

## 7. トンネル掘削に伴う水資源利用へのリスクと対応

### (1) リスク対応の考え方

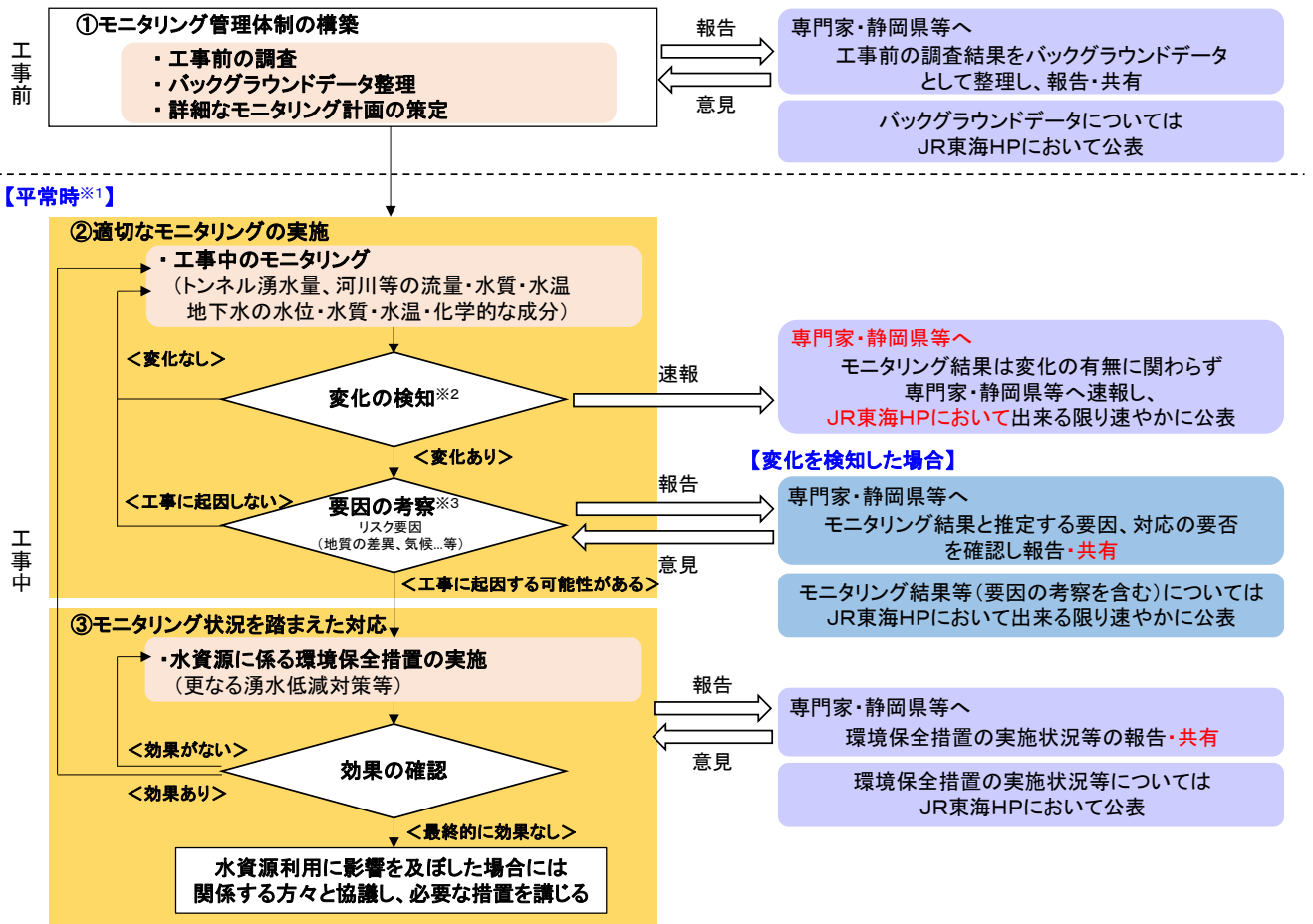
#### 1) リスク対応の位置づけ

- ・「3. トンネル工事による影響と水資源利用への影響の回避・低減に向けた基本的な対応」では、トンネル工事によって想定される影響を広く提示し、影響の回避・低減に向けた基本的な対応をご説明しました。
- ・「4. 工事着手前段階における取組み」から「6. 工事完了後における取組み」では、「3. トンネル工事による影響と水資源利用への影響の回避・低減に向けた基本的な対応」で想定した影響に対して、回避・低減に向けた具体的な取り組みや各種分析結果に基づく影響の評価をご説明しました。
- ・有識者会議においては、予測には不確実性があり、突発湧水等の事前に想定できない不測の事態が生じる可能性があることから、トンネル掘削に伴い想定される水資源利用に関するリスクを抽出・整理することの重要性を認識し、その整理に基づいたリスク対策等の検討を行うよう、ご指導頂きました。
- ・本章では、「4. 工事着手前段階における取組み」から「6. 工事完了後における取組み」でご説明した内容を踏まえたとしてもなお残る、水資源利用へのリスクと対応についてご説明します。
- ・まず、水資源利用への影響、影響を引き起こすリスク要因と事象の関係性を整理し、水資源利用へのリスクを抽出します。
- ・次に、各リスクに対して影響度と管理の困難さの2つの要素を考慮した重要度の評価を行います。そして、各リスクに対する基本的な対応をご説明します。
- ・最後に、重要度の評価の結果、重要度が高いと評価されたリスクに対して実施するリスク管理の内容をご説明します。また、突発湧水<sup>1</sup>発生時には瞬間的なトンネル湧水量を管理することが困難であるため、その場合の対応についてもご説明します。
- ・なお、本章は水資源利用へのリスクをご説明するものであり、生態系へのリスクについては今後別途、ご説明します。水温に関する影響については、生態系へのリスクを検討する際に考慮します。

<sup>1</sup> 突発湧水：本資料では、掘削前の調査で把握できなかった、短時間に切羽付近で湧出する概ね1分間で60トン程度以上の大量の湧水とする。

## 2) リスクへの対応に関する基本的な考え方

- ・リスクへの対応の基本的なフローを図 7.1 に示します。
- ・まず、トンネル掘削を開始する前には、モニタリング方法や結果の評価について、学識経験者等の専門家にご助言を頂くための仕組みを、「8. モニタリングの計画と管理体制 (4) モニタリングの管理体制」に記載のとおり整えます。
- ・トンネル掘削による水資源利用への影響を確認するため、工事前の河川水、地下水の状況についてはこれまで継続的に計測を実施しており、これらをバックグラウンドデータとして整理し、工事中の変化を確認していくための基礎資料とします。
- ・工事中は、高速長尺先進ボーリングにより、トンネル前方の地質を確認していくほか、適切なモニタリングの実施により、トンネル湧水量、河川流量、地下水位等の変化を早期に検知します。
- ・計測データについては専門家・静岡県等に速報するとともに、出来る限り速やかに公表し、住民の方々にご確認頂けるようにします。なお、この時点での計測データは速報値であり、計測**異常の有無**、他の地点、他の時期のデータとの整合性等を確認のうえで、確定値となります。
- ・変化を検知した場合は、推定する要因及び対応の要否を確認するとともに、専門家・静岡県等に速報しご確認を頂きます。その結果についても出来る限り速やかに公表します。
- ・モニタリングの状況を踏まえ、更なる湧水低減対策等の対応を実施することにより、水資源利用への影響を低減します。
- ・対応については効果を確認し、効果が見られなかった場合は、更なる対応を検討し、実施します。対応と効果の確認状況については、静岡県等へ報告します。
- ・工事が起因となった場合で、対策を実施しても最終的に効果が無く、水資源利用に影響を及ぼした場合には関係する方々と協議し、必要な措置を講じていきます。
- ・工事中の水資源に係る環境保全措置の実施状況や、モニタリングの結果等は定期的に報告として取りまとめ、静岡県等へ送付のうえ、ホームページに掲載するなど公表し、住民の方々にご確認頂けるようにいたします。
- ・今回ご説明するリスクへの対応については、専門家等にご助言を頂き、予め定めるモニタリング方法や結果の評価等を踏まえ、適宜更新してまいります。



- ※1 大地震の発生など異常時には、このフローに関わらず必要な対応を行います。
- ※2 バックグラウンドデータ（河川流量、地下水位、水質等）の範囲や変動の傾向を外れる変化の有無や程度を確認します。  
確認する項目等については、今後、掘削開始前までにモニタリング方法や結果の評価について専門家等にご助言を頂く仕組みを整え、静岡県等へご相談のうえ、決定してまいります。
- ※3 要因の考察については、学識経験者等の専門家のご意見を踏まえて行います。

図 7.1 リスクへの対応の基本的なフロー

## (2) 水資源利用へのリスクの抽出

- ・これまでの有識者会議では、水収支解析結果のみならず、河川流量や地下水などの実測データや成分分析結果に基づき、トンネル掘削による大井川水資源利用への影響評価について、ご説明しました。
- ・しかしながら、これら水資源利用への影響評価は不確実性を伴う前提に基づいており、影響評価にはリスク要因が存在しています。
- ・そこでまずは、水資源利用への影響、影響を引き起こすリスク要因と事象の関係性を整理し、水資源利用へのリスク<sup>2</sup>を抽出しました(図 7.2、図 7.3、図 7.4)。
- ・なお、上流域の河川、地下水の水量への影響は、湧水低減対策を講じたとしても生じる可能性が高いため、水資源利用へのリスクの対象とはせず、以下の通り対応します。
- ・上流域の水資源利用への影響に対しては、まずはモニタリングにより変化を早期に検知し、補助工法(薬液注入等)に反映することによって、影響を可能な限り低減します。
- ・上流域における水資源利用としては、電力会社による発電用取水、漁業協同組合による水産用水がありますが、モニタリングの結果、本事業による水資源利用への影響が考えられる場合には、それぞれの関係機関と協議し、必要な措置を講じてまいります。
- ・トンネル掘削により上流域の生態系への影響が生じる可能性があるため、今後、生態系へのリスクとしても別途整理します。

---

<sup>2</sup> リスク：「道路事業におけるリスクマネジメントマニュアル(平成22年3月、社団法人 土木学会 建設マネジメント委員会、インフラPFI研究小委員会)」では、リスクは「それまで計画・予定していた目標の達成を阻害する事象」として定義されている。また、「「要因」→「イベント(本資料では事象という)」→「影響」の一連の流れがその対象としてのリスクと言うこともできる」とされている。

