リニア中央新幹線　学習会

主催：リニア新幹線を考える相模原連絡会
共催：教育と緑ある橋本の町づくりを考える会
　　リニア新幹線沿線住民ネットワーク

リニア工事で私たちの暮らし、環境はどうなる

地生態学からみたリニア新幹線

2016 年 7 月 30 日

徳竹真人

（環境地盤研究所　地盤解析室室長）

はじめに

リニア新幹線が「夢の･･･」「未来の鉄道」などと JR 東海等は宣伝していますが、未解決の問題が山積して、解決の方向すら見えていない諸課題が数多くある他、現在の土木工学などではこれらの問題に最善を尽くしても、期待どおりの成果を上げることができず、環境に回復不能な悪影響を与えているのが現状です.

例えば 2012 年に開通した圏央道の高尾山トンネルでは、標高 600m 程度の低標高の高尾山に 1596 種の植物が生育し(林弥栄(1966))、大雪山や白馬岳、北岳などに繁茂している高山帯の植物も数多く見られている他、斜面の向きや沢との位置関係などで、イギリス全土の植物種に匹敵する多様な植物種の存在が知られています．それに依存している昆虫も 5～6000 種に達し､江戸時代から日本の昆虫 3 大生息地として知られていました. このため 1967 年には「明治の森高尾国定公園」に指定されましたが、圏央道のルート決定に迎合したずさんきわまりない「環境影響評価」と「対策」により（何よりも、1 度計画したら再検討しない機関とそれに群がる利権屋)、高尾山トンネルが「計画どおり」開通した．高尾山トンネルと八王子城趾トンネル掘削では、地下水が自然環境を保っているので、それに悪影響を少なくする目的で「非排水工法」で掘削を行ったが、「高尾山の自然をまもる市民の会」などが予測し、指摘していたとおり、山の地下水がトンネルに集まり沢の水も涸れ、今後は樹木が衰退し始めると予測されている.

現在リニアが建設されつつある山梨県内では､モモやブドウをはじめとする農作物への農業用水のみならず生活用水も枯渇し、生活用水は 30 年間、農業用水は 15 年間 JR 東海が給水を補償するが、それ以降は地域住民が自力で農業用水、生活用水を確保する事を強いられている.

これらはほんの一例だが、浅い深度にトンネルを掘れば地表が沈下、あるいは隆起し土台や塀、杭などに致命的な被害を与え、トンネルが深ければ多量のトンネル湧水で地域の環境を破壊し、対策のしようがない地下水汚染を引き起こし、さらに発生した土砂運搬で生活と道路環境を悪化させ、その土捨て場では土壌汚染を引き起こしている.

今回はあえてトンネル掘削の技術的、経済的な問題を取り上げないが、年間 3～4mm 上昇している南アルプスの横断や、フォッサ　マグナ、中央構造線という日本列島の形成に大きく関わっている活構造帯や、鶴川断層のような中小の活断層の横断を、JR 東海が主張するように「できる限り短距離で横断するからだいじょうぶです」との子供だましの説明では当然安心はできない.

今日は、トンネル掘削に伴う極身近な心配事や疑問などに、地質、自然地理、地下水、環境そしてこれらを包括的に勘案する地生態学的観点から考えます.

1. 短期的問題と恒久的問題

短期的な問題の一つにシールドが通過する数時間～2 日ほどの間に生じうる地盤の沈下や隆起で建物の土台に亀裂が入ったり、家やブロック塀が傾き、最終地盤安定まで 1,2 年間はかかりうる問題があります．二つ目に、工事が終わるまでの数年間は続く掘削土砂を土捨て場に運搬する大型ダンプと、トンネル内面に張るコンクリートセグメント（コンクリートパネル）を運搬する大型トラックが引き起こす交通事故、交通振動と騒音などの道路環境と排ガスで生じうる健康問題や、地下水位が低下、あるいは逆に上昇して農作物や樹木を枯死させるなどの問題があります．これらの多くは工事期間中の数年間の問題です．

一方、恒久的な問題とは、高尾山で起きたように地下水の減少や枯渇の問題．さらにはトンネルに集まってきた水（＝トンネル湧水）が低水温、水酸化鉄でサビ色に汚れた酸性水の可能性があり、このトンネル湧水を河川へ放流することで生じる問題がある．これらは高尾山のように自然環境が劣化し、生態系を含めた自然環境、景観などが不可逆的（時間が経っても以前の状態に戻らない）な破壊がおき、子孫まで大きな負の遺産を残してしまいます．

