

今回のご説明の概要（水温）

（１）はじめに

- ・トンネル内に生じたトンネル湧水を河川へ放流する際、トンネル湧水と放流先の河川の水温が異なることが想定されることから、河川水温の変化に伴う水生生物への影響が懸念されています。
- ・そこでまずは、次のステップ１～ステップ３に従い、トンネル湧水を河川へ放流することによる河川水温の変化を推定しました。なお、推定する対象は、表 １に示す４つの場面、場所としました。

ステップ１：放流されるトンネル湧水の量とトンネル掘削の影響を考慮した河川流量の推定（推定方法等について、2025 年 2 月 13 日の第 15 回生物多様性専門部会にて整理済、資料 2－1 河川本流の流量減少の推定について参照）

ステップ２：放流されるトンネル湧水の水温の推定（推定方法等について、2024 年 11 月 1 日の第 14 回生物多様性専門部会にて整理済）

ステップ３：ステップ１、２の結果を用いた、トンネル湧水を河川へ放流することに伴う河川水温、影響範囲の推定

表 １ 河川水温の変化を推定する対象

	対象	備考
①	トンネル掘削完了後恒常時の樫島での推定	トンネル掘削完了後恒常的にトンネル湧水を河川へ放流することになるため
②	西俣からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における西俣ヤード下流での推定	当該ヤード下流でのワーストケースであるため
③	千石からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における千石ヤード下流での推定	当該ヤード下流でのワーストケースであるため
④	樫島からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における樫島ヤード下流での推定	当該ヤード下流でのワーストケースであるため

- ・また、推定結果を踏まえ検討した、水生生物への影響予測、回避・低減措置、モニタリング等について、報告します。

(2) 放流されるトンネル湧水温の推定について

- ・河川水温変化の推定に用いるトンネル湧水の水温については、地下深部ほど地下水の水温が高くなることを踏まえ、2024 年 11 月 1 日の第 14 回生物多様性専門部会にて整理した通り、各トンネルの土被りに応じて推定しました。推定結果の例を表 2 に示します（詳細は資料 2－2 P4～P10 参照）。
- ・なお、第 14 回生物多様性専門部会における委員のご意見を踏まえ、今回、山梨工区の実績から設定した地温勾配より更に地下深部の水温が高く設定される、地温勾配を 3℃/100m としたケース（想定地温勾配最高ケース）も追加しました。

表 2 放流されるトンネル湧水温の推定結果の例【樫島からの放流量最大／推定地点：樫島】

【樫島での放流量が最大となる時期における樫島での推定結果】		平均水温ケース (℃) 地温勾配 ± 0.95℃/100 m	最高水温ケース (℃) 地温勾配 ± 0.95℃/100 m	最低水温ケース (℃) 地温勾配 ± 0.95℃/100 m	想定地温勾配最高 ケース (℃) 地温勾配 ± 3℃/100 m	(参考) トンネル湧水量 (樫島での放流量が 最大時) (m³/s)
JR東海モデル (薬注なし)	本坑・先進坑	23.0	24.6	21.4	26.7	2.5
	西俣斜坑	21.3	22.9	19.7	23.4	0.1
	千石斜坑	17.7	19.3	16.1	17.7	0.1
	導水路トンネル	18.9	20.5	17.3	18.9	0.7
	樫島での放流温度※1	21.9	23.5	20.3	24.7	—
静岡市モデル (薬注なし)	本坑・先進坑	23.0	24.6	21.4	26.7	1.1
	西俣斜坑	21.3	22.9	19.7	23.4	0.5
	千石斜坑	17.7	19.3	16.1	17.7	0.1
	導水路トンネル	18.9	20.5	17.3	18.9	0.2
	樫島での放流温度※1	22.0	23.6	20.4	24.7	—
静岡市モデル (薬注あり)	本坑・先進坑	23.0	24.6	21.4	26.7	0.33
	西俣斜坑	21.3	22.9	19.7	23.4	0.10
	千石斜坑	17.7	19.3	16.1	17.7	0.10
	導水路トンネル	18.9	20.5	17.3	18.9	0.04
	樫島での放流温度※1	21.5	23.1	19.9	24.1	—

※1：各トンネルの推定水温、湧水量に基づき完全混合式で算出

※2：JR東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大いなのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

