

静岡県の基本認識についての説明内容

1 基本認識から対話を始める重要性

南アルプスという複雑かつ厳しい地形・地質条件、脆弱な自然環境、命の水と呼ばれる貴重な水資源環境の下で行われる大規模な自然改変をとまなうリニア中央新幹線トンネル工事及びトンネルの存在（トンネルが長期にわたに残ること）の影響評価の適否の本質は、「リスクの推定上の不確実性が高いことを認識した上で、リスクを如何に適切に管理するか」という問題である。

この「適切に」とは、科学的に信頼性が高いものであるとともに、社会的に理解されうるものであることである。

2 リスクについての基本認識の違い

JR 東海からは、環境影響評価法の手法に基づく影響評価が行われ、例えば、大井川の水が最大 2 トン／秒減るという推定結果が出されている。平成 25 年 9 月 18 日環境影響評価準備書では「トンネルの工事及び鉄道施設（山岳トンネル、非常口（山岳部））の存在に伴う河川流量の変化は表 8-2-4-5 に示すとおりであり、一部の河川において河川流量に影響があると予測する。」としている。

表 8-2-4-5（抜粋）

地点番号	地点	現況の流量(解析) (m^3/s)	工事期間中の流量 (m^3/s)	完成後の流量 (m^3/s)
05	大井川 (田代川第二発電所取水堰上流)	12.1	10.2	9.98
06	大井川 (田代ダム下流)	9.03	7.29	7.14
07	大井川 (赤石発電所木賊取水堰上流)	11.9	10.1	9.87

静岡県コメント：07 地点の減少量は $2.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 、17%減

JR 東海のこれらの考え方は、工事による自然環境の変化を確定的にあるいは確度高く（「この値である」と）推定できるという認識が根底にあるように思われる。

大井川利水関係協議会等（以下、「利水者等」という。）は、このような JR 東海の基本認識を最も危惧しているところである。なぜなら、利水者等は、南アルプスのような場所での工事による自然環境の変化の推定には大きな不確実性があると考えており、それにもかかわらず、JR 東海の「河川流量の減少分だけ水を戻す」という考え方に代表されるように、JR 東海の姿勢には不確実性への認識が薄いと認識を持たざるを得ないからである。

よって、リスク管理、とりわけ不確実性の存在と大きさについて、両者の基本認識についてまず対話しなければ、個別の問題についていくら対話しても、相互理解は得られないと考えている。

