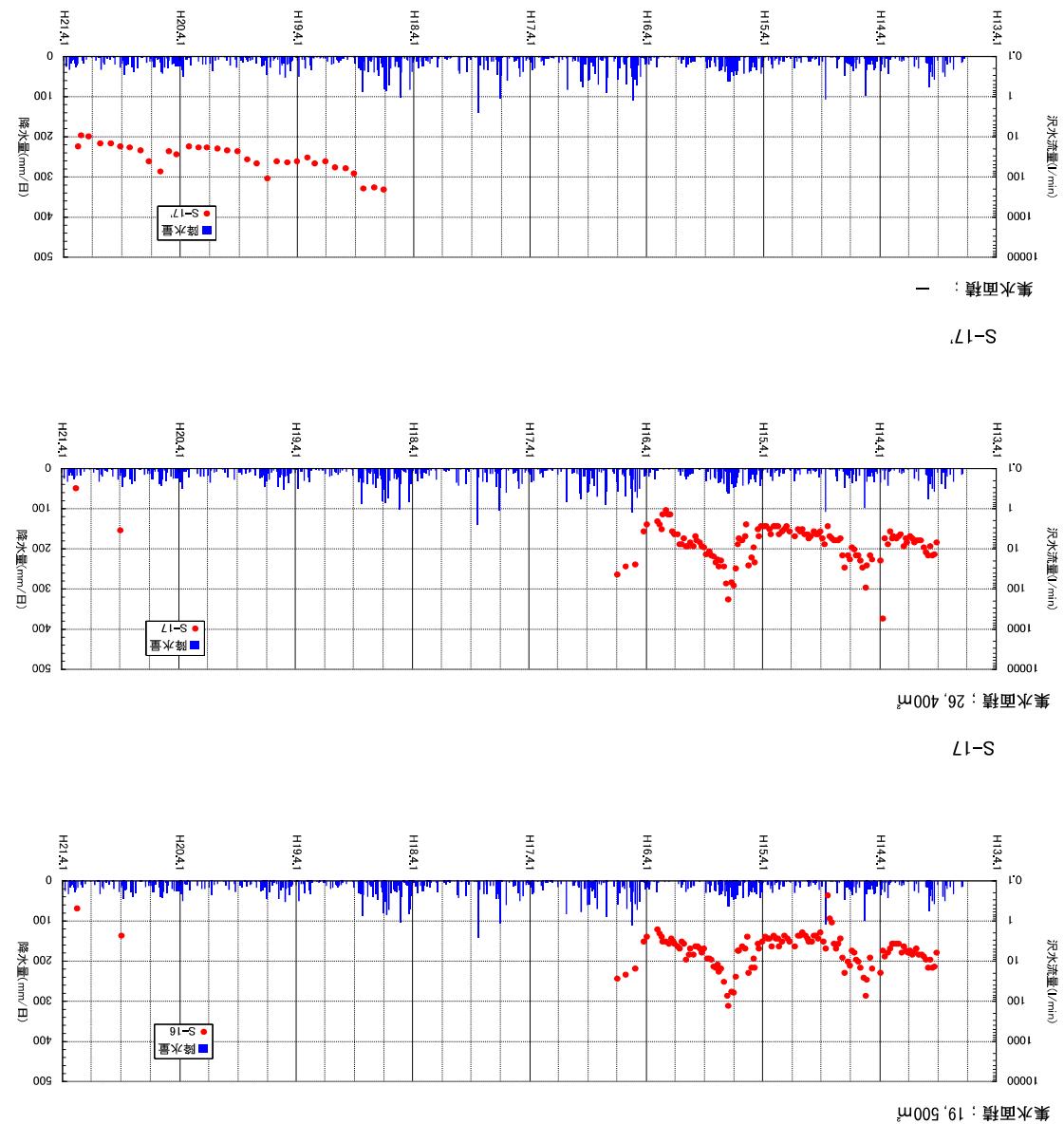
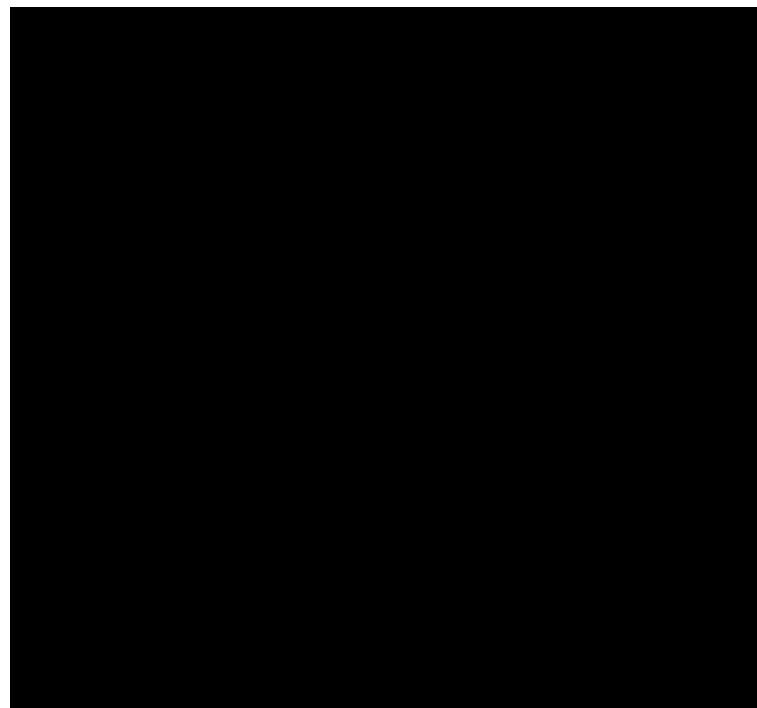


图-5.1 洪水流量瞬時変化(中山地区川一丁南側)