＜河川、地下水の水量に関するリスクについて＞

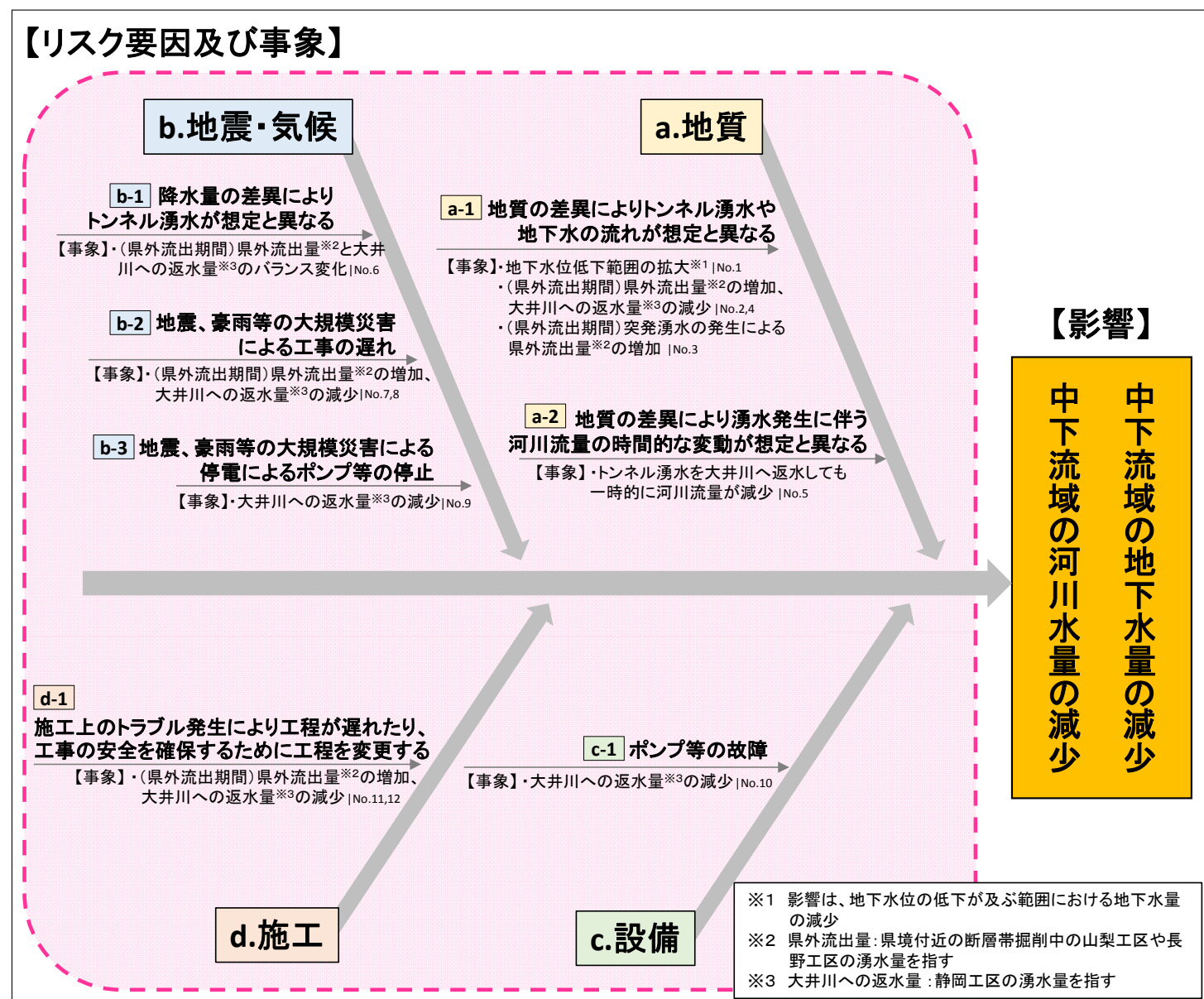


図 7.2 リスク要因、事象、影響の関係性（河川、地下水の水量）

・河川、地下水の水量に関するリスク要因としては、「a. 地質」、「b. 地震・気候」、「c. 設備」、「d. 施工」が考えられます。

・リスク要因により事象が生じ、事象の発生に伴い影響が生じるという一連の流れをリスクと考え、河川水量、地下水量に関するリスクは以下の通りです。

・「a. 地質」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。

ー地質の差異により、トンネル湧水や上流域からの地下水の流れが想定と異なる場合、地下水位低下範囲の <sup>さわらじま</sup> 榎島下流側への拡大が発生する可能性があります（リスク No. 1）。

ー地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川

水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 2）。

ー地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 3）。

ー地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 4）。

ー地質の差異により湧水発生に伴う河川流量の時間的な変動が想定と異なる場合、トンネル湧水を大井川へ返水しても、<sup>さわらじま</sup> 榎島下流側で一時的に河川流量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 5）。

・「b. 地震・気候」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。

ー降水量の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、県外流出期間においては県外流出量と大井川への返水量のバランスが変化し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 6）。

ー地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 7）。

ー地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 8）。

ー地震、豪雨等の大規模災害による停電によりポンプ等が停止した場合、大井川への返水量（非常口からの返水（工事中）、導水路トンネル接続部より山梨側からの返水（工事中、工事完了後））が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 9）。

・「c. 設備」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。

ーポンプ等が故障した場合、大井川への返水量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 10）。

・「d. 施工」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。

・施工上のトラブル発生により工程が遅れたり、地質等が設計上想定したものと異なった場合、工事の安全を確保するために工程を変更したりすることがあります。その結果、

ー山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 11）。

ー長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります（リスク No. 12）。

## <河川、地下水の水質に関するリスクについて>

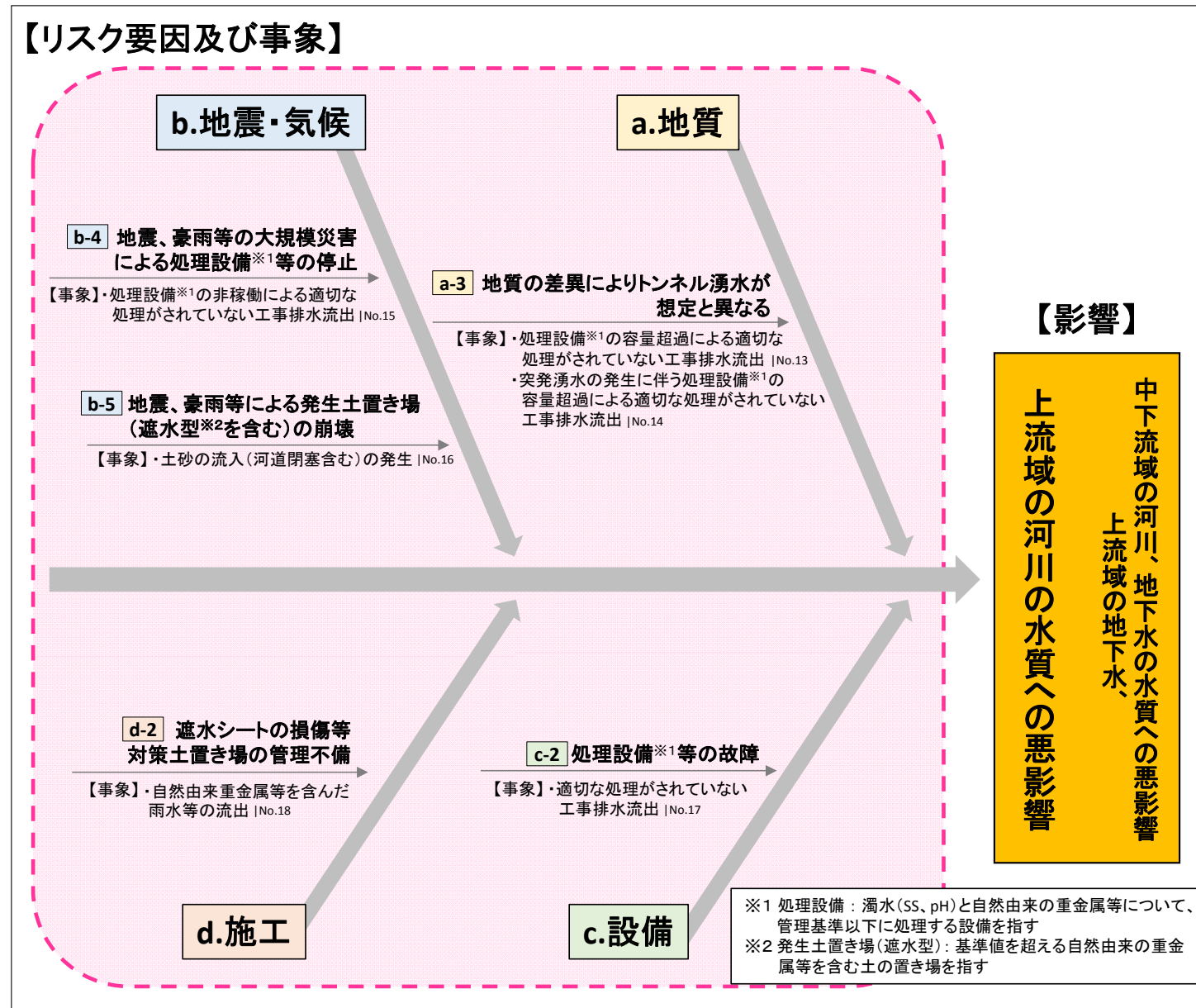


図 7.3 リスク要因、事象、影響の関係性（河川、地下水の水質）

- ・河川、地下水の水質（SS、pH、自然由来の重金属等）に関するリスク要因としては、「a. 地質」、「b. 地震・気候」、「c. 設備」、「d. 施工」が考えられます。
- ・リスク要因により事象が生じ、事象の発生に伴い影響が生じるという一連の流れをリスクと考え、河川の水質、地下水の水質に関するリスクは以下の通りです。

- ・導水路トンネル貫通後に長野県側へ向かって掘削している際や県境付近の断層帯を掘削している際には、トンネル湧水が自然流下にて処理設備（濁水、自然由来の重金属等）へ流れるため、

**「a. 地質」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。**

- －地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります（リスク No. 13）。
- －地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります（リスク No. 14）。

**「b. 地震・気候」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。**

- －地震、豪雨等の大規模災害による停電により、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）等が停止した場合、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります（リスク No. 15）。
- －地震、豪雨等により発生土置き場（遮水型を含む）の崩壊が発生した場合、河川への土砂の流入（河道閉塞含む）が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります（リスク No. 16）。

**「c. 設備」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。**

- －処理設備（濁水、自然由来の重金属等）等が故障した場合、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります（リスク No. 17）。

**「d. 施工」を要因として、以下の影響が生じる可能性があります。**

- －遮水シーートの損傷等、対策土置き場の管理不備が発生した場合、自然由来の重金属等を含んだ雨水等の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります（リスク No. 18）。