(3) トンネル湧水を河川へ放流することに伴う河川水温の推定について

- ・「資料 2－1 河川本流の流量減少の推定について」で整理したトンネル湧水量、トンネル掘削を考慮した河川流量、(2) で整理した推定トンネル湧水温を使用し、下記完全混合式を用いて、トンネル湧水を河川へ放流した際の河川水温を推定しました。推定結果の例を表 3、表 4 に示します（詳細は資料 2－2 P11～P15 参照）。

$$T = \frac{T_1 Q_1 + T_2 Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

T: 完全混合と仮定した時の河川の水温(℃)

T₁: トンネル湧水合流直前の河川水温(℃) Q₁: トンネル湧水合流直前の河川流量(m³/秒)

T₂: トンネル湧水等の水温(℃) Q₂: トンネル湧水等の水量(m³/秒)

表 3 トンネル湧水を河川へ放流することに伴う河川水温の推定結果の例
【西俣からの放流量最大／推定地点：西俣】

【西俣での放流量が最大となる時期における西俣での推定結果】		時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬 (梅雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
JR東海モデル (薬注なし)	平均水温ケース (°C)	10.1	9.5	12.0	18.3	16.8	12.7
	最高水温ケース (°C)	10.7	9.7	12.1	19.0	17.5	13.3
	最低水温ケース (°C)	9.6	9.3	11.8	17.6	16.1	12.0
	想定地温勾配最高ケース (°C)	11.7	10.2	12.4	20.3	18.6	14.5
静岡市モデル (薬注なし)	平均水温ケース (°C)	8.4	8.7	11.4	16.5	14.9	9.9
	最高水温ケース (°C)	8.8	8.8	11.5	17.1	15.4	10.3
	最低水温ケース (°C)	7.9	8.5	11.3	16.0	14.4	9.4
	想定地温勾配最高ケース (°C)	9.0	8.9	11.6	17.3	15.6	10.5
静岡市モデル (薬注あり)	平均水温ケース (°C)	4.2	7.4	10.8	14.6	12.8	6.2
	最高水温ケース (°C)	4.3	7.5	10.8	14.8	12.9	6.4
	最低水温ケース (°C)	4.1	7.4	10.8	14.5	12.6	6.1
	想定地温勾配最高ケース (°C)	4.4	7.5	10.8	14.9	13.0	6.4
(参考) 河川水温 (°C) ※1		2.6	7.0	10.6	13.8	11.9	4.8

※1：2024年の西俣での実測値の平均値

※2：JR東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大いなのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

表 4 トンネル湧水を河川へ放流することに伴う河川水温の推定結果の例
【榎島からの放流量最大／推定地点：榎島】

【榎島での放流量が最大となる時期における榎島での推定結果】		時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬 (梅雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
JR東海モデル (薬注なし)	平均水温ケース (°C)	17.5	15.3	16.1	19.6	19.3	16.7
	最高水温ケース (°C)	18.7	16.1	16.9	20.7	20.5	17.8
	最低水温ケース (°C)	16.3	14.5	15.3	18.5	18.1	15.6
	想定地温勾配最高ケース (°C)	19.6	16.7	17.4	21.4	21.3	18.6
静岡市モデル (薬注なし)	平均水温ケース (°C)	13.8	13.2	14.2	18.3	17.5	13.6
	最高水温ケース (°C)	14.8	13.7	14.7	19.1	18.4	14.4
	最低水温ケース (°C)	12.9	12.7	13.7	17.5	16.6	12.8
	想定地温勾配最高ケース (°C)	15.5	14.1	15.1	19.7	19.0	15.0
静岡市モデル (薬注あり)	平均水温ケース (°C)	7.3	10.5	11.8	16.2	14.3	8.6
	最高水温ケース (°C)	7.7	10.6	12.0	16.5	14.7	9.0
	最低水温ケース (°C)	6.9	10.3	11.6	15.9	13.9	8.3
	想定地温勾配最高ケース (°C)	8.0	10.8	12.1	16.7	14.9	9.1
(参考) 河川水温 (°C) ※1		2.6※2	9.0	10.5	14.9	12.2	5.4

