

8.4 水 象(地 下 水)

8.4 水象（地下水）

8.4.1 現況調査

ア 調査内容

水象（地下水）の現況調査は，表 8.4-1に示すとおり，計画地及びその周辺における「地下水の状況」及び「地形・地質，土地利用の状況」について調査を行った。

表 8.4-1 調査内容（水象（地下水））

調査内容	
水象（地下水）	1.地下水の状況 ・地下水の賦存状態，地下水位，流量等 ・地下水利用の状況 2.その他 ・地形・地質の状況 ・土地利用の状況

イ 調査方法

既存資料調査

調査方法は，表 8.4-2に示すとおりとした。

表 8.4-2 調査方法（既存資料調査）

調査事項	調査方法
1.地下水の状況 ・地下水の賦存状態，地下水位，流量等 ・地下水利用の状況	調査方法は，「仙台市地質柱状図」，「全国地下水資料台帳」，「表層地質図」等から，計画地及び近傍の地下水の状況等の整理とした。
2.その他 ・地形・地質の状況 ・土地利用の状況	

現地調査

調査方法は，表 8.4-3に示すとおりとした。

表 8.4-3 調査方法（現地調査）

調査事項	調査方法
1.地下水の状況 ・地下水の賦存状態，地下水位，流量等	調査は，計画地内にボーリング調査及びボーリング掘進時に実施した原位置試験，揚水試験，掘進完了後のボーリング孔を利用した地下水位観測，ボーリングコアを利用して粒度試験を実施した。
2.その他 ・地形・地質の状況	

ウ 調査地域及び調査地点

既存資料調査

調査地域及び調査地点は、計画地内及び計画地より 400m の範囲とした。

現地調査

調査地域は計画地内及び計画建築物の東側に位置する地点とした。調査地点は表 8.4-4及び図 8.4-1に示す。

ボーリング 3 地点は計画建築物等の配置から調査地点を選定し、地下水位観測孔 1 地点は計画地の地下水位を代表すると想定される地点を選定した。

表 8.4-4 調査地点（現地調査）

調査方法	地点番号	孔口標高 GH+(m)	掘削深度 GL-(m)	計画建築物等
ボーリング調査及び 原位置試験	B-1	35.75	20.35	東西自由通路
	B-2	34.61	27.35	東口開発ビル
	B-3	34.63	67.00	東口開発ビル
地下水位観測	B-4	34.76	20.00	-