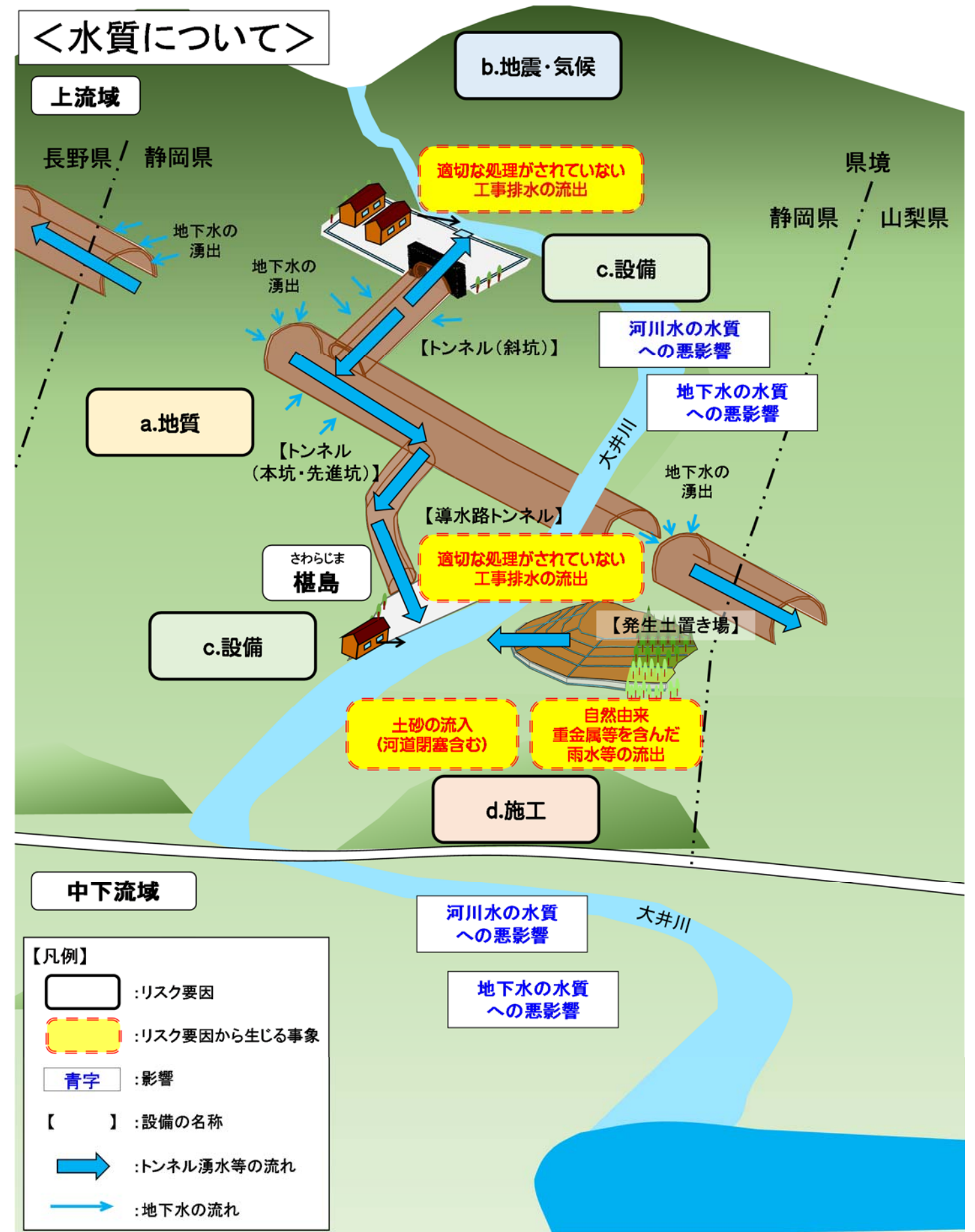
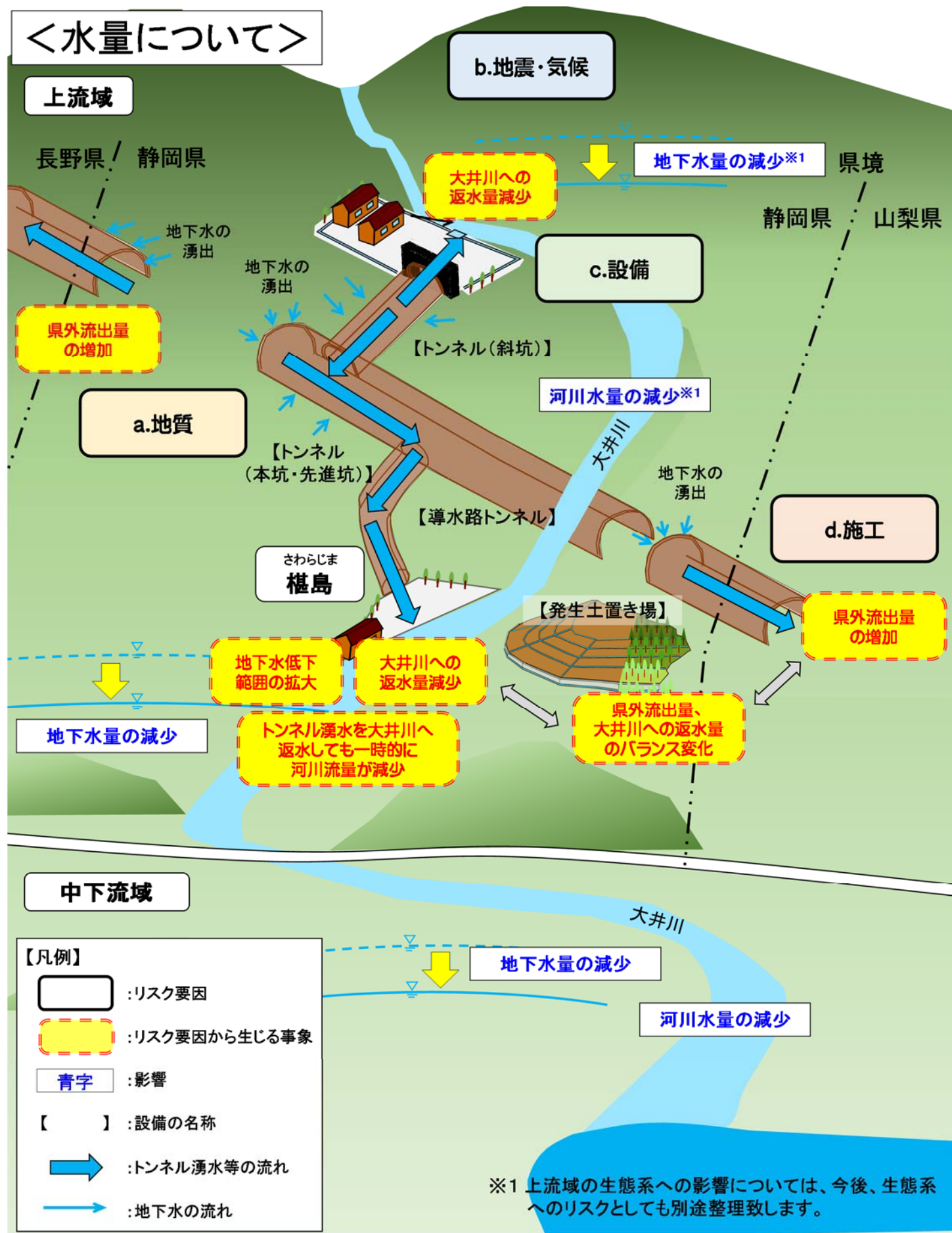


図 7.4 リスク要因、事象、影響の関係性 (イメージ)

### (3) 水資源利用へのリスクの評価と基本的な対応

- ・水資源利用へのリスクについて、影響度と管理の困難さ<sup>3</sup>の2つの要素を考慮し重要度の評価を行い、各リスクへの基本的な対応を整理しました(表 7.1、表 7.2)。

#### 1) リスクの評価の考え方

- ・リスクの重要度の評価にあたっては、「道路事業におけるリスクマネジメントマニュアル」等を参考に、影響度と管理の困難さを3段階(大(3点)、中(2点)、小(1点))で評価し、「リスクの重要度=影響度 × 管理の困難さ」としました。
- ・影響度は、影響を及ぼす人数と影響を及ぼす期間の観点で評価しました。影響を及ぼす人数が上流域に限定される場合については、影響を及ぼす期間が一定期間に限定されるものは1点、限定的でないものは2点としました。また、影響を及ぼす人数が上流域～中下流域にまで及ぶ場合については、影響を及ぼす期間が一定期間に限定されるものは2点、限定的でないものは3点とし、影響度を相対的に評価しました。
- ・管理の困難さは、図 7.2、図 7.3で示したリスク要因の発生を対象として評価したのではなく、事象の発生に伴う最終的な水資源利用への影響の発生を対象として評価しています。山梨県境付近の断層帯の掘削を含むものはその湧水量の不確実性を考慮し3点、停電や設備故障のように事前に予備電源や予備設備を用意しておくことができるものは1点、その他は2点とし、管理の困難さを相対的に評価しました。

#### 2) リスクへの基本的な対応

- ・各リスクに対しては適切なモニタリングや維持管理の実施、予備電源や予備設備の確保等により、影響を回避・低減できるよう対応します。
- ・リスクの重要度の評価の結果、特に重要度が高いリスクについては、(4)にて詳述するリスク管理を実施します。一方、突発湧水発生時には、瞬間的なトンネル湧水量を管理することは困難であるため、その場合の対応についても(4)にて詳述します。

<sup>3</sup> 管理の困難さ：JIS Q 0073:2010(ISO Guide73:2009)では、「リスクマネジメント用語において、何かが起こる可能性を表すには、(中略) “起こりやすさ”という言葉を使用する。」との記載があるが、本資料では、後述する評価の考え方の実態にあわせ、「管理の困難さ」という表現を用いることとする。



- ・なお、リスクへの対応を実施したとしても、水資源利用に影響を及ぼした場合には、関係する方々と協議し、必要な措置を講じてまいります。

表 7.1 リスクと基本的な対応の整理表（水量）

○水量（河川水、地下水）へ影響を与えるリスクについて

| リスク No | リスク要因 | リスク   | リスクの評価  |            |         | リスクへの基本的な対応   |                            |
|--------|-------|---|---|------------|---------|---|----------------------------|
|        |       |   | 影響度 (A)   | 管理の困難さ (B) | 重要度 (C) |   |                            |
| 1      | 地質    | 地質の差異によりトンネル湧水や上流域からの地下水の流れが想定と異なる場合、地下水位低下範囲の榎島下流側への拡大が発生する可能性があります。                                       | 2   | 3          | 6       | ①モニタリング体制の構築<br>・掘削開始前に、モニタリング方法や結果の評価について専門家等にご助言頂くための仕組みを整えます。<br>②適切なモニタリングの実施<br>・適切なモニタリングの実施により、変化を早期に検知します。<br>③モニタリング状況を踏まえた対応<br>・モニタリングの状況を踏まえ、湧水低減対策等、適宜、専門家等のご助言に基づいた対応をとります。<br>・中下流域の地下水位が、これまで計測された範囲を下回った場合やこれまで見られなかった変動の傾向を示した場合には、速やかに静岡県や利水者等に連絡するとともに、モニタリングを実施している河川流量や地下水位のほか、トンネル湧水のポンプアップの状況、中下流域での地下水のご利用状況等を確認し、その要因について、専門家等にご助言を頂きながら確認します。その結果は静岡県や利水者等に報告します。<br>・工事が要因の可能性があると確認された場合は専門家等のご助言に基づき、更なる湧水低減対策等を実施します。<br>・水資源利用に影響を及ぼした場合には、関係する方々と協議し、必要な措置を講じてまいります。   |                            |
| 2      |       | 地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。 | 3   | 3          | 9       | (4)に記載の重要度の高いリスクの管理を実施します。  |                            |
| 3      |       | 地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。 | 3   | 3          | 9       | 突発湧水が発生した場合には、瞬間的な湧水量を管理することは困難です。突発湧水発生時の対応については(4)にて詳述します。  |                            |
| 4      | a     | 地質  | 3   | 2          | 6       | <モニタリングの実施とその結果に基づく対応><br>①モニタリング体制の構築<br>・掘削開始前に、モニタリング方法や結果の評価について専門家等にご助言頂くための仕組みを整えます。<br>②適切なモニタリングの実施<br>・適切なモニタリングの実施により、変化を早期に検知します。<br>③モニタリング状況を踏まえた対応<br>・モニタリングの状況を踏まえ、湧水低減対策等、適宜、専門家等のご助言に基づいた対応をとります。<br>・榎島下流において、河川流量への影響 <sup>※1</sup> が確認された場合や、中下流域の地下水位がこれまで計測された範囲を下回った場合やこれまで見られなかった変動の傾向を示した場合には、速やかに静岡県や利水者等に連絡するとともに、モニタリングを実施している河川流量や地下水位のほか、トンネル湧水のポンプアップの状況、中下流域での地下水のご利用状況等を確認し、その要因について、専門家等にご助言を頂きながら確認します。その結果は静岡県や利水者等に報告します。<br>・工事が要因の可能性があると確認された場合は専門家等のご助言に基づき、更なる湧水低減対策等を実施します。<br>・水資源利用に影響を及ぼした場合には、関係する方々と協議し、必要な措置を講じてまいります。<br><長野県側へ流出したトンネル湧水を静岡県側へ流す取組み><br>・長野県側へ流出するトンネル湧水を代替する措置として、山梨県側と同様に、先進坑貫通後に長野県内で発生するトンネル湧水を、県外流出量と同量、渇水期等に静岡県側へ流す等の対応について、今後、関係者と相談することも考えています。 |                            |
| 5      |       | 地質の差異により湧水発生に伴う河川流量の時間的な変動が想定と異なる場合、トンネル湧水を大井川へ返水しても一時的に河川流量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。               | 2   | 3          | 6       | (リスクNo.4 <モニタリングの実施とその結果に基づく対応>と同様)   |                            |
| 6      | b     | 地震<br>気候  | 降水量の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、県外流出期間においては県外流出量と大井川への返水量のバランスが変化し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。  | 3          | 3       | 9   | (4)に記載の重要度の高いリスクの管理を実施します。 |
| 7      |       |   | 地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。   | 3          | 3       | 9   | (4)に記載の重要度の高いリスクの管理を実施します。 |
| 8      |       |   | 地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。   | 3          | 2       | 6   | (リスクNo.4と同様)               |
| 9      |       |   | 地震、豪雨等の大規模災害による停電によりポンプ等が停止した場合、大井川への返水量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。   | 2          | 1       | 2   | 予備電源を確保しておくことで、リスクを回避します。  |
| 10     | c     | 設備  | ポンプが故障した場合、大井川への返水量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。  | 2          | 1       | 2   | 予備設備へ切り替えることで、リスクを回避します。   |
| 11     | d     | 施工  | 施工上のトラブル発生により工程が遅れたり、地質等が設計上想定したものと異なった場合、工事の安全を確保するために工程を変更したりすることがあります。その結果、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。 | 3          | 3       | 9   | (4)に記載の重要度の高いリスクの管理を実施します。 |
| 12     |       |   | 施工上のトラブル発生により工程が遅れたり、地質等が設計上想定したものと異なった場合、工事の安全を確保するために工程を変更したりすることがあります。その結果、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。       | 3          | 2       | 6   | (リスクNo.4と同様)               |

