

第6節 地下水の水位

事業実施区域及びその周辺には、住居等が存在し、地下水の利用が確認されており、かつその周辺の対象道路のうち一部の区間について地下式で計画しているため、工事の実施（掘削工事、トンネル工事の実施）及び土地又は工作物の存在及び供用（道路（地下式）の存在）に係る地下水の変化に対する影響が考えられることから、地下水の水位の調査、予測及び評価を行いました。

6.1. 掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位

(1) 調査

1) 調査の手法

① 調査した情報

調査した情報は以下のとおりです。

- ・地形、地質及び地盤の状況
- ・地下水の状況
- ・地下水の利用の状況

② 調査の手法

調査は、既存資料調査及び現地調査により行いました。

既存資料調査では、地下水位に関する既存資料、帯水層の分布と性状に関する既存資料を収集・整理することにより行いました。

現地調査は、表 11-6-1 に示す手法により、地下水位観測、湧水量観測、水文地質踏査を行いました。

表 11-6-1 現地調査の手法

項目		調査手法
地下水の状況	地下水位	観測可能な既存井戸において、毎月 1 回の地下水位の測定を行いました。
	湧水量	観測可能な既存井戸が確認されない範囲において、湧水量が把握できる地点においては、毎月 1 回の流量観測を行いました。 現地調査（流量観測）は、「水質調査方法」（昭和 46 年 9 月 30 日各都道府県知事・政令市長あて環境庁水質保全局長通達）等に規定される測定方法に準拠しました。
水文地質踏査	源頭踏査	源頭・湧水位置の確認（状況、位置情報の記録等）、簡易水質の測定（水温、pH、電気伝導度）、基盤岩の観察を行いました。
	概略水収支調査	支流流量観測、簡易水質の測定（水温、pH、電気伝導度）を行いました。

③ 調査地域

調査地域は、対象道路がトンネル構造となる範囲の周辺において、地下水の水位への影響が考えられる地域としました。

④ 調査地点

調査地点は、事業の影響が想定される範囲に位置する観測可能な既存井戸及び湧水の状況等が把握できる地点としました。調査地点の概要を表 11-6-2(1)～(2)に、調査地点位置図を図 11-6-1 に示します。

表 11-6-2 (1) 調査地点の概要 (地下水位)

No	地点名	概要
1	井戸 1	<ul style="list-style-type: none"> ・豊橋市中原町の福井ファイバーテックが所有する井戸 ・地盤標高：35.2m ・浅井戸 8m 程度

表 11-6-2 (2) 調査地点の概要 (湧水量)

No	地点名	概要
2	湧水量 1	<ul style="list-style-type: none"> ・豊橋市雲谷町の影色池への流入路の湧水箇所 ・地盤標高：54.3m
3	湧水量 2	<ul style="list-style-type: none"> ・豊橋市岩屋町の三ツ池中池への流入路の湧水箇所 ・地盤標高：49.2m

⑤ 調査時期等

調査時期等は、地下水位及び湧水量の状況を適切に把握できる期間及び頻度として、毎月 1 回の計 12 回としました。この他に、源頭踏査、概略水収支調査を行いました。

調査時期を、表 11-6-3 に示します。

表 11-6-3 調査時期

調査区分等	項目	調査時期
現地調査	地下水の状況	地下水位 (井戸 1) 令和 4 年 6 月 22 日 令和 4 年 7 月 22 日 令和 4 年 8 月 25 日 令和 4 年 9 月 26 日 令和 4 年 10 月 24 日 令和 4 年 11 月 24 日 令和 4 年 12 月 21 日
		湧水量 (湧水量 1) 令和 5 年 1 月 18 日 令和 5 年 2 月 17 日 令和 5 年 3 月 15 日 令和 5 年 4 月 17 日 令和 5 年 5 月 18 日
	湧水量 (湧水量 2) 令和 4 年 8 月 25 日 令和 4 年 9 月 26 日 令和 4 年 10 月 24 日 令和 4 年 11 月 24 日 令和 4 年 12 月 21 日 令和 5 年 1 月 18 日 令和 5 年 2 月 17 日 令和 5 年 3 月 15 日 令和 5 年 4 月 17 日 令和 5 年 5 月 18 日 令和 5 年 6 月 19 日 令和 5 年 7 月 19 日	
水文地質踏査	源頭踏査	令和 6 年 7 月 31 日～8 月 2 日
	概略水収支調査	渇水期：令和 6 年 12 月 2 日～3 日 豊水期：令和 7 年 6 月 12 日

