

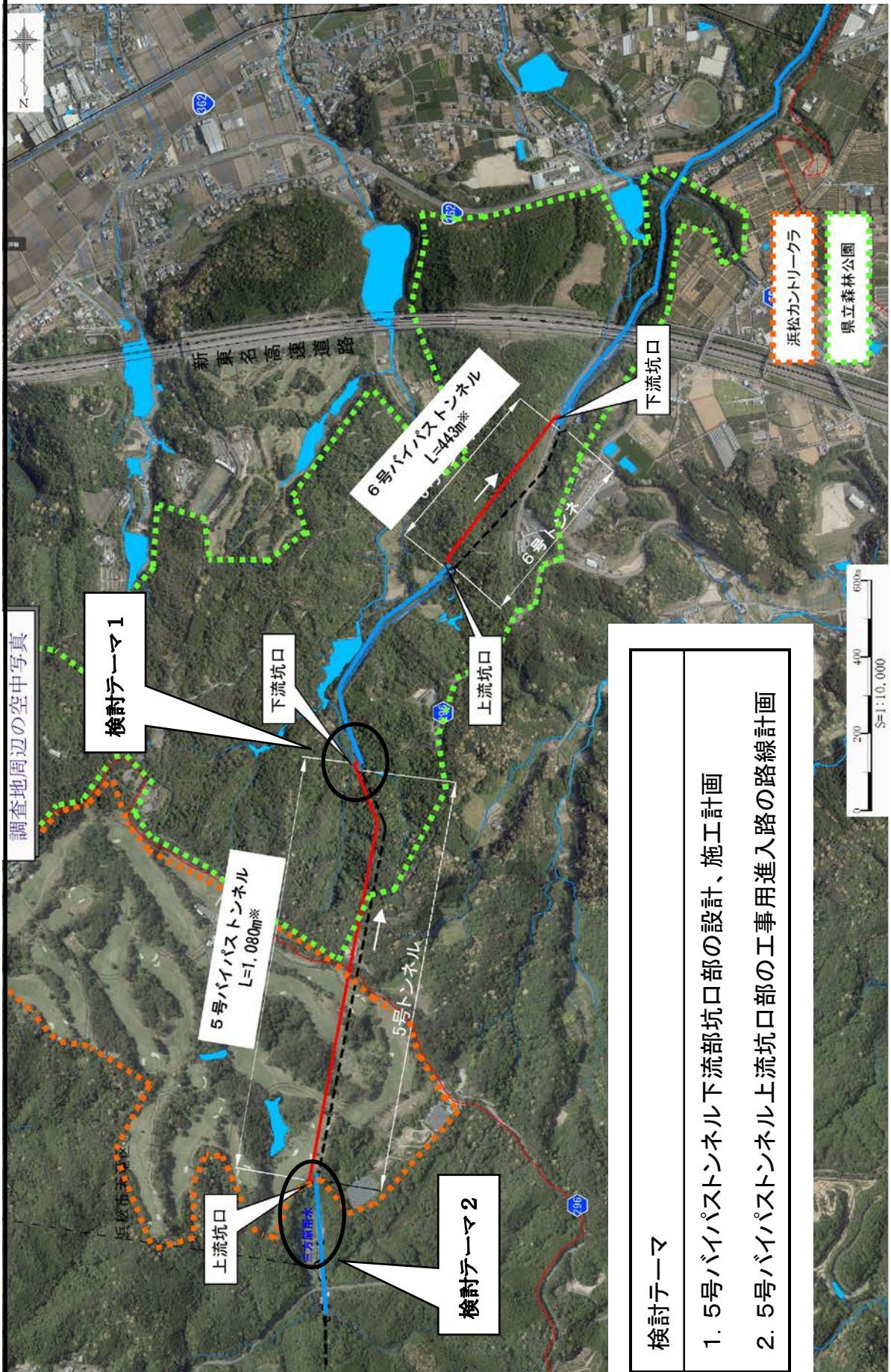
関東農政局管内国営事業総合技術支援

合同委員会資料

平成 30 年 2 月 28 日
三方原用水二期農業水利事業所

1. 設計位置と検討テーマ

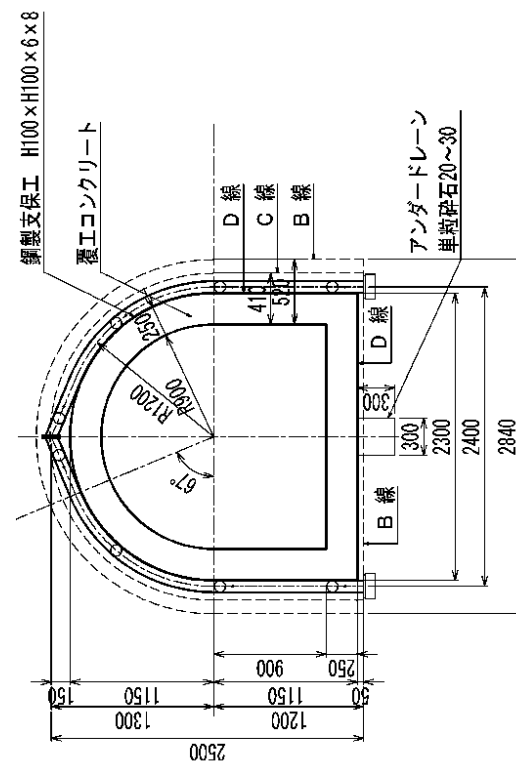
設計位置



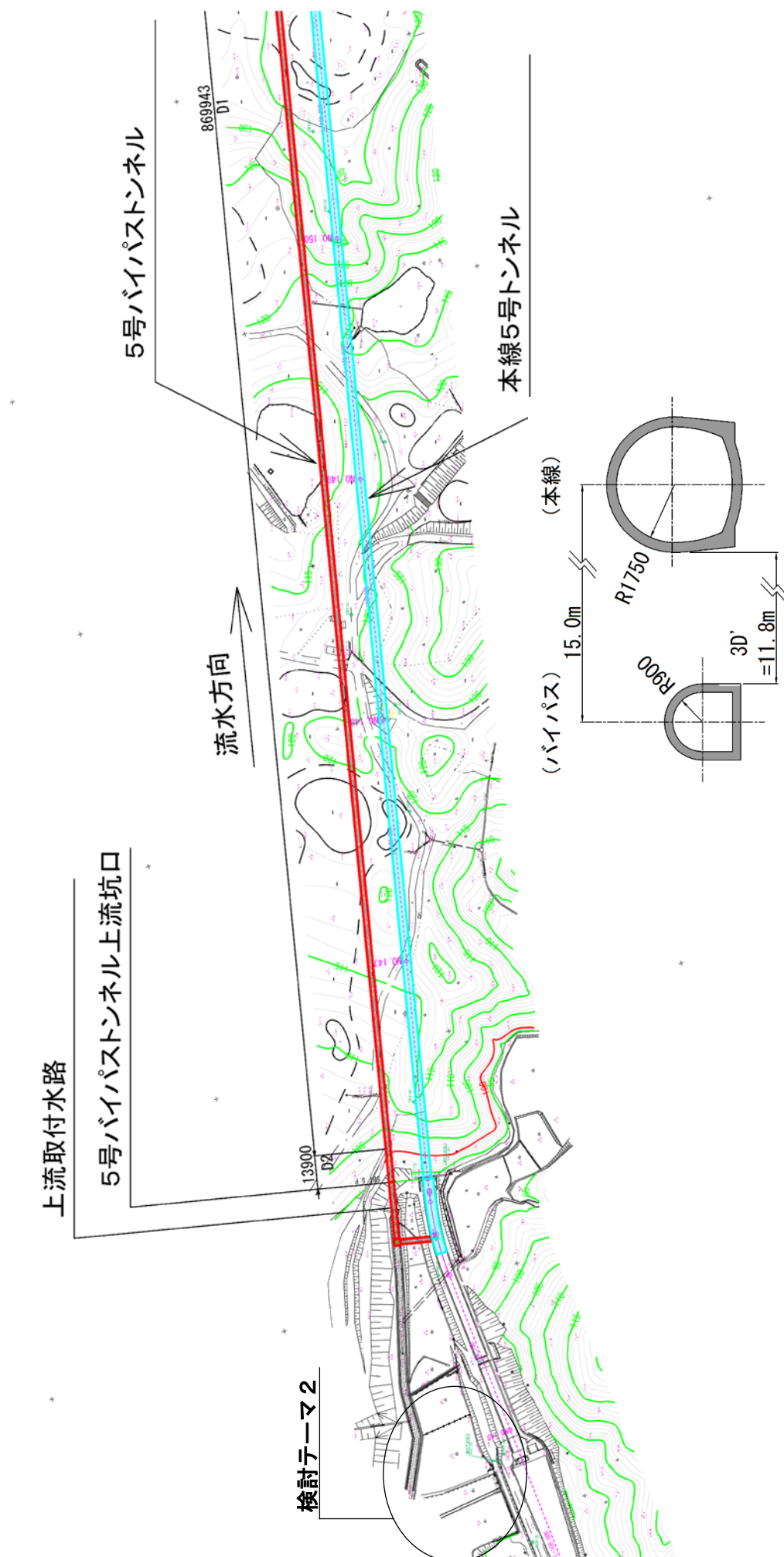
検討テーマ

1. 5号バイパストンネル下流部坑口部の設計、施工計画
2. 5号バイパストンネル上流部坑口部の工事用進入路の路線計画

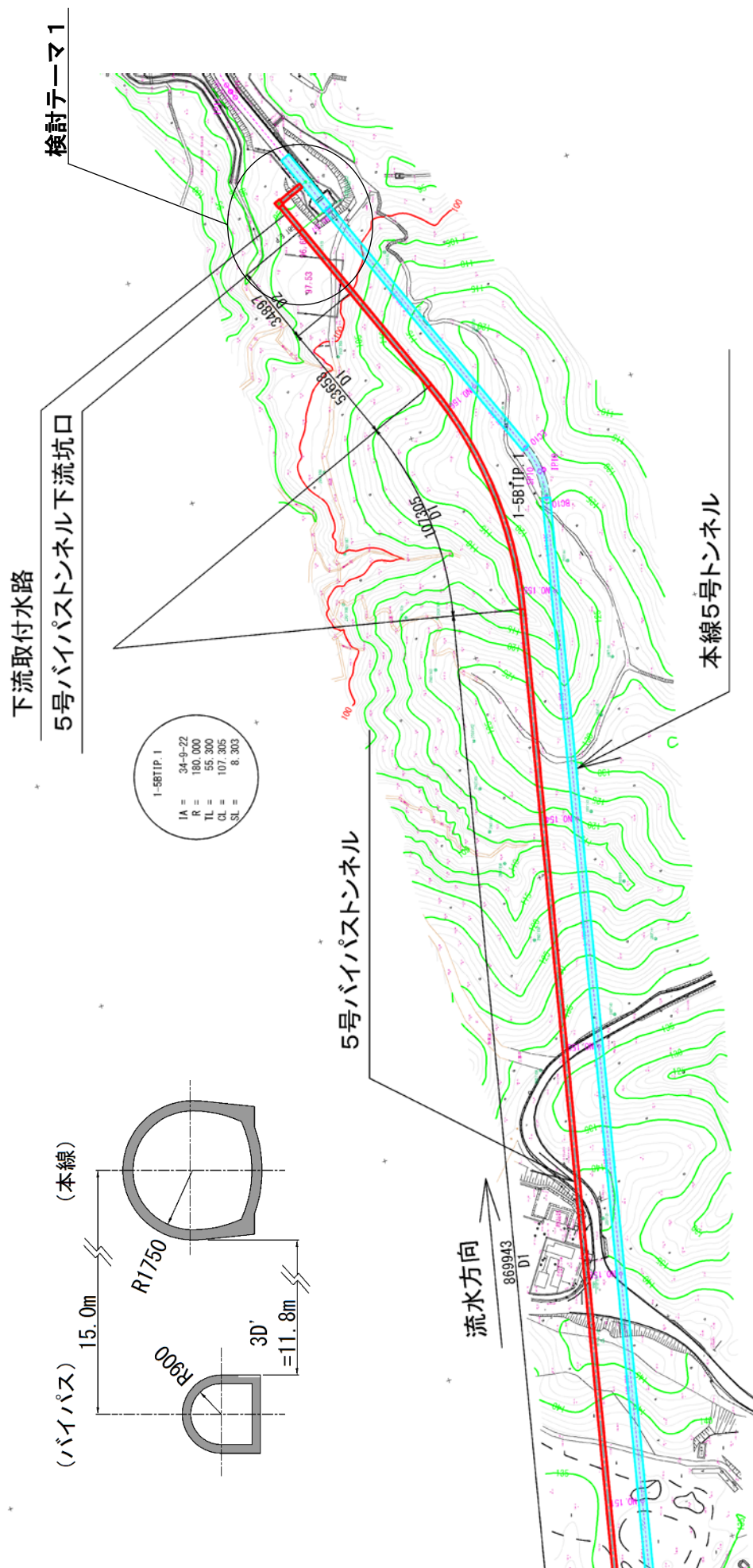
※バイパストンネルの延長は基本設計時点の数値である。



2-2. 検討対象とする5号バイパストンネルの平面線形図（1／2）



2-2. 検討対象とする5号バイパストンネルの平面線形図（2／2）



3. 現場の特徴・課題と対応

検討テーマ1：5号バイパストンネルの下流部坑口部の設計、施工方法

特徴：無筋覆工に必要な土被りが確保できない
希少植物の保護区域がある



課題：①低土被りでのトンネル施工方法

②希少植物に影響を与えない施工計画

1. 土被り 3De 未満のトンネル施工方法
2. 左岸側の植生保護範囲の開削回避
3. 右岸側の植生保護範囲の工事用進入路等の回避

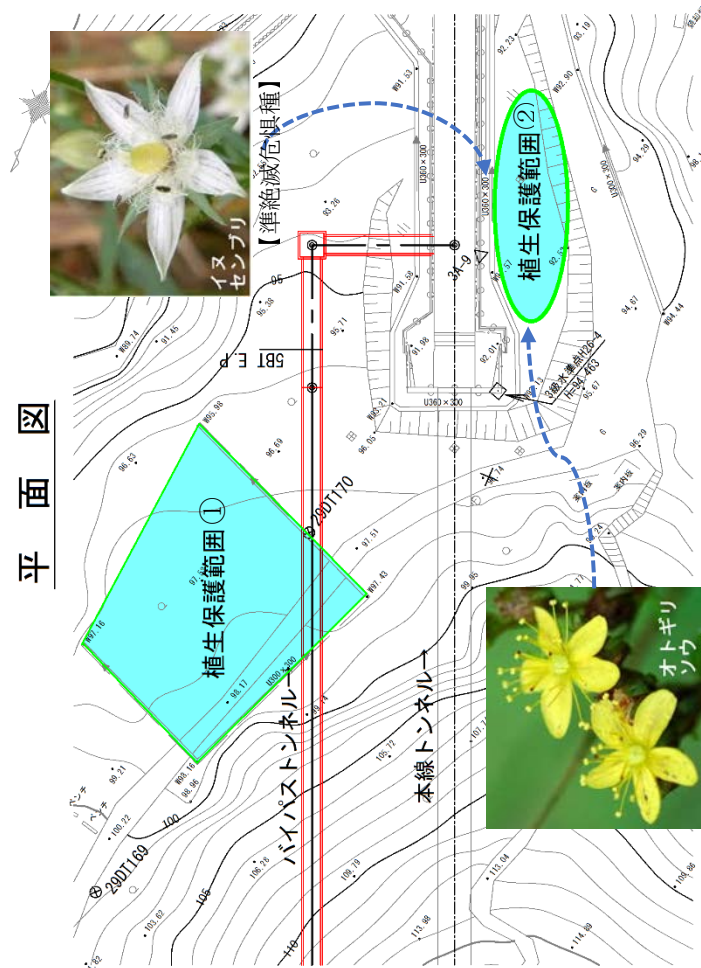


【植生保護範囲①の状況】