※1：掘削開始前までに、モニタリング方法や結果の評価について専門家等にご助言頂くための仕組みを整え、静岡県等へ相談の上、決定して参ります。

表 7.2 リスクと基本的な対応の整理表（水質）

○水質（河川水、地下水）へ影響を与えるリスクについて

| リスク No | リスク要因  | リスク   | リスクの評価  |            |         | リスクへの基本的な対応  |
|--------|--------|---|---------|------------|---------|--|
|        |        |   | 影響度 (A) | 管理の困難さ (B) | 重要度 (C) |  |
| 13     | a 地質   | 地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。             | 3       | 3          | 9       | (4)に記載の重要度の高いリスクの管理を実施します。   |
| 14     |        | 地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。 | 3       | 3          | 9       | 突発湧水が発生した場合には、瞬間的な湧水量を管理することは困難です。突発湧水発生時の対応については(4)にて詳述します。   |
| 15     | b 地震気候 | 地震、豪雨等の大規模災害による停電により、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）等が停止した場合、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。                | 3       | 1          | 3       | 予備電源を確保しておくことで、リスクを回避します。  |
| 16     |        | 地震、豪雨等により発生土置き場（遮水型を含む）の崩壊が発生した場合、河川への土砂の流入（河道閉塞含む）が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。                                    | 3       | 2          | 6       | <p>①設備状況の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>定期的に盛土や排水設備、沈砂池等の状況を確認するとともに、地震や豪雨等が発生した場合には、現地に常駐する工事管理者等が盛土や排水設備等の状況を速やかに確認します。</li> </ul> <p>②設備状況を踏まえた対応（応急対策の実施）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>点検の結果、崩壊を確認した際には、速やかに静岡県、利水者等に報告し、応急対策を実施します。</li> <li>また、発生土置き場の下流の地点で水質等の測定箇所を追加し、濁水による影響を確認します。</li> </ul> <p>（更なる対策の実施）</p> <p>河川の他の部分における濁りが時間とともに解消していく中で、当該地点及びその下流について濁りが解消されない場合や、遮水型の発生土置き場で下流の地点における自然由来の重金属等の濃度が低下しない場合には、原因となる底泥の除去等の対応方針を策定し、静岡県や利水者等にご相談のうえで底泥の除去等を実施します。</p> |
| 17     | c      | 処理設備（濁水、自然由来の重金属等）等が故障した場合、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。                                     | 3       | 1          | 3       | 予備設備へ切り替えることで、リスクを回避します。   |
| 18     | d 施工   | 遮水シートの損傷等、対策土置き場の管理不備が発生した場合、自然由来重金属等を含んだ雨水等の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。                                    | 3       | 2          | 6       | <p>①設備状況の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>定期的に設備の状況を確認します。</li> <li>施工中、施工完了後も地震や豪雨等が発生した場合には、現地に常駐する工事管理者等が設備の状況を速やかに確認します。</li> <li>河川に放流する排水のモニタリングにより、影響を早期に検知します。</li> </ul> <p>②設備状況を踏まえた対応（応急対策の実施）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>点検の結果、設備の損傷等を確認した際には、速やかに静岡県、利水者等に報告し、応急対策を実施します。</li> <li>また、対策土置き場の下流の地点で水質等の測定箇所を追加し、影響を確認します。</li> </ul> <p>（更なる対策の実施）</p> <p>時間が経過しても、水質の測定箇所における自然由来の重金属等の濃度が低下しない場合には、原因となる底泥の除去等の対応方針を策定し、静岡県や利水者等にご相談のうえで底泥の除去等を実施します。</p>               |

## ア. 水量（河川水、地下水）に関するリスクと基本的な対応

### リスク No. 1

地質の差異により、トンネル湧水や上流域からの地下水の流れが想定と異なる場合、地下水位低下範囲の<sup>さわらじま</sup>榎島下流側への拡大が発生する可能性があります。

（リスクへの対応）

#### ① モニタリング体制の構築

- ・トンネル掘削開始前に、モニタリング方法や結果の評価について、専門家等にご助言を頂くための仕組みを整えます。

#### ② 適切なモニタリングの実施

- ・適切なモニタリングを実施することにより、変化を早期に検知します。
- ・現時点で想定しているモニタリング方法は、<sup>さわらじま</sup>榎島付近の観測井、<sup>さわらじま</sup>榎島より下流の井川西山平地区の観測井の地下水位の常時計測です。
- ・下流域の地下水位については、静岡県等が常時計測している井戸のデータを工事前のバックグラウンドデータとして整理し、計測値を確認します。
- ・<sup>さわらじま</sup>榎島付近の観測井において、地下水位の大きな変動が見られた場合には、想定していた地下水位の影響範囲より広い範囲に影響が及んでいる可能性があるため、井川西山平地区<sup>にしやまだいら</sup>の観測井の地下水位の変動状況を確認しながら、<sup>さわらじま</sup>榎島より下流側の発生土置き場候補地に新たに観測井を設置するなど、地下水位への影響がどのあたりまで及んでいるのか、より詳細に確認します。

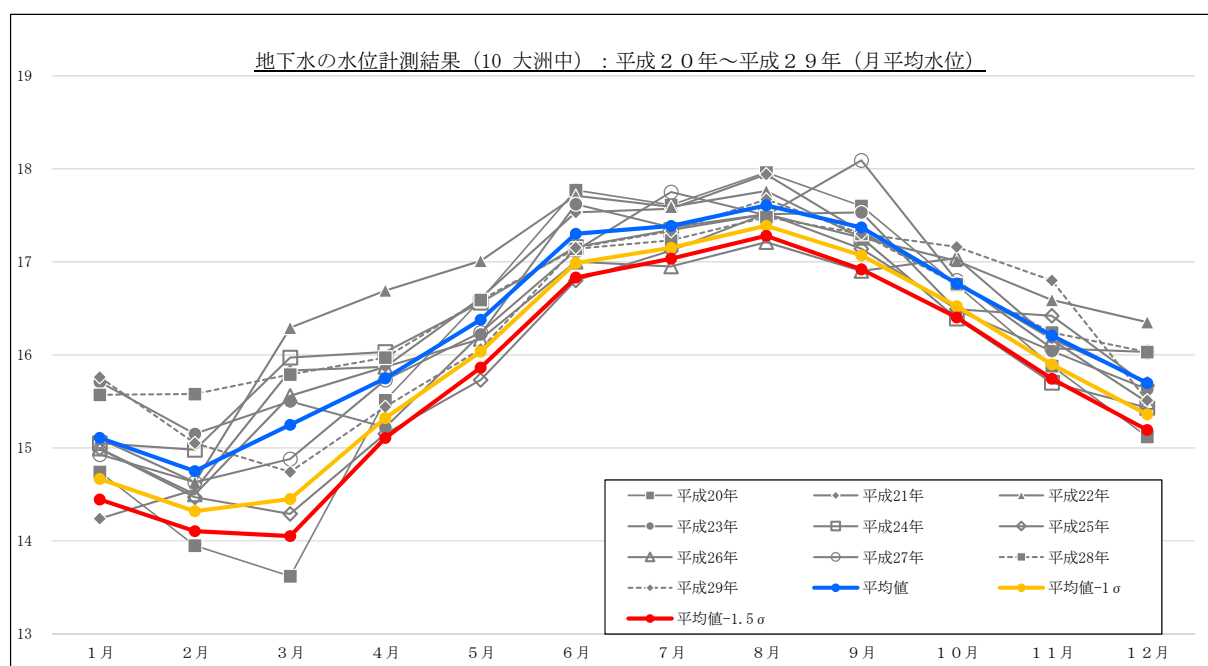
#### ③ モニタリング状況を踏まえた対応

- ・モニタリングの状況を踏まえ、湧水低減対策等、適宜、専門家等のご助言に基づいた対応をとっていきます。
- ・下流域の地下水位が、これまで計測された範囲を下回った場合やこれまで見られなかった変動の傾向を示した場合には、速やかに静岡県や利水者等に連絡します。

<下流域の地下水位の計測データの判定例>

- ・各年度の計測結果を重ね合わせたグラフに計測値をプロットし、降水量の違い等を考慮しながら判定を行います。

- ・地下水位の計測データは、図 7.5 にお示しするとおり、年間の変動を考慮して、各月の地下水位の平均値（図中の青色線）からの標準偏差（ $1\sigma$ ：図中の橙色線、 $1.5\sigma$ ：図中の赤色線）など統計的な処理を行い、管理レベルを段階的に設定し、その段階に応じて対応を行っていきます。
- ・異常な変化を検知した場合には、計測異常がないか確認するとともに、降水量、付近での揚水量、近傍の箇所における計測結果等とともに、専門家・静岡県等に速報して、総合的な見地から異常なものかをご確認頂くことを考えています。



※平成20年、平成25年、平成28年、平成29年には、渇水による取水制限が発生しているが、流域の地下水利用に影響が生じていないことを確認済

**図 7.5 下流域の地下水位の計測データの判定例**

- ・モニタリングを実施している河川流量や地下水位のほか、トンネル湧水のポンプアップの状況、下流域での地下水のご利用の状況等を確認し、その要因について、「8. モニタリングの計画と管理体制（4）モニタリングの管理体制」に記載した体制の中で、学識経験者等の専門家にご助言を頂き確認します。その結果は静岡県や利水者等に報告します。
- ・工事が要因の可能性があると確認された場合は専門家等のご助言に基づき、更なる湧水低減対策等を実施します。
- ・また、これに伴って水資源利用に影響を及ぼした場合には、関係する方々と協議し、必要な措置を講じてまいります。

## リスク No. 2

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

（リスクへの対応）

### ＜山梨県側へのトンネル湧水の流出に伴う水資源利用への影響について＞

- ・「4. 工事着手前段階における取組み （6）山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応」に記載したとおり、工事の一定期間にトンネル湧水が山梨県側へ流出した場合でも、J R 東海モデル及び静岡市モデルによる予測の結果、静岡工区での地下水貯留の減少分を含むトンネル湧水量を、導水路トンネル等により河川に流すことで、トンネル掘削中、掘削完了後においてもさわらじま 榎島下流側の河川流量は維持されることを確認しています。しかしながら、予測は不確実性を伴う前提に基づいていることから、リスク要因を評価・検討のうえで、重点的なリスク管理を実施することとしました。

### ＜山梨県側へのトンネル湧水の流出を抑えたトンネル掘削工法について＞

- ・山梨県境付近の断層帯の掘削に際しては、突発湧水が発生する可能性があります。工事の安全確保の観点からは、山梨県側から上り勾配で掘削することが一般的です。
- ・この場合、工事の一定期間、山梨県側へトンネル湧水が流出することになりますが、静岡県側から下り勾配で掘削すれば、トンネル湧水は山梨県側へ流出しないため、水資源利用への影響の観点からは、リスクを回避することが可能です。
- ・そこで、このリスクを回避するため、静岡県側から下り勾配で掘削する工法を検討しました。
- ・検討の結果、いずれの工法も技術的な実現可能性や安全性、経済性、環境負荷の観点でそれぞれ課題があります。（4. 工事着手前段階における取組み （6）山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応 参照）
- ・次に、県境付近の断層帯を山梨県側から上り勾配で掘削するものの、山梨

県側へ流出するトンネル湧水を、時間差なく静岡県側へ戻す方策について検討しました。

- ・検討の結果、いずれの方策も技術的な課題や新たな自然改変を伴います（別冊「8、工事期間中のトンネル湧水を静岡県側に戻す等の対策の検討」参照）。
- ・以上の通り、リスクを回避する工法や方策をとることが困難であることから、現場周辺での変化（トンネル湧水量や河川への影響）に着目したリスク管理の参考値を設定し、影響発生までの各段階に応じた対応をとることでリスクを管理していきます。
- ・リスク管理の詳細は、後述する（4）重要度の高いリスクへの対応にて詳述します。
- ・なお、山梨県側へ流出するトンネル湧水量を極力低減するため、静岡県側から掘削を進める先進坑から、県境付近の断層帯に向けて高速長尺先進ボーリングを行い、ボーリングの口元から湧出する県境付近の断層帯の地下水をポンプアップして大井川へ流すことを計画します（図 7.6）。