2) 調査の結果

① 地形、地質及び地盤の状況

地形分類図では、トンネル構造で通過する弓張山地は小起伏山地に分類され、山地の西側の住宅地は砂礫台地に分類され、南側の水田地帯は扇状地性低地に分類されています。表層地質は、弓張山地では主に多米ユニットのチャートや混在岩及び雲谷ユニットのチャートや砂岩等とされ、砂礫台地と扇状地性低地は、礫・砂および泥とされています(4章 1.4 地形及び地質の状況を参照)。

現地を確認した結果、主に稜線に分布する雲谷ユニットのチャートは、岩質が非常に堅硬で、火打坂の地名にもあるようにハンマーで叩くと火花が出ることもあります。雲谷ユニットの周囲は、砂岩や破断した砂岩泥岩互層などの混生岩から構成されています。

山地部の山麓には、崩積土が堆積する緩斜面が見られ、径5～6cm以下の角礫および砂～シルトで構成されています。崩積土の厚さは2～3m以上と思われます。

弓張山地の周囲の段丘堆積物は、高位台地では、主に径1～2cmの円～垂円礫を主体とする砂礫層で、気質は砂質シルトで構成されています。低位台地では、主に径3～5cmの垂円礫が主体で、左岸、泥岩、チャート、凝灰岩が多く、気質はシルト質細砂で構成されています。

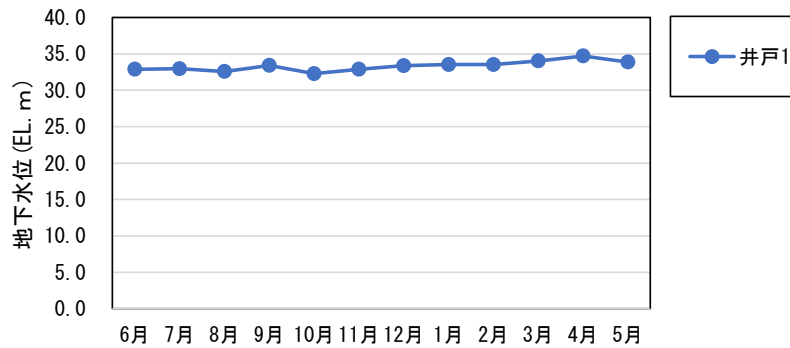
地盤の状況は、「4章 1.3 土壌及び地盤の状況」に示したとおり、東三河地域では1年当りに換算して1cm以上沈下した水準点はなく、経年的な地盤沈下の傾向は見られていません。地下水揚水量の減少に伴う地下水位の上昇により、地盤沈下はおおむね沈静化の傾向にあるとされています。

② 地下水の状況

(a) 地下水の水位

観測井戸における地下水位の現地測定（月1回）の月別変化を図11-6-2に示します。地下水位は0.53m～2.94m、標高値換算で32.29m～34.70mであり、調査期間を通して約2.5m以内の範囲で変動しており、水位変動はほとんど見られませんでした。