表 1.1 にはそれらの代表的な例を示す．

表 1.1　短期的・恒久的問題一覧表

短期的（最長数年間）な問題	長期（数100年）～恒久的な問題
シールド通過時の地盤変状＝家屋などの傾斜や亀裂の発生　　→数時間～1, 2年間	トンネルが浅い土被りの地域で、杭基礎構造物の建築制限
ダンプや大型トラックの走行による事故、振動、騒音、排気ガス、渋滞　→10年弱	井戸水、湧水の枯渇・湿地化
	地下水に依存している産業(農業、水産業、観光業、酒造業など)の致命的な打撃
補助工法を地上で実施する場合の振動、騒音、夜間工事時の照明、交通事故、工事用水のあふれ出し　→数ヶ月間	地下水環境の変化に伴う森林の荒廃、生態系の不可逆的な破壊
立坑周辺の交通事故と渋滞、騒音、工事用水のあふれ出し、夜間照明　→10年弱	トンネル湧水の河川への排水による水酸化鉄の河床付着＝水中生物の死滅、観光業への打撃（魚がいない、汚い河川）
	トンネル湧水の河川への排水による河川水温の低下＝農業、観光業の打撃．水中生物の死滅．河川周辺の植生の変化
	地域一帯の気象変化＝植生による気化熱発生の減少
	高盛土による日照障害、通気障害
	掘削土砂による土壌汚染→河川水と地下水汚染
	河川流量の減少による河川の自浄作用低下

2. 短期的な問題

短期的な問題は、非常に身近な出来事で現象が目に見える、あるいは体感できるわかりやすい問題です．最初に挙げた、シールド通過時のコンクリート構造物の損壊が生じうる可能性がある箇所は、土被り（どかぶり）（＝シールド外径の上端から地上までの高さ）が 1～1.5D(D はシールド外径の直径)未満の場合に、地上に影響を与える可能性が大と考えられる．実際には土質により多少の差が出て、軟らかい地盤では影響がでやすく、固い地盤ではでにくい傾向にある．具体的には、シールド内径が 13.0m なので、外径を 13.6m と仮定すると、土被りが 13.6～20.4m 未満の地域、追加距離（＝起点の品川からの距離）36.6～39.2km 間では土被りが 20m 未満なので影響がでる可能性がある．JR 東海もそのことを認識しているので、シールドマシーンが接近する前に計画路線直上の家屋や構造物の状況を調査するようですが、影響範囲は JR 東海が調査する真上だけではなく図 1.1 に示したように、シールド外径の中心左右から概ね 45°上の範囲（土質により多少異なる）が影響圏です．従って、シールドの中心が地表から 20m 下をとおるときの影響圏は、図 2.1 に示すようにシールドの中心から片側約 27m、全幅 54m の範囲になります．