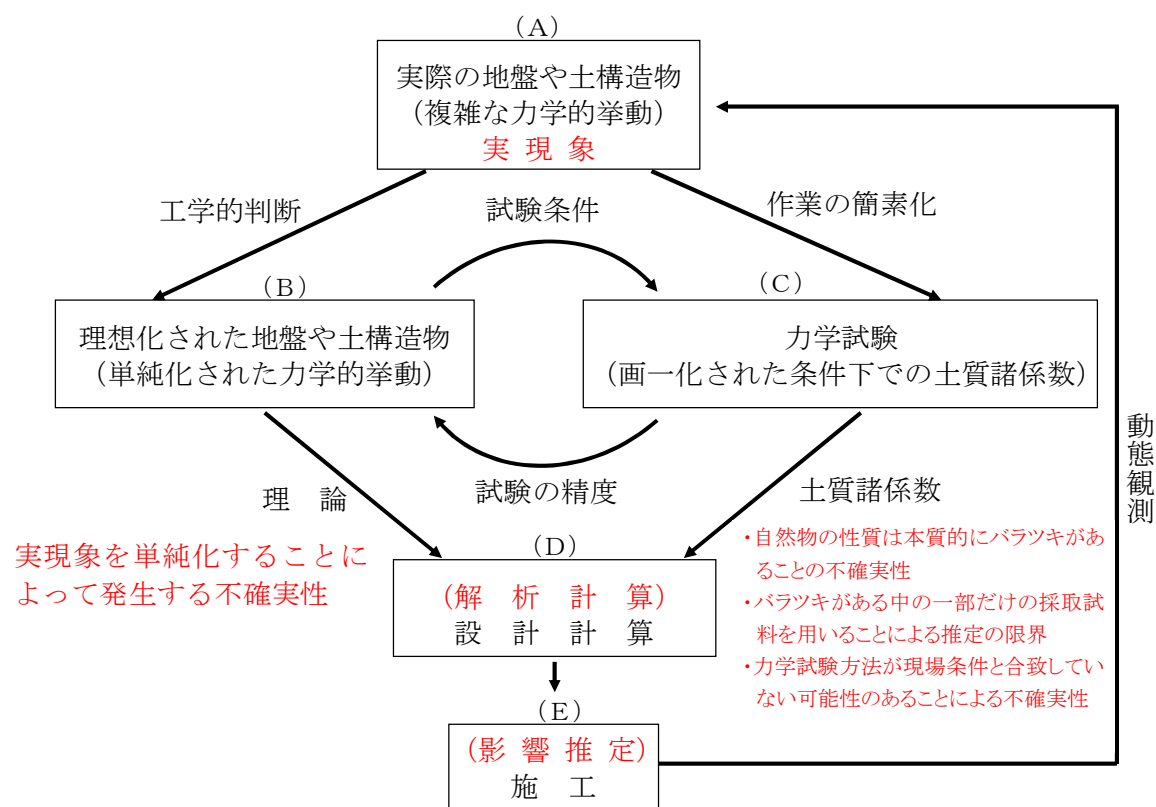
3 リスクの存在について

前回の静岡県中央新幹線環境保全連絡会議（11月21日）の際、静岡県中央新幹線対策本部より、「ハザードとリスクの対処方法：事前対処と事後対処」（添付資料1）をお示ししたが、必ずしもJR東海には十分に御理解いただけたとは思えなかった。よって、追加資料をもって、リスクの存在について説明させていただく。

図1は、土木工学における信頼性設計、すなわち、確定論的ではなく、確率論的な考え方をを用いた設計方法の導入の先導者だった、松尾稔氏の著書に示されている「設計計算における不確実性の存在」である。

同書では、「設計方法は、実際の地盤や土構造物が示す複雑な力学的挙動を工学的判断によって単純化した力学的挙動で表現したもの。また、その設計に用いる土質諸係数は、土の挙動を土質試験の簡便さのためにさらに単純化した条件のもとで土が示す力学的特性を表現したものに過ぎない」としている。

図1 実際現象と設計および力学試験との関係



出典：松尾稔「最新土質実験—その背景と役割—」（森北出版 1974年、p36に静岡県が加筆）（注）加筆分は赤字で示す。

これは、事業による影響の推定にあたっては、①実現象の単純化による不確実性（複雑な現象を解析可能とするために、現象を「単純化」した解析モデルとすることによって生じる不確実性）と、②解析に用いる諸係数の推定上の不確実性、この2つの不確実性が存在するということを示している。

4 トンネル湧水量の推定上の不確実性

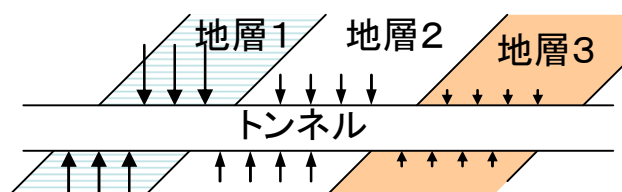
前述の2つの不確実性を、このトンネルの湧水量の推定の問題に当てはめてみたい。

(1) 実現象の単純化による不確実性

静岡県中央新幹線対策本部は、平成30年11月21日に開催した「第8回静岡県中央新幹線環境保全連絡会議」で図2を示した。ここでは、JR東海が用いている（と推定される）実現象の単純化モデルとして、図2（上）を示した。そして、県が推定する実現象は図2（下）に近いものであることを示した。