既存資料における調査区域の地下水位は、3.20～22.18mとなっており、観測井戸はこれらに比べて地下水位が高くなっています。



※地下水位：水準測量により井戸の位置における標高値を測定した

図11-6-2 現地測定結果 地下水位の月別変化

(b) 湧水の湧水量

現地測定（月1回）の測定結果を図11-6-3に示します。また調査期間における最小流量、最大流量、平均流量を表11-6-4に示します。

いずれの地点においても増減の変動は同様の傾向を示しました。このうち令和4年9月は台風の通過後であり、流量が最も多い月となりました。

また最小流量は、令和5年2月で確認され、ともに渇水期で流量が減少する状況がみられました。

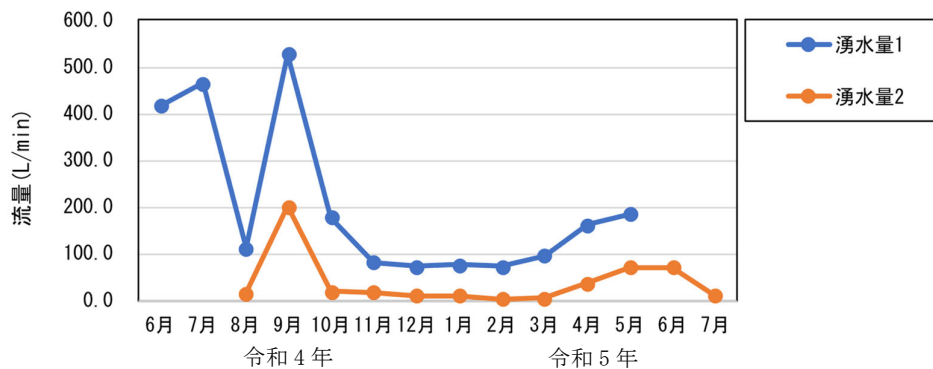


図11-6-3 現地測定結果 湧水量の月別変化

表 11-6-4 各地点の調査期間中の最小、最大、平均流量

No	地点	最大流量 (L/min)	最小流量 (L/min)	平均流量 (L/min)
2	湧水量1	527.0 (9月)	72.6 (2月)	204.05
3	湧水量2	202.0 (9月)	4.5 (2月)	39.80

概略水収支調査で、渇水期と豊水域（降雨直後）の沢の源頭部の湧出量を測定したところ、降雨後の流量の増加率は2～6倍の流域が多く、一部の流域では2.77～2.95倍と比較的増加率が低い流域がありました。増加率が低い流域では、脆弱な岩盤が分布して、降雨が地中に浸透しやすくなっている可能性があります。また、増加率が高い流域では、渇水期の流量が少ない傾向があり、沢水として地表を流れる流量の他に、河床堆積物等の中を流下している伏流水が多い可能性があります。

(c) 湧水の分布

湧水（地下水）の分布について調査した結果は、「第4章 1.3 土壌及び地盤の状況」に示したとおりです。調査地域では、東三河湧水湿地群が確認されていますが、文献による湧水の分布は確認されていません。

③ 地下水の利用の状況

地下水の利用の状況について調査した結果は、「4章 2.3. 河川、湖沼及び海域の利用並びに地下水の利用の状況」に示したとおりです。

なお、現地調査の結果、対象道路がトンネル構造となる範囲の周辺において、井戸利用や、沢水のため池への利水等の利用が確認されました。

(2) 予測

1) 予測の手法

① 予測手法

掘削工事、トンネル工事の実施及び道路(地下式)の存在に係る地下水の水位への影響について、トンネル湧水の発生による地下水及び湧水量の変化を、以下の方法で予測しました。

- ① 三次元飽和不飽和地下水解析モデル(以下、「三次元水収支解析モデル」)を構築しました。
- ② 上記手法により流出量の解析を行い、平水～渇水時(平均的な涵養条件)での影響の有無・程度を予測しました。

三次元水収支解析モデルは、トンネル工事に伴いトンネルの周囲からトンネル内へ地下水が浸透・湧出し、周辺の地下水流動が変化することで、地下水位や、地下水を原資とする地表への湧出量に変化が生じるというメカニズムを、数値計算で再現したものです。

解析の手順は図 11-6-4 に示すとおりです。三次元水収支解析モデルの作成においては、地形、地質、水理条件等から三次元水収支解析モデルを構築しました。地下水位に影響を及ぼすと考えられる流域範囲における降水の地下水涵養量については、タンクモデルで算出した地下水涵養量を設定しました。構築したモデルは現地観測した地下水位及び流量によるモデル検証を実施した上で、トンネル掘削後の地下水位及び湧水量の変化を予測しました。なお、このモデルは地下浸透に対するもので、地表面での降雨による直接的な流出は含まれません。