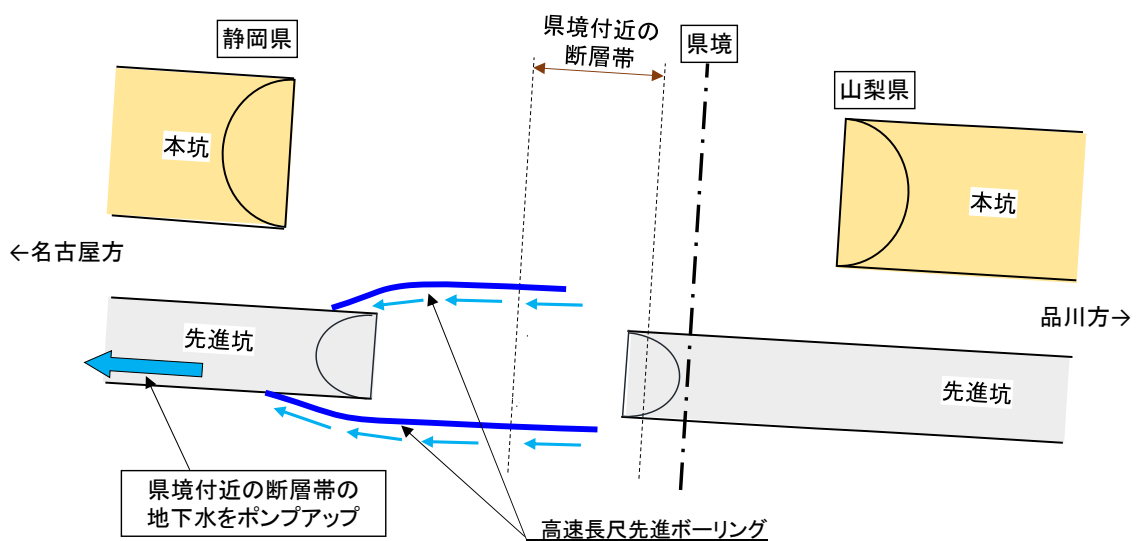


図 7.6 県境付近の断層帯の地下水をポンプアップする方法（イメージ）

### ＜山梨県側へ流出したトンネル湧水を静岡県側へ流す取組み＞

- ・工事の安全確保の観点からは、山梨県境付近の断層帯を山梨県側から上り勾配で掘削することに伴い、工事の一定期間は、山梨県側へトンネル湧水が流出することになりますが、トンネル湧水の全量を品川へ流すための検討も、引き続き行います。

- 例えば、上記の静岡県側先進坑からのポンプアップを実施するとともに、山梨県側へ流出するトンネル湧水を代替する措置として、先進坑貫通後に山梨県内で発生するトンネル湧水を、県外流出量と同量、渇水期等に静岡県側へ流す（図 7.7）等の対応について、今後、関係者と相談することも考えています。

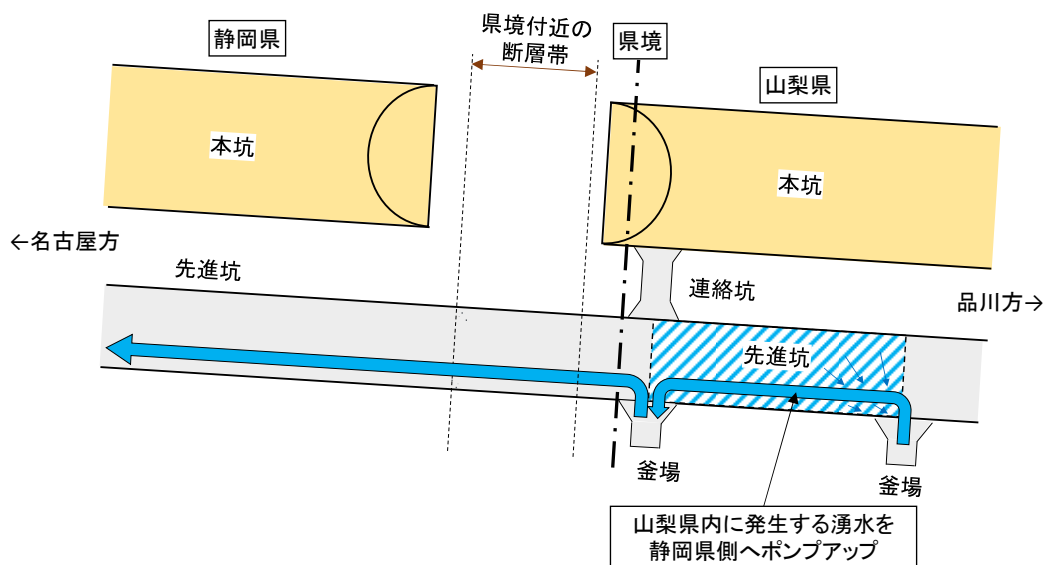


図 7.7 山梨県内で発生するトンネル湧水を静岡県側へポンプアップする方法（イメージ）

- この検討案については、先進坑貫通後に山梨県内で発生するトンネル湧水を、釜場を中継しながら順次ポンプアップすることで、県外に流出した量と同量の水を、時間をかけて静岡県側へ戻す検討案です。
- 予め県外流出量の総量を溜めておくことのできる巨大な貯水施設を用意し、県境付近断層帯を掘削する際に生じる静岡県内のトンネル湧水を溜め、先進坑貫通後その貯水施設から静岡県側へ戻すことを想定したものではありません。
- なお、現在掘削中の山梨工区では1 kmあたり約0.45 m<sup>3</sup>/分（＝約0.008 m<sup>3</sup>/秒）※、1年間に換算すると約24万m<sup>3</sup>/年のトンネル湧水が実績として湧出しています。

※山梨工区における斜坑、本坑、先進坑等の実績湧水量の合計を掘削延長で除した数値（令和3年3月時点）

<（参考）水収支解析における掘削完了後恒常時の山梨県内の湧水量予測値>

J R東海モデル：1 kmあたり約1.7 m<sup>3</sup>/分

静岡市モデル：1 kmあたり約0.9 m<sup>3</sup>/分



- ・今後、山梨工区の掘削の進捗に伴い、湧水の状況は変化していくと考えられますが、どの程度の対象と、どの位の時間を掛けて戻していくかについて、検討を**行**って**い**きます。
- ・山梨県内で発生する湧水を大井川に流す際においても、「4. 工事着手前段階における取組み (5) トンネル湧水を大井川に流すための施設計画 2) トンネル湧水等の水質・水温の管理」に記載した内容に基づいて、水質の管理を進めて**い**きます。

### リスク No. 3

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

- ・突発湧水が発生した場合には、瞬間的な湧水量を管理することは困難です。
- ・突発湧水発生時の対応については（4）にて詳述します。

### リスク No. 4

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

#### <モニタリングの実施とその結果に基づく対応>

##### ① モニタリング体制の構築

- ・トンネル掘削開始前に、モニタリング方法や結果の評価について、専門家等にご助言を頂くための仕組みを整えます。

##### ② 適切なモニタリングの実施

- ・適切なモニタリングを実施することにより、変化を早期に検知します。
- ・予め西俣、千石、<sup>さわらじま</sup>榎島の各ヤードに観測箇所を設置して降水量等の計測を行います。気候変動による降水の傾向についても最新の知見を確認し、関係者と協力して長期的に対応して**い**きます。

- ・河川流量について現時点で想定しているモニタリング方法は次の通りです。
- ・まず、工事前から西俣川、大井川（東俣）、<sup>さわらじま</sup>榎島下流地点を含む大井川本流の各地点における流量を計測します。
- ・計測した結果から、トンネル掘削前の段階のバックグラウンドデータを整理し、河川流量について降水量等の季節変動の状況との関連を把握します。
- ・掘削中は、<sup>さわらじま</sup>榎島下流における河川流量の計測結果について、降水量や各トンネルの湧水量の変動と対比し、トンネル掘削による河川流量への影響を確認します。
- ・流量の計測結果については、平年値や過去の渇水時の年間データと併記するなど、状況をわかりやすくご確認頂ける形にして、お示しします。
- ・地下水位について現時点で想定しているモニタリング方法は、<sup>さわらじま</sup>榎島付近の<sup>さわらじま</sup>観測井、<sup>にしやまだいら</sup>榎島より下流の井川西山平地区の<sup>にしやまだいら</sup>観測井の地下水位の常時計測です。
- ・また、下流域の地下水位については、静岡県等が常時計測している井戸のデータを工事前のバックグラウンドデータとして整理し、計測値を確認します。
- ・<sup>さわらじま</sup>榎島付近の観測井において、地下水位の大きな変動が見られた場合には、想定していた地下水位の影響範囲より広い範囲に影響が及んでいる可能性があるため、<sup>にしやまだいら</sup>井川西山平地区の観測井の地下水位の変動状況を確認しながら、<sup>さわらじま</sup>榎島より下流側の発生土置き場候補地に新たに観測井を設置するなど、地下水位への影響がどのあたりまで及んでいるのか、より詳細に確認します。

### ③ モニタリング状況を踏まえた対応

- ・モニタリングの状況を踏まえ、湧水低減対策等、適宜、専門家等のご助言に基づいた対応をとっていきます。
- ・河川流量への影響の大きいトンネルが特定される場合には、当該トンネルにおいて、薬液注入等、更なる補助工法等を実施します。
- ・<sup>さわらじま</sup>榎島下流において、河川流量への影響が確認された場合や、下流域の地下水位が、**図 7.5**の例に示すように、これまで計測された範囲を下回った場合やこれまで見られなかった変動の傾向を示した場合には、速やかに静岡県や利水者等に連絡します。
- ・モニタリングを実施している河川流量や地下水位のほか、トンネル湧水の

ポンプアップの状況、下流域での地下水のご利用の状況等を確認し、その要因について、専門家等にご助言を頂きながら確認します。その結果は静岡県や利水者等に報告します。

- ・工事が要因の可能性があると確認された場合は専門家等のご助言に基づき、更なる湧水低減対策等を実施します。
- ・また、これに伴って水資源利用に影響を及ぼした場合には、関係する方々と協議し、必要な措置を講じてまいります。

### <長野県側へ流出したトンネル湧水を静岡県側へ流す取組み>

- ・長野県側へ流出するトンネル湧水を代替する措置として、山梨県側と同様に、先進坑貫通後に長野県内で発生するトンネル湧水を、県外流出量と同量、渇水期等に静岡県側へ流す等の対応について、今後、関係者と相談することも考えています。
- ・なお、現在掘削中の長野工区では1 kmあたり約0.42 m<sup>3</sup>/分（=約0.007 m<sup>3</sup>/秒）※、1年間に換算すると約22万m<sup>3</sup>/年のトンネル湧水が実績として湧出しています。

※長野工区における斜坑、本坑、先進坑等の実績湧水量の合計を掘削延長で除した数値（令和3年3月時点）

### <（参考）水収支解析における掘削完了後恒常時の長野県内の湧水量予測値>

J R 東海モデル：1 kmあたり約2.1 m<sup>3</sup>/分

静岡市モデル：1 kmあたり約0.9 m<sup>3</sup>/分

- ・今後、長野工区の掘削の進捗に伴い、湧水の状況は変化していくと考えられますが、実際にどの程度の区間で湧出する湧水を対象として、どの位の時間を掛けて戻していくかについて、検討を進めていきます。
- ・長野県内で発生する湧水を大井川に流す際においても、「4. 工事着手前段階における取組み（5）トンネル湧水を大井川に流すための施設計画2）トンネル湧水等の水質・水温の管理」に記載した内容に基づいて、水質の管理を進めていきます。

#### リスク No. 5

地質の差異により湧水発生に伴う河川流量の時間的な変動が想定と異なる場合、トンネル湧水を大井川へ返水しても、一時的に河川流量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### (リスクへの対応)

- ・リスク No. 4 <モニタリングの実施とその結果に基づく対応>と同様の対応をとります。

#### リスク No. 6

降水量の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、県外流出期間においては県外流出量と大井川への返水量のバランスが変化し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### (リスクへの対応)

- ・リスク No. 2 同様、後述する（４）重要度の高いリスクへの対応にて詳述します。

#### リスク No. 7

地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### (リスクへの対応)

- ・リスク No. 2 同様、後述する（４）重要度の高いリスクへの対応にて詳述します。

#### リスク No. 8

地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

- ・工事の一定期間にトンネル湧水が長野県側へ流出する影響については、山梨県境付近の断層帯と状況は異なりますが、「4. 工事着手前段階における取組み（8）長野県境付近におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応」に記載したとおり対応していきます。
- ・リスクへの対応についても、リスク No. 4 と同様に実施していきます。

#### リスク No. 9

地震、豪雨等の大規模災害による停電によりポンプ等が停止した場合、大井川への返水量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

- ・予め予備電源を確保しておくことで、リスクを回避します。
- ・具体的には「4. 工事着手前段階における取組み（5）トンネル湧水を大井川に流すための施設計画」に記載の通り、工事中に停電した場合は、10分以内に予備電源（非常用発電機）の電源に切り替わります。
- ・非常用発電機の燃料については、一定期間の必要量を工事施工ヤード付近に貯留することとし、停電期間が長期化する場合には陸送やヘリコプター輸送により運搬するよう事前に計画します。
- ・工事完了後に停電した場合は、10分以内にバックアップの電源に切り替わります（「4. 工事着手前段階における取組み（5）トンネル湧水を大井川に流すための施設計画」参照）。
- ・工事完了後は、列車運行用に使用するJR東海の変電所からポンプに電力を安定的に供給します。変電所の受電は二重系であり停電が起きにくいようになっています。万が一、変電所が停電になった場合でも、隣の変電所から電力を供給することができます。