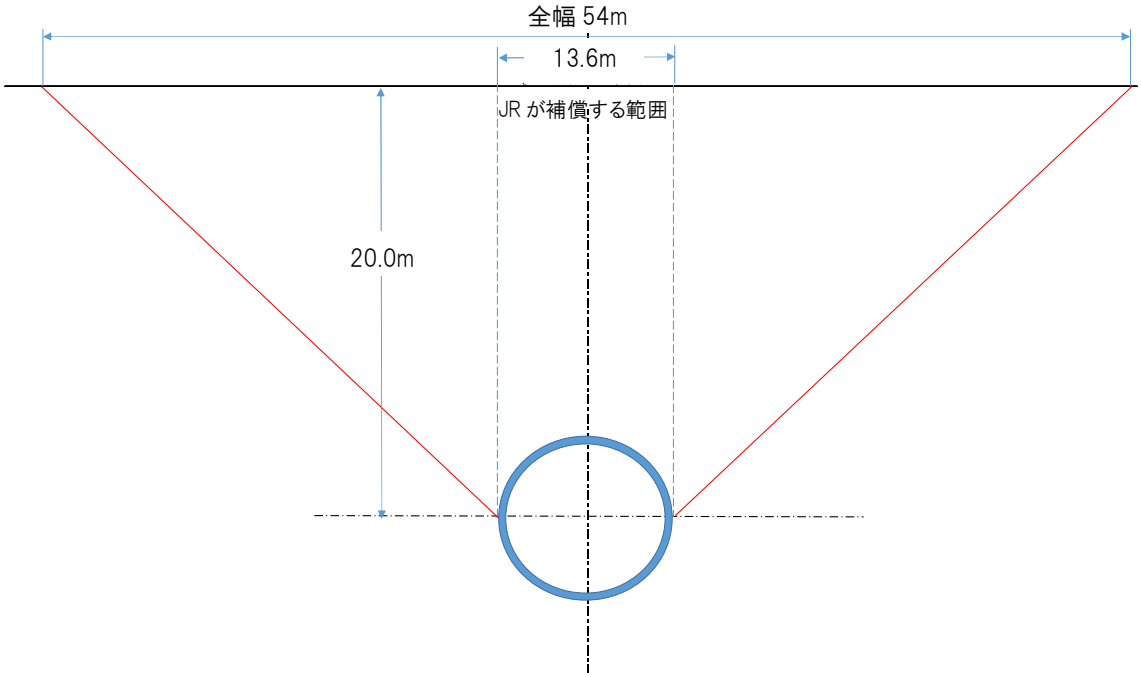

図 2.1　シールド中心深度が 20.0m の場合の影響圏横断図

図 2.1 から明らかなように影響を最も強く受けるのは中心部の幅 13.6m 範囲ですが、斜線内も影響を受け、内側ほど影響を強く受けます．

では、シールド通過時の影響とはどのようなものでしょうか？シールドマシーンが接近すると、その先端から概ね 45°範囲上方の地盤が緩んで沈下します．

最大沈下は、シールドマシーン先端が真下に到達したときで、その後通過するまでは逆に地盤が隆起します．通過後にやや沈下して落ち着くか、1,2 年間緩やかに沈下し続けます．このようなパターンが多く見られますが、どのようなパターンになるかや、沈下量、隆起量はシールドの深度、土質、層厚により異なります．橋本駅周辺の地盤では、ローム層厚が 20m 程なので、上記のパターンで推移すると思いますが、境川付近ではルーズな砂礫や軟弱な粘性土地盤が厚いので、より複雑に表れると予測される．以上の概念図を図 2.2 に示す．