エ 調査期間等

既存資料調査

既存資料調査の調査時期は限定しないものとした。

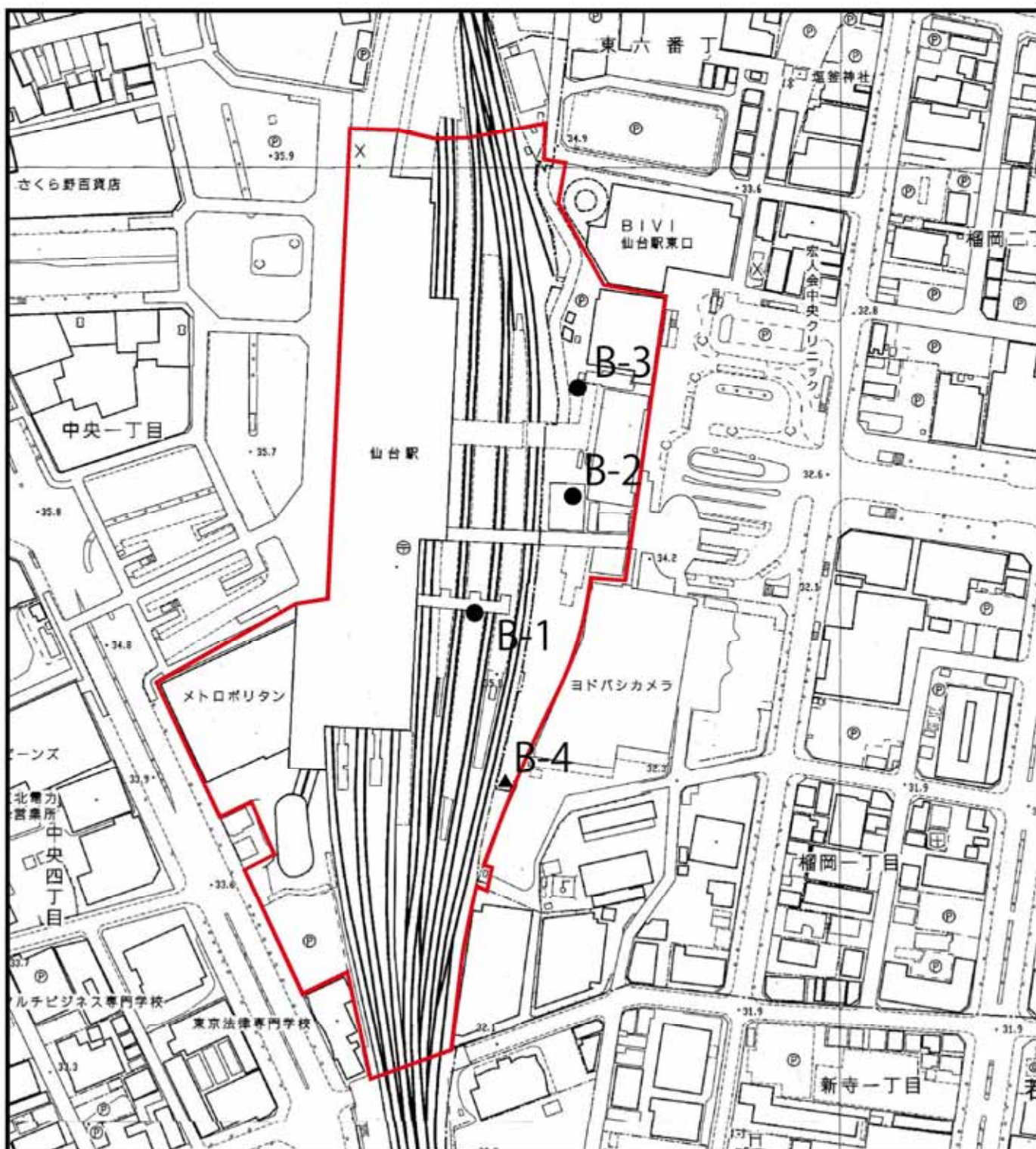
現地調査

現地調査の調査時期は表 8.4-5に示す。

ボーリング調査及び原位置試験は平成 22 年秋季に実施した。地下水位観測は季節的変動を観測するため、平成 23 年冬季～平成 24 年冬季の約 1 年間実施した。

表 8.4-5 調査期間（水象(地下水)）

調査方法	地点番号	調査時期
ボーリング調査及び 原位置試験	B-1	平成 22 年 10 月 25 日(月)～平成 22 年 11 月 1 日(月)
	B-2	平成 22 年 9 月 23 日(木)～平成 22 年 10 月 1 日(金)
	B-3	平成 22 年 9 月 22 日(水)～平成 22 年 10 月 12 日(火)
地下水位観測	B-4	平成 23 年 2 月 26 日(金)～平成 24 年 1 月 25 日(水)



凡 例

- : 対象事業計画地
- : ボーリング調査地点 (B-1～B-3)
- : 地下水位観測地点 (B-4)



S=1:3,000

0 50 100m

図8.4-1
水象(地下水)調査地点
(現地調査)

オ 調査結果

既存資料調査

a) 地下水の賦存状態，地下水位，流量等

「仙台市水環境プラン～都市を支える水循環の健全化をめざして～」(平成 11 年 3 月 仙台市)によると，計画地の位置する市街地中心部は，広瀬川により形成された厚さ数 m の砂礫層が存在し，浅層地下水を蓄えている。また，低水位期における調査範囲の地下水位は地表下約 4m とされている。

「地形・表層地質・土じょう 仙台 5 万分の 1」(昭和 42 年 経済企画庁)によると，仙台市街地の深層地下水の収水層は鮮新世の竜の口層・亀岡層の砂岩・三滝層の集塊岩が主で，100m を超える深井戸では，これらの層から取水している。

b) 地下水利用の状況

計画地周辺の井戸の分布は，表 8.4-6 及び図 8.4-2 に示すとおりである。これらの井戸（計 5 箇所）は現在も全て利用されている。

表 8.4-6 計画地周辺の井戸の分布

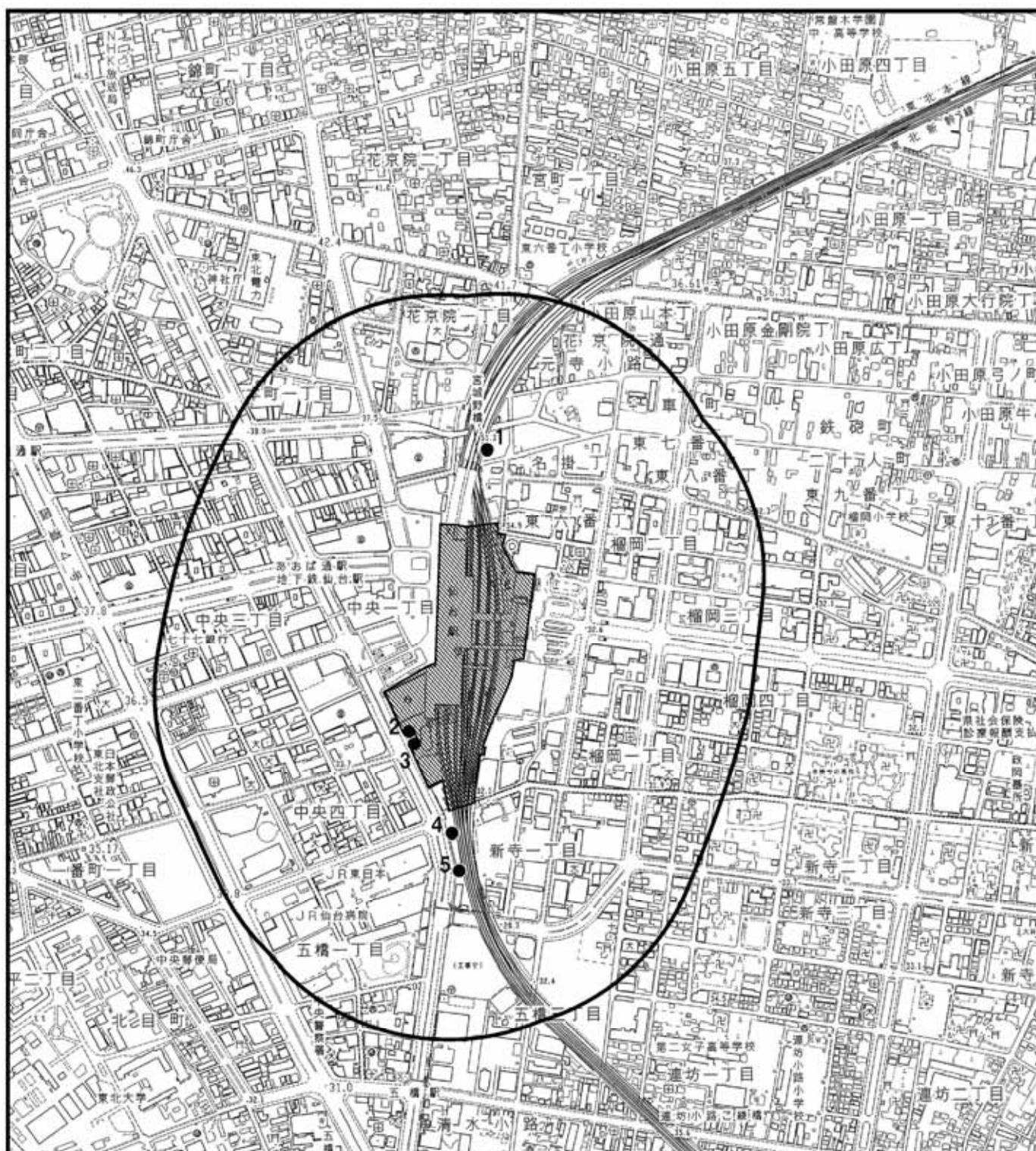
番号	井戸の名称	所有者	現在の状況
1	駅北部井戸	JR 東日本	利用中
2	STB2 号井戸		
3	STB1 号井戸		
4	駅南 1 号井戸		
5	駅南 2 号井戸		

