

7-4 水質

7-4-1 現況調査

水質の調査概要を表 7-4-1 に示す。

表 7-4-1 調査概要(水質)

調査項目		調査地点	調査期間
水質	水質 (浮遊物質量、流量)	・石内川 2 地点 (雨水放流地点の上流・下流)	晴天時： 平成 21 年 6 月 9 日 降雨時： 平成 21 年 7 月 8 日(1 回目) 平成 21 年 10 月 2 日(2 回目)
	土質 (土砂沈降試験)	・計画地内の切土部分 3 地点	

1)現地調査

(1)調査方法

水質(浮遊物質量、流量)

水質の調査は、「河川水質試験方法(案)」(建設省河川局)及び「建設省河川砂防技術基準(案)」(建設省河川局)記載の方法により実施した。浮遊物質量は流況(雨量・流量の増減)によって大きく変化するため、調査期間を晴天時及び降雨時に設定し、降雨時については 2 回調査を行った。

測定時には、流速計等を用いて流量を測定し、浮遊物質量についてはサンプルを採取し、ろ過法により計測した。

また、これらに付随して、水質に係る関連法規について整理を行った。

土質(土砂沈降試験)

計画地内の切土部分から生じる水の濁りについて予測するため、土壌の調査を実施した。計画地内の切土部分 3 地点から土壌サンプルを採取し、室内において沈降管による土壌沈降試験(初期 SS 濃度 2,000mg/L)を行った。

(2)調査地点

水質調査地点および土質試験のサンプル採取地点を図 7-4-1 に示す。また、水質調査地点の写真写真 7-4-1(1) , (2)に示す。

水質については、雨水放流先である石内川を対象とし、放流地点の上流および下流にて調査を行った。土質試験のサンプル採取地点は、造成計画に基づき、切土となる地点から選定した。地点によって土質が異なる可能性があるため、3 地点からサンプルを採取した。

2)関連法規

調査範囲の石内川については、「水質汚濁に係る環境基準について(昭和 46 年 12 月 28 日環告 59 号)」に関する河川類型(AA~E)が定められていないため、生活環境の保全に関する環境基準の対象とならない。



写真 7-4-1(1) 調査地点状況 (No.1)



写真 7-4-1(2) 調査地点状況 (No.2)

7-4-2 調査結果

1)現地調査

(1)水質

水質の現地調査結果を表 7-4-2(1) , (2)に示す。

晴天時の浮遊物質量は 1mg/L 未満と清澄であった。降雨時には、雨水の流入により、浮遊物質量および流量が増加していた。降雨時のいずれの調査においても、調査地点 No.2(下流地点)の浮遊物質量が、調査地点 No.1(上流地点)よりも高くなっているため、事業計画地付近からの濁水が流入していることが考えられる。

表 7-4-2(1) 水質調査結果(No.1：上流地点)

	浮遊物質量 (最大値)	流量最大値	日降水量
晴天時	1 mg/L 未満	0.008 m ³ /s	-
降雨時(1 回目)	24 mg/L	0.628 m ³ /s	35.0 mm/日
降雨時(2 回目)	69 mg/L	0.592 m ³ /s	40.5 mm/日

広島地方気象台の発表による。

表 7-4-2(2) 水質調査結果(No.2：下流地点)

	浮遊物質量 (最大値)	流量最大値	日降水量
晴天時	1 mg/L 未満	0.034 m ³ /s	-
降雨時(1 回目)	26 mg/L	1.069 m ³ /s	35.0 mm/日
降雨時(2 回目)	260 mg/L	1.614 m ³ /s	40.5 mm/日

広島地方気象台の発表による。

(2)土質

土壌沈降試験の結果を表 7-4-3 及び図 7-4-2 に示す。

試験結果について地点別の差異はほとんどなく、いずれのサンプル、経過時間 4 時間で浮遊物質量 200mg/L 以下、経過時間 24 時間で浮遊物質量約 100mg/L 程度、経過時間 48 時間で浮遊物質量 40mg/L 以下となった。

表 7-4-3 土壌沈降試験結果(浮遊物質量の経時変化) 単位：mg/L

経過時間	地点 A	地点 B	地点 C	平均
10 分	1,280	1,240	1,300	1,273
20 分	960	940	930	943
30 分	600	720	720	680
1 時間	280	420	390	363
2 時間	190	270	240	233
4 時間	120	190	180	163
8 時間	81	130	120	110
12 時間	68	110	100	93
24 時間	40	67	61	56
48 時間	19	37	37	31

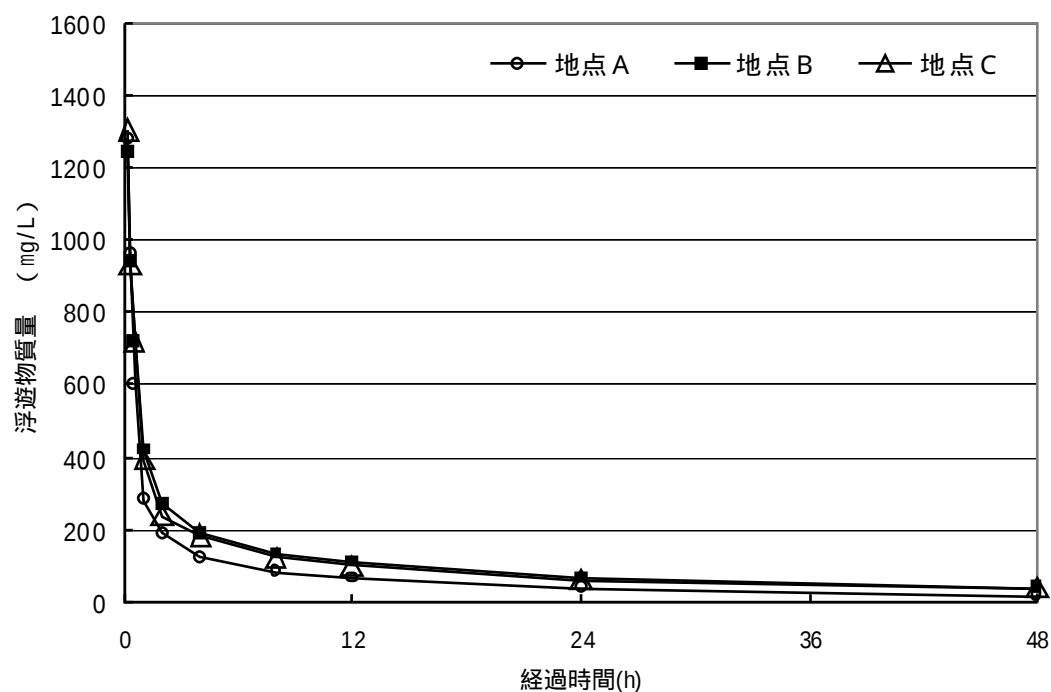


図 7-4-2 土壌沈降試験による、浮遊物質量の経時変化

7-4-3 予測

1) 予測項目

水質について、造成等の施工によって石内川の水質に一時的な濁りが生じることが考えられるため、造成工事に伴う流出水の濁り(浮遊物質量)の程度について、予測を行った。

2) 予測時点

予測時点は、造成工事期間中において、仮設調整池が設置された後の降雨時とした。

3) 予測地点

予測地点は、公共用水域への排水地点とした。

4) 予測方法

水質の予測フローを図 7-4-3 に示す。

工事中に事業計画地に降った雨水は、事業計画地内の仮設調整池に貯留し、沈降させた後に沈砂池(板桁式)で処理する。その後に放流河川(石内川)に放流する計画となっている。

そのため、水質の予測について、発生原単位を用いて、事業計画地から仮設調整池への濁水の流入量を算定し、仮設調整池の容量等により排水口位置での浮遊物質量を予測する定量的な方法に拠るものとした。