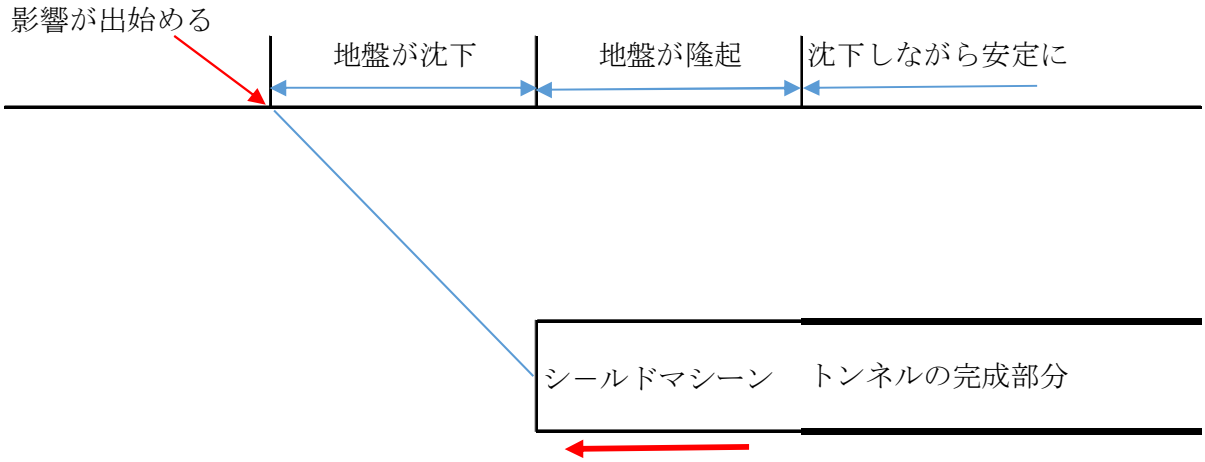

図 2.2　シールドマシーン通過時の地盤変状縦断図

地盤変状（＝地表面の沈下や隆起）の始まり（＝沈下）→隆起→再沈下の始まりは 1,2 日で終了することが多いが、掘進が停止する場合はもう少し長引く．最終沈下速度と時間はトンネル周辺の空洞の規模、シールドの深さ、土質、地下水位などにより異なるが、当初は速くやがてゆっくり沈下し、場合によっては 2 年ほどかけて安定することがある．土台、塀、たたきなどのコンクリート構造物に割れ目が入ったり、傾きがでるのは沈下の始まりから隆起を経て再び沈下までの間に発生することが多いので、事前に割れ目の有無と程度を写真と図面で記録しておくことが非常に重要です．特に重要なのは割れ目がない箇所も「ない」ことを明確に記録しておくことです．これらの記録は、例えば「内容証明」で自分宛に送付するなどして、シールドマシーンが接近する前の状態とその調査を実施した年月日を明確に記録しておく必要があります．そして、シールドマシーン通過後に再度同じチェックを行い、新たな亀裂や傾きがないか確かめます．この作業をしておかないと新たな亀裂などを見つけても JR 東海は「前からでしょ」と言って取り合ってくれないでしょう．

短期･･･と言っても約 10 年間は続く問題に、発進立坑（シールドマシーンを発進あるいは到達させる立坑、換気施設、避難口など）に出入りする大型ダンプとシールドのコンクリートセグメントや建設資材を搬入する大型トラックを主とする車両が起こしうる子供たち

の行動圏での交通事故、渋滞、交通振動、排気ガス溜まりが大きな問題になります.

標準的なセグメントの幅は 0.9m で、これをいくつかに分割して搬入します．ここで、シールドの内径が 13.0m なので、その周長(円周)は 40.8m、これを約 4m 毎に分割すると仮定すると、1 リングのセグメント数は 10 枚になり、これを 1 リング 1 台のトラックで搬入する場合、24 時間のシールド掘進長を 5.4m と仮定すると、トラック台数は 6 台/日と推測される.

掘削土砂量は、余堀りを 0.00m と仮定（実際にはあり得ない）し、シールド外径を 13.6m と仮定すると、24 時間に 5.4m 進むと仮定すると、掘削土量は$(13.6^2/4)\times\pi\times5.4=784m^3$. 掘削対象をロームのみとするとその湿潤密度を $14kN/m^3$（$1.4t/m^3$)とすると質量は 0768kN（1098ton）になる．これを 20ton ダンプで搬出すると 55 台/日になる．また、掘削土砂をダンプの荷台に平らに積むと、ほぐした土量は掘削する土量×1.3（ロームの場合）なので

$784\times1.3=1020\ m^3$.　これを 20ton ダンプの荷台体積 $6\ m^3$ で割ると 1020/6＝170 台　になる．つまり、搬出土の質量からは 20ton ダンプ 55 台/日で済むが、掘削土砂を平積みする場合は 170 台/日稼働する.

余堀分を充填する資材を搬入する車両を無視しても、トラックとダンプで搬入、あるいは搬出だけで 176 台/日が発進立坑の作業エリアに出入りする．実際には資材搬入した車両は荷下ろし後に出るし、掘削土砂を積んだダンプは搬出後再び戻ってくるので、この倍の 352 台＋（充填資材を搬入する車両＋業者の通勤車両＋連絡・雑用車両）×2 が少なくとも出入りする．(JR 東海は最大 1206 台/日のダンプが 16 号線を通過すると説明している).

「土砂運搬は 7 時から 18 時までの間のみ」（JR 東海）とすると、　ダンプだけに限っても 31 台/H がこの時間に走ることになる（JR 東海の説明に基づくと 110 台/H).

これらの車両が均等な時間間隔で走るとは考えられないこと、大型車両が通行可能道路は限定されるので、コース周辺地域では子供たちの行動圏での交通事故、渋滞、交通振動、交通騒音が常時生じると考えられる．中でも交通事故については、国道 16 号線や 129 号線を除くと片側 1 車線が多く、相模川以西では道路が曲がりくねり、通学路と重複している．このような広範な地域に何の権限もない交通誘導員がまれに点在していても「安全を確保した」とはほど遠い状況になると容易に予測される.

交通振動は、重量車が走行するときは目では判らないほどの僅かな段差でも結構な振動になる．道路の下を下水溝などのボックスカルバート（コンクリート製の箱形の構造物）が横断している付近で、歩道に立っていると、トラックやバスなどの大型車両が通過するときには揺れをはっきりと体感する．地下構造物がなくてもわだちなどの僅かな段差で体感する．この振動は、道路に面する普通の家屋ではもちろん、杭基礎を採用している大きなマンションなどでも感じ取ることがある.