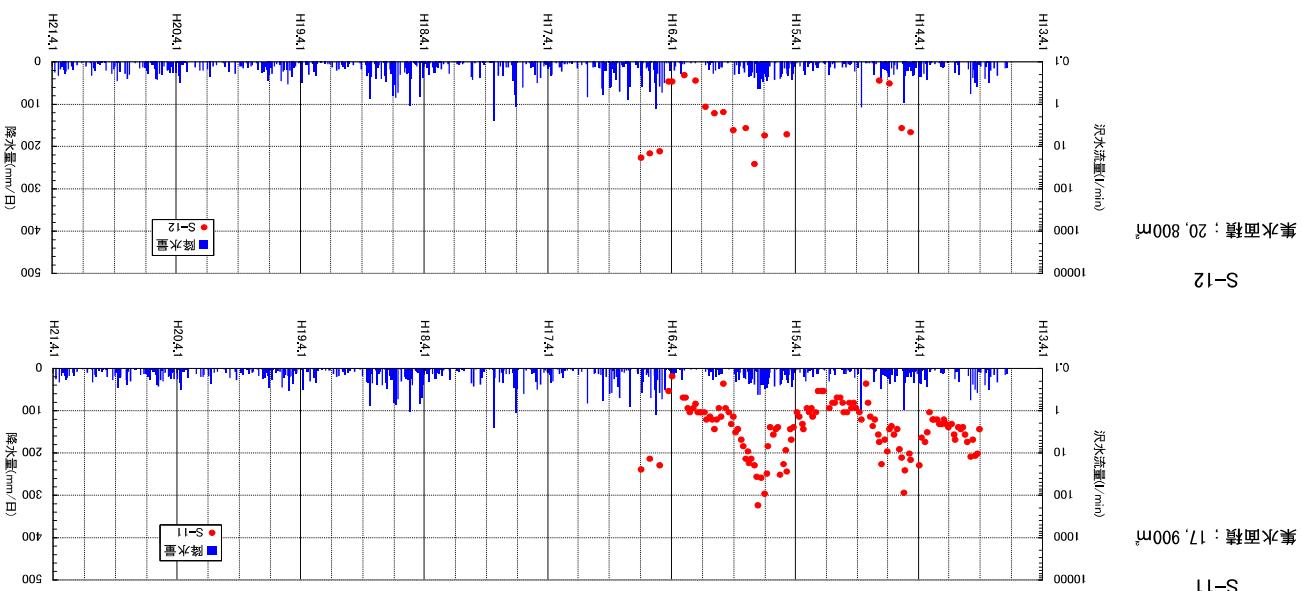
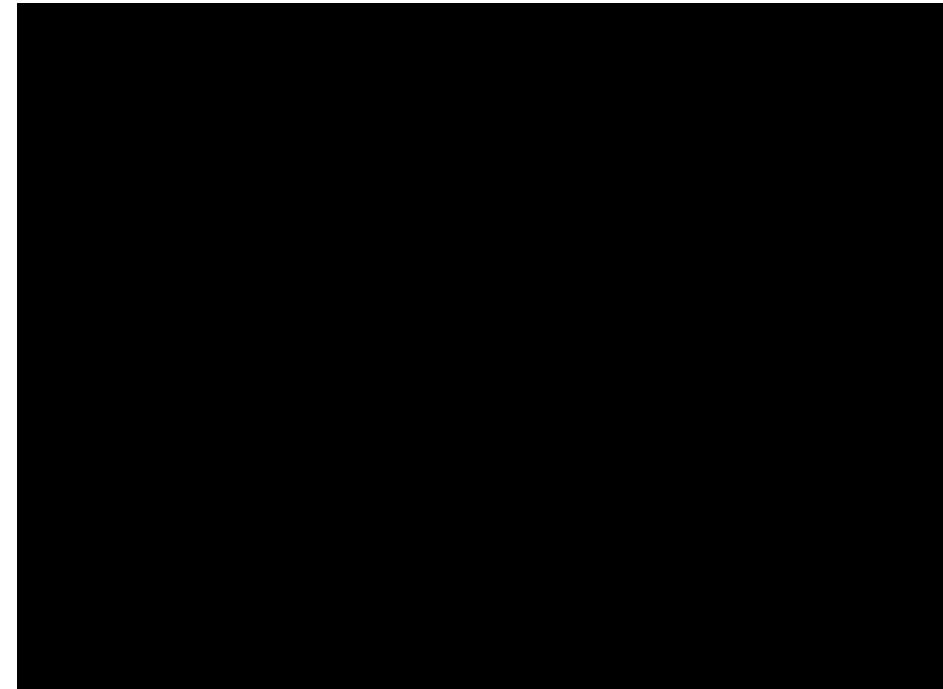
( 12 )

图-5.2 河水流量季节变化(中山地区11—12月)



91-S

图-5.3 汽水流量释义表(山根地区東筑口~木之川中間部)