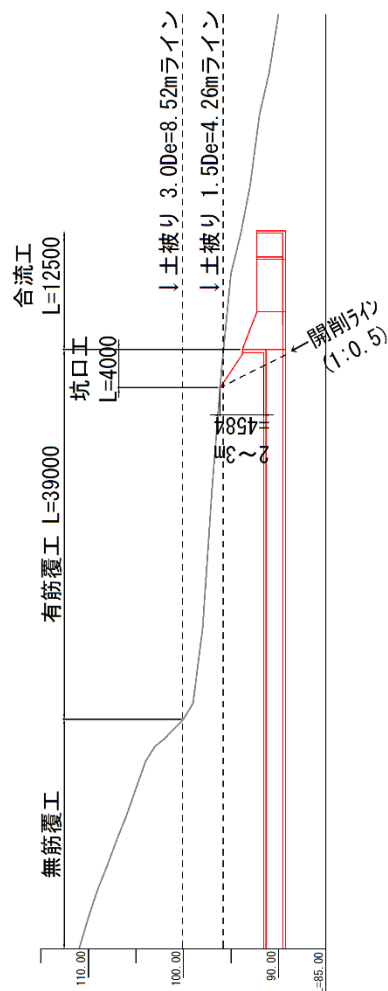
【植生保護範囲②の状況】

平面図



縦断図

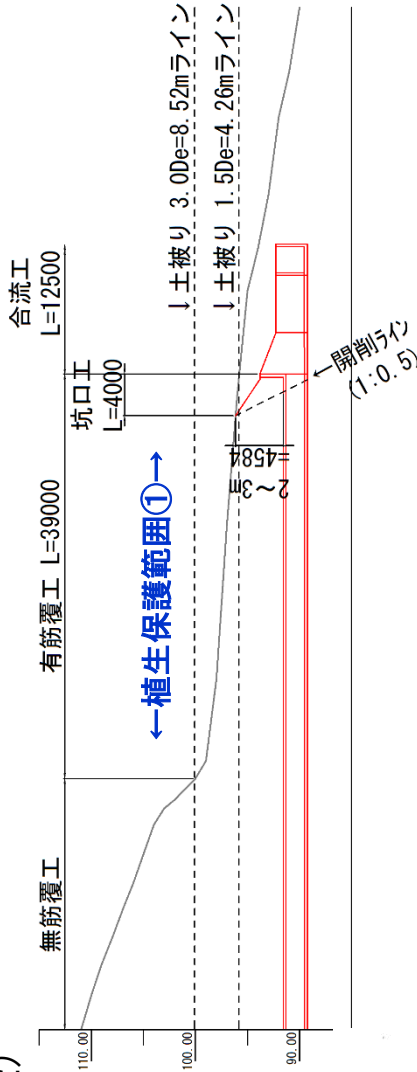
【絶滅危惧IB種類】



対応① 鉄筋コンクリート覆工 (D2 タイプ) の最小土被り 1.5De を確保
 対応②-1 トンネル工法採用による植生保護範囲①の非開削化

- ・ D2 タイプ $De=2.84\text{m}$ (余掘り含む掘削直径)
- ・ $1.5De=4.26\text{m}$
- ・ 下流部トンネル敷高=EL89.52m
- ・ 覆工外縁標高=EL91.57m
- ・ 土被り 1.5De が確保できる地表面の
標高=EL95.83m<現地盤標高=EL96.69m

縦断図



D2タイプ

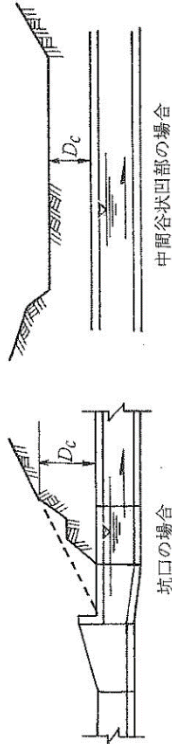


図-2 最小土かぶり厚さ (D_c)

表-2 トンネルの最小土かぶり厚さ (D_c) の標準

区 分	岩トンネル	土砂トンネル
素掘り及びびコンクリート吹付け断面	10 De 、ただし 最小 30m	—
無筋コンクリートライニング断面 (無支保)	3 De	—
無筋コンクリートライニング断面 (有支保)	2 De	3 De
鉄筋コンクリートライニング断面 (有支保)	中間部 1.0 De 坑口部 2m	1.5 De 3m

(注) ① De : トンネル掘削断面の直径 (m) (余掘りを含む)