#### リスク No. 10

ポンプが故障した場合、大井川への返水量が減少し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### (リスクへの対応)

- ・ 予め予備の設備を用意しておくことで、リスクを回避します。
- ・ 具体的には「4. 工事着手前段階における取組み (5) トンネル湧水は大井川に流すための施設計画」に記載の通り、全ての釜場に予備のポンプを1台配備しており、設備が故障した場合、予備のポンプに切り替えることで対応します。

#### リスク No. 11

施工上のトラブル発生により工程が遅れたり、地質等が設計上想定したものと異なった場合、工事の安全を確保するために工程を変更したりすることがあります。その結果、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### (リスクへの対応)

- ・ リスク No. 2 同様、後述する (4) 重要度の高いリスクへの対応にて詳述します。

#### リスク No. 12

施工上のトラブル発生により工程が遅れたり、地質等が設計上想定したものと異なった場合、工事の安全を確保するために工程を変更したりすることがあります。その結果、長野県境付近の掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。

#### (リスクへの対応)

- ・ リスク No. 4 と同様の対応をとります。

## イ. 水質（河川水、地下水）に関するリスクと基本的な対応

### リスク No. 13

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

- ・現場周辺での変化（トンネル湧水量や河川への影響）に着目したリスク管理の参考値を設定し、影響発生までの各段階に応じた対応をとることでリスクを管理していきます。
- ・リスク管理の詳細は、後述する（4）重要度の高いリスクへの対応にて詳述します。

### リスク No. 14

トンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

- ・突発湧水が発生した場合には、瞬間的な湧水量を管理することは困難です。
- ・突発湧水発生時の対応については（4）にて詳述します。

### リスク No. 15

地震、豪雨等の大規模災害による停電により、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）が停止した場合、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。

#### （リスクへの対応）

- ・予め予備電源を確保しておくことで、リスクを回避します。（詳細はリスク No. 9 の通り）

## リスク No. 16

地震、豪雨等により発生土置き場（遮水型を含む）の崩壊が発生した場合、河川への土砂の流入（河道閉塞含む）が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。

（リスクへの対応）

### ① 設備状況の確認

- ・定期的に盛土や排水設備等の状況を確認するとともに、地震や豪雨等が発生した場合には、現地に常駐する工事管理者等が盛土や排水設備等の状況を速やかに確認します。

### ② 設備状況を踏まえた対応

（応急対策の実施）

- ・点検の結果、崩壊を確認した際には、速やかに静岡県、利水者等に報告し、崩壊土砂の撤去、のり面保護等の応急対策を実施します。
- ・また、発生土置き場の下流の地点で水質等の調査箇所を追加し、濁水による影響を確認します。

（更なる対策の実施）

- ・河川の他の部分における濁りが時間とともに解消していく中で、当該地点及びその下流について濁りが解消されない場合や、遮水型の発生土置き場で下流の地点における自然由来の重金属等の濃度が低下しない場合には、原因となる底泥の除去等の対応方針を策定し、静岡県や利水者等にご相談のうえで底泥の除去等を実施します。

## リスク No. 17

処理設備（濁水、自然由来の重金属等）等が故障した場合、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。

（リスクへの対応）

- ・予め予備の設備を用意しておくことで、リスクを回避します。
- ・設備が故障した場合、予備の処理設備（濁水、自然由来の重金属等）等に切り替えることで対応します。



## リスク No. 18

遮水シートの損傷等、対策土置き場の管理不備が発生した場合、自然由来重金属等を含んだ雨水等の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。

### (リスクへの対応)

- ・トンネル掘削に伴う発生土については、含まれる自然由来重金属等の確認を1日1回の頻度で行い、対策土は、発生土置き場（遮水型）において活用します。対策土置き場において、リスクを回避・低減するために以下の対応を行います。

### ① 設備状況の確認

- ・定期的に設備の状況を確認します。
- ・施工中、施工完了後も地震や豪雨等が発生した場合には、現地に常駐する工事管理者等が設備の状況を速やかに確認します。
- ・河川に放流する排水のモニタリングにより、変化を早期に検知します。

### ② 設備状況を踏まえた対応

#### (応急対策の実施)

- ・点検の結果、設備の損傷等を確認した際には、対策土の受入れを一時中断し、速やかに静岡県、利水者等に報告し、損傷箇所の復旧等、応急対策を実施します。
- ・また、対策土置き場の下流の地点で水質等の調査箇所を追加し、影響を確認します。

#### (更なる対策の実施)

- ・時間が経過しても、自然由来の重金属等の濃度が低下しない場合には、原因となる底泥の除去等の対応方針を策定し、静岡県や利水者等にご相談のうえで底泥の除去等を実施します。

#### (4) 重要度の高いリスクへの対応

- ・リスクの重要度の評価の結果、特に重要度が高いリスクについては、「8. モニタリングの計画と管理体制」に記載のモニタリングの実施に加え、次の通り、リスク管理を実施します。
- ・重要度の高いリスクに対しては、現場周辺での変化（トンネル湧水量や河川への影響）に着目したリスク管理の参考値を2段階で設定し、平常時、影響発生兆候段階、影響発生可能性段階といった影響発生までの各段階に応じた対応をとることでリスクを管理していきます（図 7.8）。
- ・影響発生兆候を捉えるための参考値を「参考値①」、影響発生可能性を捉えるための参考値を「参考値②」とします。
- ・一方、突発湧水発生時には瞬間的なトンネル湧水量を管理することが困難であり、影響発生兆候を捉えることが困難です（図 7.9）。
- ・突発湧水発生時には、突発湧水発生後の対応をご説明いたします。

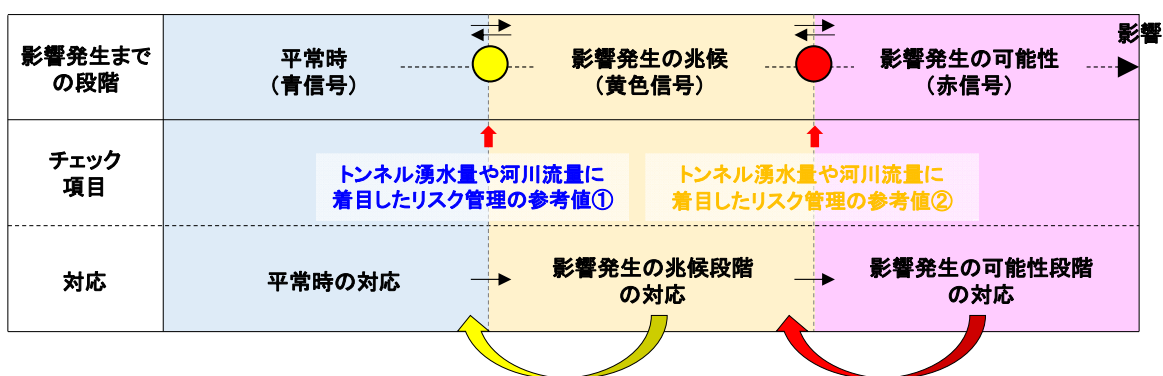


図 7.8 重要度の高いリスクへの対応（イメージ）

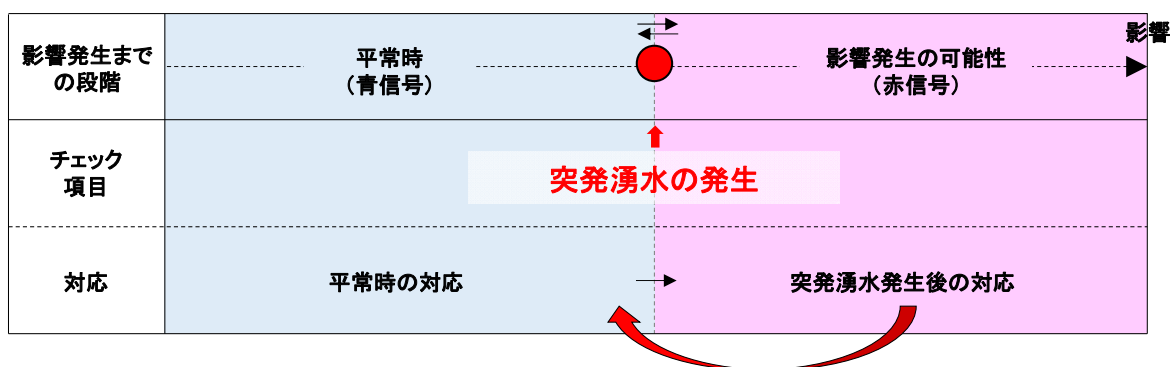


図 7.9 突発湧水発生時の対応（イメージ）

## 1) 水量（河川水、地下水）に関する重要度の高いリスクの管理

- ・中下流域の河川、地下水の水量に関して、重要度の高いリスクは以下の通りです。

### リスク No. 2

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。【再掲】

### リスク No. 6

降水量の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、県外流出期間においては県外流出量と大井川への返水量のバランスが変化し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。【再掲】

### リスク No. 7

地震、豪雨等の大規模災害により工事の遅れが発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。【再掲】

### リスク No. 11

施工上のトラブル発生により工程が遅れたり、地質等が設計上想定したものと異なった場合、工事の安全を確保するために工程を変更したりすることがあります。その結果、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加、大井川への返水量の減少が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。【再掲】

- ・これらのリスクに対するリスク管理の概要を図 7.12 に示します。

### <リスク管理の参考値>

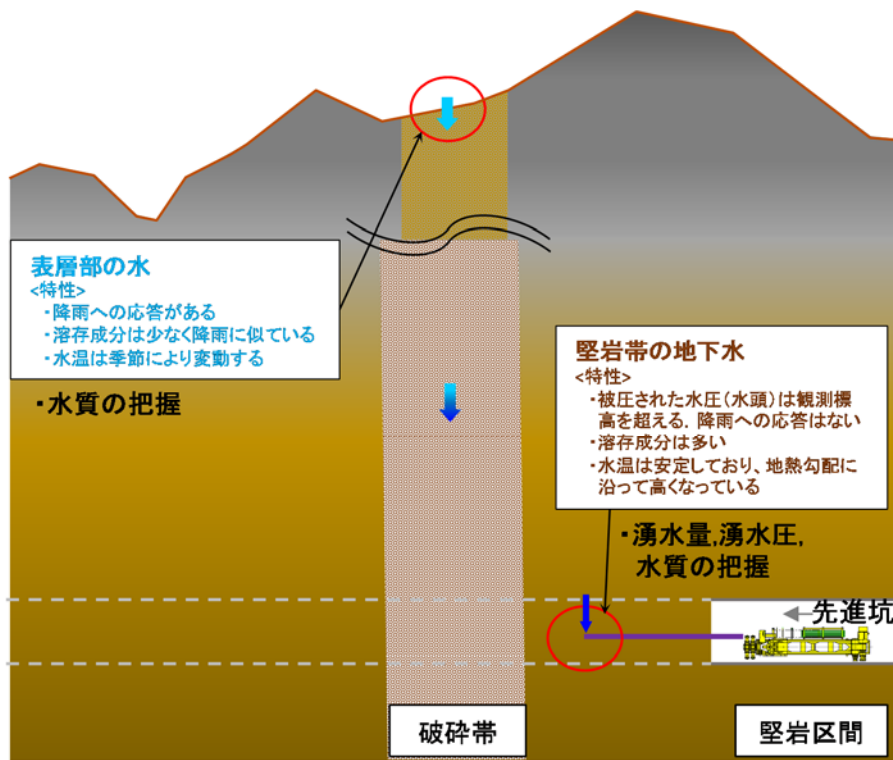
- ・リスク管理の参考値としては、現時点では静岡市モデルの解析（山梨工区で静岡市モデルの解析値を超えること、又は静岡工区で静岡市モデルの解析値を下回ること）等が考えられますが、掘削開始前までに、モニタリン