S-11

集水面積 : 17,900m<sup>2</sup>

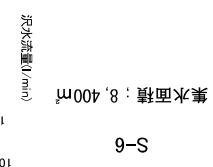
S-12

集水面積 : 20,800m<sup>2</sup>

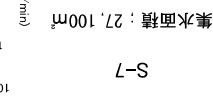
山根地区



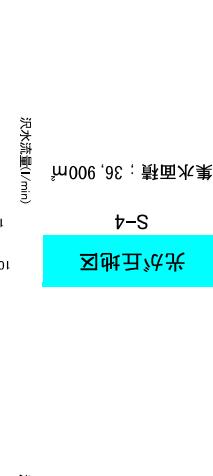
S-5

集水面積 : 8,400m<sup>2</sup>

S-6



S-7

集水面積 : 36,900m<sup>2</sup>

S-4

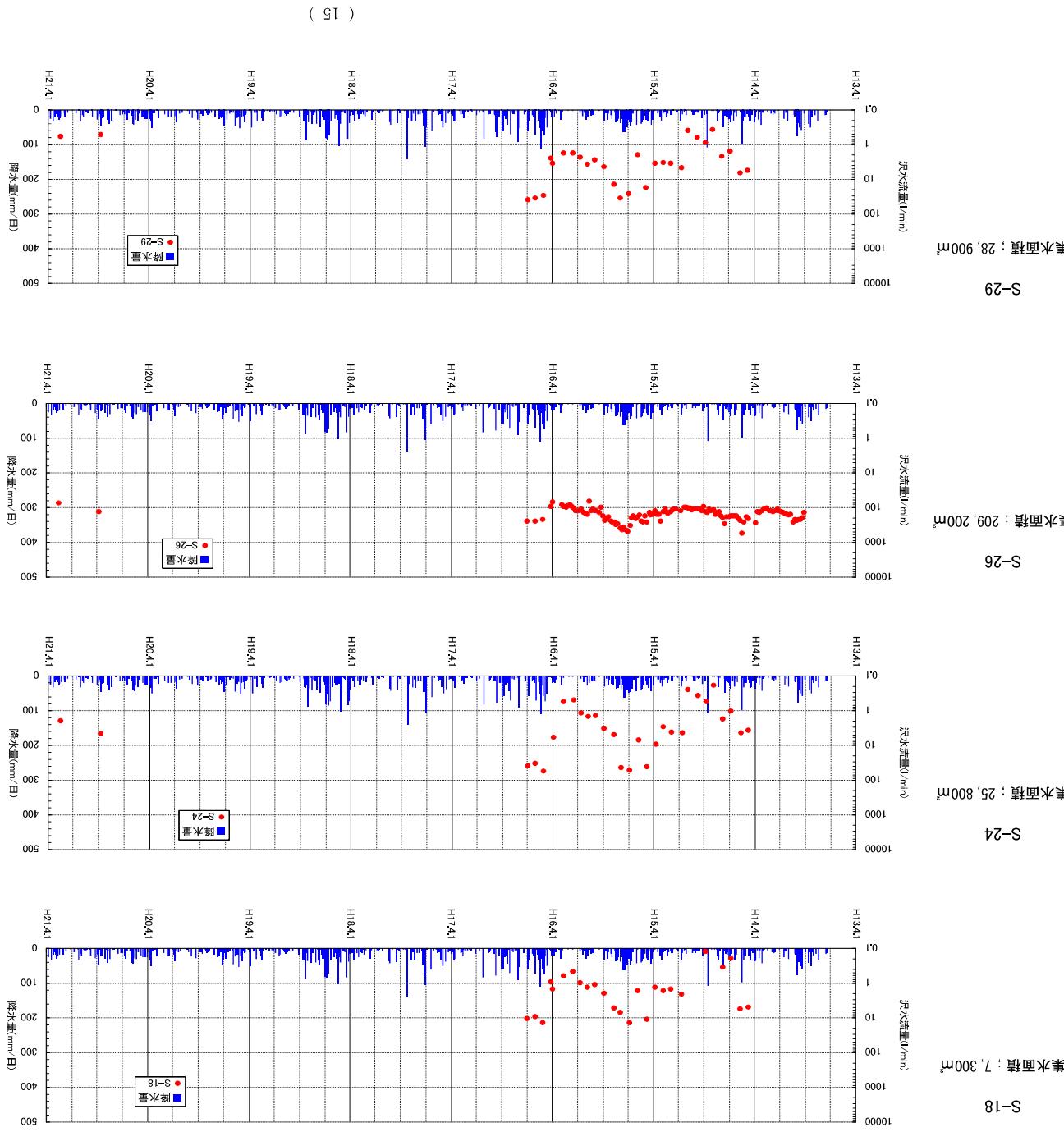
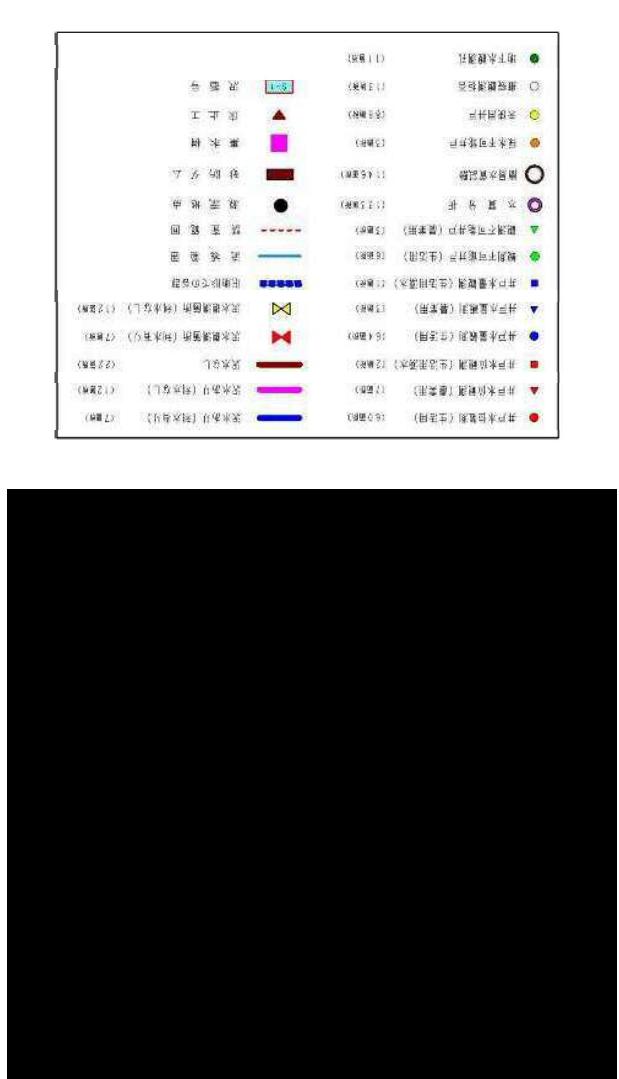
(山根地区) / (水川中間部南側・光沢丘陵区)

图-5.4 汇水流量瞬時変化



(14)

图-5.5 汽水流量瞬时变化(牛田東地区)