② 土かぶり厚さはトンネル本体上端から地表までの高さ

※設計基準「水路トンネル」基準書 P.17

検討テーマ2：5号バイパストンネル上流坑口部の工事用進入路の路線計画

特徴：①既存の管理用道路が設置されているが、幅員が不十分な上、既設積みブロック擁壁への影響が懸される。

②地形的に工事用進入路の設置は導水幹線水路左岸側に限定される。

③長石放水口が工事用進入路予定地に埋設されている。



課題：既設の管理用道路や長石放水口への影響を最小限にとどめる工事用進入路の路線計画が必要。

上空写真

長石大橋

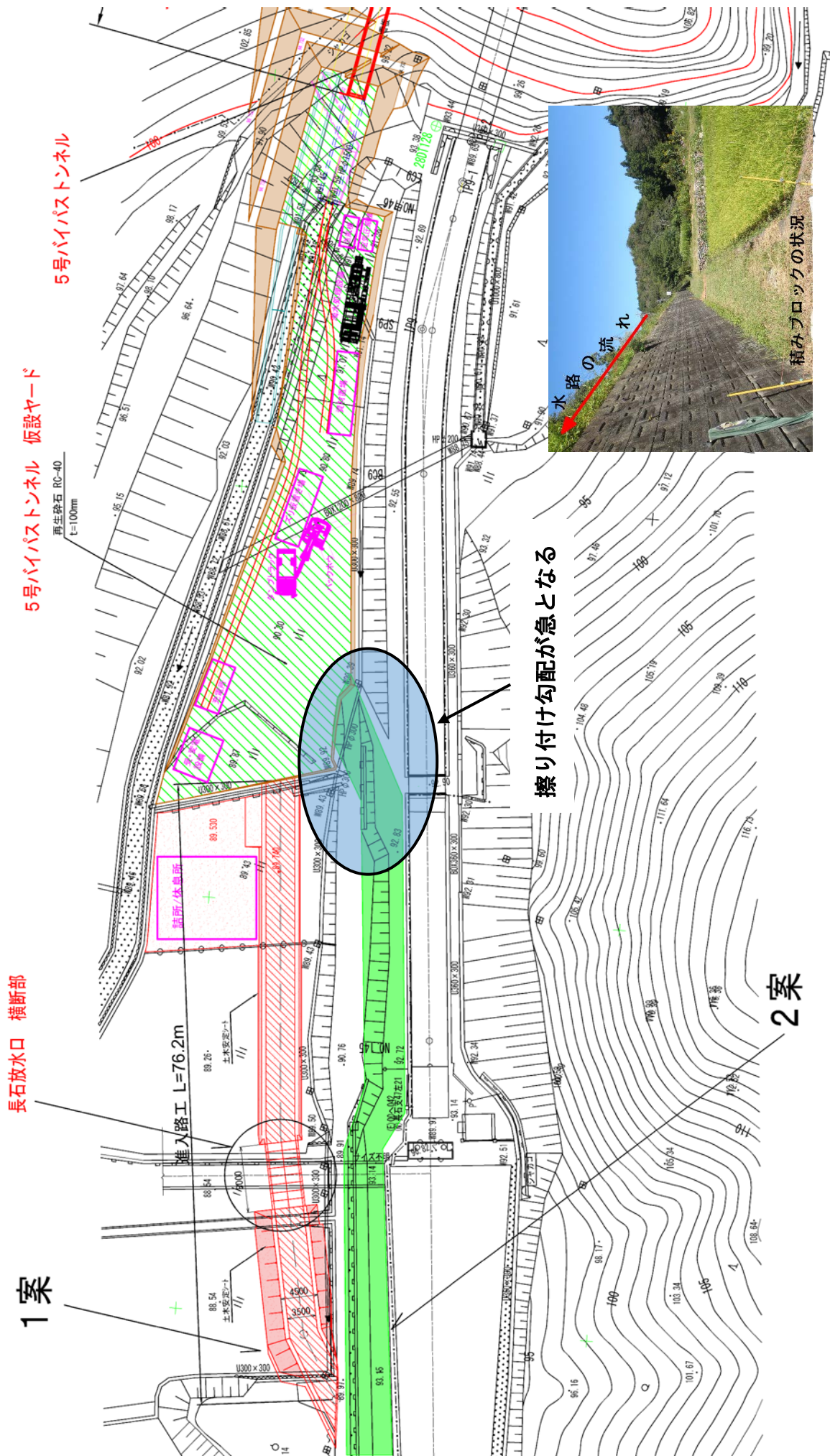
長石放水口 (BOX カルバート B2600×H2100)

5号バイパス
トンネル
上流坑口



対応

- 1 案：耕地を借地し道路を造成して仮設ヤードへ進入する
- 2 案：既設管理用道路を利用（拡張）して仮設ヤードへ進入する



路線計画の検討

・工事用進入路比較表

第1案		第2案
概要図		
	- 盛土量が少ない - 縦断勾配が少なく走行性が良い	- 長石放水口横断箇所は土被りが多く (H=4.9m) 構造的に影響が少ない。 - 借地が最小限に抑えられる
特徴	- 長石放水口横断部の対策工法が必要となる - 借地が必要となる	- ブロック積みへの腹付け盛土が生じ、路体の一体性を確保するにはブロック取り壊し→段切盛土、若しくは土留め工が必要 - 縦断勾配 12%程度が必要で走行性が悪い
施工性	長石放水口への対策工が必要となるが、積みブロックの手当が不要な分、施工性は良い	積みブロックの撤去復旧、若しくは土留め壁の設置が必要で、施工性に劣る。
経済性	第2案より安価と想定される。	積みブロック対策、盛土費用が嵩むと想定される
判定	採用	
	※ただし長石放水路横断箇所の対策工法は、構造計算等の照査を前提に、盛土と仮設栈橋工法とで比較検討する。	

4. 現地調査委員会での助言事項

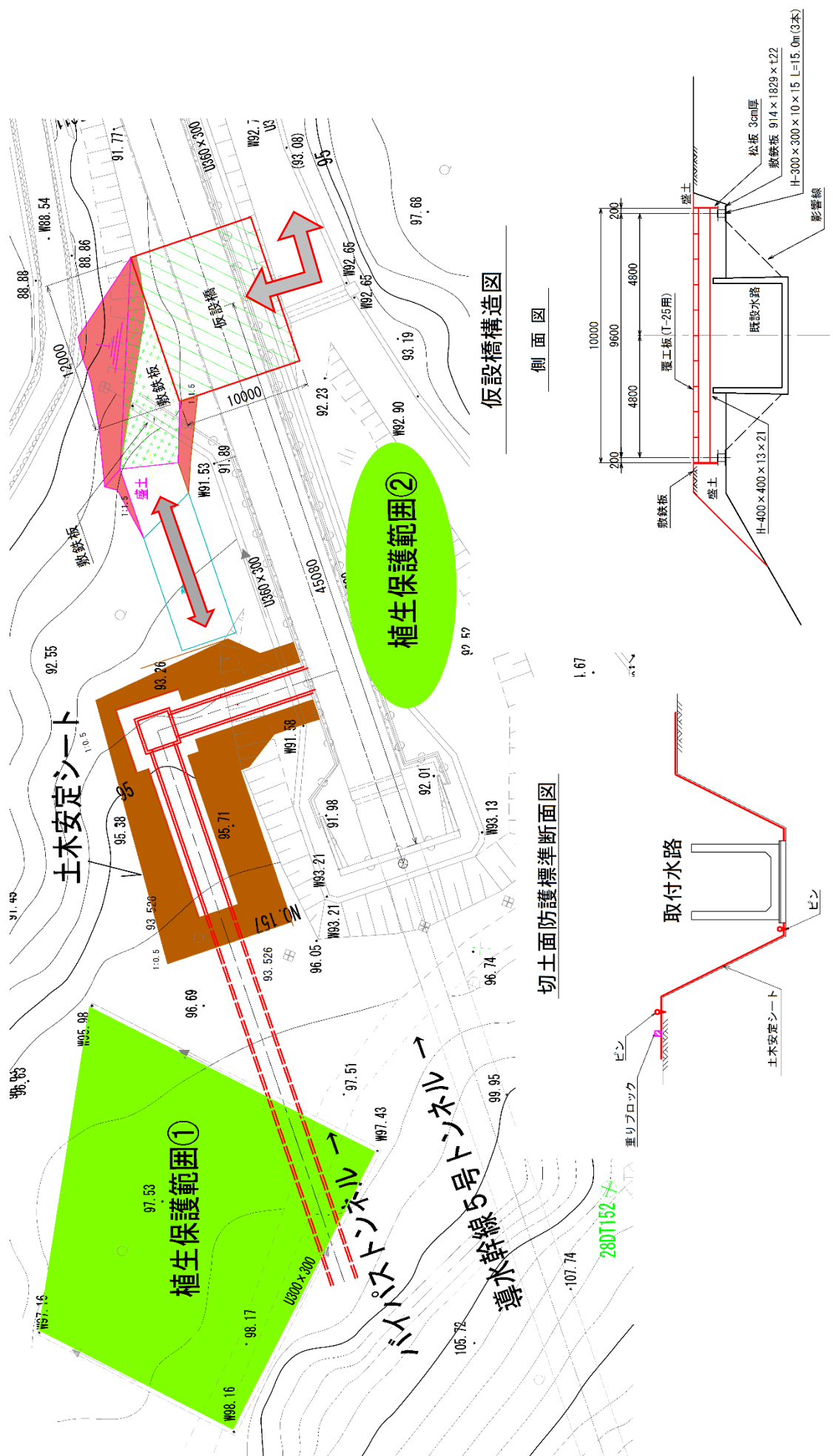
(5号バイパストンネルの実施設計にかかる検討)

No	助言事項等	備考
1	仮設橋について、既設水路に影響が無い構造を検討すること。	田中委員長 畔高委員 安井委員
2	植生保護範囲については、粉塵の影響を受けない対策を検討してはどうか。	畔高委員
3	長石放水口を横断する箇所について、放水口の構造を確認すること。	畔高委員
4	下流部の坑口の耐震解析を行うのであれば、どのような解析をするのか明確にしておいた方がよい。また、耐震性の検討にあたって、内陸活断層型の地震を考慮してはどうか。	田中委員長
5	耐震性の検討を行う箇所については地盤定数のC・φの定義を明確にした方がよい。	田中委員長 畔高委員 安井委員
6	地質縦断面図やボーリング結果があれば示してほしい。また、地盤の透水性や地下水の状況はどのようになっているか。	田中委員長 畔高委員 安井委員
7	覆工コンクリートについて、骨材の配合やスランプ等流動性については、施工性を考慮に入れた検討をしてほしい。	田中委員長 畔高委員 安井委員
8	5号バイパストンネル上流坑口部への工事用進入路の線形について、最低限のダンプ走路の確保や20tの低床トレーラーが入ることを想定した検討を行うこと。	畔高委員 安井委員
9	覆工内で退避できる区間を300～400mに1ヶ所は設ける必要がある。また、坑口のズリの仮置き場において、ピットの深さを1日の作業量を考ええて計画する必要がある。また、縦断勾配と地質を考慮して坑内の排水についても配慮する必要がある。	安井委員
10	5号トンネル上流坑口部付近の排水ヒューム管について、漏水の可能性のあることから、工事に支障がないよう取り扱いに留意してほしい。	石井委員 畔高委員 安井委員