※1：2024年の榎島での実測値の平均値（1時間に1回計測している計測結果の日平均値を時期区分毎の平均した値）

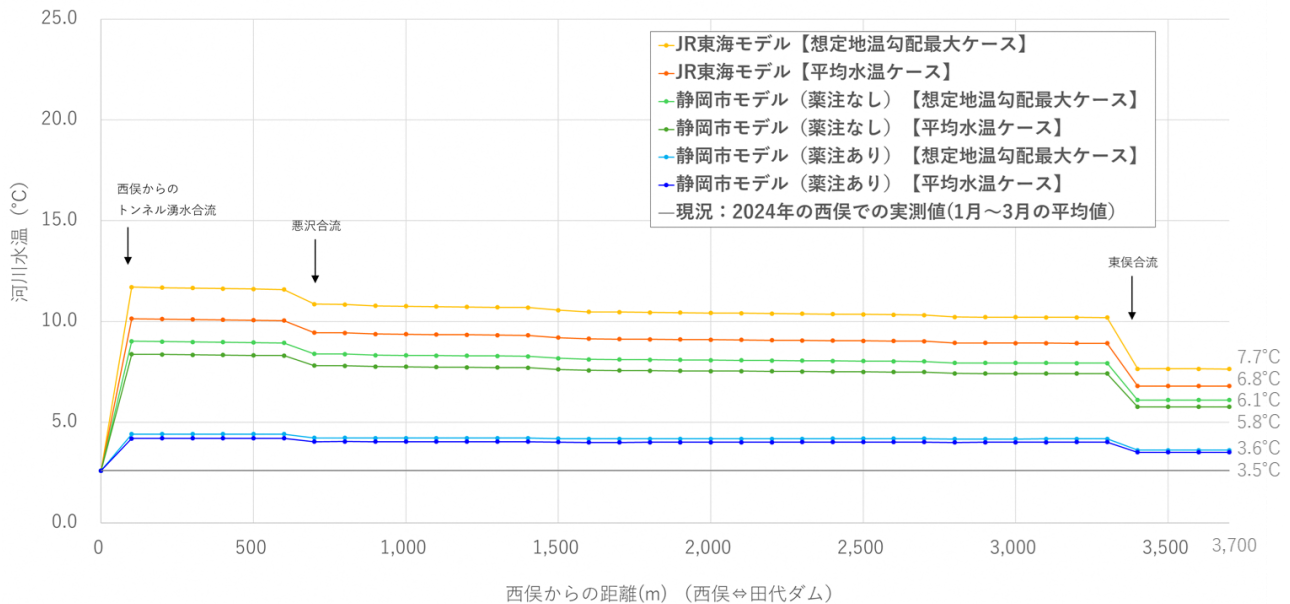
※2：2024年1月は欠測が多かったため、1月のデータは2018年～2024年に実施した月1回の計測結果の平均値を使用。

※3：JR東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大いなのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

(4) 放流後河川流下方向の水温変化の推定について

- ・(3) で推定した河川水温について、放流後、下流へ流下するに連れて生じる大気との熱交換と支流の合流等による流量増加を考慮し、放流箇所流下方向の水温変化を推定しました（推定にあたっての前提条件等の詳細は、資料 2 - 2 P16～P21 参照）。
- ・推定結果を、図 1、図 2 に示します。