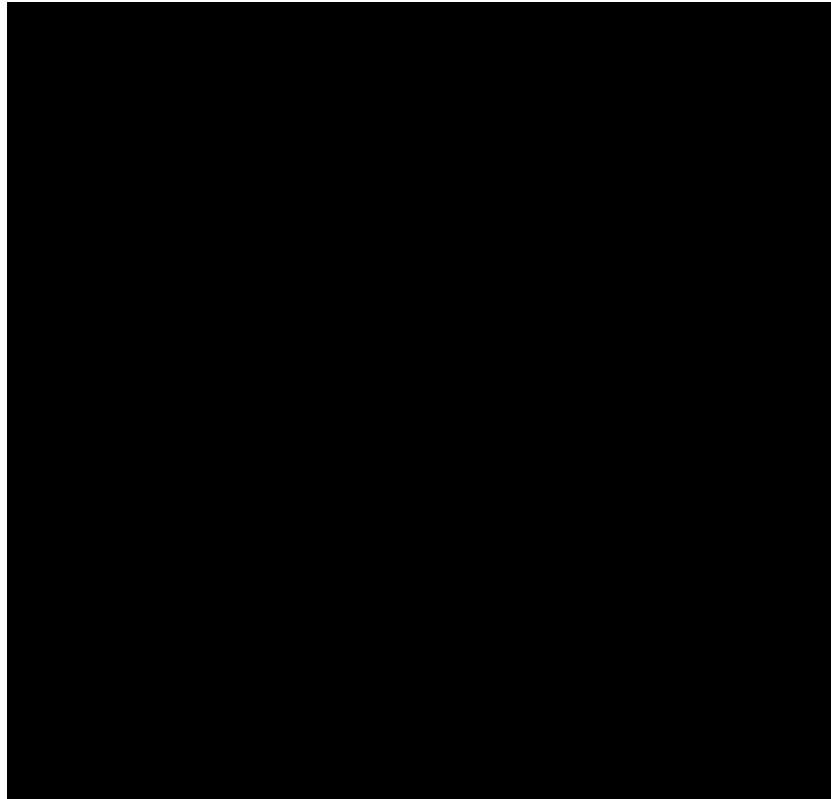
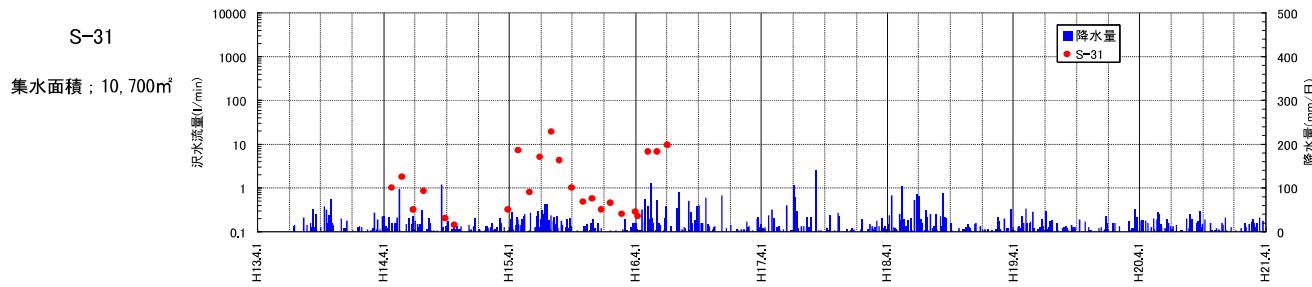


図-5.6 汎水流量経時変化(牛田南地区)

## 6 水質調査結果

水質調査（イオン分析）は、平成20年度に、地下水観測孔、沢水、一般井戸にて実施された。地下水観測孔は、深度による水質の違いを把握するため、1～3箇所で採水されている。

イオン分析項目は、以下のとおりである

- |                                 |                            |                                   |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| ・ナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ )     | ・カリウムイオン ( $\text{K}^+$ )  | ・カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ )    |
| ・マグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ ) | ・塩素イオン ( $\text{Cl}^-$ )   | ・硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ )     |
| ・炭酸水素イオン ( $\text{HCO}_3^-$ )   | ・硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ) | ・溶存およびコロイド状シリカ ( $\text{SiO}_2$ ) |
| ・水素イオン濃度指数 (pH)                 | ・電気伝導度 (Ec)                |                                   |

これらの分析結果をトリリニアダイヤグラムで表示すると、図-6.1のようになる。

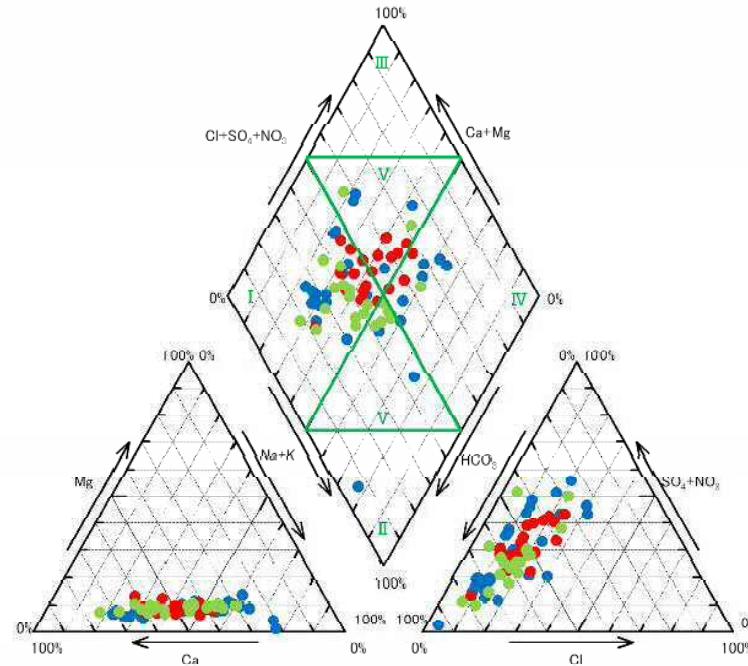
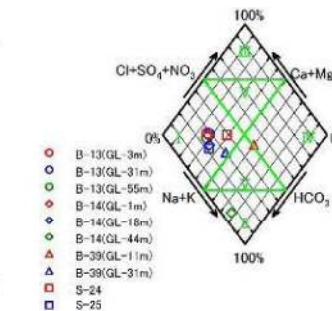
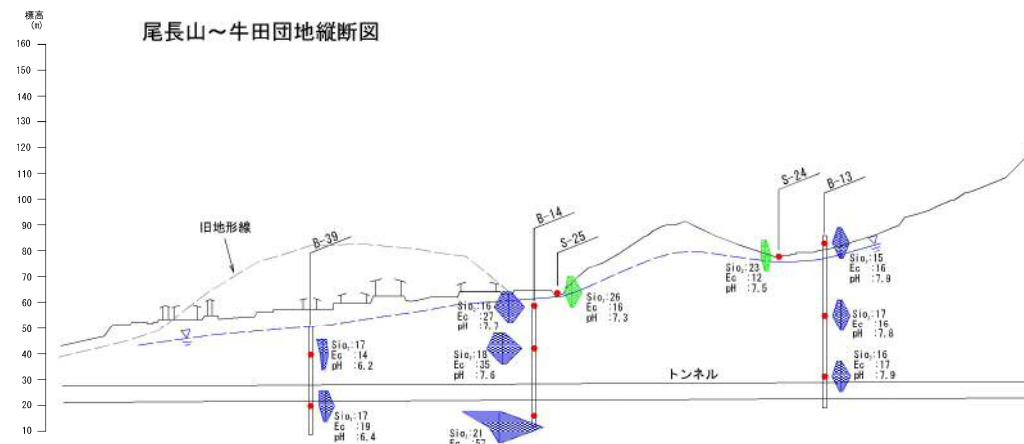
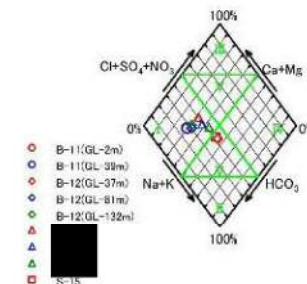
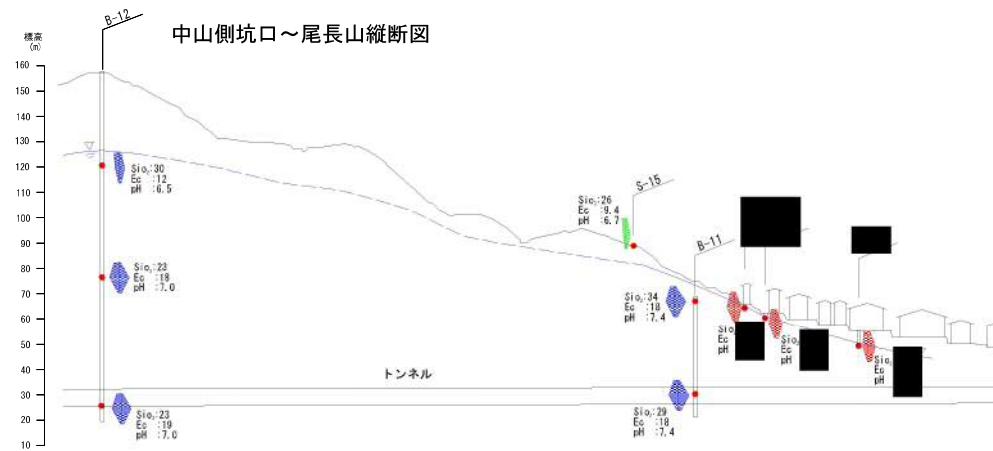