参考資料1、2 仮設橋の構造変更、切土面の保護

参考資料 1、2 仮設橋の構造変更、切土面の保護

- ・仮設橋の桁受け位置は既設水路の側壁に影響がない位置まで離すこととする。
- ・粉塵対策として、切土面を土木安定シートで防護する。

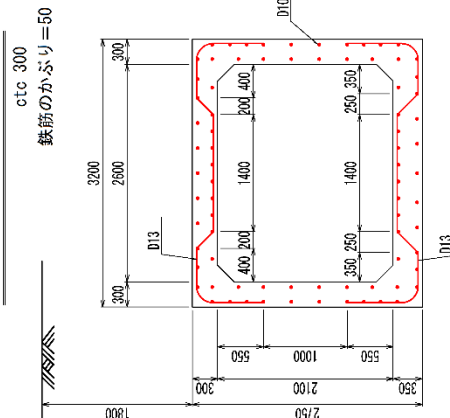


参考資料 3. 長石放水口横断部の進入路の構造

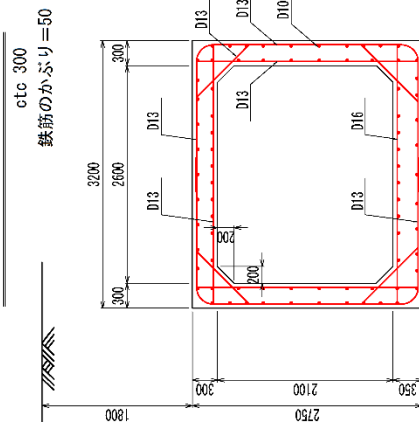
参考資料 3. 長石放水口横断部の進入路の構造

長石放水口横断部の構造を確認し、H=1800mm の盛土荷重と車輛荷重 (T-25) で構造照査した結果、許容応力度を満足したため、進入路案は第 1 案とし、横断部の進入路構造は盛土構造とする。

長石放水口 A タイプ配筋図



長石放水口 B タイプ配筋図



表一 構造照査結果 (許容応力度を全て満足する)

	照査位置	コンクリート		鉄筋		使用鉄筋		
		圧縮応力度	せん断応力度					
		σ_c	τ	σ_s				
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)				
頂版	左隅角部	4.60 ≤ 8.00	OK	0.38 ≤ 0.84	OK	152 ≤ 157	OK	D13φ150
	支間部	4.36 ≤ 8.00	OK	0.25 ≤ 0.42	OK	143 ≤ 157	OK	D13φ150
	右隅角部	4.60 ≤ 8.00	OK	0.38 ≤ 0.84	OK	152 ≤ 157	OK	D13φ150
側壁	上隅角部	4.59 ≤ 8.00	OK	0.20 ≤ 0.84	OK	127 ≤ 157	OK	D13φ150
	支間部	0.52 ≤ 8.00	OK	0.14 ≤ 0.42	OK	-1 ≤ -157	OK	D13φ300
	下隅角部	4.84 ≤ 8.00	OK	0.27 ≤ 0.84	OK	128 ≤ 157	OK	D13φ150
底版	左隅角部	3.62 ≤ 8.00	OK	0.37 ≤ 0.84	OK	121 ≤ 157	OK	D13φ150
	支間部	3.82 ≤ 8.00	OK	0.21 ≤ 0.42	OK	114 ≤ 157	OK	D13φ300
	右隅角部	3.62 ≤ 8.00	OK	0.37 ≤ 0.84	OK	121 ≤ 157	OK	D13φ150

図一 長石放水口配筋図 (A、B の交互配筋)

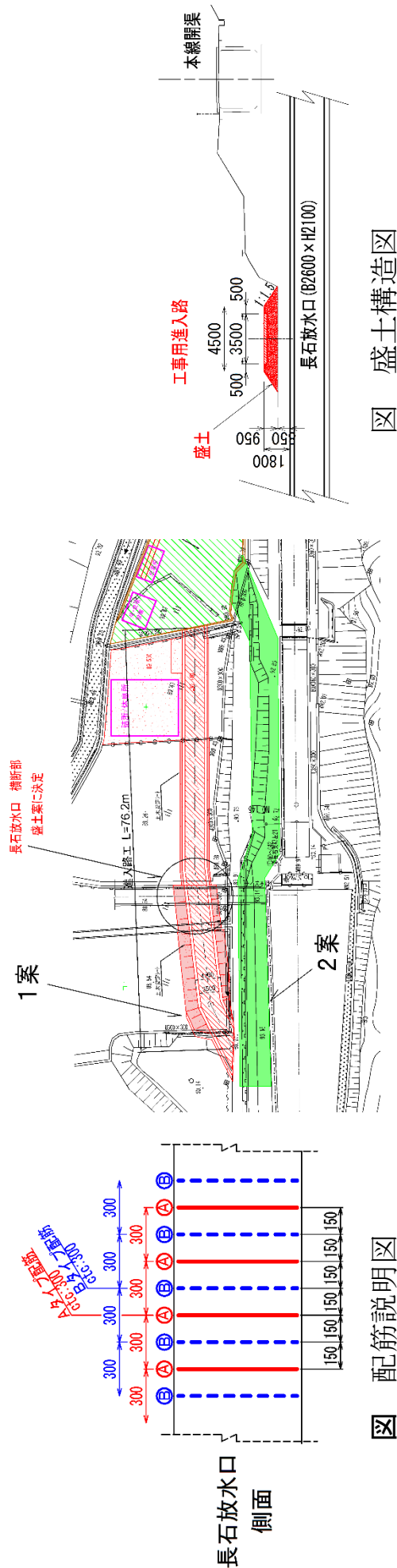


図 配筋説明図

図 盛土構造図

参考資料 4. 三方原用水二期地区のトンネルの耐震解析の考え方

参考資料 4-1. 概要

H22 年度三方原用水二期地区大規模地震対策検討委員会において耐震照査及び解析の手法について検討、承認されている。

- 耐震照査基準：土地改良施設耐震設計の手引き」（平成 13 年 2 月）
- 耐震照査の実施と保有すべき耐震性能（トンネル）

構造区分	地中構築物	
構造種別	トンネル	
重要度	B 種	A 種
目標とする構造物の耐震性能	健全性を損なわない	健全性を損なわない 致命的な損傷を防止する
耐震設計で考慮する地震動	レベル 1	レベル 2 〔東海・東南海・南海 3 連動地震〕
耐震設計法に用いる算定式	地盤変位振幅	地盤変位振幅
耐震設計法	応答変位法 及び震度法	応答変位法 及び震度法
照査法	許容応力度法	限界状態設計法
備考		

■委員会構成メンバー

	氏名	所属・役職
委員長	長谷川 高士	京都大学 名誉教授
委員	杉戸 真太	岐阜大学 理事・副学長
	竹内 睦雄	早稲田大学 非常勤講師
	—	静岡県西部農林事務所
	—	静岡県交通基盤部農地局
	—	静岡県企業局
	—	静岡県企業局西部事務所
オブザーバー	—	浜松市農林水産部
	—	浜松市上下水道部
	—	浜松土地改良区

※所属・役職はH22年10月時点

- レベル 2 地震動

対象地震動：東海・東南海・南海 3 連動地震（大規模地震、海溝型、発生確率大）

海溝型→タイプ I 地震動：プレート境界型 とする。

タイプ II 地震動：内陸直下型

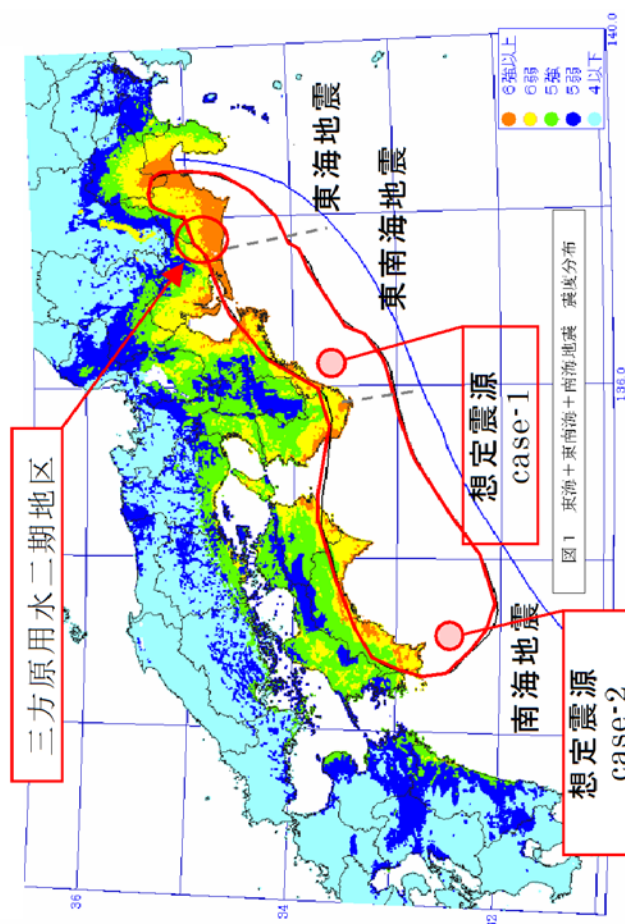
参考資料 4-2. 想定地震動

- ・東海・東南海・南海 3 連動地震

震源は以下の 2 ケースを想定

case1 : 東南海地震震源域の西端から東西へ断層破壊が進行

case2 : 南海地震震源域の西端から東へ断層破壊が進行



○ : 想定される震源域

図 検討施設と東海・東南海・南海 3 連動地震の震源域

※震源域と震度マップは、中央防災会議の「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第 14 回)より引用