排気ガスは道路から離れるほど拡散するが、風がない時には道路周辺、特に道路よりも僅かでも低い場所、建物に囲まれた場所･･･公園などに集まりやすい性質がある．排気ガスは呼吸器系の疾患に直接影響を与える．

法的には、交通振動も排ガスも「許容量」が定められているので、これ以上か否かを見極める必要がある．

3．長期的（恒久的）な問題

長期的（恒久的）な問題は（以後、恒久的な問題も含めて「長期的な問題」と称する)、短期的な問題のように目の前で起きて体感でき、数年で終わることは少なく、気がついたら「以前とはだいぶ違うナ」と言うことが多い．同時にその影響が及ぶ範囲はトンネルに沿って片側 1km 以上になることが珍しくなく、将来の子孫にまで悪影響を残す特徴がある．

長期的な問題の内、現象がすぐに現れるのはトンネル湧水（地下水や河川水がトンネルに引かれ、トンネルから地下水が噴き出す）がある．八王子城趾トンネルや高尾山トンネルで明らかになったように、事業者側も「トンネル湧水で地下水位が低下したら大変なことになるから、それを起こさせないように最大限の注意をしよう」と認識していたが、それでも予想以上のトンネル湧水が生じ、施工工法を変えてもトンネル湧水は収まることなく今日に至っている．

写真 3.1、3.2 に八王子城趾トンネル掘削でトンネル湧水のため「御主殿の滝」がどのように変化したか実感してください．

写真 3.1　台風並の 92㎜ 降水で一時復活した．
降雨翌日の 2006 年 8 月 10 日撮影．

写真 3.2 右撮影の 17 日後には再び枯れた．
2006 年 8 月 26 日撮影

写真提供：橋本良仁氏

御主殿の滝は、トンネル掘削前は降水量（＝雨や雪）が最も少ない冬期でも豊富な水量があったが、現在は大雨が降り続かないと水流は全くない．

トンネル掘削では、多くの場合にトンネル湧水が生じ、丘陵や低地ではトンネルを挟んで、地下水流の上流側で地下水位が上昇し、下流側で低下することもある．これはトンネルが帯

水層や水みちを遮断するために発生する現象です. **地下水位が上昇すると**以下の現象が発生しやすくなる.

床下の湿気過多.　樹木を主とした根腐れ.　冬期の霧の発生.　杭基礎の支持力低減による構造物の傾き.　鋼管杭の腐食.　電食の激化. 家屋周辺のカビ・苔などの拡大.　強い地震時の液状化など.

この現象が発生する可能性がある地域は境川をリニアが横断する北西側が典型的な例で、詳細には地下水が豊富な層の分布深度やその粒度分布、地下水の通りやすさ、他の詳細な地盤データと施工深度を検討する必要がある.

一方で、下流側では**地下水位が低下し**、乾燥化が起きることがある. その結果以下の現象が発生しやすい.

井戸水位の低下、井戸枯れ.　粘性土層の圧密沈下（＝水が抜けるので体積が減少して地盤が沈下する).　根菜類を主とする農業の衰退.　地下水の酸化反応による水質悪化.　河川の水位低下.　湧水の枯渇.　銘木、記念樹などをはじめとする樹木の枯死など.

これらの現象は、境川をリニアが横断する下流側(南東側)直近をはじめ、台地上のどこでも起こりうることだが、相模川右岸（西側）ではさらに大規模なトンネル湧水が発生すると考えられるので、より大規模な障害が予想される.

相模川右岸から西側で生じる可能性が大きな障害は

渓流・河川の水涸れ、水位低下.　渓流や河川に依存する養魚、ます釣り、河原遊びに携わる産業の打撃.　根菜類、果実、稲を主とする農業の深刻な打撃.　樹木の枯死.　林業の衰退、山地の荒廃→土砂災害の激甚化.　山地に生息する動物の人里への出現頻度増加.　地域の気象変化（暑くなる).　地下水・湧水に依存する産業の衰退など.

トンネル湧水は坑口を経て河川に流します. その結果生じることは

河川水温の低下.　酸化鉄を含んだ水による河川景観の劣化（茶色の石や岩、川底).　水中生物の死滅.　水産、観光業への打撃.　農業用水の不適合化など.