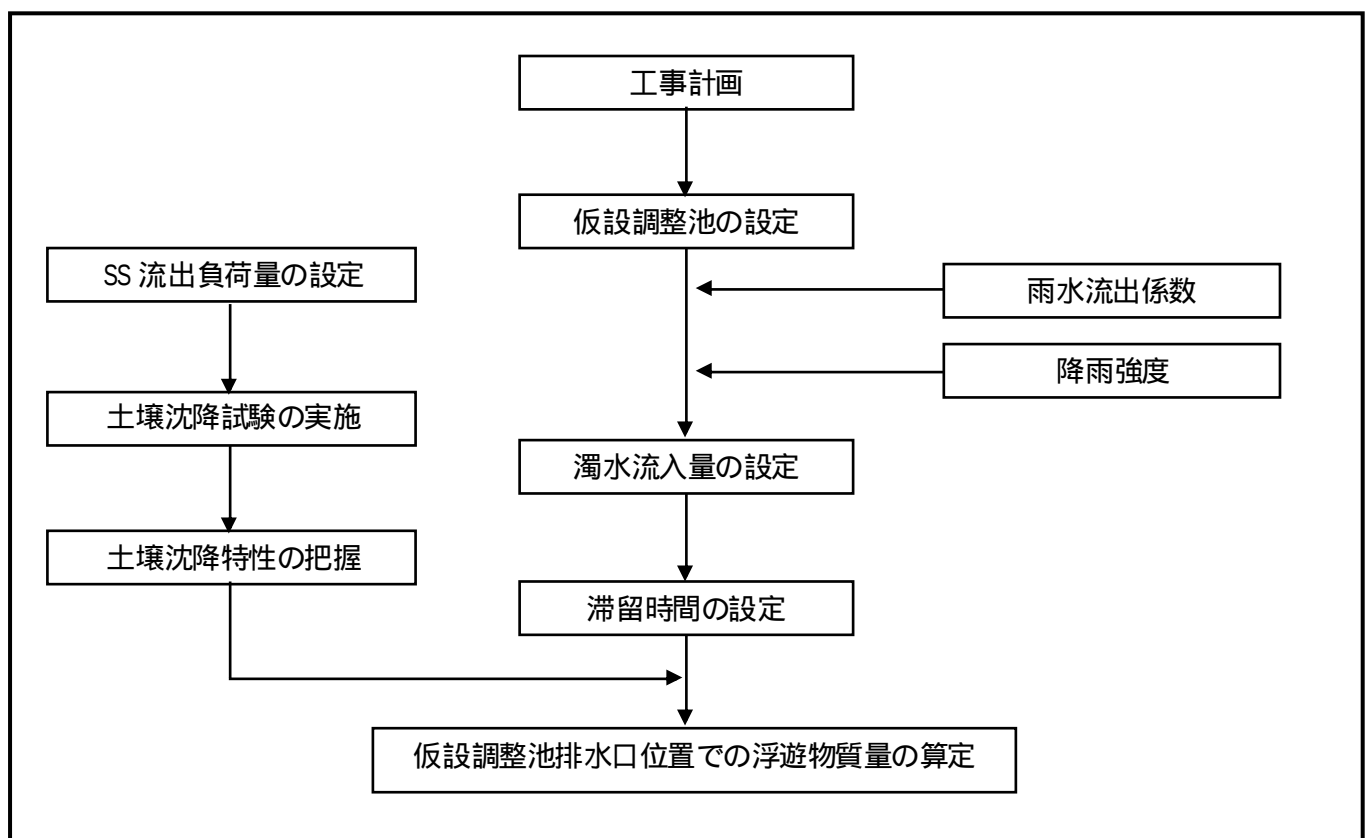


図 7-4-3 予測フロー(水質)

ア. 予測式

a. 濁水流入量

造成区域からの濁水流入量について、「面整備事業環境影響評価技術マニュアル」(平成11年、建設省)による合理式により算出した。

$$Q = f_1 \cdot 1 / 1000 \cdot I \cdot A_1$$

ここで、

Q : 濁水流入量(m^3/h)

f_1 : 造成区域の雨水流出係数 (0.5)

I : 平均降雨強度(mm/h)

A_1 : 造成区域面積(m^2)

b. 滞留時間

滞留時間については、「面整備事業環境影響評価技術マニュアル」(平成11年、建設省)による式により算出した。

$$\text{滞留時間(分)} = \frac{\text{仮設調整池の貯水容量}(\text{m}^3)}{\text{仮設調整池の濁水流入量}(\text{m}^3/\text{h})}$$

c. 仮設調整池排水口位置での浮遊物質量

仮設調整池排水口位置の浮遊物質量は、前述の土砂の沈降試験結果(p.252)から、3地点の平均値を用いて、回帰式により算出した。

$$y = 5818.9 X^{-0.647}$$

ここで

y : 浮遊物質量(mg/L)

X : 滞留時間(分)

イ. 予測条件

a. 仮設調整池の諸元

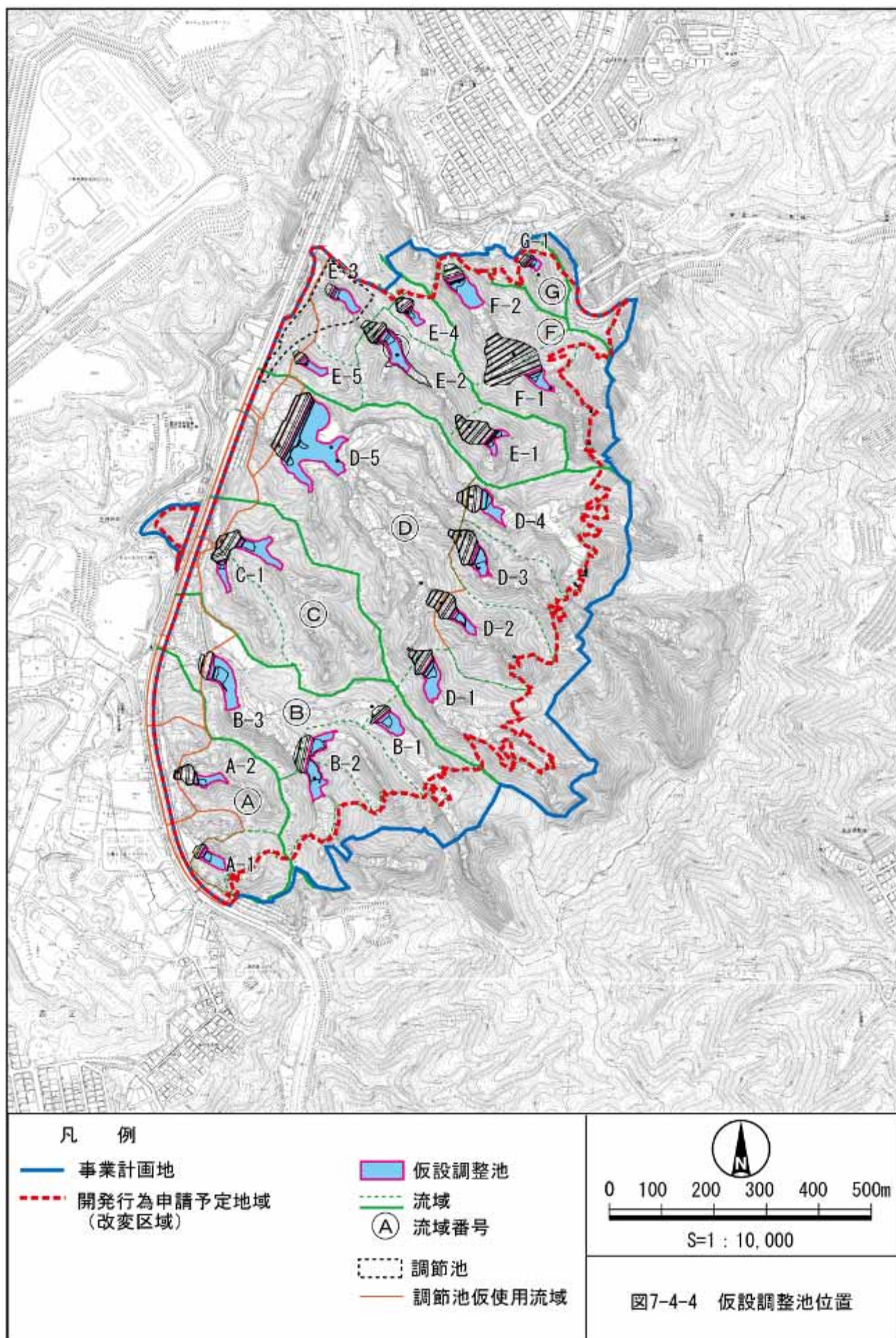
仮設調整池の諸元を表 7-4-4 に、位置及び流域を図 7-4-4 に示す。

造成工事においては仮設調整池を設置するほか、E-3 の流域に設置する調節池を優先して施工し、事業計画地西側の流域の造成工事に係る濁水処理のため調節池を仮使用する。