図-6.1 トリリニアダイヤグラム

キー ダイヤグラム概略分類表

領域区分	形式名	水の特徴
I	炭酸カルシウム型	本邦地下水の大半はこの型。 石灰岩地帯典型。
II	炭酸ナトリウム型	滞在的な環境にある地下水。 比較的深い地下水。
III	非炭酸カルシウム型	温泉水、鉱泉水および石灰水。
IV	非炭酸ナトリウム型	海水などに汚染された地下水。 この型の温泉水もある。
V	中間型	河川水、伏流水、自由地下水や 地表水の多くがこの型である。

参考文献；地下水ハンドブック（建設産業調査会 P.366より）



領域区分	形式名	水の特徴
I	炭酸カルシウム型	本邦地下水の大部分はこの型。石灰岩地帯典型。
II	炭酸ナトリウム型	滞在的な環境にある地下水。比較的深い地下水。
III	非炭酸カルシウム型	温泉水、鉱泉水および石灰水。
IV	非炭酸ナトリウム型	海水などに汚染された地下水。この型の温泉水もある。
V	中間型	河川水、伏流水、自由地下水や地表水の多くのがこの型である。

参考文献；地下水ハンドブック（建設産業調査会 P.366より）

牛田団地周辺縦断図

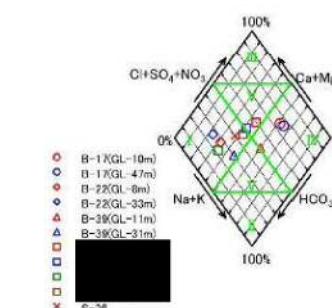
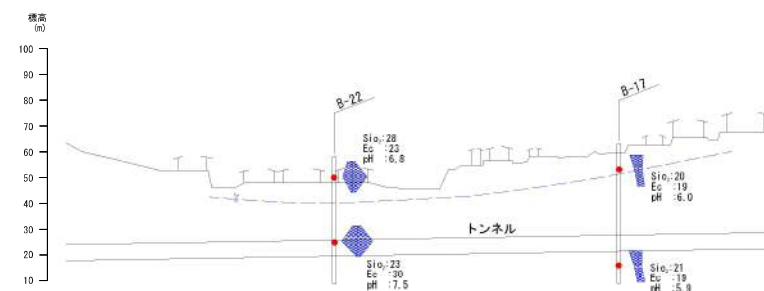
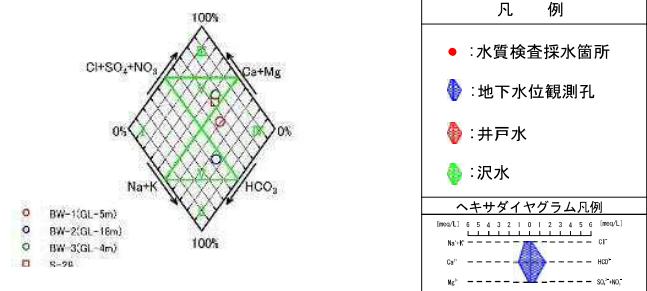
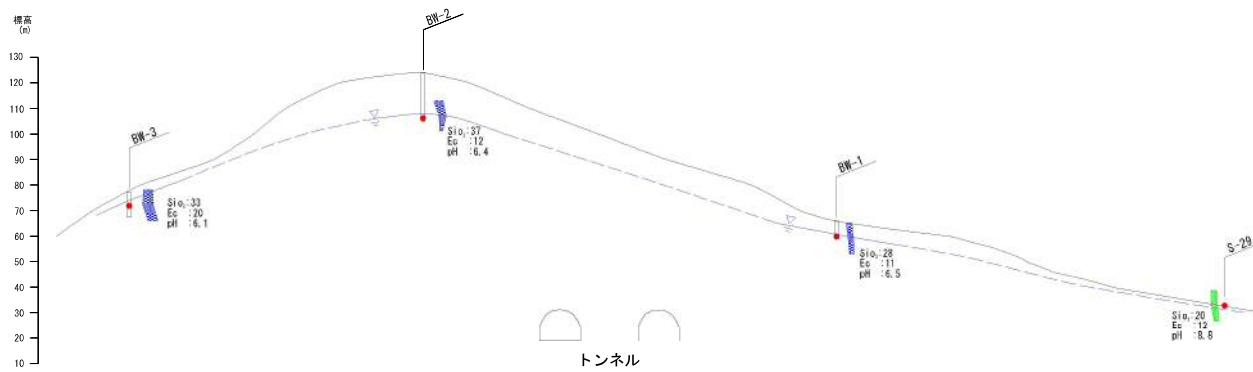