グ方法や結果の評価について専門家等にご助言を頂くための仕組みを整え、静岡県等へ相談のうえ、決定してまいります。

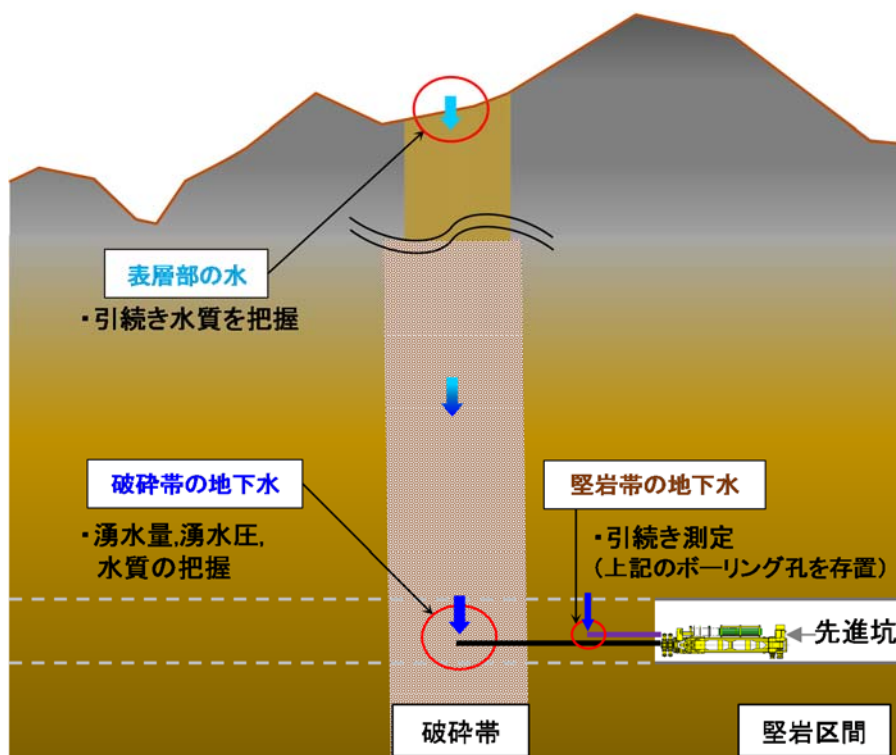
- ・また、掘削開始前に決定した参考値についても、掘削が進捗し県境付近の断層帯の状況や静岡工区のトンネル湧水量が判明した段階で再度見直すこととします。

### ＜平常時の対応＞

- ・リスク管理の参考値①の見直しを含め、山梨工区が県境を越える前の段階で、高速長尺先進ボーリングの結果等に基づき、それ以降の掘削計画（掘削速度、薬液注入の計画等）を策定します。（県境付近の地質図は、「4. 工事着手前段階における取組み（6）山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応」図4. 5 3、図4. 5 4 参照）
- ・高速長尺先進ボーリング等により、破砕帯の位置や規模を把握する一方、図 7. 1 0 に示すとおり、以下の項目について把握します。
  - －ボーリングの口元におけるトンネル湧水量（堅岩部、破砕帯）
  - －ボーリングの口元における湧水圧（堅岩部、破砕帯）
  - －トンネル湧水の水温（堅岩部、破砕帯）
  - －ボーリングで採取できる前方の湧水を用いた化学的な成分分析（溶存イオンの分析、年代測定等）（堅岩部、破砕帯、表層部）



(表層部及び堅岩部)



(破碎帯部)

図 7.10 高速長尺先進ボーリング等による調査項目

- ・その後、これらの調査項目についてトンネル掘削中の変化を把握できるよう、ボーリング孔等を利用した計測システムを構築します。
  - ・先進坑の掘削中、上記の計測システムを用いて堅岩部、破碎帯、それぞれのトンネル湧水について水圧、水量、水温、化学的な成分の変化を把握するとともに、切羽からのトンネル湧水についても、同様の変化を把握します。
- ・これらの計測結果については、以下の観点から考察を行い、図 7.11 に示すとおり、破碎帯に含まれる地下水の起源について推定します。
- ①破碎帯付近の堅岩部の地下水のみを引き込んでいる場合は、時間が経過しても湧水の水質や水温は余り変化せず、一方で湧水の量は破碎帯、堅岩部ともに時間とともに減少すると考えられます。
  - ②破碎帯の地下水が表層部の水と連続して表層部の水を引き込んでいる場合には、時間の経過に伴い水質や水温が変化する一方で、湧水の量は大きく減少しないと考えられます。
- ・なお、上記の①、②の結果が明瞭に区分できない場合やこれらと異なる結果が生じる場合には、学識経験者等の専門家のご見解を得て慎重に判断していきます。

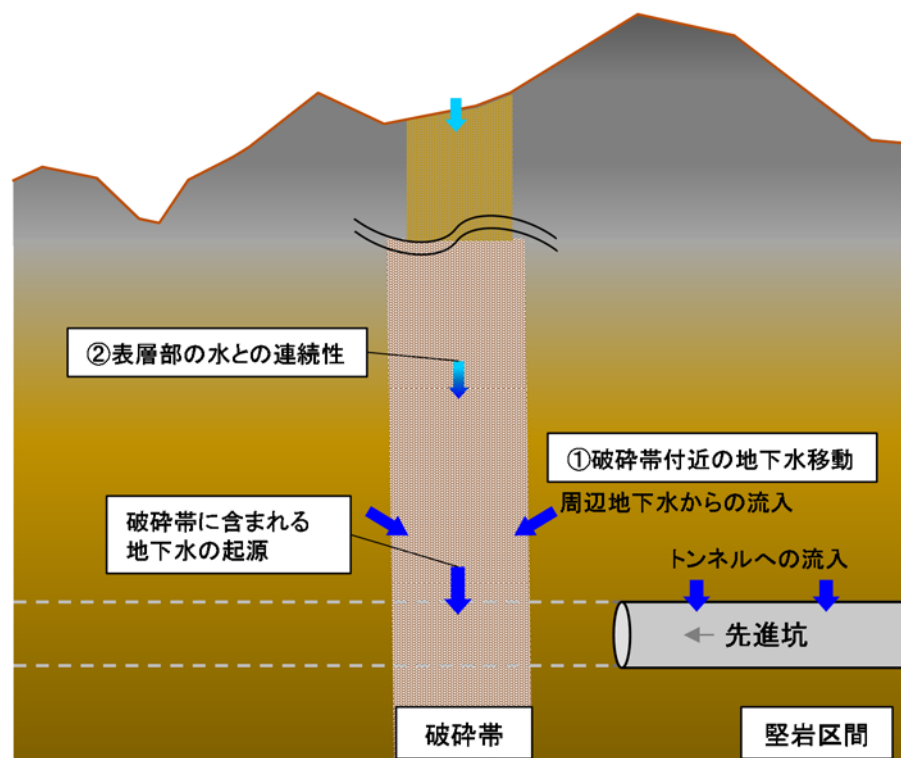


図 7.11 破碎帯に含まれる地下水の起源の推定（イメージ）

- ・山梨工区では、切羽が破砕帯に近づいた時には予め薬液注入等の補助工法を実施してトンネル湧水量を減少させることとしていますが、判断の結果、破砕帯付近の地下水が表層部の水と連続していると想定された場合には、薬液注入等の実施内容に反映します。薬液注入については、地質や湧水の状況により計画した通りの効果が得られないリスクがあることから、実施後の効果を確認しながら施工を進めます。（別冊「11、薬液注入工について（2）山岳トンネルにおける薬液注入工」参照）
- ・また、湧水量や湧水の時間経過による変化等を推定し、計測を行いながら慎重に掘削を進めます。
- ・切羽が破砕帯に到達した際にも、湧水の変化の状況を把握します。上記の①②の観点から考察を行い、推定と比較してより多くの湧水量が想定される場合などは、それ以降に実施する薬液注入の実施内容の見直し等を図っていきます。
- ・また、県外流出量を極力減少させるため、静岡県側の地上や坑内から県境付近の断層帯に向けノンコアボーリングを実施し、トンネル付近の地下水を揚水します。（「4. 工事着手前段階の取組み（6）山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応」参照）
- ・千石斜坑から掘削する先進坑の工程が遅れる場合には、千石斜坑の途中と県境付近の断層帯の端部との間での揚水機能の確保や山梨工区の掘削速度の調整の検討等を行います。
- ・山梨工区における県外流出量は、常に計測しておきます。

#### <影響発生の兆候段階の対応>

- ・トンネル湧水が、リスク管理の参考値①と適合しない場合、掘削を一時中断し、静岡県、利水者等に連絡いたします。
- ・化学的な成分分析の結果等を踏まえ、山梨工区での更なる湧水低減対策や掘削のタイミングの検討を実施します。

#### <影響発生の可能性段階の対応>

- ・リスク管理の参考値②と適合しない場合、掘削を一時中断し、静岡県、利水者等へ速やかに連絡をします。
- ・その後、把握していた県外流出量に対して、これを代替する措置等を検討します。

- ・次に、突発湧水発生時のリスクへの対応について、ご説明します。
- ・中下流域の河川、地下水の水量に関する、突発湧水が発生した際のリスクは以下の通りです。

### リスク No. 3

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、山梨県側の県境付近の断層帯掘削中（県外流出期間）においては、県外流出量の増加が発生し、中下流域の河川水量、地下水量が減少する可能性があります。【再掲】

- ・平常時には、先述のリスク No. 2、6、7、11 と同様の対応をとります。
- ・しかしながら、突発湧水発生時には、瞬間的なトンネル湧水量を管理することが困難であり、影響発生兆候を捉えることは困難です。
- ・よって、突発湧水発生時には先述のリスク No. 2、6、7、11 のような＜影響発生兆候段階の対応＞をとることができず、＜影響発生可能性段階の対応＞をとることになります。
- ・突発湧水発生時の対応を、図 7.13 に示します。

#### ＜影響発生可能性段階の対応（突発湧水発生後の対応）＞

- ・突発湧水が発生した場合、掘削を一時中断し、静岡県、利水者等へ速やかに連絡をします。
- ・その後、河川や地下水への影響を確認し、その結果を静岡県、利水者等へ連絡します。
- ・突発湧水の総量や湧水量の減衰の状況等を確認し、湧水が落ち着いたのち、必要に応じて、薬液注入等の補助工法を実施します。
- ・その後必要に応じて、把握していた県外流出量に対してこれを代替する措置等を検討します。



## 2) 水質（河川水、地下水）に関する重要度の高いリスクの管理

- ・河川、地下水の水質に関して、重要度の高いリスクは以下の通りです。

### リスク No. 13

地質の差異によりトンネル湧水が想定と異なる場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。【再掲】

- ・このリスクに対するリスク管理の概要を図 7.14 に示します。

### <リスク管理の参考値>

- ・影響発生の前兆を捉えるための参考値①を処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の処理容量とします。
- ・影響発生の可能性を捉えるための参考値②を予備設備も含めた処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量とします。

### <平常時の対応>

- ・高速長尺先進ボーリングによる湧水量からトンネル湧水量を把握します。
- ・トンネル湧水量に応じた薬液注入等の補助工法を実施することにより、トンネル湧水を低減します。
- ・予備の処理設備（濁水、自然由来の重金属等）を各施工ヤード等に用意しておきます。処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の点検・整備を徹底し、濁水の性状に応じた適切な排水処理剤の管理を行います。
- ・トンネル湧水の清濁分離を実施します。
- ・トンネル湧水については、河川放流前に表 7.3、表 7.4 に記載の基準値以下に処理したうえで、河川へ放流します。

**表 7.3 水質管理基準（pH、SS）**

| 項目 | 管理基準       |
|----|------------|
| pH | 6.5以上8.5以下 |
| SS | 25mg/L以下   |

水質汚濁防止法等に基づく排水基準として、現在大井川水域ではpHは5.8以上8.6以下、SSは最大40mg/L以下、日間平均30mg/L以下が定められていますが、今回管理基準値を環境基準の水域類型のなかで最も厳しいAA型の値と同等になるよう設定しました。

**表 7.4 水質管理基準（自然由来の重金属等）**

| 項目    | 管理基準        |
|-------|-------------|
| カドミウム | 0.03mg/L以下  |
| 六価クロム | 0.5mg/L以下   |
| 水銀    | 0.005mg/L以下 |
| セレン   | 0.1mg/L以下   |
| 鉛     | 0.1mg/L以下   |
| ひ素    | 0.1mg/L以下   |
| ふっ素   | 8mg/L以下     |
| ほう素   | 10mg/L以下    |

水質（自然由来の重金属等）について、水質汚濁防止法等に基づく排水基準を水質管理基準として設定しています。

**<影響発生 of 兆候段階の対応>**

- ・トンネル湧水が、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の処理容量を超えた場合、関係者（静岡県、利水者、山梨県、早川町等）へ速やかに連絡し、予め用意しておいた予備設備を使用します。
- ・そのうえで、設備容量の増強をただちに実施します。
- ・また、補助工法について見直し、更なる対策を実施します。