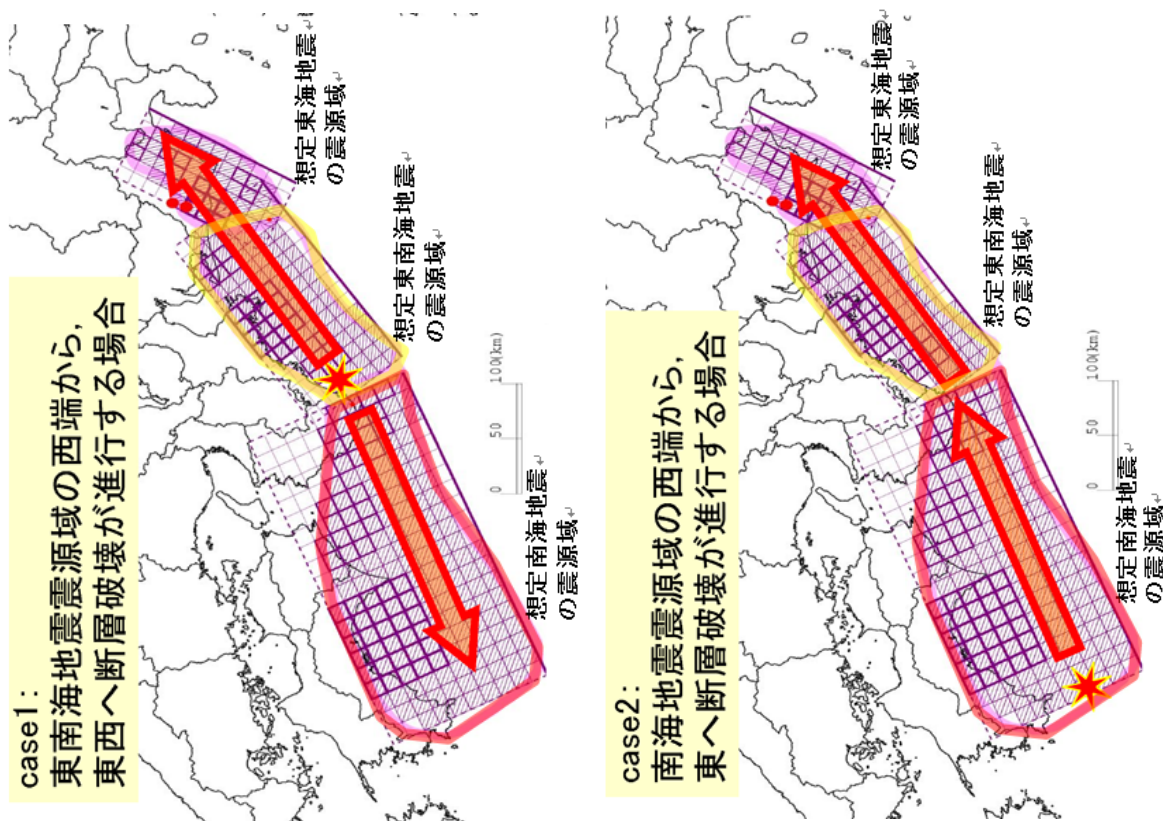


図 震源の設定ケース

参考資料 4-3. 耐震照査位置の設計地震力の算定方法

設計地震動(レベル2)は、「東海・東南海・南海連動型地震」の地震マグニチュードと震源との距離からの工学的基盤($V_s=500\text{m/s}$ 相当層)上の加速度を予測する「強地震動の統計的予測モデル(EMPR)」により、各地点の基盤面加速度波形を算出する。その結果より、「一次元地震応答解析(FDEL)」を用い、構造物地点の地表最大加速度や地中の地盤変位波形等の地震動を算定し、震度法で用いる設計水平震度や応答変位法に用いる変位を算定する。

①震源の設定

【東海・東南海・南海3連動地震】

- ・ case1：東南海地震震源域の西端から東西へ断層破壊が進行
- ・ case2：南海地震震源域の西端から東へ断層破壊が進行

②入力地震波の設定：強地震動の統計的予測モデル(EMPR)

③耐震照査位置の基盤面の地震波形の算出

【計算条件】

- ・ 耐震照査位置と震源(case1、case2)の距離
 - ・ 耐震照査位置の基盤面の V_s
- 基盤面の V_s に応じ振幅補正する。
補正率 $A = (500/V_s)^{0.6}$

④耐震照査位置の地表面から基盤面までの、地盤各層の加速度、速度、変位、ひずみの算出

- ・ 計算モデル：一次元地震応答解析(FDEL)
- ・ 計算条件：各地盤の層厚、単位体積重量、 V_s
- ・ 計算間隔：0.02秒毎

⑤耐震照査構造物の設計地震力(地盤変位、地盤ばね値、慣性力)の算出

①強地震動統計的予測モデル EMPR

(Earthquake Motion Prediction II Revised Model)

本モデルは兵庫県南部地震及びそれ以降の震源近傍での加速度記録を加えて、基礎となる強震動記録のデータベースを設定しており、断層近傍でも精度の高い予測ができるモデルとなっている。

②地震応答解析プログラム FDEL

(Frequency-Dependent Equivalent Linearization Technique)

EMPRによって工学的基盤の地震波を予測した後、構造物などがある地表面や構造物位置の地震(加速度や変位など)を求める解析がFDELである。

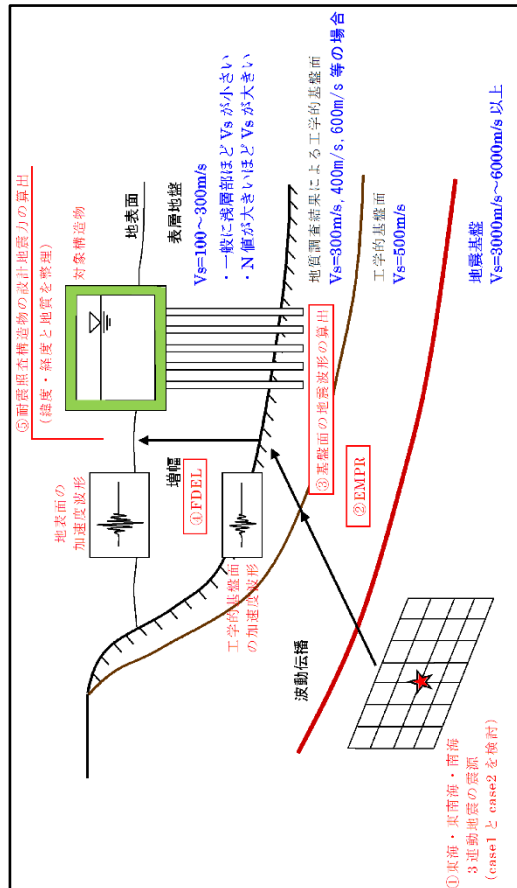
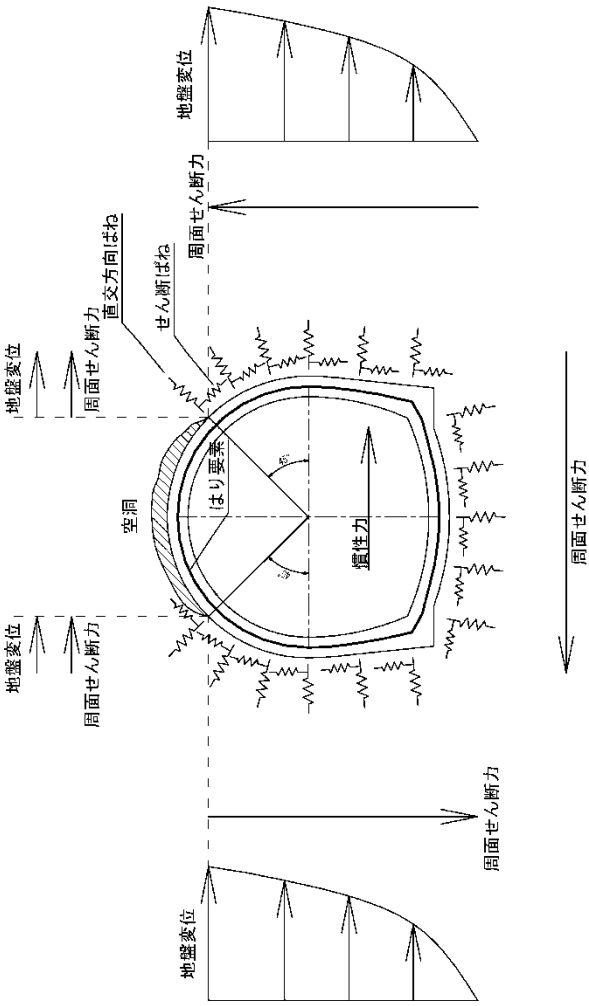


図 レベル2地震動設定 概略図

参考資料 4-4. 二次元フレーム解析

解析モデル：二次元フレーム解析

荷重条件：下図



トンネル耐震照査時の作用荷重

常時荷重	地震時の増加荷重
①自重	①慣性力(自重+動水圧)
②内水圧	②地盤変位による水平荷重 (構造物下端との相対変位)
③内水重	③周面せん断力

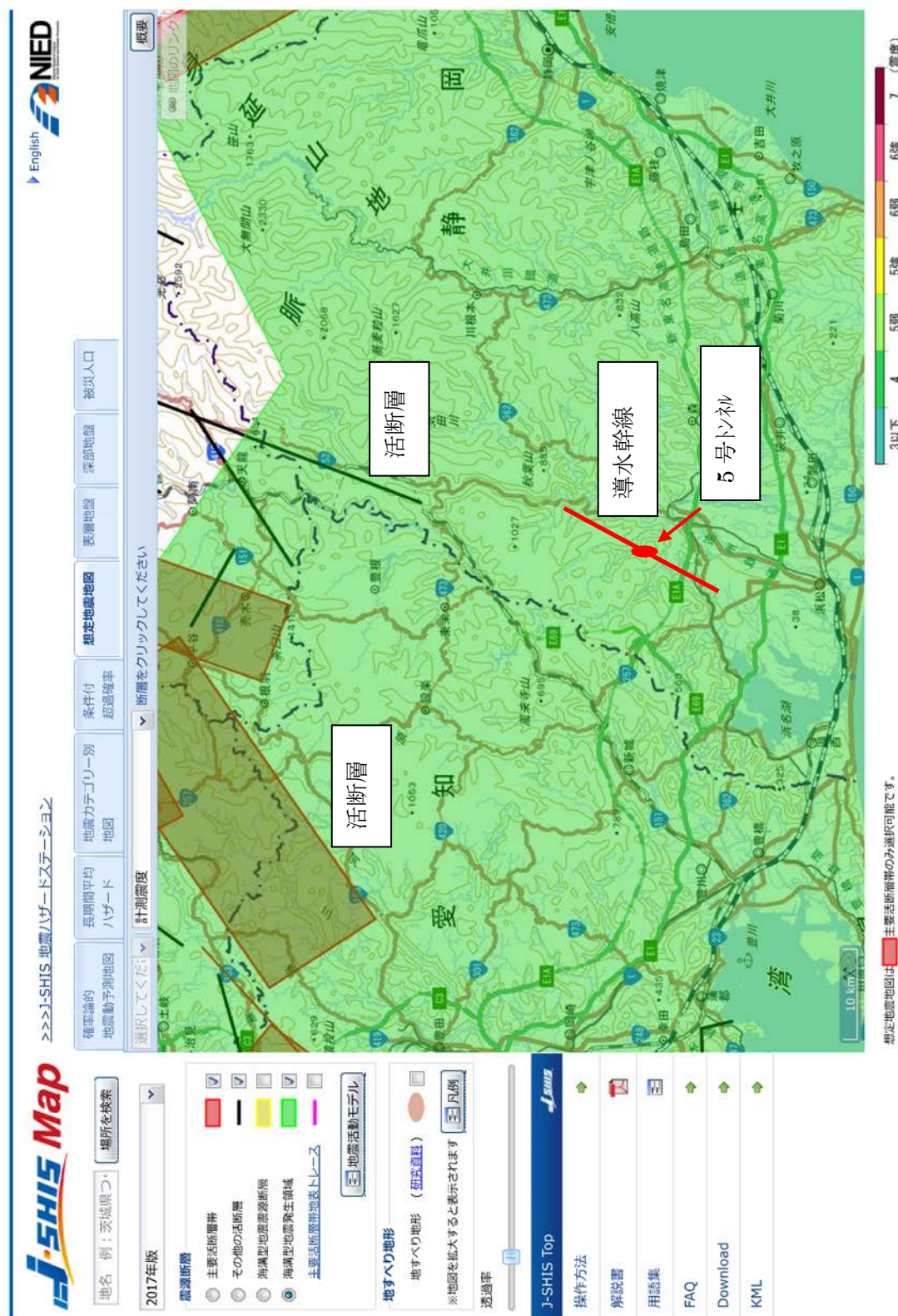
トンネル覆工は無筋構造物であり、限界状態設計法で照査できないため、部材に発生する縁応力が、限界値（圧縮応力、引張応力）以下であれば、耐震性能を有すると判断する。