図-6.2 地下水位・水質分布断面図  
(中山側坑口・尾長山・牛田団地)

二葉山縦断図(表層)



領域区分	形式名	水の特徴
I	炭酸カルシウム型	本邦地下水の大半はこの型。石灰岩地帯典型。
II	炭酸ナトリウム型	潜在的な環境にある地下水。比較的深い地下水。
III	非炭酸カルシウム型	温泉水、鉱泉水および石灰水。
IV	非炭酸ナトリウム型	海水などに汚染された地下水。この型の温泉水もある。
V	中間型	河川水、伏流水、自由地下水や地表水の多くがこの型である。

参考文献；地下水ハンドブック（建設産業調査会 P.366より）

二葉山縦断図

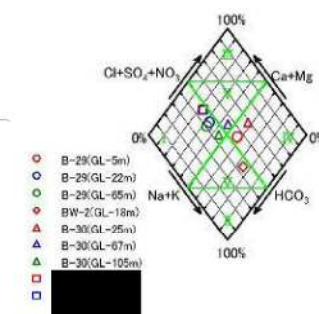
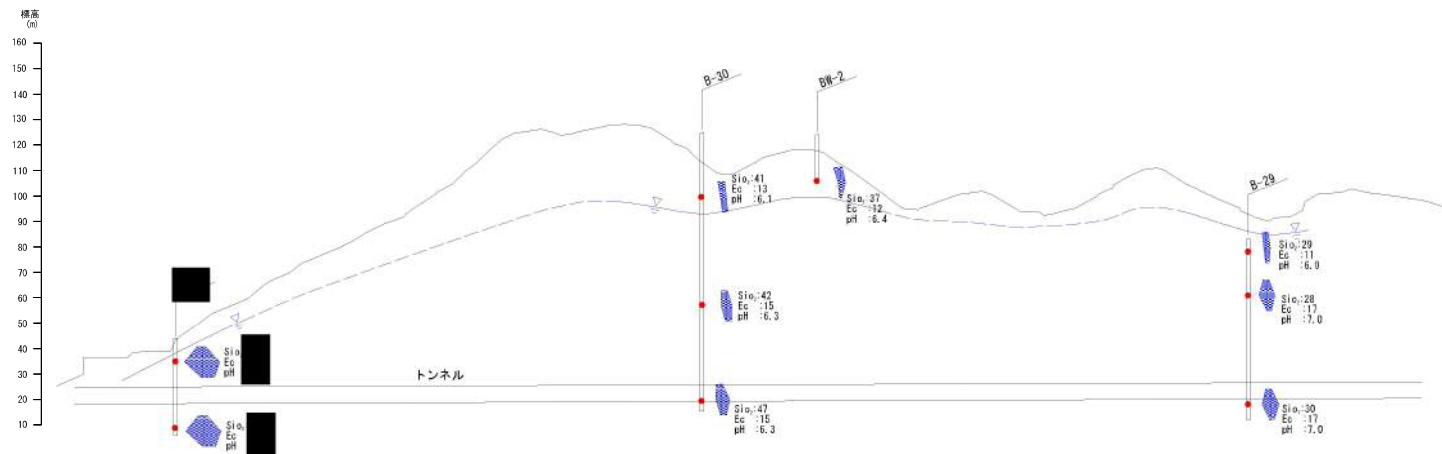
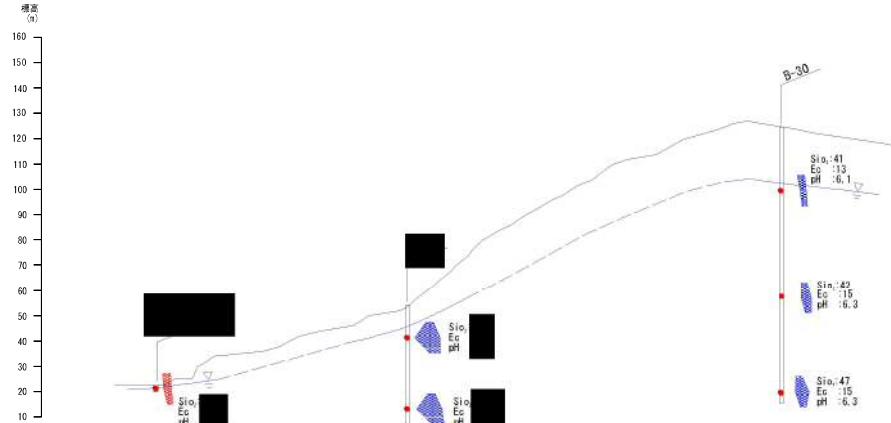
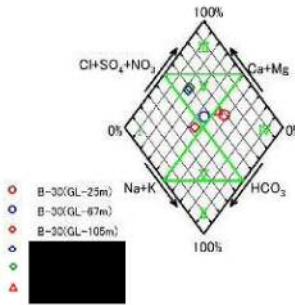
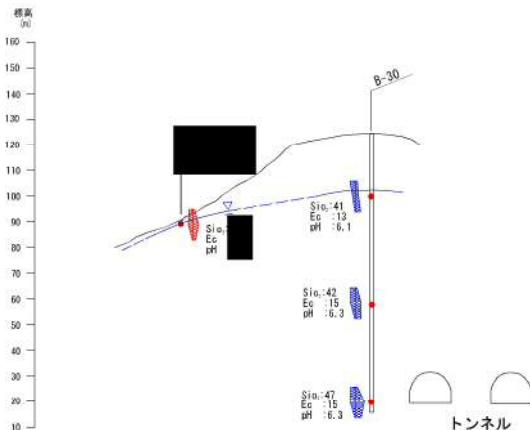


図-6.3 地下水位・水質分布断面図（二葉山）

二葉山横断図(東照宮F-4-1周辺)



二葉山横断図(東照宮 [REDACTED] 周辺)



凡 例	
●	:水質検査採水箇所
◆	:地下水位観測孔
●	:井戸水
●	:沢水
ヘキサダイヤグラム凡例	
[seq.5]	6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 [seq.6]
Na <sup>+</sup>	- - - - -
Ca <sup>2+</sup>	- - - - -
Mg <sup>2+</sup>	- - - - -