**<影響発生 of 可能性段階の対応>**

- ・トンネル湧水が、予備設備も含めた処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の処理容量を超えた場合、掘削を一時中断し、関係者（静岡県、利水者、山梨県、早川町等）へ速やかに連絡をします。トンネル湧水を予備設備やトンネル内の配管等に一時的に貯留することも検討します。
- ・その後、速やかに水質調査を行い、その結果を関係者へ連絡します。
- ・また、補助工法の見直し、更なる対策の実施、設備容量の増強を行います。

- ・次に、突発湧水発生時のリスクへの対応について、ご説明します。
- ・河川、地下水の水質に関する、突発湧水が発生した際のリスクは以下の通りです。

#### リスク No. 14

トンネル湧水が想定と異なり、特に突発湧水が発生した場合、処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の容量超過により、適切な処理がされていない工事排水の河川への流出が発生し、上流域、中下流域の河川、地下水の水質へ悪影響が発生する可能性があります。【再掲】

- ・平常時には先述のリスク No. 13 と同様の対応をとります。
- ・しかしながら、突発湧水発生時には、瞬間的なトンネル湧水量を管理することが困難であり、影響発生兆候を捉えることは困難です。
- ・よって、突発湧水発生時には先述のリスク No. 13 のような＜影響発生兆候段階の対応＞をとることができず、＜影響発生可能性段階の対応＞をとることになります。
- ・突発湧水発生時の対応を、図 7.15 に示します。

#### ＜影響発生可能性段階の対応（突発湧水発生後の対応）＞

- ・トンネル湧水が、予備設備も含めた処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の処理容量を超えた場合、掘削を一時中断し、関係者（静岡県、利水者、山梨県、早川町等）へ速やかに連絡をします。トンネル湧水を予備設備やトンネル内の配管等に一時的に貯留することも検討します。
- ・その後、速やかに水質調査を行い、その結果を関係者へ連絡します。
- ・突発湧水の総量や湧水量の減衰の状況等を確認し、湧水が落ち着いたのち、必要に応じて、薬液注入等の補助工法を実施します。
- ・その後必要に応じて、補助工法の見直し、更なる対策の実施、設備容量の増強を実施します。

# ○リスクNo.2・6・7・11 県外流出時の河川、地下水の水量へのリスク管理の考え方

|  |            |   |   |   |
|--|------------|---|---|---|
| 影響発生までの段階                              |            |   |   |   |
|  |            | 平常時   | 影響発生の兆候   | 影響発生の可能性  |
| リスク<br>No.2,6,<br>7,11<br>県外流出<br>時の水量 | チェック<br>項目 | <p>トンネル湧水量や河川流量に着目したリスク管理の参考値①※1<br/>(静岡市モデルの解析値等)</p> <p>トンネル湧水量や河川流量に着目したリスク管理の参考値②※1</p>   |   |   |
|  | 対応         | <ul style="list-style-type: none"> <li>山梨工区が県境を越える前の段階で、高速長尺先進ボーリングの結果等に基づき、それ以降の掘削計画(掘削速度、薬液注入の計画等)の策定。</li> <li>高速長尺先進ボーリング等により、トンネル湧水の水量、水温、圧力、化学的な成分の変化を計測し施工に反映。</li> <li>山梨工区では、トンネル湧水量に応じた薬液注入等の補助工法を実施。</li> <li>静岡県側の地上や坑内から県境付近の断層帯に向け、ノンコアボーリングを実施し地下水を揚水(資料2 第4章(6)参照)。</li> <li>千石斜坑から掘削する先進坑の工程が遅れる場合には、千石斜坑の途中と県境付近断層帯の端部との間での揚水機能の確保や山梨工区の掘削速度の調整検討を実施。</li> <li>山梨工区における県外流出量を計測。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>掘削を一時中断し、静岡県、利水者等に連絡。</li> <li>化学的な成分分析の結果等を踏まえ、山梨工区での更なる湧水低減対策や掘削のタイミングの検討を実施。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>掘削を一時中断し、静岡県、利水者等へ速やかに連絡。</li> <li>その後、把握していた県外流出量に対して、これを代替する措置等を検討する。</li> </ul> |
|  |            | <p>・なお、原則としてトンネル湧水の全量を大井川へ流すための検討は引き続き行う。</p> <p>・例えば、山梨県側へ流出するトンネル湧水を代替する措置として、先進坑貫通後に山梨県内で発生するトンネル湧水を、県外流出量と同量、渇水期等に静岡県側へ流す等の対応について、今後、関係者と相談することも考えている。</p>  |   |   |

※1: リスク管理の参考値としては、現時点では静岡市モデルの解析(山梨工区で静岡市モデルの解析値を超えること、又は静岡工区で静岡市モデルの解析値を下回ること)等が考えられるが、掘削開始前までに、モニタリング方法や結果の評価について専門家等にご助言を頂くための仕組みを整え、静岡県等へ相談の上、決定して参ります。また、掘削開始前に決定した参考値についても、掘削が進捗し県境付近の断層帯の状況や静岡工区のトンネル湧水量が判明した段階で再度見直すこととします。

図 7.12 重要度の高いリスクの管理の概要 (県外流出時の水量)

## ○リスクNo.3 河川、地下水の水量への影響に関する県外流出時の突発湧水発生時の対応

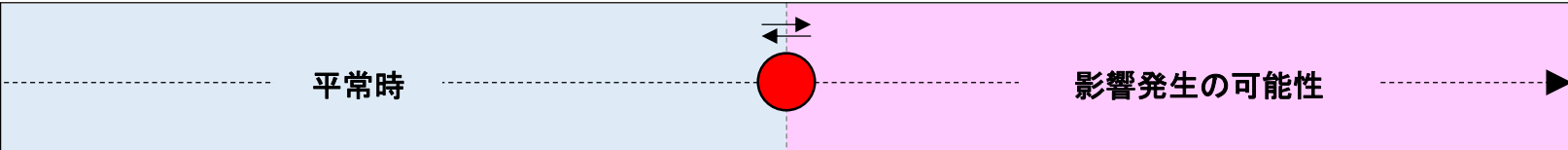
| 影響発生までの段階               |        |    |
|-------------------------|--------|--|
| リスク<br>No.3<br>県外流出時の水量 | チェック項目 | <b>突発湧水の発生</b>   |
|                         | 対応     | <ul style="list-style-type: none"> <li>山梨工区が県境を越える前の段階で、高速長尺先進ボーリングの結果等に基づき、それ以降の掘削計画（掘削速度、薬液注入の計画等）の策定。</li> <li>高速長尺先進ボーリング等により、トンネル湧水の水量、水温、圧力、化学的な成分の変化を計測し施工に反映。</li> <li>山梨工区では、トンネル湧水量に応じた薬液注入等の補助工法を実施。</li> <li>静岡県側の地上や坑内から県境付近の断層帯に向け、ノンコアボーリングを実施し地下水を揚水（資料2 第4章（6）参照）。</li> <li>千石斜坑から掘削する先進坑の工程が遅れる場合には、千石斜坑の途中と県境付近断層帯の端部との間での揚水機能の確保や山梨工区の掘削速度の調整検討を実施。</li> <li>山梨工区における県外流出量を計測。</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>掘削を一時中断し、静岡県、利水者等へ速やかに連絡。</li> <li>その後、河川や地下水への影響を確認し、その結果を静岡県、利水者等へ連絡。</li> <li>突発湧水の総量や湧水量の減衰の状況等を確認する。</li> <li>湧水が落ち着いたのち、必要に応じて、薬液注入等の補助工法を実施。</li> <li>その後必要に応じて、把握していた県外流出量に対してこれを代替する措置等を検討する。</li> </ul> <p>                     ・なお、原則としてトンネル湧水の全量を大井川へ流すための検討は引き続き行う。<br/>                     ・例えば、山梨県側へ流出するトンネル湧水を代替する措置として、先進坑貫通後に山梨県内で発生するトンネル湧水を、県外流出量と同量、湧水期等に静岡県側へ流す等の対応について、今後、関係者と相談することも考えている。                 </p> |

図 7.13 突発湧水発生時の対応（県外流出時の水量）

# ○リスクNo.13 河川、地下水の水質へのリスク管理の考え方

|                    |        |   |  |   |
|--------------------|--------|---|--|---|
| 影響発生までの段階          |        |   |  |   |
|                    |        | 平常時   | 影響発生の兆候  | 影響発生の可能性  |
| リスク<br>No.13<br>水質 | チェック項目 | <p>トンネル湧水量や河川流量に着目したリスク管理の参考値①<br/>【処理設備(濁水、自然由来の重金属等)の処理容量】</p> <p>トンネル湧水量や河川流量に着目したリスク管理の参考値②<br/>【予備設備も含めた処理設備(濁水、自然由来の重金属等)の処理容量】<br/>※河川における水質調査は継続して実施</p>  |  |   |
|                    | 対応     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速長尺先進ボーリング等により、トンネル湧水の水量、水温、圧力、化学的な成分の変化を計測し施工に反映。</li> <li>・トンネル湧水量に応じた薬液注入等の補助工法を実施。</li> <li>・予備設備を現地に用意。処理設備(濁水、自然由来の重金属等)の点検・整備を徹底するとともに、濁水の性状に応じた適切な排水処理剤の管理を行う。</li> <li>・トンネル湧水の清濁分離の実施。</li> <li>・トンネル湧水については、河川放流前に水質を確認。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル湧水が、処理設備(濁水、自然由来の重金属等)の処理容量を超えた場合には、関係者(静岡県、利水者、山梨県、早川町等)へ速やかに連絡し、予備設備を使用。</li> <li>・そのうえで、設備容量の増強をただちに実施。</li> <li>・また、補助工法について見直し、更なる湧水低減対策を実施。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル湧水が、予備設備も含めた処理設備(濁水、自然由来の重金属等)の処理容量を超えた場合、掘削を一時中断し、関係者(静岡県、利水者、山梨県、早川町等)へ速やかに連絡。トンネル湧水を予備設備やトンネル内の配管等に一時的に貯留することも検討。</li> <li>・その後、速やかに水質調査を行い、その結果を関係者へ連絡。</li> <li>・また、補助工法の見直し、更なる対策の実施、設備容量の増強の実施。</li> </ul> |

図 7.14 重要度の高いリスクの管理の概要 (水質)

## ○リスクNo.14 河川、地下水の水質への影響に関する突発湧水発生時の対応

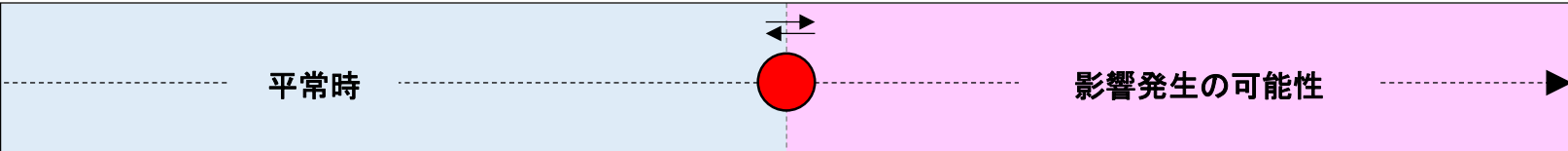
|                    |            |   |   |
|--------------------|------------|---|---|
| 影響発生までの段階          |            |   |   |
| リスク<br>No.14<br>水質 | チェック<br>項目 | <b>突発湧水の発生</b>  |   |
|                    | 対応         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速長尺先進ボーリング等により、トンネル湧水の水量、水温、圧力、化学的な成分の変化を計測し施工に反映。</li> <li>・トンネル湧水量に応じた薬液注入等の補助工法を実施。</li> <li>・予備設備を現地に用意。処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の点検・整備を徹底するとともに、濁水の性状に応じた適切な排水処理剤の管理を行う。</li> <li>・トンネル湧水の清濁分離の実施。</li> <li>・トンネル湧水については、河川放流前に水質を確認。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル湧水が、予備設備も含めた処理設備（濁水、自然由来の重金属等）の処理容量を超えた場合、掘削を一時中断し、関係者（静岡県、利水者、山梨県、早川町等）へ速やかに連絡。トンネル湧水を予備設備やトンネル内の配管等に一時的に貯留することも検討。</li> <li>・その後、速やかに水質調査を行い、その結果を関係者へ連絡。</li> <li>・突発湧水の総量や湧水量の減衰の状況を確認。</li> <li>・湧水が落ち着いたのち、必要に応じて、薬液注入等の補助工法を実施。</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・その後必要に応じて、更なる補助工法の見直しや対策の実施、設備容量の増強の実施。</li> </ul> |

図 7.15 突発湧水発生時の対応（水質）