c) 地形・地質の状況

計画地周辺の地形・地質の状況は，「6 地域の概況 6.1 自然的状況 6.1.3 土壌環境」に示すとおりである。

d) 土地利用の状況

計画地周辺の土地利用の状況は，「6 地域の概況 6.1 自然的状況 6.1.3 土壌環境」に示すとおりである。



凡 例



: 対象事業計画地



: 井戸の位置(1~5)



: 調査地域及び予測地域(対象事業計画地から400mの範囲)



S=1:10,000

0 250 500m

図8.4-2

計画地周辺の井戸の分布

現地調査

a) 地下水の賦存状態

計画地内の地下水の賦存の状態は、ボーリング掘進時にボーリング孔内で実施した現場透水試験の結果から、表 8.4-7に示す砂礫層が帯水層であると判断する。

表8.4-7 現場透水試験結果一覧表

調査孔	試験深度 GL-m	試験対象層	土質名	N 値	平衡水位 GL-m	透水係数 k(m/s)
B-1	7.50 ~ 8.00	礫質土	砂礫	50 以上	6.41	5.86×10^{-5}
	8.80 ~ 9.30	礫質土	砂礫	50 以上	6.41	5.01×10^{-5}
B-2	6.50 ~ 7.00	礫質土	砂礫	17 ~ 38	4.96	2.48×10^{-6}
	7.50 ~ 8.00	礫質土	砂礫	27 ~ 38	5.37	3.06×10^{-6}

b) 地下水位

ボーリング調査孔で測定した計画地内の地下水位、地下水観測孔の観測結果を表 8.4-8に示す。地下水観測孔での観測期間は平成 23 年 2 月 26 日～平成 24 年 1 月 25 日となっており、ボーリング調査における水位確認日より後に地下水観測を開始している。

ボーリング調査孔で測定した地下水位は GL-4.92～6.8m に位置し、平均水位は GL-5.57m、平均水位標高は GH+29.43m となっている。

近隣で実施している地下水観測孔での地下水位と比較すると、地下水観測孔における最高水位の水位標高が GH+29.25m となっており、B-1～B-3 におけるボーリング掘進時の初期水位とほぼ同じ標高に位置する。

そのため、ボーリング調査時における初期水位は、計画地内の最高水位に近い水位あったと推定され、ボーリング掘進後にケーシング等の孔壁保護を抜いた後における平衡水位は地下水観測孔の平均水位のレベルに地下水が位置すると考えられる。

地下水位観測孔で測定した地下水の長期的な測定結果は、表 8.4-9及び図 8.4-3に示す。地下水位観測孔で測定した長期的な地下水位観測の結果では、地下水位は概ね GL-9.0m 前後に位置し、降雨時に水位上昇して、上昇後はまた GL-9.0m 付近まで低下していく傾向にある。

観測期間中、台風による急激な水位上昇が 2 回確認された。5 月 30 日の水位上昇は台風 2 号の影響により GL-5.51m まで上昇しており、この水位は観測期間における最高水位となる。また、9 月 21 日は台風 15 号の影響により GL-5.80m まで水位上昇している。