表 7-4-4 仮設調整池の諸元

仮設調整池 区分	造成区域 流域面積 (ha)	貯水容量 (m ³)
A-1	1.06	1,455.3
A-2	2.38	1,471.0
B-1	1.57	1,933.3
B-2	3.35	3,740.5
B-3	4.46	6,137.8
C-1a	5.43	2,899.5
C-1b	1.98	1,105.0
D-1	3.18	3,621.0
D-2	2.49	1,496.0
D-3	2.33	1,577.5
D-4	3.56	3,706.0
D-5	12.5	20,883.5
E-1	2.37	1,339.5
E-2	2.98	3,907.5
E-3	1.76	976.8
E-4	0.84	733.5
E-5	0.99	827.5
F-1	3.07	2,298.0
F-2	2.67	5,061.0
G	0.83	430.5
調節池仮使用	8.95	88,100.0
合計	68.75	153,700.7

全造成区域 (69.6ha) のうち、0.85ha は直接放流域である。



b. 平均降雨強度

予測は、事業計画地周辺における日常的な降雨量を対象に行うものとする。

日常的な降雨量としては、降雨時に人間活動が認められる範囲の降雨を想定し、気象庁の気象観測法における降雨強度区分の「弱雨」(強度 0: 瞬間強度 0.0~3.0mm/h 未満)を対象とし、予測に用いる平均降雨強度は 3.0mm/h とする。

広島气象台における平成 12~21 年の最大時間降水量の出現日数を表 7-4-5 に示す。

表 7-4-5 より、事業計画地周辺において「弱雨」相当以上の最大時間降水量が観測された日数は年間約 200~230 日程度であり、そのうち大半は「弱雨」相当である。

表 7-4-5 最大時間降水量の出現日数(平成 12~21 年 広島气象台)

	最大時間降水量の出現日数(日)			
	0.0~3.0mm/h 未満	3.0~15.0mm/h 未満	15.0mm/h 以上	降雨なし
平成 12 年	161	48	3	154
平成 13 年	149	46	9	161
平成 14 年	159	50	5	151
平成 15 年	168	53	14	130
平成 16 年	146	49	14	157
平成 17 年	164	38	9	154
平成 18 年	155	58	11	141
平成 19 年	152	46	4	163
平成 20 年	168	44	4	150
平成 21 年	152	51	7	155

気象観測法における降雨強度区分は以下の通りである。

弱雨：強度 0、瞬間強度 0.0~3.0mm/h 未満

並雨：強度 1、瞬間強度 3.0~15.0mm/h 未満

強雨：強度 2、瞬間強度 15.0mm/h 以上

c. 浮遊物質(SS)流出負荷量の設定

浮遊物質の流出負荷量は、表 7-4-6 に示すとおり、「土質工学会における化学の基礎と応用」(土質工学会)により、宅地造成工事の事例に基づき、2,000mg/L と設定した。

表 7-4-6 造成工事における濁水の発生状況

発生地域	具体的工事名	濁水の発生量(m³/h)	SS 濃度(mg/L)
市街地	場所打杭工事	15~16	200,000~500,000
	地中連続壁工事	2~10	100,000~300,000
	泥水シールド工事	15~60	200,000~500,000
市街地近郊	宅地造成工事	工事規模・降雨量によって大きく変動する。	200~ 2,000
	飛行場造成工事		
	ゴルフ場造成工事		
山岳地	トンネル工事	50~500	500~20,000
	ダム工事	100~1,000	500~20,000
	砕石プラント工事	100~1,000	15,000~30,000
港湾	浚渫工事	5,000~10,000	5,000~100,000
河川・湖沼	河川等改修工事	50~500	5,000~50,000
	橋梁基礎工事		

資料：「土質工学会における化学の基礎と応用」(土質工学会)

5)予測結果

仮設調整池の排水口における浮遊物質量の予測結果を表 7-4-7 に示す。浮遊物質量は、最大で 41.6mg/L と予測される。これは、現況の石内川（降雨時における上流）の浮遊物質量と同程度である。

表 7-4-7 仮設調整池排水口における浮遊物質量の予測結果

仮設調整池 区分	濁水流入量(m ³ /h)	滞留時間(分)	SS(mg/L)
A-1	16	5,492	22.1
A-2	36	2,472	37.1
B-1	24	4,926	23.8
B-2	50	4,466	25.3
B-3	67	5,505	22.1
C-1a	81	2,136	40.8
C-1b	30	2,232	39.6
D-1	48	4,555	25.0
D-2	37	2,403	37.8
D-3	35	2,708	35.0
D-4	53	4,164	26.5
D-5	188	6,683	19.5
E-1	36	2,261	39.3
E-2	45	5,245	22.8
E-3	26	2,220	39.8
E-4	13	3,493	29.7
E-5	15	3,343	30.5
F-1	46	2,994	32.8
F-2	40	7,582	18.0
G	12	2,075	41.6
調節池仮使用	134	39,374	6.2

7-4-4 環境保全措置

予測結果のとおり、事業実施に伴う建設工事及び施設の存在・供用が事業計画地及びその周辺の河川水質に及ぼす影響は小さいと考えられるが、環境への影響を低減するため、環境保全措置について検討し、事業者が以下の環境保全措置を実施することとした。

【環境保全措置】

水質への影響を低減するためには、濁水の発生を抑制すること、土砂の流出を防止することが重要である。そのためには、仮設調整池による沈砂、土砂流出防止対策を実施する、造成工事完了後の濁水の発生を抑制する等の措置が有効である。

以上のことから、本事業では以下の環境保全措置を実施する。

- ・ 仮設調整池については、十分な貯水容量を確保する。
- ・ 仮設調整池から公共水域に排水する際は、沈降した上で排水する。
- ・ 造成工事完了後の法面は、裸地のまま放置せず、速やかに種子吹きつけ等により緑化を図り、濁水の発生を抑制する。
- ・ 造成工事及び降雨の状況により、シート被覆、土のうや土砂流出防止柵の設置等により、土砂の流出を防止する。
- ・ 直接放流域については柵を設置し、濁水の流出防止を図る。

7-4-5 評価

工事計画において、事業計画地内に降った雨水は、仮設調整池に流入し沈砂を行った後に、雨水放流河川である石内川に放流する計画となっている。

仮設調整池の排水口における浮遊物質量は、造成工事時に平均降雨強度 3mm/h の降雨があった場合に最大 41.6mg/L と予測された。これは現況の石内川（降雨時における上流）の浮遊物質量と同程度であるため、著しい影響は及ぼさないと考えられる。