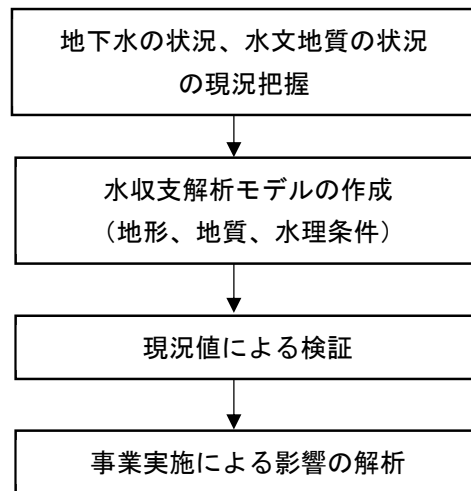


図 11-6-4 解析手順

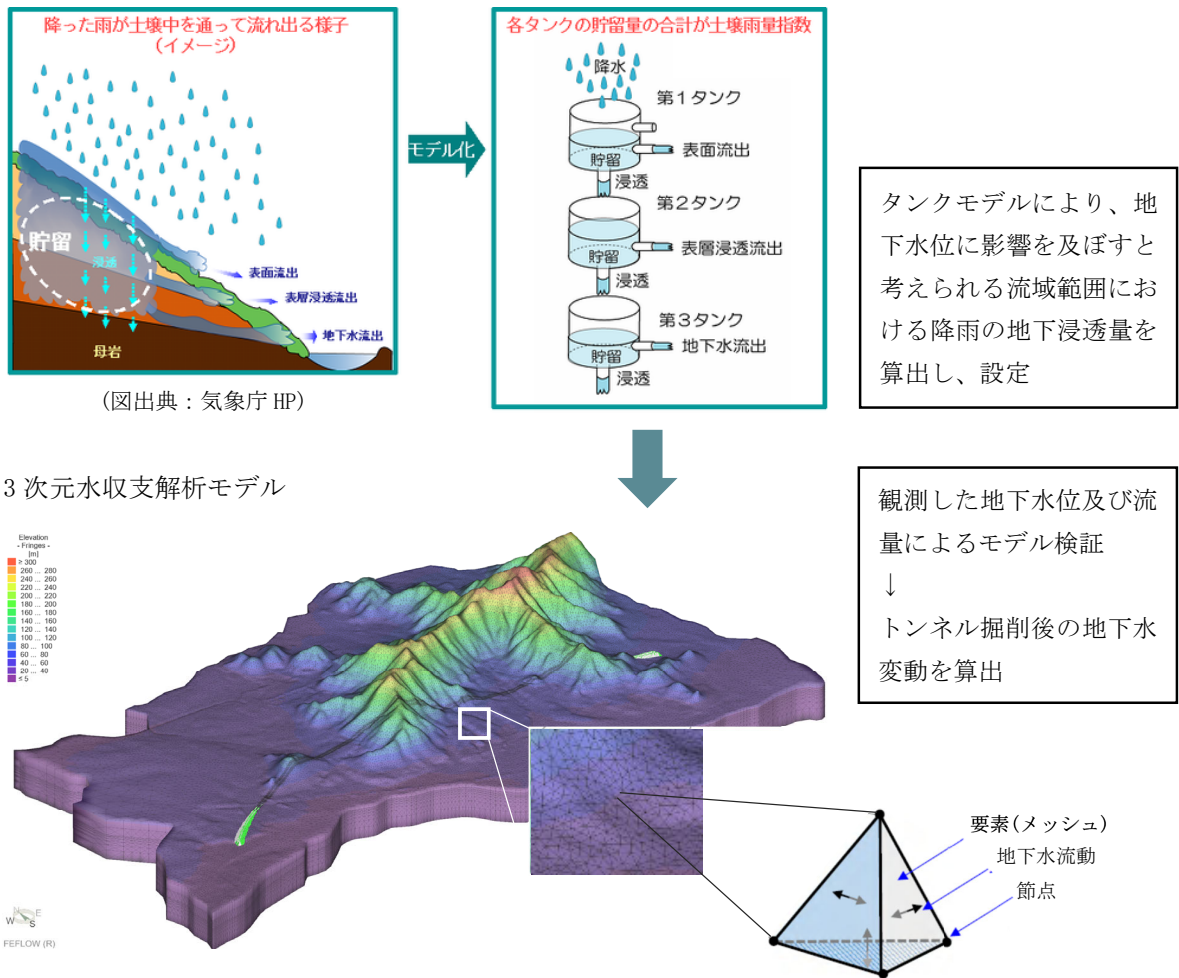


図 11-6-5 解析手法概念図

② 予測地域

予測地域は、調査地域と同じとしました。

③ 予測地点

予測地点は、予測地域の湧水量、地下水の利水等への影響を適切に把握できる地点としました。

地下水位の水位の変化の予測地点を表 11-6-5 に、湧水量の変化の予測地点を表 11-6-6 に、予測地点位置図を図 11-6-6 に示します。

表 11-6-5 予測地点の概要（地下水位の変化）

No	地点名	概要
1	井戸 1	・豊橋市中原町の福井ファイバーテックが所有する井戸

表 11-6-6 予測地点の概要（湧水量の変化）

No	地点名	概要
2	湧水量 1	・豊橋市雲谷町の影色池への流入路の湧水箇所
3	湧水量 2	・豊橋市岩屋町の三ツ池中池への流入路の湧水箇所