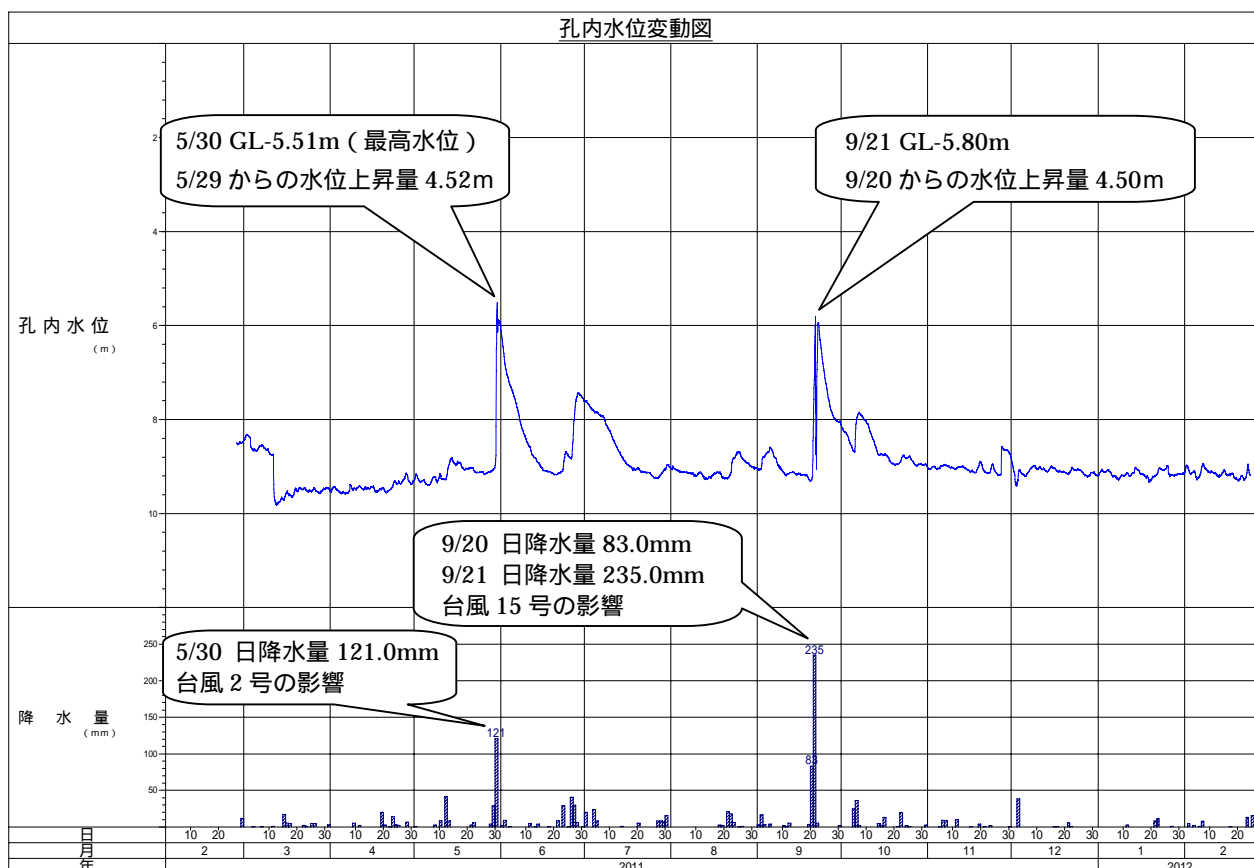
この 2 回の水位上昇時における地下水上昇量は、5 月 30 日の日降水量 121.0mm、9 月 20～21 日の総降水量 318mm と大きく異なるが、いずれも約 4.50m となっており、この周辺の最大水頭がこの標高付近である可能性がある。

表8.4-8 ボーリング調査及び地下水観測孔における自然水位

調査孔	地点 番号	孔口標高 GH+(m)	初期水位 GL-(m)	水位標高 GH+(m)	水位確認日
ボーリング 調査孔	B-1	35.75	6.80	28.95	平成 22 年 10 月 26 日
	B-2	34.61	4.92	29.69	平成 22 年 9 月 24 日
	B-3	34.63	5.00	29.63	平成 22 年 9 月 24 日
平均値	-	35.00	5.57	29.43	-
地下水観測孔	B-4	34.76	最高水位 5.51	29.25	平成 23 年 5 月 30 日
			最低水位 9.82	24.94	平成 23 年 3 月 12 日
			平均水位 8.92	25.84	-

表8.4-9 地下水位観測孔（B-4）における自然水位

水位	孔内水位（GL - m）	水位確認日
平均水位	8.92	-
最高水位	5.51	平成 23 年 5 月 30 日
最低水位	9.82	平成 23 年 3 月 12 日
最高水位と最低水位の差	4.31	-



降雨量は仙台管区気象台のデータを用いた。

図8.4-3 地下水位観測孔の長期的な地下水位観測結果

c) 地形・地質の状況

計画地周辺の地形の状況は、「6 地域の概況 6.1 自然的状況 6.1.3 土壌環境」に示すとおりである。

計画地周辺の地質の状況は、表 8.4-10 の地質層序表にまとめる。

地質層序表は、ボーリング調査結果から、計画地周辺の地盤構成を整理したものである。また、ボーリング調査結果から作成した土層断面図は図 8.4-5-1、図 8.4-5-2 に示し、そのボーリング調査地点、地下水位観測地点、土層断面位置を示した図を図 8.4-4 に示す。

計画地付近における地盤構成は、新第三紀鮮新世の亀岡層を最下層とし、その上位には同鮮新世の竜の口層が亀岡層と整合の関係で分布している。付近の既往調査資料等から、これらの堆積岩類は南西方向へ傾斜を伴って分布するものと推定されている。これら基盤の上位には、第四紀更新世の段丘堆積物が約 7m 程度の厚さで確認されており、最上位には不均質な盛土層が 1～2m の厚さで被覆している。