これらに加えて、環境保全措置を実施することにより、造成工事による水質への影響が低減されるものと評価する。

7-4-6 事後調査計画

本事業による水質汚濁の影響はないものと予測されるが、造成工事中の状況を確認するため、土工事期間中に、水質汚濁の生じやすい雨天時の測定を年 1 回実施する。調査地点は、仮設調整池及び調整池等の上流と、これらの施設等から河川への放流地点の下流の 2 地点とする。

7-5 水象

7-5-1 現況調査

水象の調査概要を表 7-5-1 に示す。

表 7-5-1 現況調査概要(水象)

調査項目			調査地点	調査方法	現地調査期間
河川の状況	降雨量		-	・既存資料調査	-
	河川流下能力		調節池放流地点より下流 2km まで	・既往調査結果の整理	
	表流水	河川流量	事業計画地内及び周辺の 7 地点	・流速計測法及び容器法により流量及び流速を 3 回計測し、平均する方法	春季:平成 21 年 4 月 30 日 夏季:平成 21 年 8 月 17 日 秋季:平成 21 年 10 月 16 日 冬季:平成 22 年 1 月 25 日
地下水の状況	湧水	湧水地点	事業計画地内	現地踏査(ゾーン ~)	平成 21 年 5 月 20 日 ~ 平成 21 年 5 月 26 日
	地下水	地下水位	事業計画地内 12 地点	・ボーリング孔の地下水位観測結	ボーリング調査(一次調査) 平成 21 年 6 月 8 日 ~ 平成 21 年 7 月 8 日 ボーリング調査(二次調査) 平成 21 年 11 月 16 日 ~ 平成 21 年 12 月 24 日
	井戸の深さ及び利用状況		計画地周辺の井戸 5 ヶ所	・聞き取り調査	平成 21 年 12 月 21~24 日、 平成 22 年 2 月 12 日

1)既存資料調査

既存資料により降雨量の把握を行った。

また、事業計画地から下流 2km までの石内川流下能力について、既往調査結果より整理するとともに、事業計画地及びその周辺の湧水及び地下水の状況について把握するため、既往ボーリング調査結果を整理した。

2)現地調査

(1)調査方法

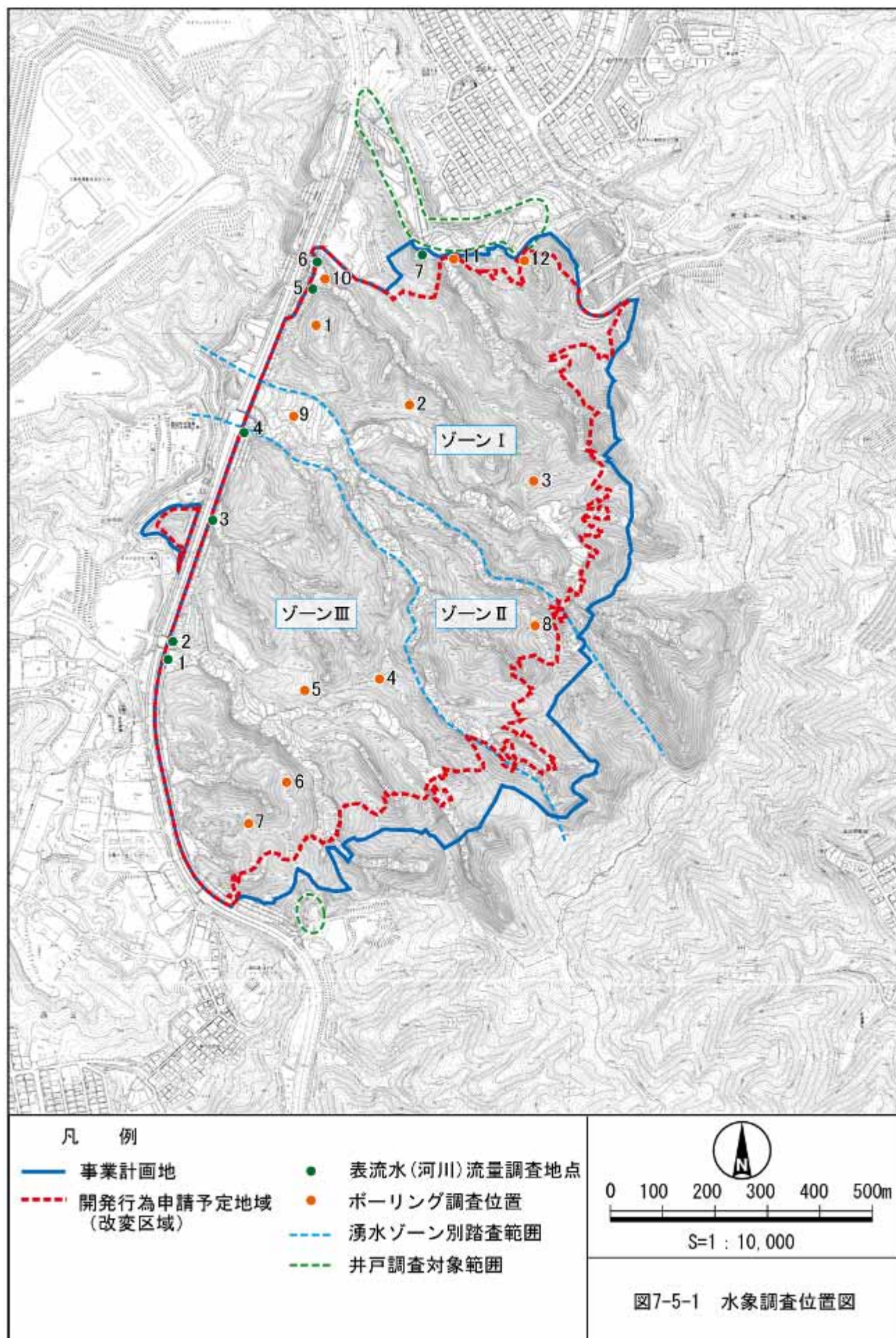
事業計画地の沢及び事業計画地からの表流水が流入する石内川の流量を把握するため、事業計画地及び周辺の 7 地点において表流水調査を実施した。

また、湧水地点及び地下水位を把握するため、事業計画地内を谷部及びその両側の稜線を一つの組み合わせとしたゾーン(ゾーン ~)に区分して現地踏査を行い、その結果を整理するとともに、ボーリング孔内で水位計を用いて観測した結果を整理した。

事業計画地周辺北側及び南側に位置する井戸(事業計画地北側の 4 軒及び南側の霊泉寺、計 5 ヶ所)については、聞き取り調査により、井戸の深さ及び利用状況等を把握した。

(2)調査地点

水象の調査地点を図 7-5-1 に示す。



7-5-2 調査結果

1)降雨量

広島地方気象台における最近 10 年間(平成 12 年～平成 21 年)の月別降水量を表 7-5-2(1)に、日降雨量を表 7-5-2(2)に示す。

最近 10 年間の年間降水量は、平成 18 年に 1,959.5 mm と最も多く、平成 19 年に 1,047.5 mm と最も少なかった。月間降水量が最も多かった月は、平成 21 年 7 月の 512.0 mm であり、最も少なかった月は平成 15 年 10 月の 1.5 mm であった。また、月間降水量が比較的多い期間は 7～10 月、少ない期間は 12～2 月であった。日降雨量 50mm 以上の日は、平均で年間 5 日であった。

表 7-5-2(1) 平成 12 年～平成 21 年の月別降水量(広島地方気象台による。単位:mm)