トンネル掘削は、どのような工法を用いても地中の水を抜きます. それは八王子城趾トンネルや高尾山トンネル掘削で国交省も充分に承知していて、影響がでにくい工法を採用したり工法を変えても国指定文化財の滝をはじめ地下水位低下の被害が出たことからも明らかです.

トンネル湧水量が経年と共に多少は少なくなることはあるが元に戻ることはない. 例えば 1934 年に完成した丹那トンネルでは「芦ノ湖が干上がるのではないか」と真剣に心配した程のトンネル湧水（芦ノ湖の 3 倍の 6 億 m^3）の湧水があったが 82 年後の現在、トンネル湧

水は熱海市の水道源に使われている．しかし、トンネルの上に位置する函南盆地では水がなくなったため農業は衰退した．

日本トンネル技術協会が 1983 年に発表した資料によると「一般のトンネルでは、100L/min/km（トンネル 1km あたり、1 分間に 100L）湧水したが、大湧水では 4000L/min/km 湧水し、全トンネルの 73%では 500L/min/km」トンネル湧水していると記述している．ここで、注意することはこの湧水量は「一般トンネル」なので、トンネル内径が 8m 程度･･･リニアのトンネルよりも 60%以上小径のトンネルで、しかもトンネル調査の段階から断層帯や構造帯などの豊富な地下水を持っている地域を極力避けて掘削したトンネルでの数字です．

トンネル湧水が深刻なのは、難工事、莫大な工事費などの施工上の問題だけではなく、井戸や湧水に依存してる人や事業、産業の衰退、地中の水が抜ける→樹木などを通しての蒸発散が減少（日本では、降った雨の約 1/3 がこのように蒸発している）→気化熱の減少→気温上昇．さらに地中の水が抜ける→低下した水位に農作物や樹木の根の成長が追いつけない→農地として不適地・森林の緩やかな衰退→農業は作物の植え替え．森林は林相が変化（良い方に変わることはなく、ツタ類や外来種の勢力拡大）→植生や森林に依存している生態系の大幅な変化→景観の劣化．また、山地では植生の衰退で台風や長雨時に山地斜面崩壊の激化、降った雨の速やかな流出による渓谷や河川の氾濫頻度の増加と災害規模の激甚化などが生じます．

トンネル湧水は坑口を経て河川に放流するが、地下水が空気中の酸素に触れると酸化して、水酸化鉄が沈殿し河床も、水面下の岩や石も汚い茶色に変色させることがある．台風などの増水で一時水位が上昇した後再び水位が下がっても、増水時水面以下の全てが茶色になることが珍しくない．川の水の色が汚い茶色になるため、川遊びに来る人も減少するでしょう．トンネル湧水は井戸水と同様に、地域の年平均温度に概ね等しいとされている．鉄道建設公団は「本州での実測で 12～15℃」と 1987 年に発表している．放流点より下流では、放流された水と河川水が混合するので、元の河川水水温よりも数℃程は下がると予測されるが（元の河川水の水温と水量、トンネル湧水の水温と湧水量、河原の土質などにより変わる）、水位が低下し茶色に染まった河川、川遊び後のタオルも茶色に染まり、サカナなどの水中生物も減少した冷たい川に、現在の快い清流の道志川のような魅力はなくなることでしょう．

トンネル湧水が混合した下流では稲作が行われていますが、水稲の最適水温は 30℃、最低水温は 23℃なので、水酸化鉄に加えて低水温のため稲作も難しくなると予測される．

＊注

トンネルを掘ると、地上の河川水は地盤に浸透するので河川水量が減る．河川水を集めるだけではなく、地盤の中に含まれている様々な形態の水も集めるため井戸枯れをはじめとする障害がでる．トンネル技術協会資料によると、トンネルから（直線距離で）4.8km 離れた

地点で地下水位低下が報告されている． 図 3.1 には丘陵や山岳地帯でトンネル湧水を念頭においた地下水調査範囲のイメージ図を示す．図では、検討範囲はトンネルが位置する集水域全部が調査範囲内になっている．断層や破砕帯などがある場合はさらに広域の調査・検討が必要になる．