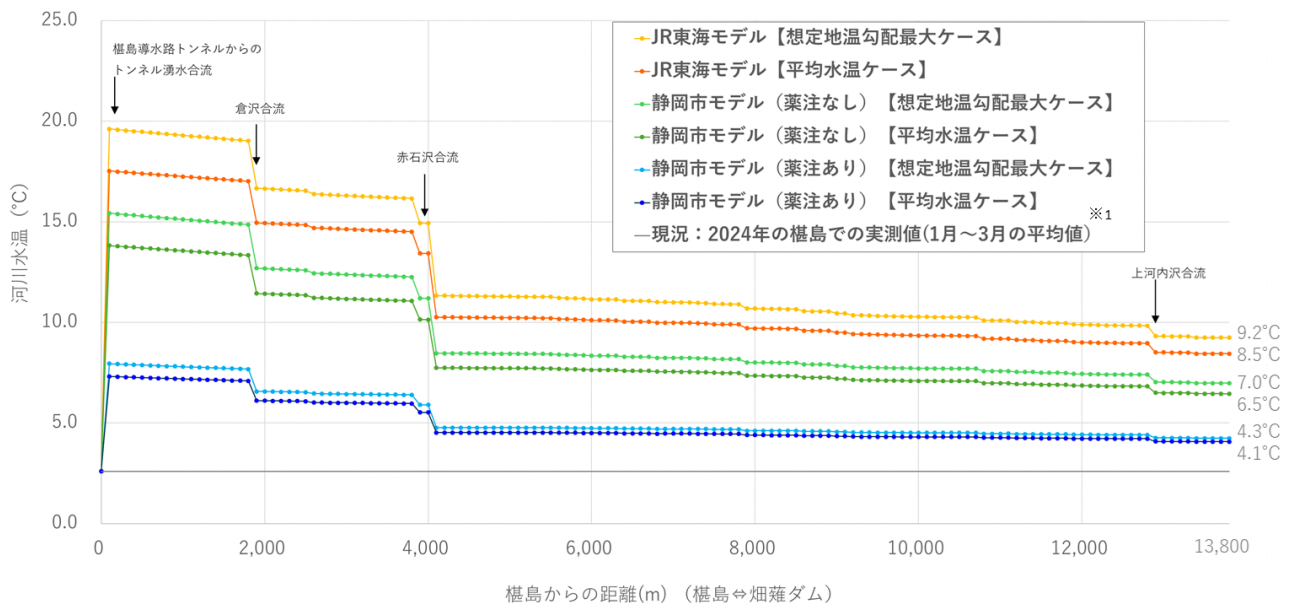
西俣～田代ダムにかけての河川水温変化（時期区分①）



※：JR東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大きいのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

図 1 西俣～田代ダムにかけての河川水温変化の例（時期区分①）/西俣からの放流最大/推定地点：西俣）

榎島～畑薙ダムにかけての河川水温変化（時期区分①）



※1：2024年の榎島での実測値の平均値（1時間に1回計測している計測結果の日平均値を時期区分毎の平均した値）。2024年1月は欠測が多かったため、1月のデータは2018年～2024年に実施した月1回の計測結果の平均値を使用。

※2：JR東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大きいのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

図 2 榎島～畑薙第一ダムにかけての河川水温変化の例（時期区分①）/榎島からの放流最大/推定地点：榎島）

- ・河川水温の上昇については、モデルの違い（JR 東海モデル、静岡市モデル（薬液注入なし）、静岡市モデル（薬液注入あり））によって大きな差が生じる結果となりました。
- ・その主な要因は、各モデルで想定されるトンネル湧水量の差であると考えられ、特に静岡市モデル（薬注あり）では、解析上、薬液注入の効果を考慮したことによってトンネル湧水量が少なくなり、河川水温の上昇が限定的になる結果となっています。このことは、トンネル湧水量を低減させる薬液注入が、河川や沢の流量減少への対策のみならず、河川本流の水温上昇への対策としても有効であることを示唆していると考えられます。

（５）対応の基本的な考え方

- ・水温の影響に関しては、生物種ごとに影響が生じる水温や生じる影響の程度が異なるため、現時点では、生物への影響が懸念されない水温は現況河川の水温であると考えられます。ただし、河川水温の推定結果は、トンネル掘削に際して薬液注入を行った場合のモデルにおいても少なからず河川水温が上昇し、生物への影響が生じる可能性があることを示しています。このため、事前に代償措置¹を検討するとともに生物への影響を少しでも低減させるため、可能な限り河川水温の上昇に対する水温低減措置を実施してまいります。
- ・工事中や工事後には、河川水温や生物等のモニタリング結果に基づき、専門部会委員の意見も踏まえ、水温変化による生物への影響の程度を確認し、必要に応じて、追加の河川水温の上昇に対する水温低減措置や代償措置¹を検討・実施します。