月別	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年合計
平成 21 年	33.5	120.5	91.0	84.5	48.5	233.0	512.0	60.0	43.0	57.0	164.5	39.0	1,486.5
平成 20 年	75.0	39.0	138.5	128.0	190.0	133.0	41.0	113.5	120.0	50.0	62.5	58.0	1,148.5
平成 19 年	22.0	71.0	98.0	91.0	198.5	69.5	235.5	53.0	57.0	56.0	15.0	81.0	1,047.5
平成 18 年	36.0	81.5	103.5	270.5	333.5	295.0	311.5	150.0	227.5	29.0	67.5	54.0	1,959.5
平成 17 年	12.0	77.0	118.0	59.0	108.5	74.5	413.0	80.0	194.0	73.5	78.0	35.0	1,322.5
平成 16 年	3.5	41.5	67.5	180.5	417.5	199.0	82.0	257.5	299.0	209.0	34.0	111.0	1,902.0
平成 15 年	45.5	57.5	93.5	205.5	189.0	202.0	466.0	184.5	94.5	1.5	131.0	39.0	1,709.5
平成 14 年	56.0	24.5	179.0	131.0	215.0	141.5	156.0	71.5	137.5	54.0	37.0	69.5	1,272.5
平成 13 年	87.0	84.5	48.0	22.0	185.0	349.0	147.5	70.0	176.5	274.0	66.5	46.0	1,556.0
平成 12 年	52.5	35.0	167.0	116.0	127.0	156.0	84.0	28.5	136.5	112.0	108.5	15.5	1,138.5
平均	42.3	63.2	110.4	128.8	201.25	185.25	244.85	106.85	148.55	91.6	76.45	54.8	1,454.3

注) 網掛け部は文中の数字を示す。

表 7-5-2(2) 平成 12 年～21 年の日降雨量(広島地方気象台による。単位:mm)

日降雨量	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	平均
50 mm 以上	2	8	2	3	15	4	8	2	1	4	4.9
40 mm 以上 50 mm 未満	3	4	2	6	3	5	3	2	3	8	3.9
30 mm 以上 40 mm 未満	5	4	7	10	1	8	8	5	5	5	5.8
20 mm 以上 30 mm 未満	10	8	9	16	12	5	16	9	15	6	10.6
10 mm 以上 20 mm 未満	19	24	20	24	16	10	24	19	20	21	19.7
5 mm 以上 10 mm 未満	15	15	21	15	12	13	15	18	12	13	14.9
1.0 mm 以上 5 mm 未満	43	31	43	43	32	36	29	31	35	28	35.1
0.5 mm 以上 1.0 mm 未満	11	16	11	14	11	11	16	15	12	17	13.4
0.5mm 未満	258	255	250	234	264	273	246	264	263	263	257
計	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	

平成 21 年の日降水量の最大値を表 7-5-2(3)に示す。最大日降雨量は 7 月 20 日の 114.5mm であった。

表 7-5-2(2) 平成 21 年の降水量の最大値(広島地方気象台による。単位:mm)

順位	月 日	日降水量(mm)	時間降水量(mm)	10 分間降水量(mm)
1 位	7 月 20 日	114.5	31.0	10.0
2 位	6 月 29 日	87.0	21.0	7.5
3 位	7 月 21 日	65.5	17.5	8.0
4 位	7 月 24 日	60.0	38.0	9.5
5 位	7 月 26 日	49.5	13.5	7.5

2)石内川の流下能力

石内川の流下能力について、調節池放流点から下流 2km について算定した結果を表 7-5-3 及び図 7-5-2 に示す。

最小流下能力は、No.3 地点（比流量 $0.056 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ha}$ ）であった。

表 7-5-3 (1) 石内川流下能力（調節池放流点より 2km 下流）

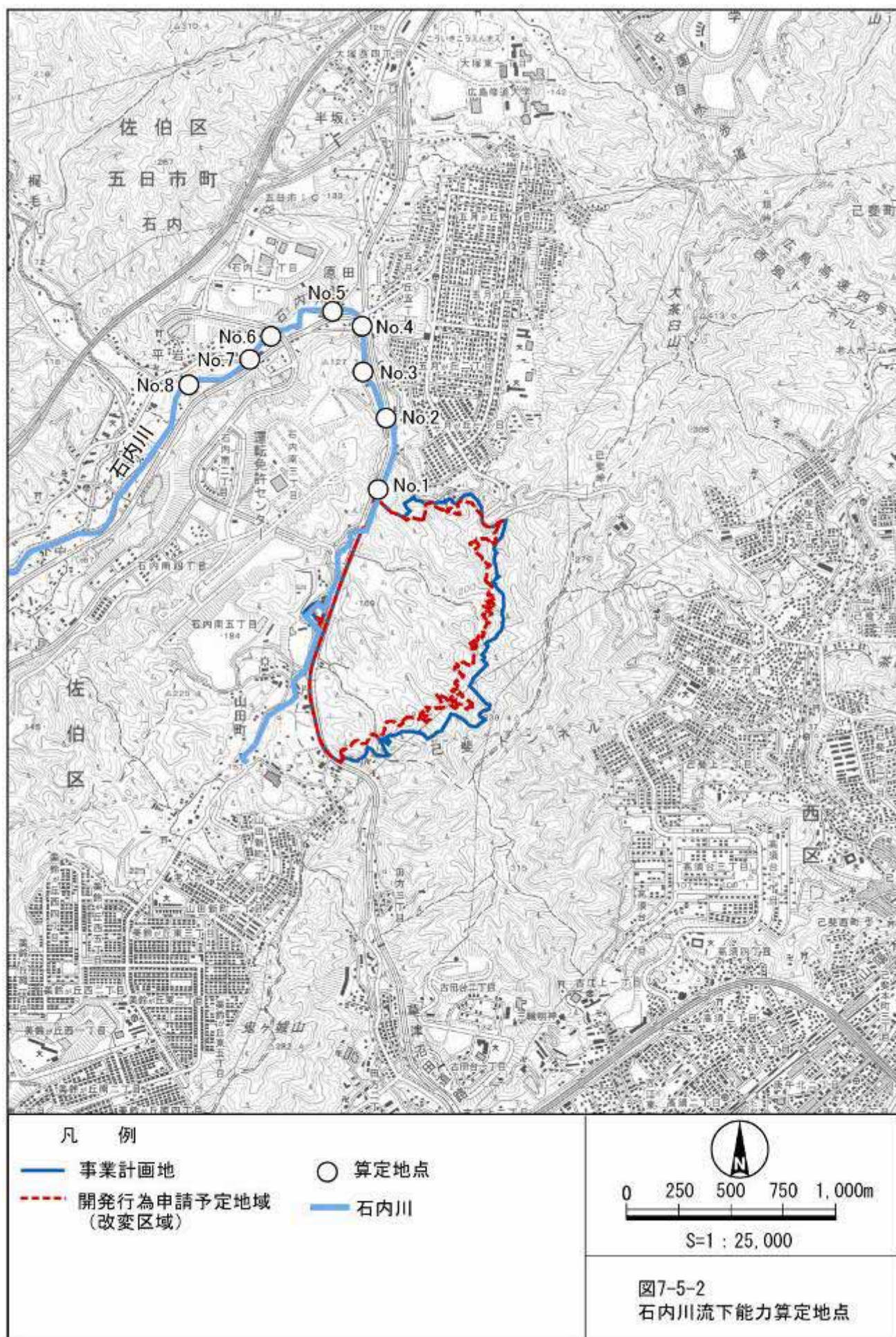
		No.1	
断面形状	BOX 加圧ト		
通水断面積 (m ²)	14.37		
合成粗度係数	0.025		
流速 (m/s)	4.71		
流下能力 (m ³ /s)	67.683		
流域面積 (ha)	259.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.261		
		No.2	
断面形状	コンクリートブロック積		
通水断面積 (m ²)	8.96		
合成粗度係数	0.035		
流速 (m/s)	5.19		
流下能力 (m ³ /s)	46.502		
流域面積 (ha)	330.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.141		
		No.3	
断面形状	コンクリートブロック積		
通水断面積 (m ²)	7.72		
合成粗度係数	0.035		
流速 (m/s)	2.436		
流下能力 (m ³ /s)	19.050		
流域面積 (ha)	342.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.056		
		No.4	
断面形状	コンクリートブロック積		
通水断面積 (m ²)	23.46		
合成粗度係数	0.035		
流速 (m/s)	5.862		
流下能力 (m ³ /s)	137.523		
流域面積 (ha)	428.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.321		