図 3.1 で「トンネル」から左右上に延びている曲線は、水位線で、この線より上にある地下水や河川水がトンネルに集まる可能性が大という意味．

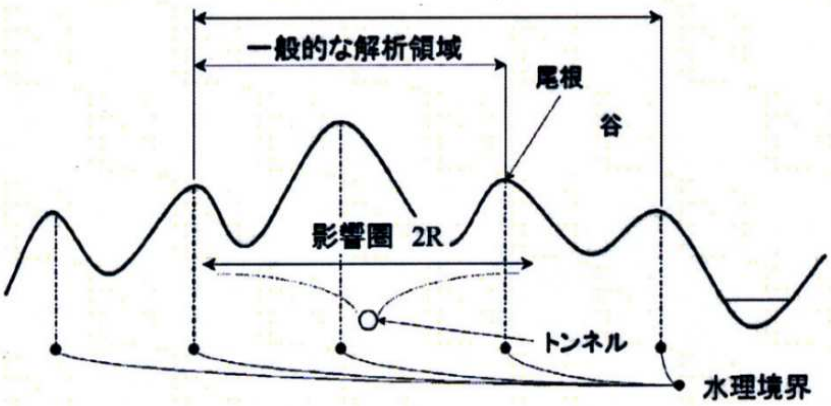

図 3.1 丘陵、山岳地帯でトンネル掘削に伴う地下水変動の想定影響圏図

圏央道より西側での影響圏の詳細検討は未実施だが、道志川の河床標高とトンネル掘削面の標高に大差がないこと、奥相模湖付近から前戸東付近ではトンネルと道志川が最接近するのは 0.4km で、既往資料では該当範囲に顕著な破砕帯などが存在しないので、道志川の水が多量にトンネルに引っ張られる可能性は少ないと考える．しかし、道志川の北側の山地から道志川に注いでいる地下水は間違いなくトンネルに集まるので、道志川ではその分の水量と北側から道志川に流れ込んでいる中小河川・沢の水量がほぼ間違いなくトンネルに流入し、道志川に流れ込まなくなるので、道志川の水位はこの分低下する．

4. 車両基地について

車両基地は最大幅 350m、長さ 2km という滑走路のようなものを写真 4.1 に示すような位置と形状で串川左岸に計画している．計画では山地を切土して、その土砂とトンネル掘削で出た土砂で沢を埋め立てるそうですが、相模川より西側の地域は平坦面が少ないので、串川が形成した緩斜面に平戸、大上から渡戸に人家が多く集まっている．周辺域ではこのように人家が多い箇所はなく、昔から住みやすい環境が揃っていたからこそ人が集まったのです．そこのすぐ北側に、これらの集落に沿って多量のガスと汚染水を発生させる車両基地を計画する事はとうてい普通の人間がすることではない．

地形を見ると串川が南西から北東に流れ、周囲は山地なので、串川に沿った低地を形成している．さらにこれに直交して北西からの 3 本の沢が串川に流れている．このため串川に沿った低地が風の主な通り道となり、3 本の沢沿いの低地が季節に応じた風となって地域の文化を下支えしてきた．さらに計画地は等高線の間隔が乱れていることから、古い過去に大規

模な地すべりがあり地盤がかく乱されている、あるいは地域的に膨潤性粘土鉱物を多く含む層が分布している可能性が伺える．前者の場合は地下水と、農業に適したミネラルが豊富な場合が多い．この地域に人々が集まったのもこれらの背景があると思われる．車両基地は串川に平行して計画されているため、3 本の沢を埋めるので風道が遮断される．盛土の形状と規模によっては平戸～中開戸付近では朝日がささず、御屋敷～渡戸では夕日があたらなくなる可能性が生じる．この地は農地や森林なの緑地から水分の蒸発で相当程度気温を緩和している．

ところが JR 東海は滑走路のような構造物を切土・盛土さらにトンネル掘削で出た土砂の捨て場としてこの地を選んだ．土砂運搬の車両や完成後の基地が引き起こす諸問題（ボイラー運転による排ガス、汚染水･･･これらは当然浄化装置をつけると思うが示されていない･･･鉄板とコンクリート構造物による気温の緩和作用の逆作用、日照や通風障害他）と共に、地域の生活や文化をカネと力で「すでに決まったことだから」と、弱者を切り捨てる姿勢がはっきりと見えます．莫大な電力を消費し、人々の生活と自然を破壊し、何が「美しい国」「世界に誇れる国」でしょうか．不都合なことは存在しない、起きないとした世界の嘲笑ものの原発政策の恥ずべき誤りを再び繰り返すつもりなのでしょうか？　決まったことだからといって突っ走る体質は戦前からの日本の体質のように見えます．

写真 4.1　車両基地建設予定地写真　　国土地理院撮影 CKT2008-C26-31 に加筆