領域区分	形式名	水の特徴
I	炭酸カルシウム型	本邦地下水の大半はこの型。石灰岩帯典型。
II	炭酸ナトリウム型	潜在的な環境にある地下水。比較的深い地下水。
III	非炭酸カルシウム型	温泉水、鉱泉水および石灰水。
IV	非炭酸ナトリウム型	海水などに汚染された地下水。この型の温泉水もある。
V	中間型	河川水、伏流水、自由地下水や地表水の多くがこの型である。

参考文献；地下水ハンドブック（建設産業調査会 P.366より）

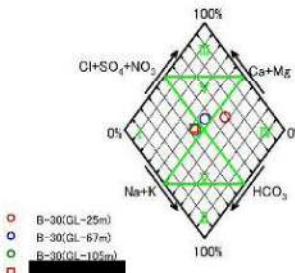


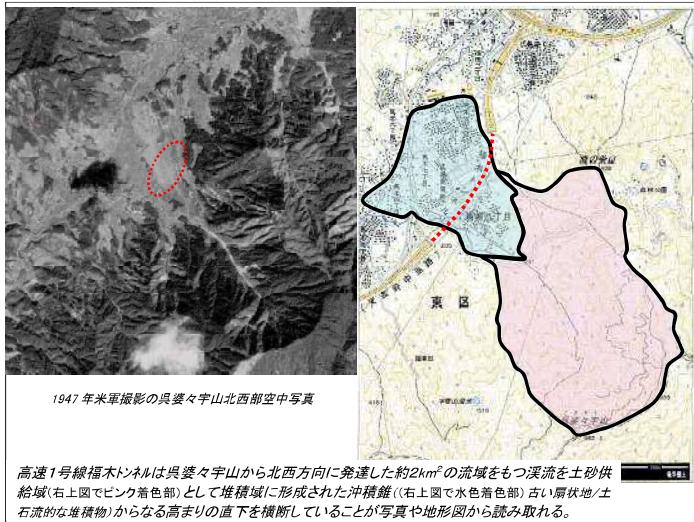
図-6.4 地下水位・水質分布断面図  
(二葉山～二葉の里地区)

## 広島高速5号線トンネルに関する個人的見解

平成22年9月22日  
委員 大島洋志

### 1. 委員会における私の役割について

私の役割は広島高速1号線(安芸府中道路)福木トンネルで発生した坑内湧水に伴う地表面沈下が周辺の生活環境に与えた影響に鑑み、二葉山地域に計画されている5号線トンネルの施工に際し調査・設計・施工に関わる安全検討に際しこの種の環境問題を起さないための方策を、自分自身のこれまでの経験をもとにアドバイスすることと考える。



### 2. 私自身のこれまでのトンネルの経験

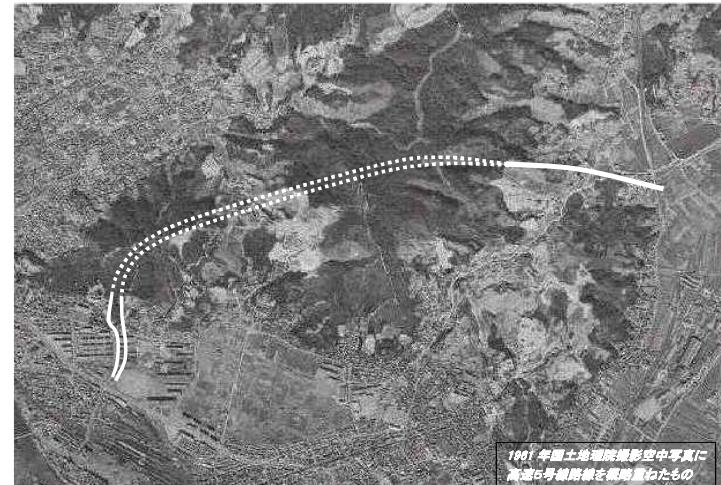
地質技術者として1965年、当時の国鉄に就職以来、始まったばかりの山陽新幹線トンネル工事への関与を皮切りに、国鉄本社と鉄道技術研究所を中心にトンネル一筋の技術人生を送ってきた。鉄道逛職17年経過の現在もなお、地質・地下水問題を抱えたトンネルに開わりをもぢながら今日に至っている。福木トンネルに関しては、現在編集委員長を務めている日本トンネル技術協会の機関誌「トンネルと地下」で読んだことを思い出す。

私は、これまで数回開催の委員会や現地調査に一度も出席していないので、委員各位と同じレベルで当該地区の問題を把握できていないが、提供を受けた資料及び自分で入手した資料などに基づき、考えるところを概略述べた上で、今回の議題に関しても若干私見を述べる。

### 3. 地質・地下水面からみた5号線トンネルの環境的問題

下記の3資料を参考にしつつ、私自身が当該地区で特に問題と考える二つの地域（牛田東地区団地直下部&中山西地区側坑口付近）に焦点を絞って、考えられる問題点やそれを解決するための調査や設計・施工法などについて私見を述べる。

- ① 地形図（国土地理院の5万、2.5万及びソマフレットに示されたものなど）
- ② 空中写真（下に示した1961年国土地理院撮影のもの及び、戦前・戦後を挟んで陸軍（1939）や米軍（1946）が撮影のもの、（参考までに後ろ1.5ページに添付）
- ③ 計画されているトンネルの平面・縦断形等の設計資料



#### 3. 1 牛田東地区団地直下通過部分

二葉山の周辺は3枚の空中写真を見比べただけでも南から、北から東から、山を切り谷を埋めるという、切り盛り工法で住宅開発がなされ、往年の二葉山とは様相を一変してしまっていることがわかる。このうち、牛田東地区を詳細に見ると上図に明らかなように1961年の時点で既に切取が始まっているよう見える。提供を受けた図面（1:1,500 地形図に旧谷地形や推定切り・盛り境界を示したもの）\*によれば、トンネル計画部分に位置する旧谷部分の盛土厚さは10mを越える箇所があるとされている。

- \*：当図に関しては、トンネル上部の岩盤・盛土厚さや切盛り境界に関する調査・設計・施工に使える精度のものが欲しい。当図の範囲で良いから、ボーリング調査によるだけでなく、1961年国土地理院の写真と現在の写真などの対比によって、盛土厚さを求め、その結果を地図（平面図だけでなく、トンネルとの関係でまとめた縦断・横断図）として示して欲しい。

こういう切り盛りによる造成で注意しなければならないのは、谷筋に沿ってきちんと下流側へと連結させた伏せ桶のような排水施設を埋設しながら、十分に転圧した盛土がなされ、かつ適切な表面水排水処理がなされているかである。それが不適切であった場合、往々にして次のような不具合が生じる。