表 7-5-3 (2) 石内川流下能力 (調節池放流点より 2km 下流)

		No.5	
断面形状	石積		
通水断面積 (m ²)	22.49		
合成粗度係数	0.035		
流速 (m/s)	3.631		
流下能力 (m ³ /s)	81.661		
流域面積 (ha)	616.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.133		
		No.6	
断面形状	石積		
通水断面積 (m ²)	24.82		
合成粗度係数	0.035		
流速 (m/s)	10.752		
流下能力 (m ³ /s)	266.865		
流域面積 (ha)	628.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.425		
		No.7	
断面形状	石積		
通水断面積 (m ²)	27.5		
合成粗度係数	0.035		
流速 (m/s)	4.930		
流下能力 (m ³ /s)	135.575		
流域面積 (ha)	669.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.203		
		No.8	
断面形状	石積		
通水断面積 (m ²)	27.85		
合成粗度係数	0.036		
流速 (m/s)	4.275		
流下能力 (m ³ /s)	119.059		
流域面積 (ha)	739.0		
比流量 (m ³ /s/ha)	0.161		

比流量：単位流域面積当たりの流量、すなわち流量を流域面積で除したものです。流域面積が大きいほど流域内の平均雨量強度は小さくなるので、流域面積が大きいほど比流量は小さくなる。

粗度係数：河川が流れるときに河床や河岸などが抵抗する度合いを表す係数。一般に、表面に凹凸がある方が、粗度係数が高くなり、流速が遅く、流量は小さくなる。



3)表流水

事業計画地内の各沢下流地点（No.1～5 及び 7）並びに石内川（No.6）の表流水(河川)流量の測定結果を表 7-5-4 及び図 7-5-3 に示す。また、広島地方気象台による平成 21 年 4～12 月の月別降雨量を図 7-5-4 に示す。

季節別にみると、7月に降雨量が多かったため、夏季（8月）の流量が最も多くなっている。

また、地点別にみると、石内川本川の No.6 地点の流量は 6,561.2 m³/日、事業計画地からの流入分(No1～5)は 2,644.1 m³/日と、No.6 地点において約 40%の表流水が石内川に流入している。さらに、No.7 地点についても、事業計画地から己斐峠川に合流し、石内川に流入する水量がある。

表 7-5-4 表流水(河川)流量測定結果

調査地点	春季		夏季		秋季		冬季	
	L/分	m ³ /日	L/分	m ³ /日	L/分	m ³ /日	L/分	m ³ /日
No.1	54.7	78.8	188.6	271.6	61.8	89.0	37.2	53.6
No.2	117.4	169.1	514.4	740.7	312.1	449.4	112.6	162.1
No.3	46.6	67.1	136.7	196.8	64.2	92.4	22.3	32.1
No.4	259.0	373.0	823.1	1185.3	395.6	569.7	244.4	651.9
No.5	42.9	61.8	173.4	249.7	115.9	166.9	75.2	108.3
No.6	2071.0	2982.2	4556.4	6561.2	2161.0	3111.8	1402.6	2019.7
No.7	44.6	64.2	173.7	250.1	66.5	95.8	37.4	53.9

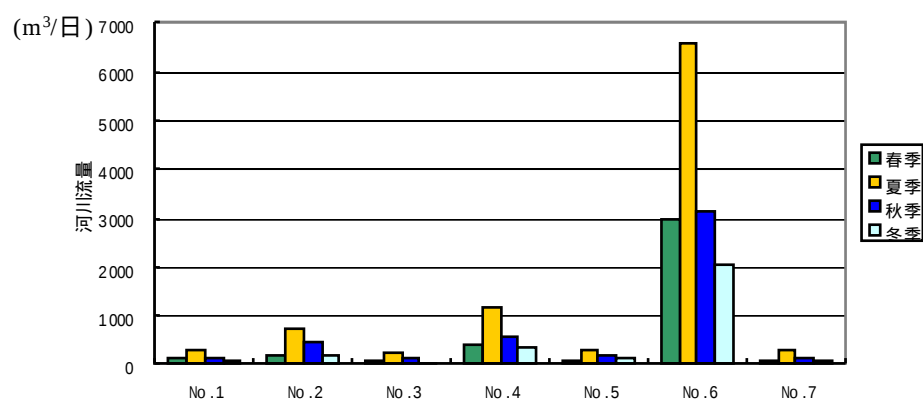


図 7-5-3 河川流量の測定結果

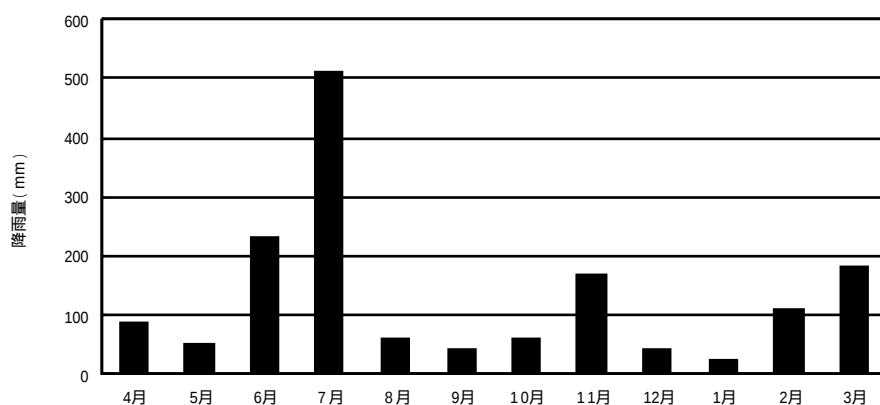


図 7-5-4 月別降雨量(広島地方気象台、平成 21 年度)

4)湧水

湧水の確認状況を表 7-5-5、確認地点を図 7-5-5 に示す。現地踏査により、事業計画地内において合計 15 地点の湧水地点が確認された。

ゾーン ～ のいずれにおいても、概ね谷の上流部の傾斜変換点(遷緩線)付近で湧出しており、湧出量は僅かであった。

表 7-5-5 湧水調査結果

調査地点	湧水地点	確認状況
ゾーン	1～6	湧水は、概ね、谷の上流域の傾斜変換点(遷緩線)付近で確認された。湧出地点の標高は 135～189m で、湧出量は僅かであった。
ゾーン	7	湧水は、ゾーン と同様に、谷の上流域の傾斜変換点(遷緩線)付近で確認された。湧出地点の標高は 203m 付近で、湧出量は僅かであった。
ゾーン	8～15	湧水は、ゾーン 及び と同様に、谷の上流域の傾斜変換点(遷緩線)付近で確認された。湧出地点の標高は 140～150m 付近と 185～216m 付近であり、湧出量は僅かであった。