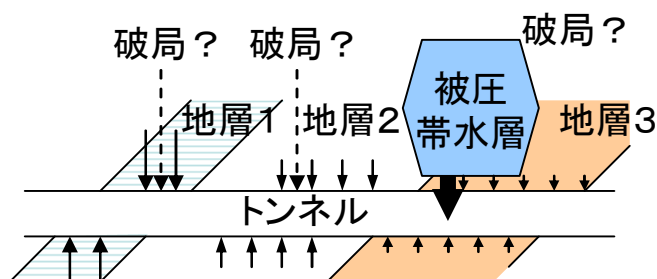
図2

〔推測される JR 東海の解析方法〕



地層をわけ、地層ごとの平均的な透水係数と、その水圧を決め、トンネル湧水量を推定している。

〔県が推定する実際の解析方法〕



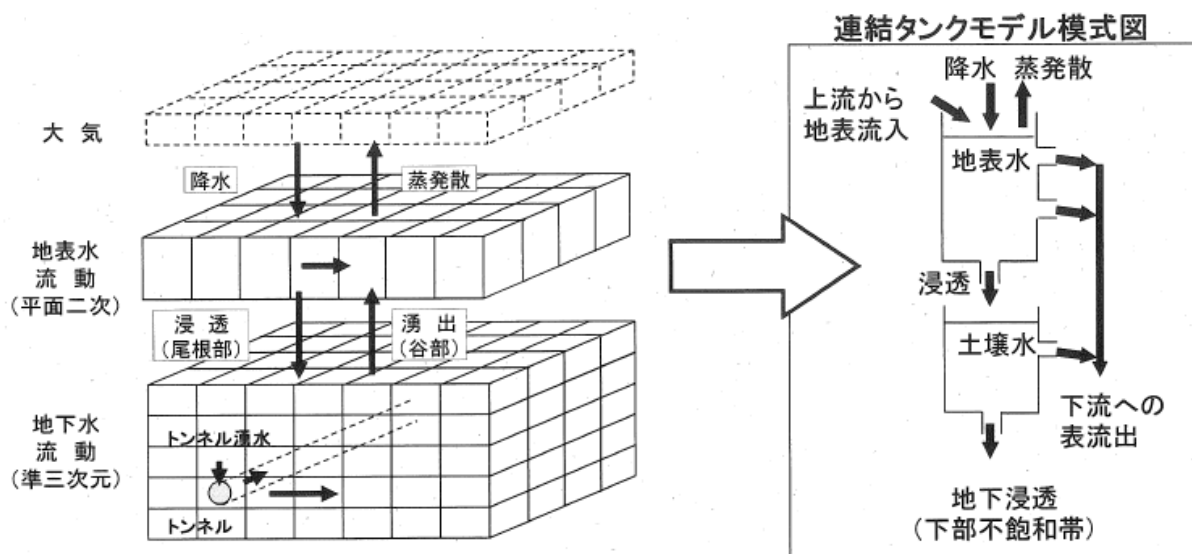
トンネル湧水量は、平均的な透水係数とともに、岩盤の大きな割れ目や破砕帯のあるところ（破局点）をトンネルが通過するかどうかに大きく左右される。（平均値からだけでは推定できない）

JR 東海が用いている解析モデルは以下のとおりである。

トンネル内の湧水量を推定するためには、周辺の地山全体の水収支（雨が降り、一部は蒸発散、一部は地中、一部は川へと行くという水の総量の行き先）をモデル化する必要がある。これには、**図3**に示す連結タンクモデルを用いている。このようなモデル化が松尾氏のいう「実現象の単純化」である。詳細は省略するが、実現象とはこのような単純なものではないことから、この単純化に伴い、水収支の計算結果に不確実性が生じることは容易に想像できる。

不確実性が発生する一例を挙げれば、ある地点の地盤がこのような状態となっているということの推定についての不確実性である。現時点では、トンネルに沿ってボーリングが実施されておらず、また周辺の地山の内部の状態を知るための四万十層群で実施した鉛直ボーリング数は1箇所過ぎない。にもかかわらず、地山内部の構造をこのように単純化している。このモデルでは被圧帯水層は存在しないとしていると思われる。

図3 トンネル水収支モデル模式図（平成30年11月21日静岡県中央新幹線環境保全連絡会議へのご説明（JR 東海資料）より抜粋）



このように、解析計算（シミュレーション）を可能とするための「実現象の単純化」に伴い、現時点では、大きさを推定しがたい「不確実性」が存在していると言わざるを得ない。