表8.4-10 地質層序表

時代		地層名		主な土質・地質	層厚	記事	N値 ¹ (回)	透水係数 (m/s)
		Bk 盛土		碎石，砂 礫混じりシルト 砂混じりシルト	1.50～ 2.60	全体に不均質で礫混じりシルトを主体。コンクリート塊が混在する。	0～4 (一部 50 以上)	-
第四紀	更新世	段丘堆積物	Dc 粘性土	シルト，粘土	0.60～ 1.45	ローム質。高含水比で粘性強い。概ね均質。	4～6	-
			Dg 礫質土	砂礫	5.10～ 5.90	70mm 以下の垂円～円礫を主体とし，200mm 以下の玉石を多数混在する。マトリックスは粘土混じり砂～砂。掘進中に逸水・逸泥が認められる。	17～50 以上	2.48×10 ⁻⁶ ～ 5.86×10 ⁻⁵
新第三紀	鮮新世	竜の口層	Ttf1 凝灰岩部層 1	凝灰質シルト岩	1.80	軟棒質状に採取。浮石を混在。所々に小塊状の炭化物を混在。	88～136	-
			Ts1 砂岩部層 1	凝灰質砂岩，砂岩	3.25	軟棒質状に採取。凝灰質で粗粒砂岩。浮石・礫が混在。	43～63	-
			Ttf2 凝灰岩部層 2	凝灰質シルト岩 シルト岩	5.35～ 6.45	軟質棒状に採取。固結度はやや良好。凝灰質で浮石や炭化物が不規則に点在する。	33～150	-
			Ts2 砂岩部層 2	凝灰質砂岩，砂岩	2.40～ 3.15	軟質棒状に採取。細粒砂主体で粒子均一。	60～83	-
			Tm 泥岩部層	泥岩	3.45～ 4.80	軟質棒状に採取。砂岩の薄層を不規則に挟む。	71～183	-
			Ts3 砂岩部層 3	凝灰質砂岩	33.45	軟質棒状～岩片状に採取。凝灰質シルト岩，シルト岩，炭質泥岩を挟在	42～188	-
		亀岡層	Ktf1 凝灰岩部層 1	凝灰質シルト岩	2.65	軟質棒状に採取。固結度良好。部分的に細粒砂岩との互層状を呈する。	214～250	-
			Km 泥岩部層	凝灰質泥岩	3.55	軟質棒状に採取。浮石を多量に混在。炭質泥岩や亜炭の薄層を不規則に挟む。	71～300	-
			Ktf2 凝灰岩部層 2	砂質凝灰岩 凝灰質シルト岩	8.15 以上	軟質棒状に採取。部分的に炭質泥岩や亜炭の薄層を不規則に挟む。粗粒砂や浮石混在。	100～150	-