5)地下水

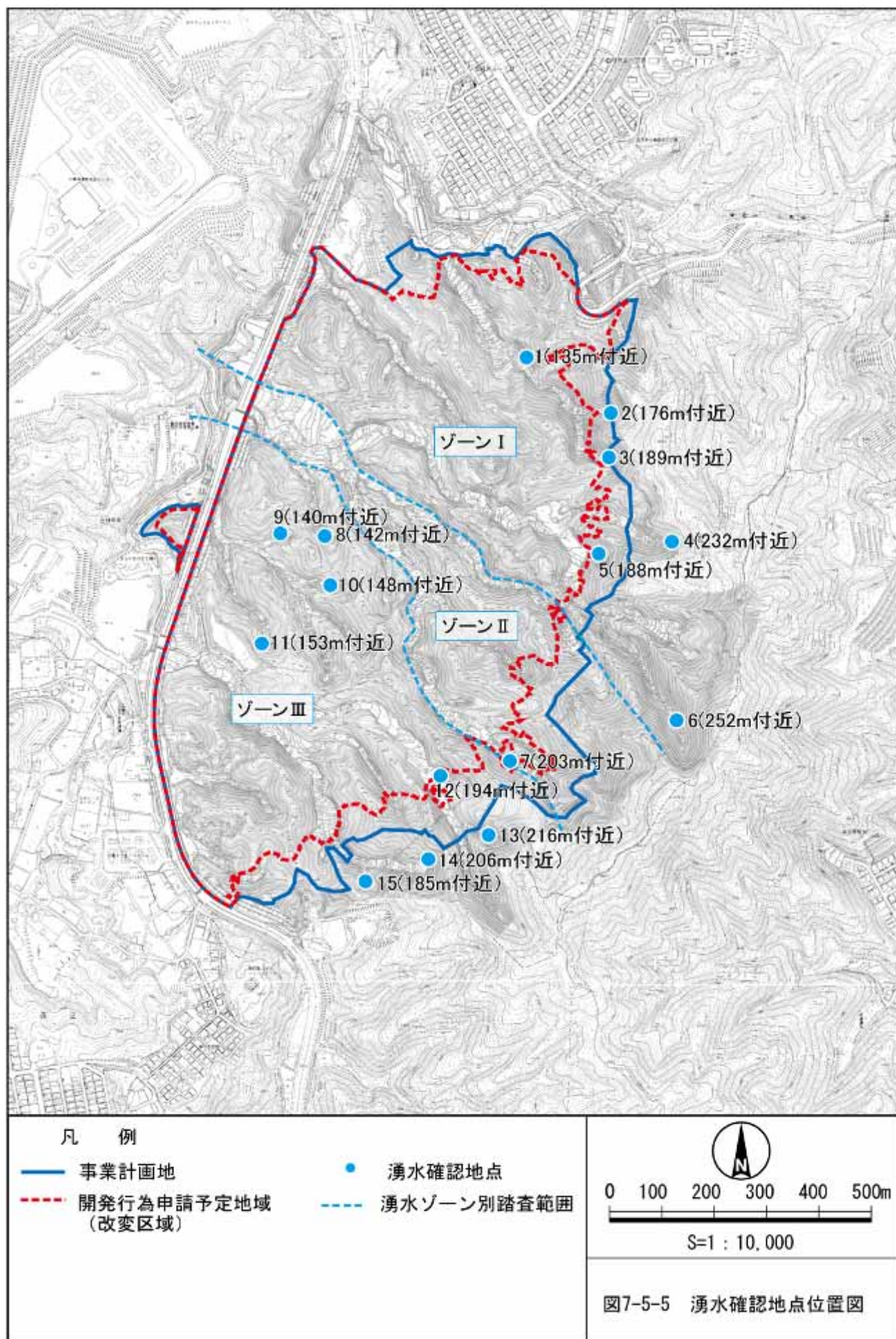
ボーリング孔の地下水位を整理した結果を表 7-5-6 に示す。

地下水が確認された地層及び孔内の水位変動状況等により、確認されたこれらの地下水は、中間部に不透水層がない単一帯水層構造と考えられる。(「7-6 地形・地質」p.281 参照)

また、事業実施区域の動水勾配は、概ね東側の高標高部から西側の低標高部に向かっているものとみられる。

表 7-5-6 地下水位測定結果一覧表

ボーリング 孔番号	地盤標高 (GH-m)	掘進長 (GL-m)	地下水位 (深度 GL-m)	地下水位 (GH-m)	計画地盤高 (GH-m)	掘削範囲、 地下水位等
1	146.11	43.0	30.90	115.21	115.5	掘削範囲は地下水位以上
2	160.78	19.0	19.0以深	141.78以下	150.2	掘削範囲は地下水位以上
3	203.46	28.0	24.15	179.31	180.5	掘削範囲は地下水位以上
4	201.73	44.0	26.85	174.88	175.0	掘削範囲は地下水位以上
					180.7	掘削範囲は地下水位以上
5	179.38	25.0	16.10	163.28	163.2	掘削範囲は地下水位付近
6	194.55	30.0	24.30	170.25	170.0	地下水位以下の掘削 0.25m
7	200.95	35.0	27.80	173.15	170.0	地下水位以下の掘削 3.15m
8	227.41	30.0	27.90	199.51	213.0	掘削範囲は地下水位以上
9	129.70	9.0	9.0以深	120.70以下	132.0	盛土
10	107.84	8.0	0.70	107.14	114.0	盛土
11	114.42	10.0	2.00	112.42	155.0	盛土
12	127.35	11.0	4.00	123.35	160.0	盛土



6)井戸の深さ及び利用状況

事業計画地北側の 4 軒及び南側の霊泉寺の井戸について、聴き取り調査を行った。調査結果を表 7-5-7、調査時に把握された井戸の位置を図 7-5-6 に示す。

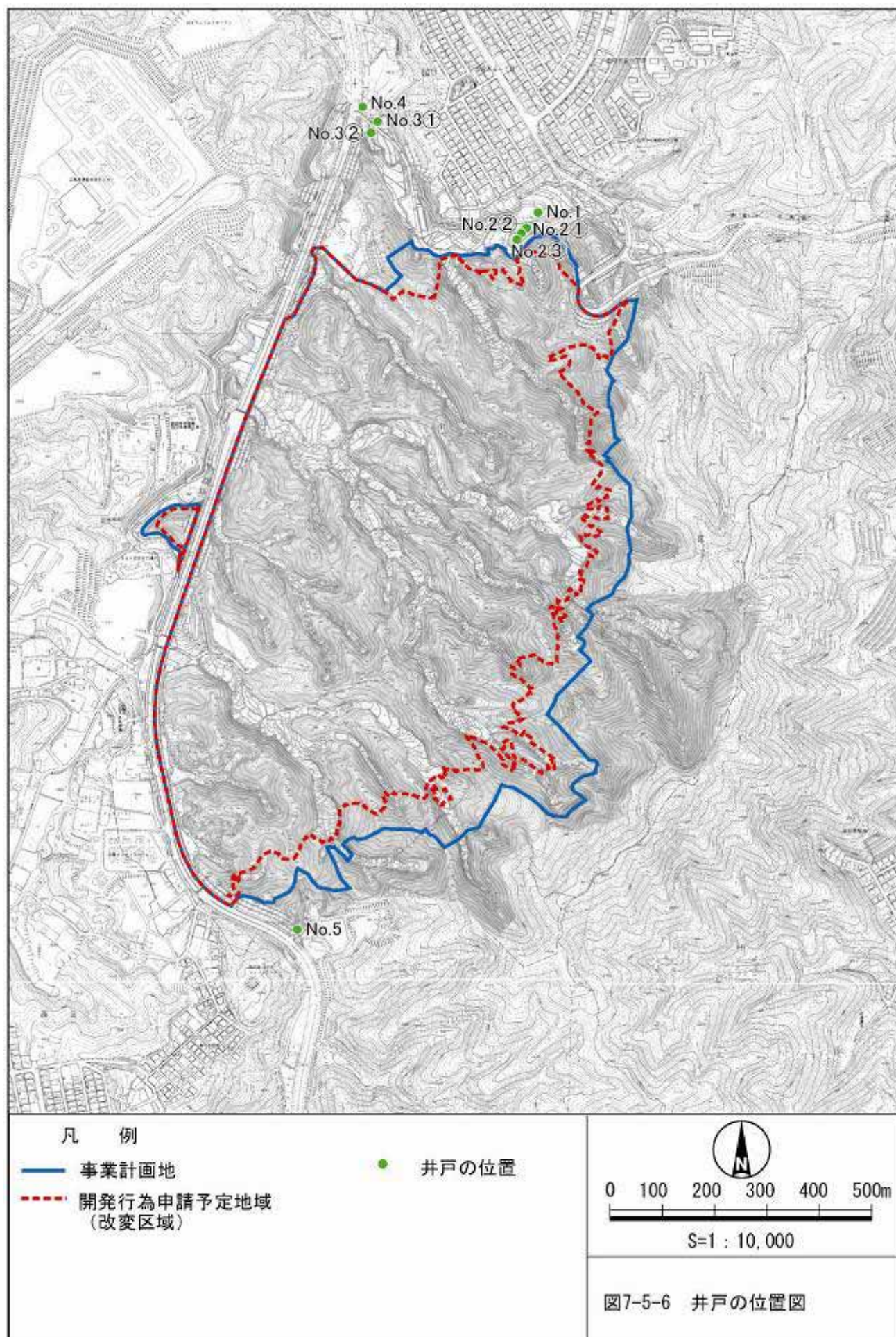
井戸の深さは、No.1 地点を除き 20m 程度であり、比較的浅い層の地下水を利用していると思われる。なお、No.1 地点～No.4 地点は事業計画地北側の谷戸であり、ボーリング調査結果および井戸調査結果から主に花崗岩中の地下水を利用しているものと推察される。