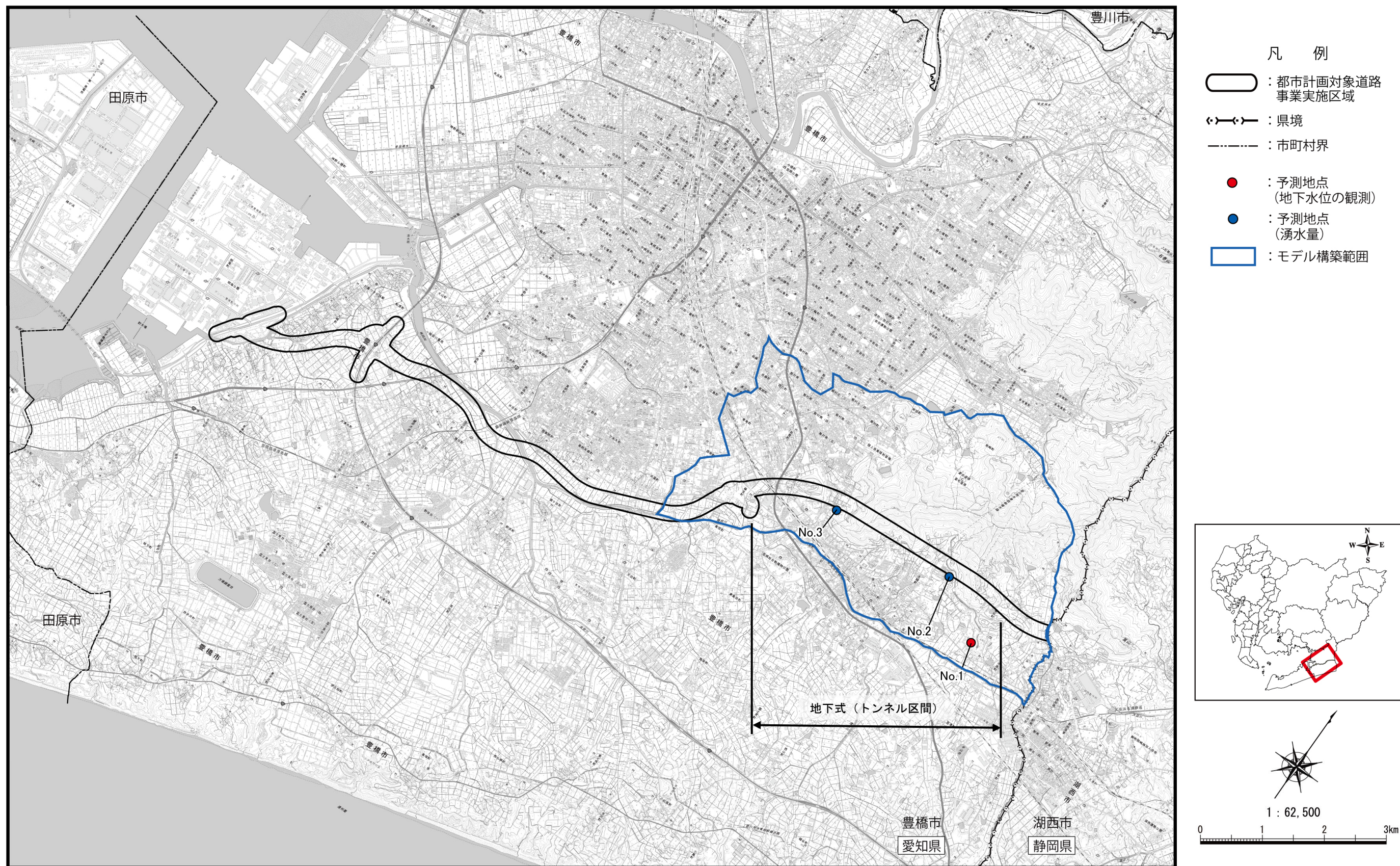


図 11-6-6 地下水の水位の予測地点位置図

④ 予測対象時期等

予測対象時期は、工事中では工事により地下水への影響が最大となる時期として、トンネルの貫通時、供用後では施設が供用されて地下水の状況が安定した時期として定常状態を設定しました。

2) 予測の結果

掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在による地下水位の変化は表 11-6-7 に、湧水量の変化は表 11-6-8 に示すとおりです。本予測は、平水～湧水時（平均的な涵養条件）を想定しています。

予測の結果、予測地点の井戸における地下水位の低下は生じないと予測されます。一方で、トンネル周辺の湧水量については、すべての地点で湧水量の低下が予測されます。

以上のことから、トンネル周辺の湧水量については、掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位への影響があると予測されます。