1：N 値 50 以上は換算 N 値を用いて平均値を算出した。

2：現場透水試験結果を示す。

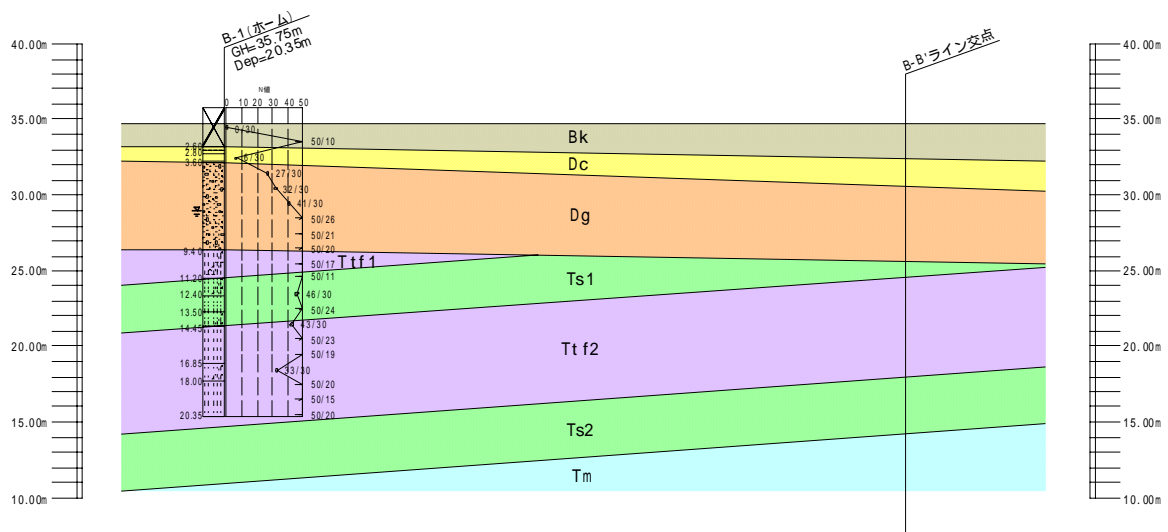


図8.4-5-1 土層断面図 (A - A'断面) S=1:500

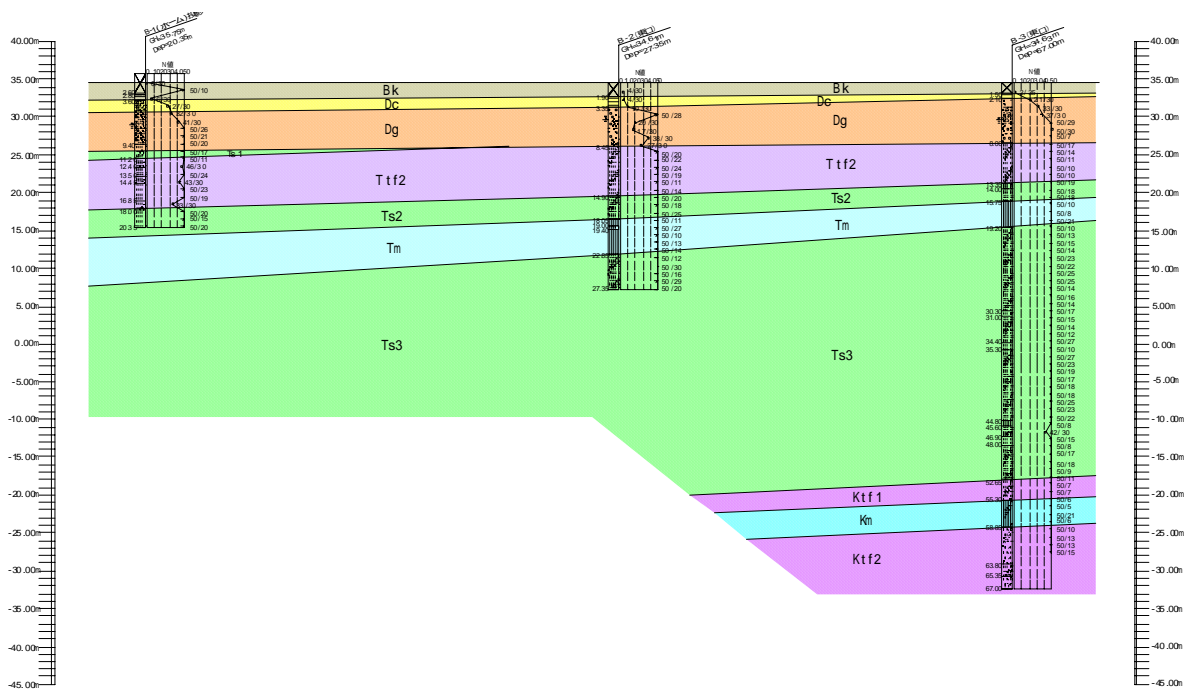


図 8.4-5-2 土層断面図 (B - B'断面) S=1:1000

d) 推定透水係数

粒度試験結果から得られた 20%粒径 D_{20} をもとに、クレーガーの方法により帯水層である段丘堆積物礫質土(Dg)の透水係数を推定する。

帯水層である礫質土(Dg)の透水係数を設定する場合には、現場透水試験による実測値と粒径から推定した透水係数の両者を考慮し、代表透水係数としては、粒径から推定した透水係数と現場透水試験の実測値の平均値を採用することが妥当であり、相乗平均により代表値を評価する。

表 8.4-11 推定透水係数一覧表

地層区分 (地層記号)	試料名	20%粒径 D_{20} (mm)	D_{20} による透水係数推定値 k (m/sec)	現場透水試験実測値 k (m/sec)
段丘堆積物 礫質土(Dg)	1-P-1	0.11	2.17×10^{-5}	$2.48 \times 10^{-6} \sim 5.86 \times 10^{-5}$
	1-P-2	0.55	8.72×10^{-4}	
	1-P-3	0.15	4.42×10^{-5}	
	2-P-1	0.34	2.89×10^{-4}	
	2-P-2	0.38	3.73×10^{-4}	
	2-P-3	0.11	2.17×10^{-5}	
透水係数の相乗平均値 k (cm/sec)			1.1×10^{-4}	1.2×10^{-5}
礫質土(Dg)の代表透水係数 (D_{20} による透水係数推定値と 現場透水試験実測値の相乗平均値)			3.7×10^{-5}	

8.4.2 予測

(1) 工事による影響

ア 予測内容

工事中の掘削及び建築物の建築による地下水位の変化の程度とした。

イ 予測地域及び予測地点

予測地域及び予測地点は、計画地及びその周辺とした。

ウ 予測時期

予測時期は、工事中の掘削深度が最大となる時点とする。

エ 予測方法

予測方法は、現況調査結果から推定した計画地周辺における地下水の状況、工事計画を勘案し、定性的に予測する。

掘削による地下水位低下の影響範囲 R は以下に示す Sichardt の式により求めた。

$$R = 3000 \times s \times \sqrt{K}$$

R : 影響半径 (m)

s : 地下水位低下量 (m)

K : 透水係数 (m/s)

オ 予測条件

工事に伴う地下水位低下量

工事に伴う地下水位低下量(s)は、現況の地下水位が、工事により掘削される地盤の最大深度まで低下したものと想定し、表 8.4-9における最高水位(GL-5.51m)と最大掘削深(GL-9.40m)との差(3.89m)として採用した。

表 8.4-12 掘削に伴う地下水低下量

現況の地下水位	最高水位	GL-5.51m	表 8.4-9における最高水位
最大掘削深		GL-9.40m	図 8.4-7参照
掘削に伴う地下水低下量		3.89m	-

透水係数

透水係数は、掘削範囲が図 8.4-7に示すとおり Dg 層であることから、表 8.4-11に示す Dg 層の透水係数の代表値 $k=3.7 \times 10^{-5} \text{m/s}$ とした。