結論

各トンネル（1～6号）における解析結果より、トンネル天端の地盤が $V_s \geq 400\text{m/s}$ ならば耐震性能を有する。
 $V_s < 400\text{m/s}$ の箇所を補強する。

参考資料 4-5. 活断層について (J-SHIS より)

- ・三方原用水二期地区の施設の近傍には活断層がなく、同地区は海溝型地震の発生区域となっている。
- ・1923 年以降、同地区では震度 4 が 1 回観測（2009/8/11、気象庁震度データベース）されているのみで導水幹線は大きな地震を受けていない施設である。



参考資料5. 設計地盤定数

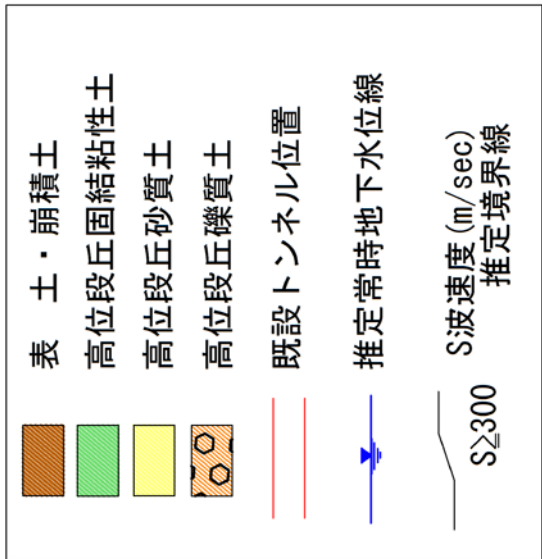
1-2. 5 バイパストンネルの概要

(3) 地形・地質

トンネル周辺の地形 は、天竜川西側の山地と三方原台地との間に位置する **丘陵地帯（細谷丘陵地と呼ばれる）** である。当丘陵地は開析が進み、標高 100～150m の尾根高度を有し、やや起伏に富んだ緩傾斜をなす。

トンネル周辺の地質 は **高位段丘堆積物の礫質土が主体を成している。一部で固結度の高い火山灰層（固結粘性土）や薄い砂層が介在する。**

地質想定断面図凡例



地質時代	地層区分	記号	土質・岩質	設計N値	弾性波伝播速度		トンネルタイプの分類		設計用地盤定数			
					Vp km/sec	Vs m/sec	岩石区分群	トンネルタイプ	γ _t kN/m ³	C kN/m ²	φ deg	E ₀ (変形係数) kN/m ²
現世	盛土 表土	Vs1	非常にゆるい 礫	1.0	Vp<0.42	Vs<100	δ群③		17.0	0.0	25.0	2.8
		Vs2-G	中位の締りの 礫	19.0	0.42≤Vp<0.84	100≤Vs<200		D2	19.0	0.0	35.0	52.0
更新 第四紀 新世代	高位段丘堆積物	Vs3-G	密な締りの礫	32.0					20.0	25.0	40.0	88.0
		Vs3-S	密な締りの砂	34.0	0.84≤Vp<1.26	200≤Vs<300		D1	20.0	25.0	41.0	92.0
		Vs3-C	硬い粘性土	25.0			δ群②		19.0	200.0	0.0	68.0
		Vs4-G	非常に密な締りの礫	50.0				C	21.0	30.0	45.0	140.0
		Vs4-C	非常に硬い粘性土	50.0	1.26≤Vp<2.09	300≤Vs<500			20.0	400.0	0.0	140.0
		Vs5-G	非常に密な締りの礫	60.0	2.09≤Vp	500≤Vs		B2	21.0	50.0	45.0	168.0

既設トンネル該当土質

※設計用地盤定数は基準書及びN値から推定したものであり、粘性土は「非圧密非排水状態」を、

砂・砂礫層は「圧密排水状態」を想定している。

参考資料 6. 5号バイパストンネルの地下水位について

参考資料 6-1. 5バイパストンネルの地下水位について

次ページ以降に導水幹線 5 号トンネルの地質想定縦断面図を示す。

- ・ 地下水位の想定線としてボーリング終了時の孔内水位を結んだ線を記載した。
- ・ 孔内水位の観測日をボーリング位置に記載した。観測時期は 7/30～11/9 間である。（年度は H22～H29 年度）

以下の理由により、バイパストンネル掘削位置にはトンネル施工に支障となる地下水はないものと考えられる。

- ①ボーリングの削孔長がトンネル位置よりも浅い時の孔内水位は高く、トンネル付近まで削孔した場合はトンネル付近の孔内水位となっている。
- 上流部はトンネル上部に固結粘性土・火山灰層の記載がないが、ボーリング H25-7、H25-8 では、トンネルより上部に層厚 1.2～2.0m の粘性土層があり、この層により孔内水位が高くなったと考えられる。
- 下流部はトンネル上部に固結粘性土・火山灰層があり、この層により孔内水位が高くなったと考えられる。
- ②ボーリング H29-2 のトンネル位置で湧水圧試験を実施したが平衡水位は確認できなかった。

表 3.1 No. 29-2 湧水圧試験結果一覧

試験区間 (GL-m)		地質 区分	トリップ バルブ (GL-m)	試験結果
上端	下端	thg2	29.80	試験開始してもバルブより上に水位が上昇しない。平衡水位はGL-29.80m以深と推察される。
31.00	36.00	thg2	31.80	同上。GL-30mまで注水すると翌朝GL-31.80m以深まで低下。平衡水位不明のため透水係数算出不可。

- ③H29 年 11/16 に 5 号トンネル内部を踏査した結果、バレル目地からにじみが確認されたのは全 125 箇所中で 2 箇所のみであった。
- ④前歴事業での 5 号トンネルの施工時は湧水がなく施工できている。

④ 三方原農業水利事業第 5 号トンネル これは総延長 1,092m の水路トンネルである。地質調査所発行の地質図「秋葉山」により（図-18）、「三方原レキ層」と呼ばれる洪積層を通る土砂トンネルになるものと予想された。したがって、地下水の排水の便を考え、下流側から上流に向かって片切羽で掘削することにした。下坑口は前述したような理由により、図-19 に示すように「山の鼻の出っ張り」に選ばれた。

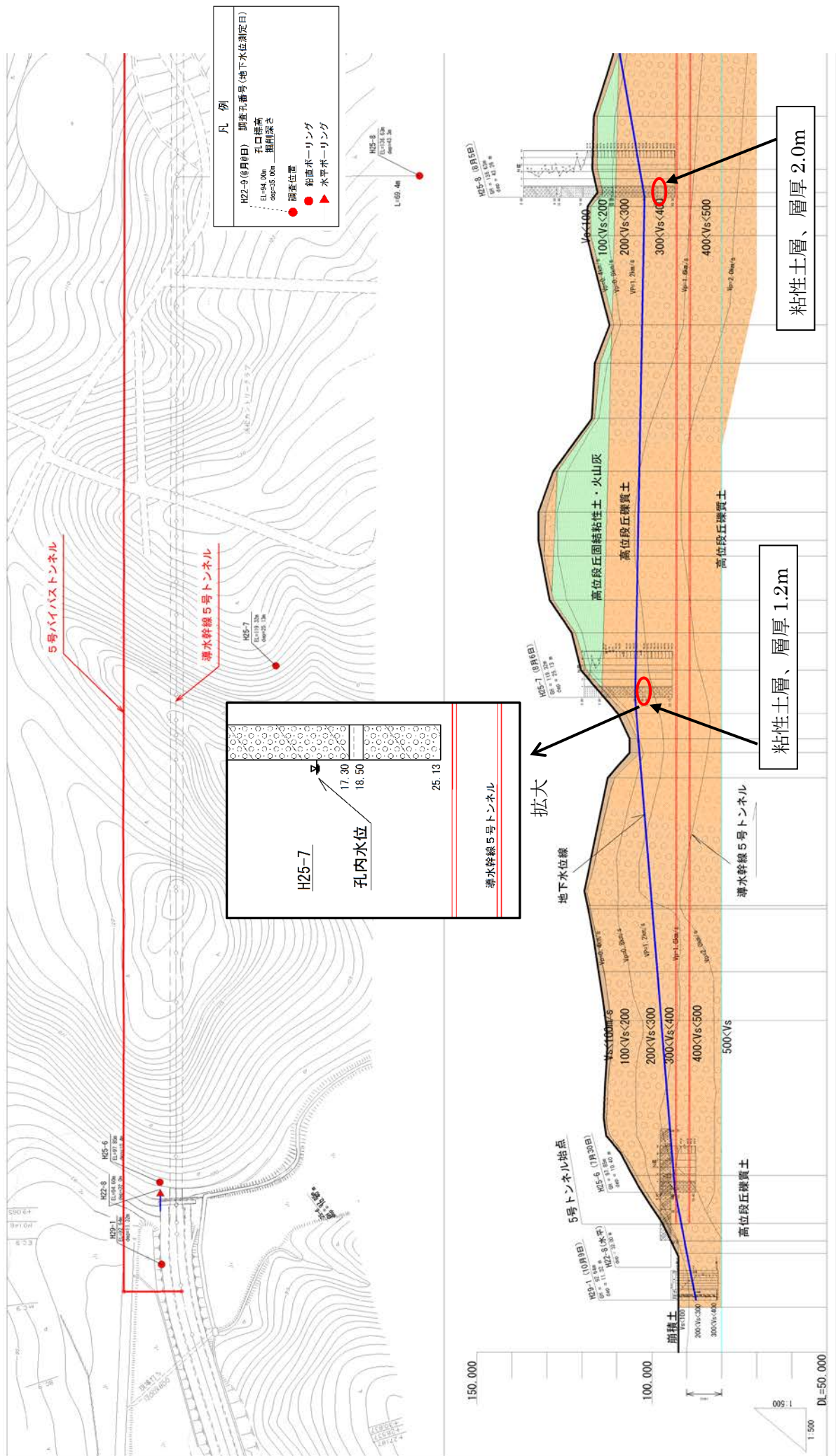
この地域に分布する三方原レキ層（洪積層）は主として、レキ混りローム、ローム混りレキ等から構成され、下部には固結粘土（泥岩）、固結砂、凝灰質砂岩等の互層が分布する（基盤は古生層のチャート、粘板岩等であり、これらとは不整合関係にある）。これらの洪積層はほぼ水平に滞積しているが、固結粘土（泥岩）、固結砂等の薄層は、連続性に欠け、また偽層が発達しているため、地表の踏査と作図法のみから正確な地質推定断面図を描くことは不可能であった。