なお、気象条件や地質条件に不確定要素があり、予測結果にも不確実性があることから、湧水量などの状況を事後調査により監視する方針とします。

表 11-6-7 井戸における地下水位の予測結果

No	地点名	地下水位 [EL. m]			変化幅 [m]
		工事前	工事中	供用後	
1	井戸 1	33.67	33.67	33.67	0.00

注 1) 工事前後の地下水位は、解析値を示します。

表 11-6-8 トンネル周辺の湧水量の予測結果

No	地点名	湧水量 [L/min]			変化幅 [L/min]	影響割合 (%)
		工事前	工事中	供用後		
2	湧水量 1	109.6	77.2	76.5	-33.1	30
3	湧水量 2	31.9	28.9	25.3	-6.6	21

注 1) 工事前後の湧水量は、解析値を示します。

注 2) 変化幅は、工事前と供用後との差を示します。

注 3) 影響割合は、工事前と供用後との変化割合を示します。

(3) 環境保全措置

1) 環境保全措置の検討の状況

予測の結果、掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在による地下水の水位への影響があると予測されることから、事業者により実行可能な範囲内で、環境影響をできる限り回避又は低減することを目的として、表 11-6-9 に示すとおり、環境保全措置の検討を行いました。検討の結果、「観測修正法による最適な工法の採用」を実施します。

表 11-6-9 環境保全措置の検討の状況

環境保全措置	実施の適否	適否の理由
観測修正法による最適な工法の採用	適	工事の実施に伴う地下水位の低下により、湧水量の減少が懸念されるため、今後の具体的な工法の検討にあたっては、事業実施段階において得られる地下水に関する情報を踏まえて対策工を検討します。 さらに、工事前、工事中には地下水の状況を観測し、その結果をもとに最適な施工方法（出水対策（覆工コンクリート、防水シート等の設置）、止水・減水対策工等）を採用することで、地下水への影響の低減が見込まれることから、本環境保全措置を採用します。

注 1) 観測修正法とは、工事前、工事中に地下水の状況を観測し、その結果をもとに最適な施工方法を採用する方法です。

注 2) 止水対策：水の流れ自体を止める対策、出水対策：構造物内への水の侵入を防ぐ対策、減水対策：構造物内への湧水量を減らす、コントロールする対策としている。

2) 環境保全措置の実施主体、方法その他の環境保全措置検討結果の検証

環境保全措置の実施主体は事業者であり、「観測修正法による最適な工法の採用」を実施します。

環境保全措置の実施内容等の検討結果を表 11-6-10 に示します。

環境保全措置の検討にあたっては、実行可能な措置を講じるものとしており、事業者により実行可能な範囲内で環境影響をできる限り回避又は低減されると考えます。

表 11-6-10 環境保全措置の検討結果

実施内容	種類	観測修正法による最適な工法の採用
	位置	トンネルの工事を実施する箇所
環境保全措置の効果		今後の具体的な工法の検討にあたっては、事業実施段階において得られる地下水に関する情報を踏まえて対策工を検討します。 さらに、工事前、工事中には地下水の状況を観測し、その結果をもとに最適な施工方法（出水対策（覆工コンクリート、防水シート等の設置）、止水・減水対策工等）を採用することで、地下水への影響を低減できます。
効果の不確実性		地下水に係る地質構造及び影響範囲に不確実性があります。
他の環境への影響		なし

(4) 評価

1) 評価の手法

① 回避又は低減に係る評価

掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位への影響が、事業者により実行可能な範囲内で環境影響をできる限り回避又は低減されているかどうかについて、見解を明らかにすることにより評価しました。

2) 評価の結果

① 回避又は低減に係る評価

対象道路の検討にあたっては、集落・市街地、重要な地形及び地質、動物や植物の重要な種、景観の保全上重要な箇所等への影響をできる限り回避する計画としています。

また、環境保全措置として、「観測修正法による最適な工法の採用」を実施することで環境負荷を低減するとともに、環境保全措置の内容をより詳細なものにするため、詳細な工事計画策定後、関係機関及び専門家等の意見指導を得ながら、事後調査を実施します。なお、予測し得ない環境への著しい影響が生じたことが判明した場合は、事業者が関係機関と協議し、専門家の意見及び指導を得ながら、必要に応じて適切な措置を講じます。

このことから、掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位への影響は、事業者の実行可能な範囲内でできる限り回避又は低減されているものと評価します。