（６）低減措置について

- ・河川水温の推定結果から、トンネル湧水量の差が河川水温の上昇の程度の主たる要因であると考えられることを踏まえ、河川水温の上昇に対する水温低減措置の実施にあたっては、トンネル湧水量を低減させるための薬液注入の適切な実施を基本に、順応的に管理を行います。
- ・順応的な管理にあたっては、（５）に記載のとおり、河川水温の上昇に対する水温低減措置を実施した上で、モニタリング結果に基づき、低減措置の追加等を行います。モニタリング結果を評価する際の目安となる値として、管理基準値を設定することとし、薬液注入の効果を考慮した静岡市モデル（薬液注入あり）で推定される河川水温の推定値を管理基準値とし、表 5 に示します²。

¹ 「資料 3 代償措置の考え方、進め方について」 P1 【今後の代償措置の考え方】に基づく

² （５）に記載の通り、薬液注入の効果を考慮した静岡市モデル（薬液注入あり）での推定結果であっても、現況河川と比較し少なからず河川水温が上昇する結果となっており、現時点では、現況河川の水温を生物への影響が懸念されない管理基準値として定めて対応することは困難であることから、水温上昇の低減措置実施後のモニタリング結果を評価する際の目安となる値として、管理基準値を定めるものです。

- ・薬液注入を適切に実施するため、トンネル掘削前、掘削中において、高速長尺先進ボーリングを実施し、地質や湧水の状況を確認します。
- ・高速長尺先進ボーリングの結果、断層と想定される箇所や湧水量の変化が著しい箇所ではコアボーリングを実施し、断層の位置や幅、透水係数を確認したうえでトンネル湧水量の推定の見直しを行い、トンネル湧水量を低減するため、主要な断層とトンネルが交差する箇所において、必要に応じて薬液注入を実施します。

表 5 管理基準値（モニタリング結果を評価する際の目安となる値）³

	時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬(梅 雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
西俣（工事中）	4.2℃	7.4℃	10.8℃	14.6℃	12.8℃	6.2℃
千石（工事中）	4.1℃	7.5℃	10.6℃	13.5℃	11.9℃	5.5℃
樫島 (工事中、工事完了後恒常時)	7.3℃	10.5℃	11.8℃	16.2℃	14.3℃	8.6℃

- ・また、トンネル湧水の低減対策に加え、現地で実施可能な冬季のトンネル湧水温低減対策（沈砂池等で外気に曝す、曝気を行う、放流口等において減勢工を設ける、積雪と湧水を混合させる等）を実施します。
- ・なお、トンネル湧水を近傍のダム等へ導水することで、放流箇所近傍の水温変化を低減する方策については、導水する区間において河川本流の流量減少が生じることや、導水設備の設置のための新たな地上改変が必要になることから、実施することは考えていません。

（7）モニタリングとリスク対応について

1）モニタリングについて

- ・トンネル掘削中、トンネル掘削完了後に亘り、放流直前のトンネル湧水の水温、トンネル湧水量、放流箇所下流の河川流量、河川水温をモニタリングするとともに、トンネル湧水の放流箇所下流での水生生物の生息・生育状況調査（四季）を実施することで、環境の変化や水生生物の生息・生育状況の変化を確認します。
- ・また、影響のレファレンスとして、放流箇所上流（西俣地点の放流箇所より上流）においても、河川水温のモニタリング、水生生物の生息・生育状況調査（四季）を実施します。
- ・トンネル湧水の水温、トンネル湧水量、放流箇所下流の河川流量、河川水温のモニタリング結果については、月に1回を基本として、静岡県生物多様性専門部会委員へ報告します。
- ・水生生物の生息・生育状況調査の結果については、季節毎に都度、静岡県生物多様性

³静岡市モデル（薬液注入あり）/平均水温ケースでの河川水温の推定値

専門部会委員へ報告します。

- ・各ヤード周辺における水温変化に係るモニタリング計画の例を図 3 に示します。



2) モニタリング結果を踏まえた対応（リスク対応）について

- ・トンネル湧水温や河川水温等のモニタリングの結果、管理基準値より河川水温が上昇してしまう場合には、その時点の状況に応じた可能な限りの追加の低減措置（ポストグラウト等）を実施します。
- ・また、工事中、工事完了後に亘り実施する、河川水温や生物等のモニタリング結果に基づき、静岡県生物多様性専門部会委員の意見も踏まえ、水温変化によって生じた生物への影響（良悪両側面）の程度を判断し、必要に応じて代償措置¹の見直しを行う等、順応的に対応します。