泥岩層がトンネルの

天井部を走るようになり、これが不透水層となって地下水のトンネル内への流入を防いだため、掘削前に心配していたユウ水もほとんどなく順調に掘削を進めることができた。

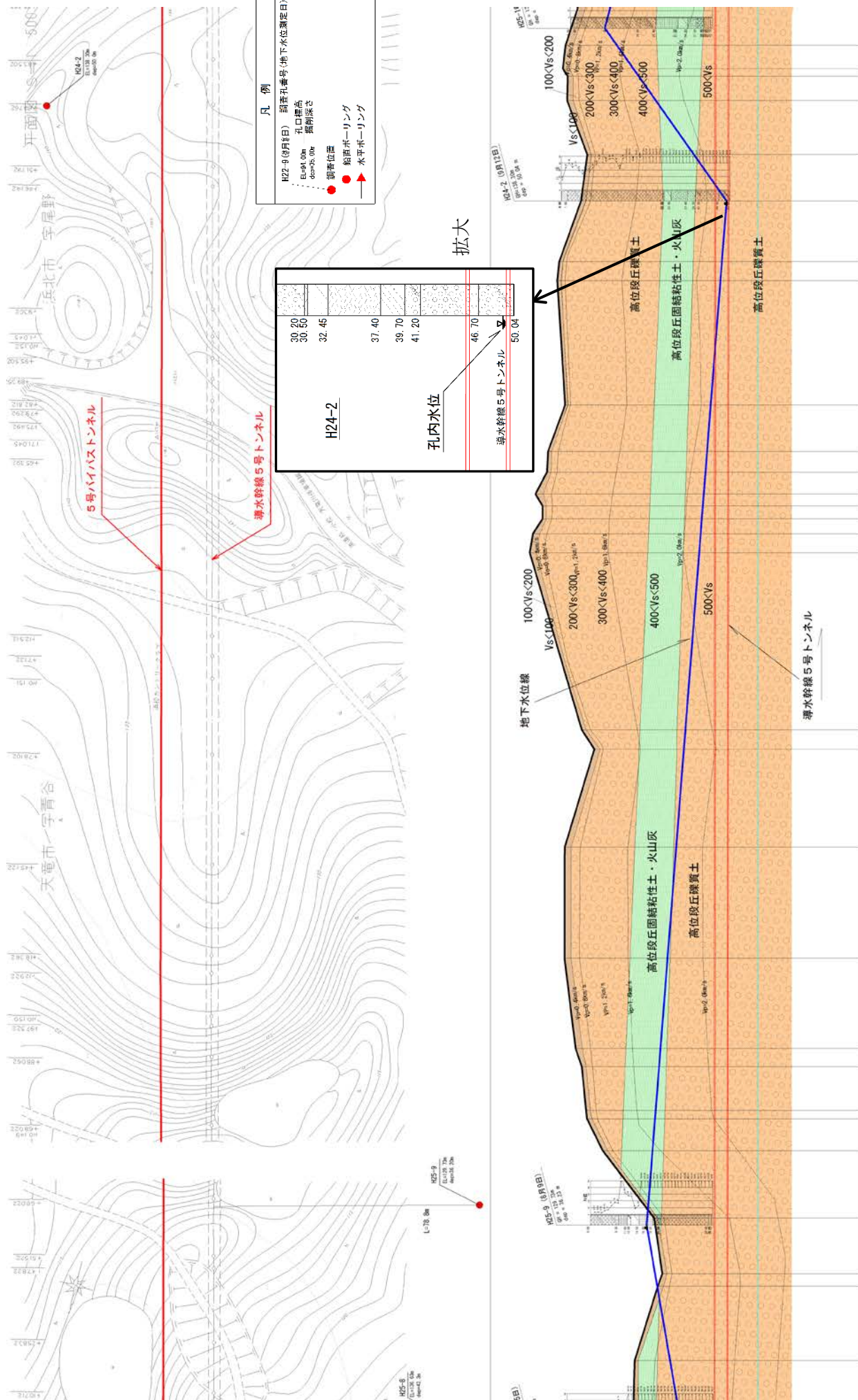
（農業土木学会誌 1978 年 5 月）

参考資料 6-2. 5号トンネル地質想定縦断面図(1/4)



図一 地質想定断面図(5号トンネル地質付近)

参考資料 6-2. 5号トンネル地質想定縦断面図(2/4)

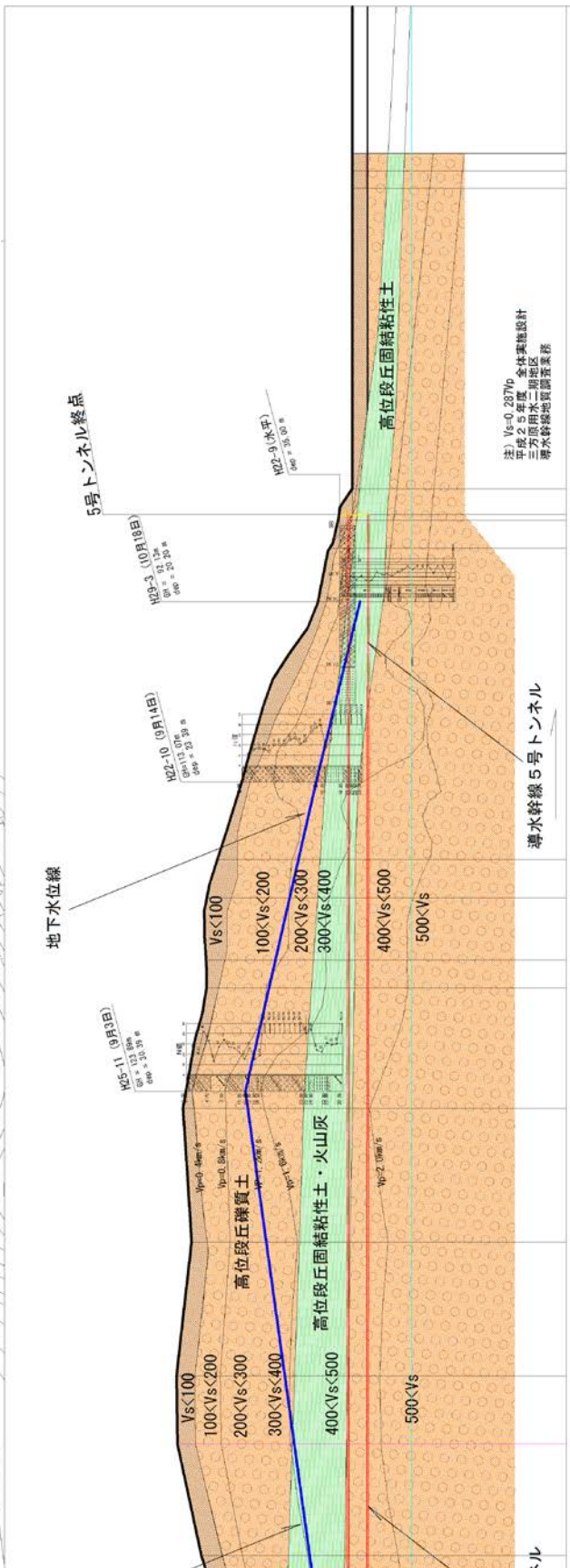
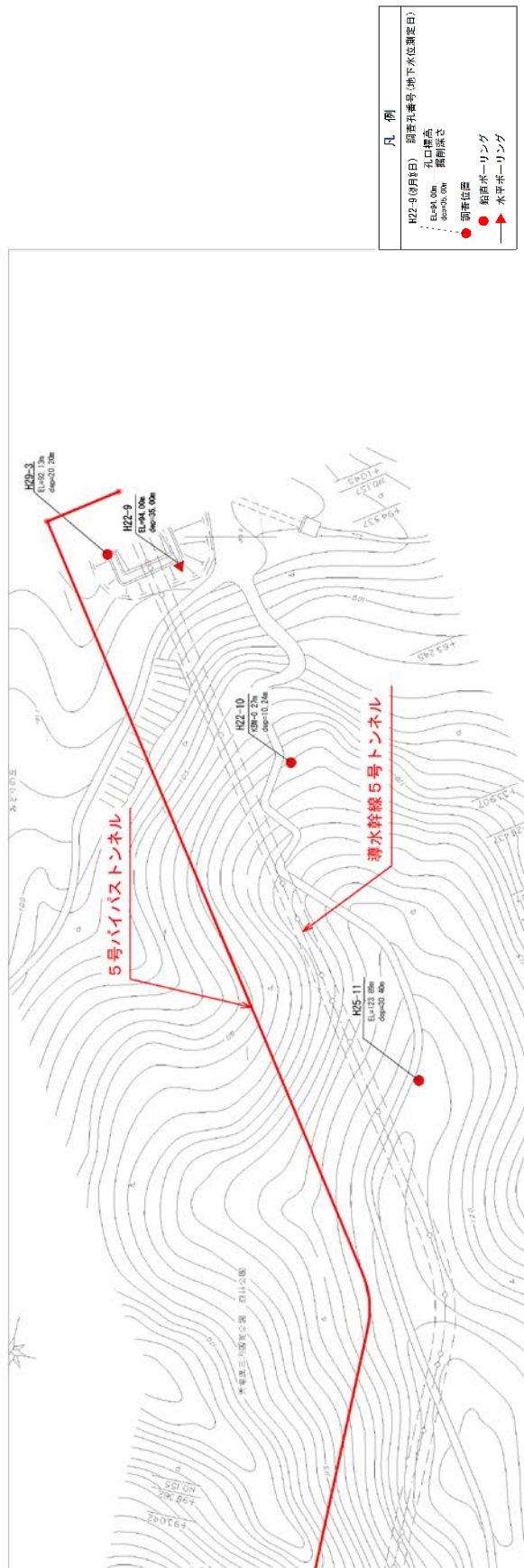