(2) 解析に用いる諸係数の推定上の不確実性

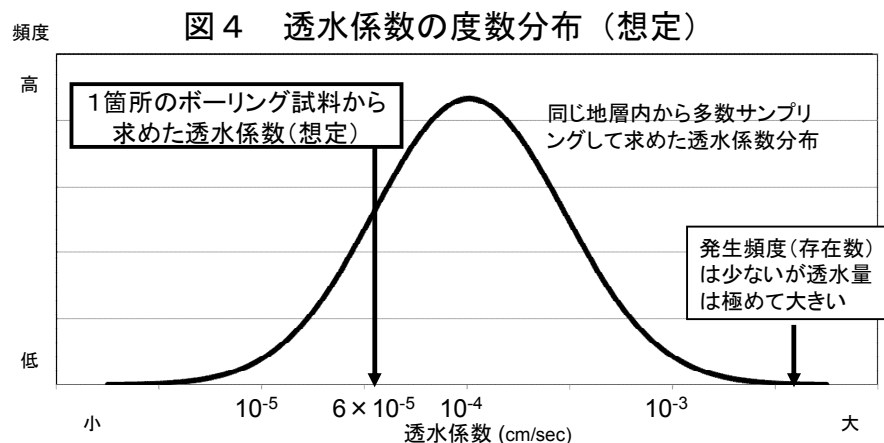
次に、トンネル内湧水量の解析式に用いられる諸係数の不確実性について見てみたい。実際、JR 東海が示した計算式は下記のとおりである。

$$Q = \frac{2\pi k H}{\ln(2H/b) + (k/k_s)\ln(b/a)}$$

Q : トンネル湧水量
 k_s : 覆工構造物の透水係数
 k : 地盤の透水係数
 H : トンネルから地下水面までの高さ
 a, b : トンネル内径、外径

計算に用いる諸係数として最も重要なものは「透水係数 (k)」であり、トンネル湧水量 (Q) に直接影響する係数である。この透水係数は、どのように推定されているのだろうか。

実際の地山の透水係数は均一ではなく、同じ地層の中ですら、本来的にバラツキがあり、さらにトンネル付近という同じ地層内の狭い範囲においてさえバラツキがある。それにもかかわらず、非常に限られた調査結果から推定されていると思われる。



地表であればサンプリング (試料採取) が容易なため、通常は多数サンプリングして透水係数を求める試験を行い、その平均値とバラツキ状態 (度数分布) を調べる。(図 4)

解析においては、透水係数のバラツキを考慮しつつ「平均値」を用いるのが一般的である。同じ地層内の極近傍の透水係数ですら、本来的にバラツキがあるものであり、まして、より離れた場所の透水係数はさらに異なったバラツキを持っているのが、自然の性質である。

それでは、JR 東海が解析で用いている透水係数はどのように選定されているのだろうか。それについては JR 東海から説明をいただきたいが、おそらく限られたボーリング箇所の試料から求めた透水係数を用いていると思われる。よって透水係数の度数分布は考慮していないと思われる。(あるいは、シミュレーション計算の現状再現性を上げるために修正した値を用いている。) 仮に、この値が「 6×10^{-5} 」であったとしても、サンプル数が限られているため、この値がその地盤の透水係数をどの程度代表しているかは知りようがない。

このように、湧水量計算において極めて重要な透水係数の推定には、大きな不確実性が存在すると言わざるを得ない。

5 リスクの管理方針への懸念

以上のとおり、湧水量の推定、河川流量への影響の推定には、大きな不確実性が存在していると考えられる。それにもかかわらず、確定論的な議論を進めていくことはリスク管理上極めて危険と言わざるを得ない。

それでも、私たちは、この不確実性をなくせと言っているのではない。言いたいことは、

- ・ まず、大きな不確実性の存在を認めること
- ・ 不確実性を事前に縮小するよう最大限努力すること
- ・ あらかじめ想定した不確実性のうち、より影響が大きい状態（大きな湧水量）が発生した場合に生じる環境影響を推定し、影響の発生を回避するため対処方針をあらかじめ決めておくこと
- ・ 工事に入った後、現場でのモニタリングなどにより、よりリスクの推定をより精度の高いものとして、リスクの対処の確実性を高めること

である。

6 おわりに

最後に、これまで全国のトンネル工事において幾度となく発生した沢枯れ、地下水位の低下の事実を受け止めていただきたい。

南アルプスの現場条件と比べ、より推定が容易な場所で、「リスクは極めて小さい」としていたにもかかわらず、現実にはリスクを回避できなかったという現実を受け止めていただきたい。

ハザードとリスクへの対処方法：事前対処と事後対処

リスク = ハザード × ハザードによる悪影響の可能性・確率
 (危険度) (危険の源)