- ① 切り盛りの境界にまたがる部分において、盛土部分が旧谷筋の方へ移動したり不等沈下することにより段差ができやすく、境界部に位置する建物や土留め壁などの施設は折れ曲がったような変形を被ることがある。
- ② 旧谷筋直上付近の盛土部分では、旧谷底付近に雨水などの浸透水が集まりやすく<sup>\*</sup>、周辺より水の飽和度が高いため、沈下しやすく、地震などでもゆれやすく<sup>\*\*</sup>、一方でパイピング現象的な機構によって陥没を起こしたりすることがある。

<sup>\*</sup>: 地形を改変しても、水は昔の河道（流路）に集まりやすい傾向があると言われている。

<sup>\*\*</sup>: 先の阪神大震災においては、谷埋め盛土の造成地で、しっかりとした伏せ桶等の排水施設を設けているかいないかで被害に大きな差があった。当然のことながら、後者ほど被害が大きかった。

当地の造成は麓から稜線部へ向かって段階的に進められて来たものと思われる。計画されているトンネル直上部分は、最も新しい部分に相当すると思われるがそれでも、造成が完了し、住宅が立ち始めたら少なくとも10~20年程度以上は経過しているのではないか。その間に、上述したような不具合が建物や構造物、道路、水道・ガス管等のインフラ施設に起きていないかが、当該造成地がどの程度健全な状態に保たれているかを判断できる材料になると考える。

\*: もし資料があるなら示して欲しい。ないなら、可能な範囲で調べ、その結果を示して欲しい。

調査中の水位調査の中で、旧谷底（旧河道）付近に設けられた観測孔の盛土内水頭が、旧谷底の高さ近くにあるとしたら、良好な伏せ桶等のドレンがなされている証拠になるかもしれない。

上記不具合はこれまでにも一切ないという場合は、造成（特に盛土）は良好な施工管理のもとに施工され、今なお健全な状態にあることになる。したがって、トンネル施工に伴う地表部への影響は、旧谷筋直上の盛土やそれに近接した切り盛り境界といったかなり限定した部分になるだろうと考える。それは、盛土自体の飽和度がそれほど高くないため、トンネル施工により岩盤内地下水低下があったとしても、その影響が盛土部分に大きくは及ばないし、切取部分は通常の応力解放に伴う沈下程度で収まると考えるからである。

一方、伏せ桶等の排水施設や表面水の処理があまり十分でないとした場合、上述のような何らかの不具合が、過去に既に発生し、現在も継続しているか、（トンネルが建設されない現状のままで）、近い将来起きる可能性は否定できない。ただし、「雨降って地固まる」の教えのとおり、上述①の問題はかなり軽減されてきているといえるだろう。

このケースで必要な調査事項は、先述した2点の他に、(1)トンネル計画部分直上の盛土や切り盛り境界部分（特に旧谷筋部分）の盛土内水頭( $H_b$ )と元々の地山内水頭 ( $H_g$ )との差がどの程度あるかと、(2)盛土部分と元々の地山部分（特に風化岩盤部分）の脱水による体積収縮の可能性がどの程度なのか、の2点があると思う。

### (1)について

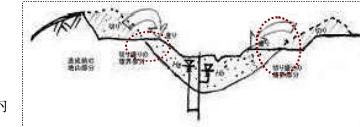
#### If-1 $H_g > H_b$ の場合 ⇒

地山側から盛土境界へ地下水が浸出

この場合はトンネル施工による地山内

水頭低下により、盛土部分への地下水浸出

は停止または減少することになり、盛土内の飽和度が若干低下する。そうなると、盛土は幾分体積収縮するが、結果的にはより安定な方向に向かうことになるのではなかろうか。



#### If-2 $H_g < H_b$ の場合 ⇒ 盛土側から地山部分へ地下水が浸透

この場合はトンネル施工による地下水頭低下があつても、盛土側から地山部分への地下水供給はさほど増加しないので、盛土自体の体積変化はないと考えられる。

この水頭差に関しては、上記の考え方で結論できるほど単純ではないかもしれない。当面は水頭差があるか、ないか、あったとした場合、どちらが高いか、また降雨に対する反応はあるのか、ないのか、差があるのか、といった観点で観測を続ける必要があると考える。

### (2)について

地下水頭が、If-1 の場合、想定される水位低下で飽和した盛土がどの程度脱水等に伴う体積変化を示すかを検討する必要があろう。風化岩盤内の体積変化は盛土部分に比べかなり小さく（通常のトンネル施工に伴う変形計算で予測される範囲内にあると考えて十分）、浸透水も少ないでの1号線福木トンネルで生じたような沈下を考える必要はないと考える。

\*: 当該地は大きな地表沈下を示した1号線福木トンネルとは地形図や空中写真（p.1に掲載）からも明らかなように地形・地質や水文環境は全く異なっていると考える。その一つとして、福木トンネルのように後背流域2km<sup>2</sup>を有し、尽きることのない伏流水がある沖積錐部分とは異なり、当該地は稜線部に近く、住宅地でもあることから、表面水の浸透はかなり少なく（水管の破裂などによる漏水があれば別だが）、岩盤内地下水の流动も穏やかな地形・地質場にあることが上げられる。

これらの調査結果をもとに総合的に詳細な設計・施工法を検討し、周辺地域の環境影響について審議することになるが、私の経験からすれば、No.32+70m付近の上下線や、No.31+20~+90m下り線付近の盛土厚が大きく、本来の地山部分の厚さが1D前後以下という限定された箇所（それを絞り込むためには先述した図面作成を含めた、地形・地質調査等の深化がなされるべきと考える）において適切・可能な施策<sup>\*</sup>を採用しさえすれば、牛田東地区の住宅地に大きな影響を与えることなくトンネルは概ね安全に施工できると考える。

\*: 現在の計画ではトンネルは西に0.4%の片勾配でなっているので、東・西の坑口部の施工基面高さは西側が7.3mほど低くなっている。平面線形はそのままとして、東坑口部から1,100m地点までを0.6%とし、そこから西坑口までを0.1%に変更することは計算上は可能である。そうすれば、1,100m地点（牛田東地区付近）で現状よりも2.2m下げることができるため、盛土よりもはるかに信頼できる岩盤部分の厚さを増やした形でトンネルを施工できることになる。例えばこういう変更が可能であれば、沈下問題は確実に小さく出来るはずである。