図一 地質想定断面図(5号トンネル中間付近)

参考資料 6-2. 5 号トンネル地質想定縦断面図 (3/4)



参考資料 6-2. 5号トンネル地質想定縦断面図(4/4)

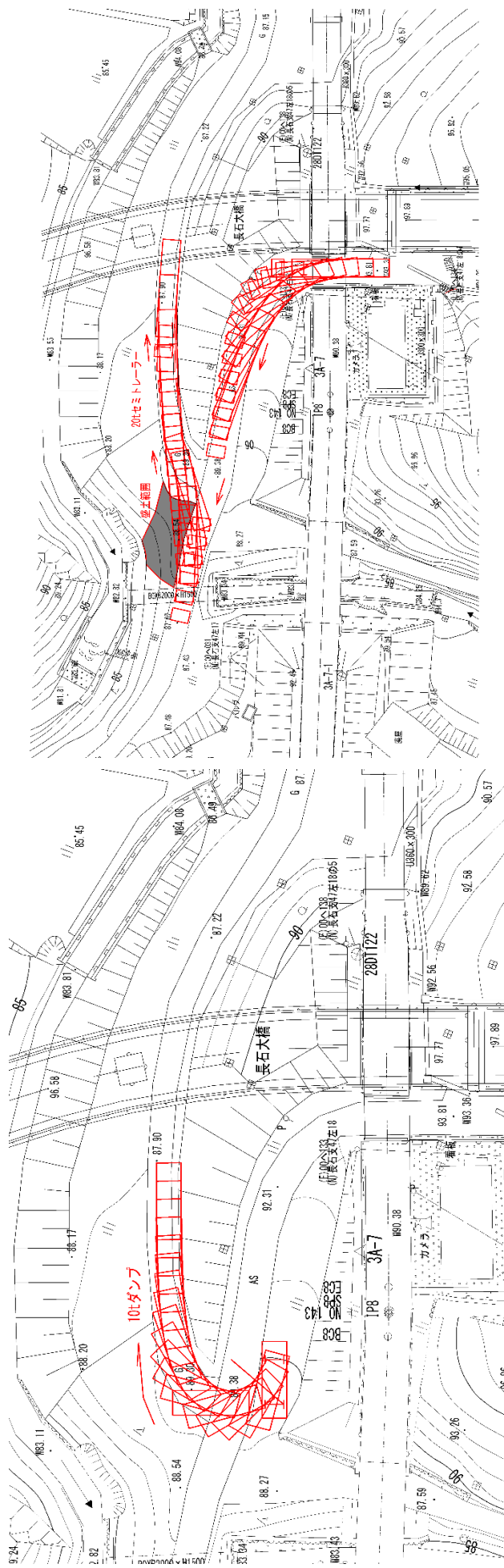


図一 地質想定断面図(5号トンネル終点付近)

参考資料 8. 進入路の線形

参考資料 8. 進入路の線形

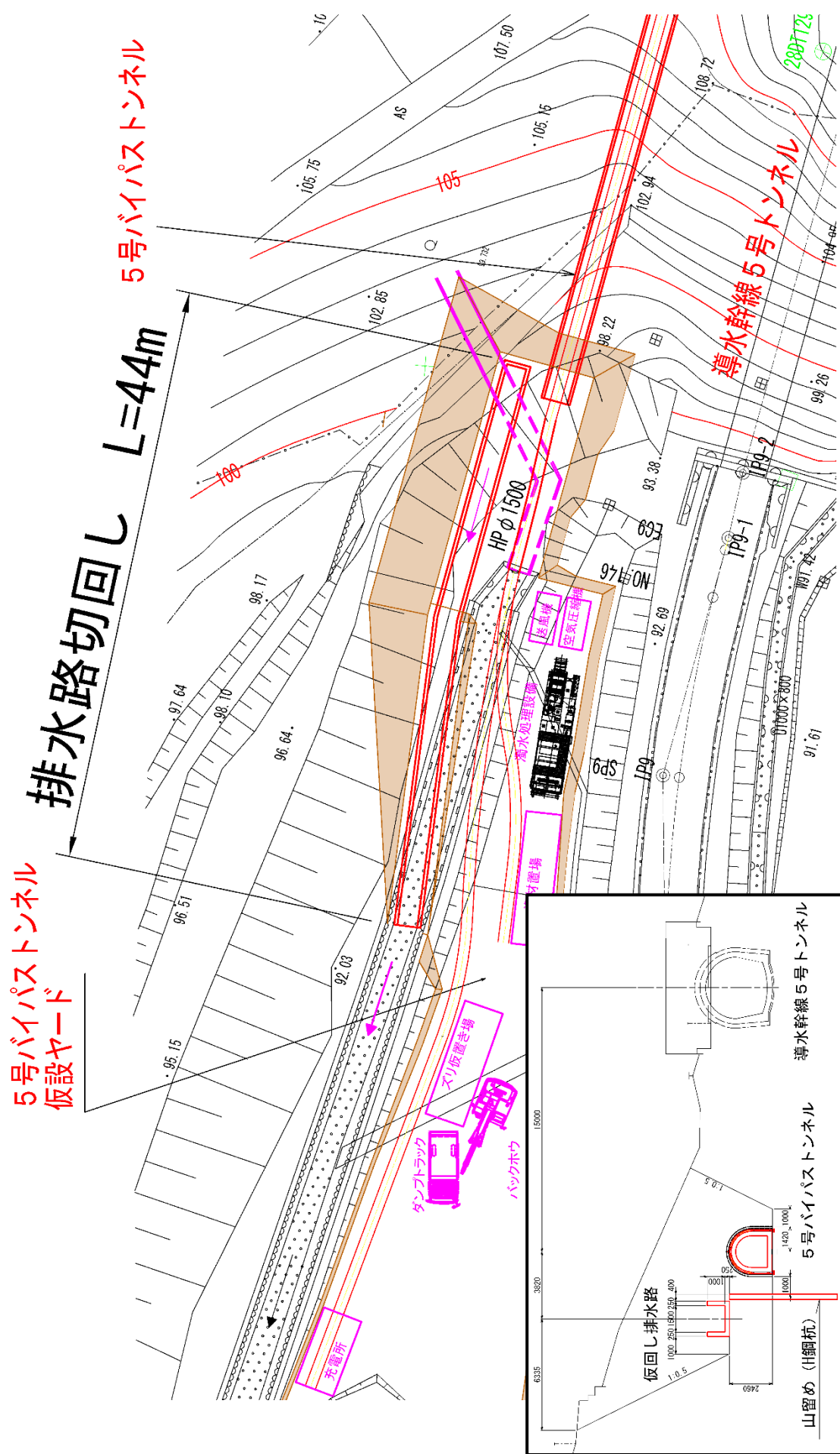
5号バイパストンネル上流坑口部への工事用進入道路は、10t ダンプは通過可能である。
20t 低床トレーラーは盛土を行い、スイッチバックで通過することとする。



参考資料10. ヒューム管への対処

参考資料 10. ヒューム管への対処

5号バイパストンネル工事中のヒューム管からの排水は、バイパストンネル坑口付近でヒューム管を付け替え、排水路も一部を切り回すこととする。



平成29年度 関東農政局管内国営事業総合技術支援業務 とりまとめ

【那珂川沿岸地区】

検討テーマ①：藤井川に架設する仮設進入路についての課題

現地調査委員会のご助言と対応方針

○左岸側の仮栈橋すりつけ部において、栈橋に影響のない土留め工法、盛土方法を検討してはどうか。

→浮力に対する安全性が確認できた発泡スチロール土工法（EPS工法）を採用することとした。

○土質調査結果のデータ数が少ないので、那珂川地区の他の工事の土質調査結果等を参照してはどうか。

→Ac層のデータ数を追加（ボリリング 2→4箇所）して統計処理を行った。

○河積の阻害率を満足する範囲で仮設栈橋のスパン、材料を再検討してはどうか。

→阻害率・経済性から3径間→4径間に改めた。

○H型鋼引抜き後の処理をセメントミルク以外のベントナイトや砂充填でも検討してはどうか。

→セメント・ベントナイト混合材を引抜き後の穴埋めに用いる。



より経済的な仮設栈橋の施工計画案の策定

【那珂川沿岸地区】

検討テーマ②：斜面工に関する課題

現地調査委員会のご助言と対応方針

○掘削が深い箇所の法勾配は、土質に合わせて検討してはどうか。

→「設計基準（パイプラインp528）」に準拠し、掘削法勾配を決定する。

○インクラインのレール敷設に用いる、枕木の固定方法及び転倒に関する検討をしてはどうか。

→経済比較を行った結果、大型モノレールが安価となったことから、斜面部の運搬方法をインクライン→モノレールに見直すこととした。



工事着手後に発見される課題を前もって抽出

【三方原用水二期地区】

検討テーマ①： 5号トンネル下流坑口部に関する課題

現地調査委員会でのご助言と対応方針

- 仮設橋について、既設水路に影響が無い構造を検討すること。
 - 既設水路の側壁の影響外まで仮設橋の支点を離す構造とした。
- 植生保護範囲については、粉塵の影響を受けない対策を検討してはどうか。
 - 切土面を土木安定シートで防護することとした。



経験に基づき、発生が予測されるリスクの抽出

【三方原用水二期地区】

検討テーマ②： 5号トンネル上流坑口部に関する課題及びその他

現地調査委員会のご助言と対応方針

○長石放水口を横断する箇所について、放水口の構造を確認すること。

→ 前歴事業の図面から構造を確認し盛土及び車輛荷重に耐える事を確認した。

○5号バイパストンネル上流坑口部への工事用進入路の線形について、最低限のダンプ走路の確保や20tの低床トレーラーが入ることを想定した検討を行うこと。

→ 現況は10tダンプは進入可能であるが、20t低床トレーラーの通過は不可能である。進入路に盛土を追加し、20t低床トレーラーをスイッチバックで通過させる。



工事着手後に発見されうる課題を前もって抽出

○本業務での成果（まとめ）

- ◆ 異なる視点から現場を実際に見て頂くことにより、検討すべき課題や解決方法が示された。
- ◆ 経験や実績に裏付けられた意見を頂き、今後の検討における指針となった。
- ◆ 検討上の不安点や不明点解消のための方針が示され、より良い検討を行うことが可能となった。