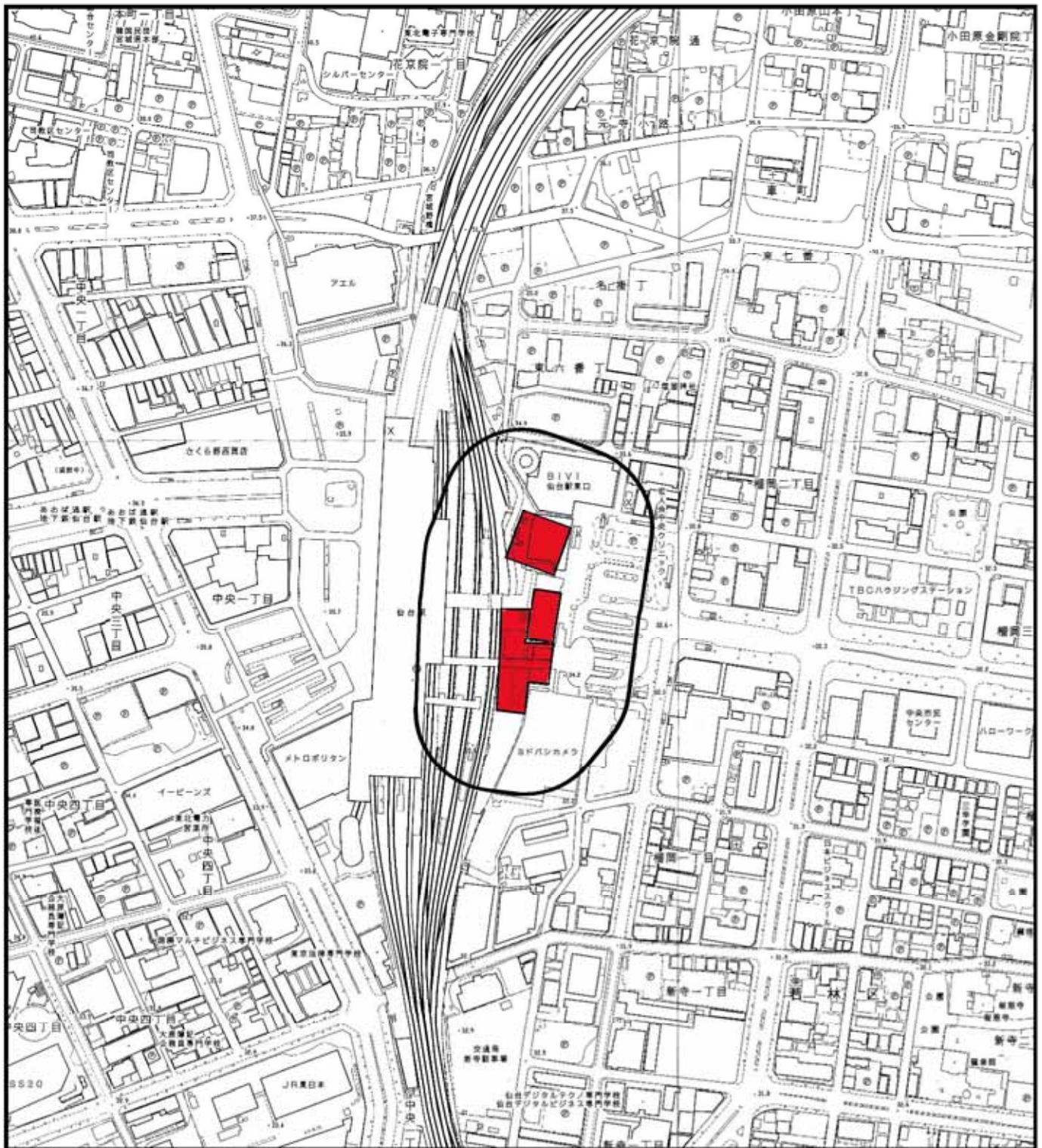
対策工法

対策工は、土留壁を GL-22.0m まで設置する計画としている。




カ 予測結果

工事に伴う地下水低下量を 3.89m と想定すると、影響半径は 71m と予測される。影響範囲は図 8.4-6に示すとおりである。

自社所有の井戸は図 8.4-2に示すとおり、影響範囲にはないことから、工事中の掘削及び建築物の建築による地下水位の変化による影響は小さいものと予測される。



凡 例

-  : 対象事業計画地
-  : 影響範囲(半径71m)
-  : 掘削範囲



S=1:5,000

0 100 200m

図8.4-6
工事に伴う
地下水影響範囲

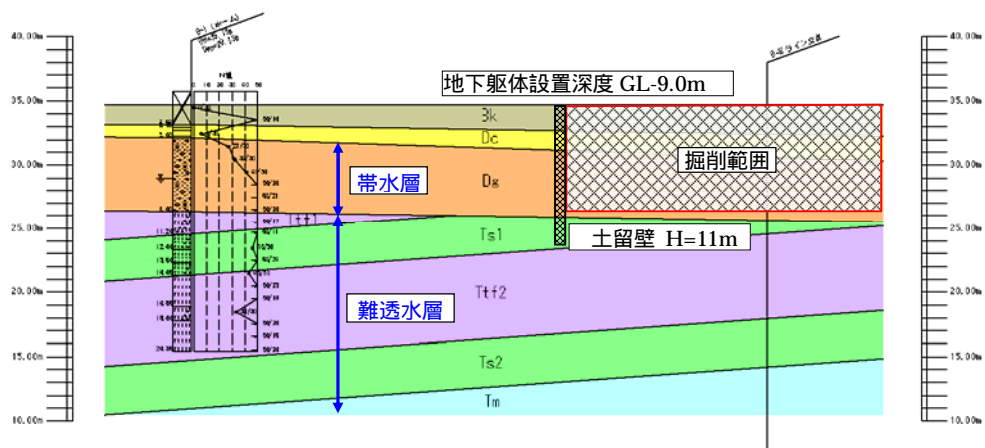


図8.4-7-1 掘削及び土留壁設置深度（A - A'断面）

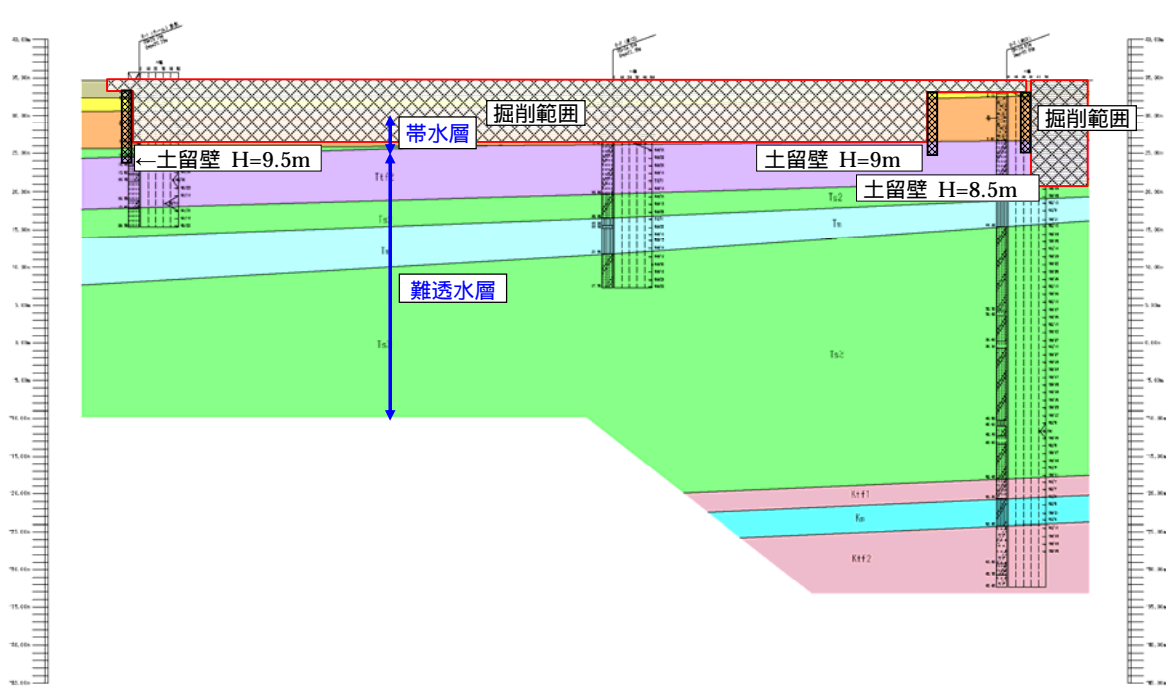


図 8.4-7-2 掘削及び土留壁設置深度（B - B'断面）

(2) 存在・供用による影響

ア 予測内容

工作物の出現による地下水位の変化の程度とした。

イ 予測地域及び予測地点

予測地域及び予測地点は、計画地及びその周辺とした。

ウ 予測時期

予測時期は、工事が完了した時点とした。

エ 予測方法

予測方法は、現況調査結果から推定した計画地周辺における地形・地質及び地下水の状況、地下躯体の位置、深度等の建築計画から、定性的に予測した。

オ 予測結果

本事業に係る地下躯体の設置深度は、図 8.4-7に示す GL-9.0m であり、躯体建設時の土留壁は GL-8.5m ~ 11.0m まで設置し躯体完成後も残置される。

土留壁の範囲は土留壁の出現により止水され、地下水の流動阻害により、上流側では地下水位の上昇が、下流側では地下水位の低下が想定される。地下水の流動阻害による影響を受けるのは、土留壁の設置範囲にある帯水層である洪積砂礫層（Dg）に賦存する地下水と考えられる。

洪積砂礫層（Dg）は、計画地を含んで広範囲に分布しており、帯水層の平面的な連続性も良好である。また、砂礫層は透水性も高いことから、地下躯体により帯水層の一部は遮断されるものの、本事業による土留壁の設置範囲はこれらの帯水層の広がりに対して局部的であり、地下水は土留壁の設置範囲の周辺を迂回する形で流動すると想定されるため、工作物の出現による地下水位の変化は小さいと予測される。

8.4.3 環境の保全及び創造のための措置

(1) 工事による影響

工事中の掘削及び建築物の建築による地下水位の変化の程度を予測した結果、工事に伴う地下水低下の変化による影響は小さいと予測された。

また、本事業の実施にあたっては、地下水に対する環境保全対策として表 8.4-13に示す措置を講ずることとする。

表 8.4-13 環境の保全及び創造のための措置
(工事による影響(工事中の掘削及び建築物の建築))

環境影響要因	環境の保全及び創造のための措置の内容
工事による影響 (工事中の掘削及び 建築物の建築)	<ul style="list-style-type: none">・ 工事に先立ち、計画地周辺の井戸等の地下水の利用状況を把握する。・ 工事に際しては、地下水位観測孔により工事前・工事中・工事後の地下水位の状況を把握する。・ 工事の実施に伴い、計画地周辺の地下水位への影響が生じた場合は、適切な処理を講じる。

(2) 存在・供用による影響

工作物の出現による地下水位の変化の程度を予測した結果、工作物の出現による地下水位の変化は小さいと予測された。また、本事業の実施にあたっては、地下水に対する環境保全対策として表 8.4-14に示す措置を講ずることとする。

表 8.4-14 環境の保全及び創造のための措置(存在・供用による影響)

環境影響要因	環境の保全及び創造のための措置の内容
存在・供用による影響	<ul style="list-style-type: none">・ 地下水位観測孔により工事前、工事中、供用後の地下水位の状況を把握する。・ 地層の不連続性や地下水の流動による影響等、何らかの特別な理由で地下水位への影響が生じた場合は、適切な処理を講じる。・ 供用後においては、上水系統・中水系統・冷却塔補給水の全ての給水源を市水とする計画とする。

8.4.4 評価

(1) 工事による影響

ア 回避・低減に係る評価

評価方法

予測結果を踏まえ、掘削及び建築物の建築に伴う地下水位への影響が、造成区域の位置、工事手法、保全対策等により実行可能な範囲で回避・低減が図られているか否かを判断する。

評価結果

工事中の掘削及び建築物の建築による地下水位の変化の程度を予測した結果、工事に伴う地下水位の変化による影響は小さいと予測された。

また、本事業では工事に先立ち計画地周辺の井戸等の地下水の利用状況を把握し、工事前からの地下水位の観測を行うなど、地下水位の状況を把握しながら工事を進めることとしており、地下水位への影響が生じた場合は、適切な対策を講じることとしていることから、実行可能な範囲内で、最大限の回避・低減が図られていると評価する。

(2) 存在・供用による影響

ア 回避・低減に係る評価

評価方法

予測結果を踏まえ、工作物の出現に伴う地下水位への影響が保全対策等により、実行可能な範囲で回避・低減が図られているか否かを判断する。

評価結果

工作物の出現による地下水位の変化の程度を予測した結果、工作物の出現による地下水位の変化は小さいと予測された。

また、本事業では、工事に先立ち計画地周辺の井戸等の地下水の利用状況を把握し、工事前・工事中・供用後の地下水位の状況を把握することとしており、地下水位への影響が生じた場合は、適切な対策を講じることとしていることから、実行可能な範囲内で、最大限の回避・低減が図られていると評価する。

供用後においては、上水系統・中水系統・冷却塔補給水の全ての給水源を市水とする計画であることから、実行可能な範囲内で最大限の回避・低減が図られていると評価する。