表 7-5-7 井戸の深さ及び利用状況等の聞き取り調査結果

	No.1	No.2-	No.2-	No.2-
井戸形式	ボーリング井戸	ボーリング井戸	堀井戸	ボーリング井戸
設置年月	平成 7 年頃	昭和 50 年頃	不明	昭和 50 年頃
取水施設	水中ポンプ	電動ポンプ	なし	電動ポンプ
使用状況	毎日	毎日	使用なし	毎日
使用目的	飲料水・生活用水、畑地かんがい用、営業用	飲料水・生活用水	-	飲料水・生活用水
水量状況	1 年中豊富	1 年中豊富	-	1 年中豊富
利用状況	井戸のみ	井戸のみ	-	井戸のみ
井戸深度	約 140m	約 25m	約 5m	約 25m
備考	岩盤打抜き埋設	埋設	密閉	埋設

	No.3-	No.3-	No.4	No.5
井戸形式	ボーリング井戸	ボーリング井戸	ボーリング井戸	ボーリング井戸
設置年月	昭和 58 年頃	昭和 55 年頃	不明	昭和 50 年頃
取水施設	電動ポンプ	電動ポンプ	電動ポンプ	電動ポンプ
使用状況	毎日	毎日	毎日	毎日
使用目的	飲料水・生活用水、養魚用	飲料水・生活用水	飲料水・生活用水	飲料水・生活用水
水量状況	1 年中豊富	1 年中豊富	1 年中豊富	1 年中豊富
利用状況	井戸のみ	井戸のみ	井戸のみ	井戸のみ
井戸深度	-	-	約 18m	約 20m
備考	埋設	埋設 (平成 12 年頃に掘り直した)	埋設	埋設

谷戸：台地や丘陵地が湧水等の浸食によって複雑に刻み込まれた地形をいう。地域によっては「谷津」「棚田」とも呼ばれている。



7-5-3 予測

1) 予測項目

水象について、事業実施に伴う地下水及び表流水への影響が考えられるため、水象については、次を予測項目として行った。

(1) 造成工事による地下水(井戸)の変化の程度又は消滅の有無

(2) 土地利用の変更による影響

水収支(雨水流出量、地下浸透量)の変化の程度

河川の流量等の変化の程度(調節池放流量)

2) 予測時点

(1) 造成工事による地下水(井戸)の変化の程度又は消滅の有無

予測時点は、工事期間中(造成工事期間)とした。

(2) 土地利用の変更による影響

水収支(雨水流出量、地下浸透量)の変化の程度

予測時点は、施設供用時(造成工事完了後の、立地予定施設が完成した時期)とした。

河川の流量等の変化の程度(調節池放流量)

予測時点は、施設供用時(造成工事完了後の、立地予定施設が完成した時期)とした。

3) 予測地点

(1) 造成工事による地下水(井戸)の変化の程度又は消滅の有無

予測地点は、事業計画地周辺(北及び南側)の井戸とした。

(2) 土地利用の変更による影響

水収支(雨水流出量、地下浸透量)の変化の程度

予測地点は、事業実施区域とした。

河川の流量等の変化の程度(調節池放流量)

予測地点は、放流河川(石内川)の、調節池からの放流地点とした。

4)予測方法

(1)造成工事による地下水(井戸)の変化の程度又は消滅の有無

ア. 造成工事による掘削深度と地下水位との関係

事業計画及びボーリング調査結果等により、定性的に予測した。

イ. 切土による影響

ボーリング調査結果では、地下水を区分する明確な不等水層は確認されなかったが、風化粘性土のシームや岩脈等を挟む花崗岩類(マサを含む)では、不等水層の存在を否定することは難しい。このため、条件が類似しているトンネル湧水の影響範囲を求める手法(山岳トンネルを対象とした「高橋の水文学的方法」)に準拠し、造成に伴う表層地下水への影響範囲を予測した。

この予測手法は、トンネルを暗渠とみなし、トンネル掘削によって、表流水及び地下水はトンネルの掘削底面からトンネルに流入する、と想定したものである。トンネル直上では表流水は流れず、地下水位もトンネル掘削底面となる。これに対して、切土法面では、表流水は切土部で遮断され、地下水位も最終的に切土法尻高さに収束すると想定される。(図 7-5-7 参照)

両者の類似性に注目し、トンネル湧水の影響範囲の検討手法を切土に適用したが、予測にあたり、全ての切土底面が地下水位より下にある、と想定することになる。地下水位面より下の切土が部分的な場合等には、過大な影響範囲を示すことになるが、安全側の予測として行った。

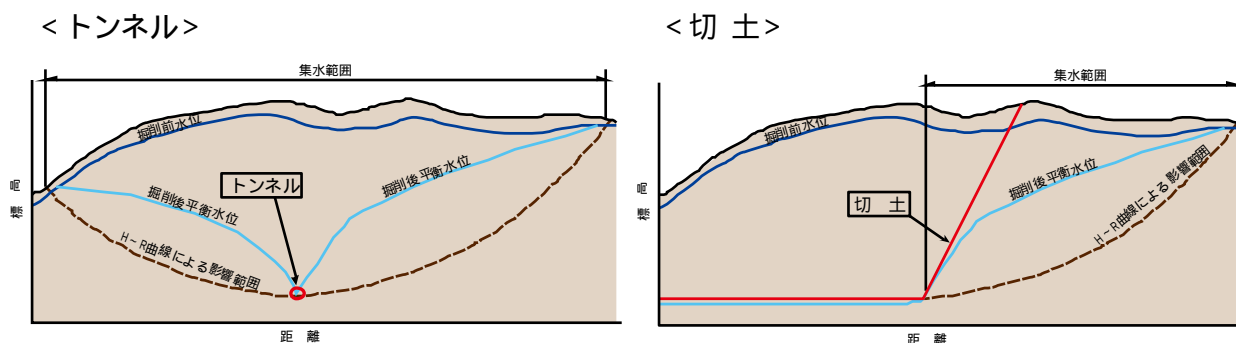


図 7-5-7 造成に伴う表層地下水への影響模式図

(2)土地利用の変更による影響

水収支(雨水流出量、地下浸透量)の変化の程度

現況と造成工事完了後について、雨水流出量、蒸発量及び地下浸透量の割合の変化を比較することにより予測を行った。

河川の流量等の変化の程度(調節池放流量)

造成完了後における事業計画地からの流出量の変化に伴う河川(石内川)への影響について、調節池放流量の計算結果と石内川の流下能力を比較することにより予測を行った。

シーム：厚い地層中に土質あるいは岩質が異なる薄い層が挟まれているとき、この薄層をシームという。

砂質土層中に粘性土質のシームが挟まれる場合は、地下水位分布や湧水状況に影響を与える場合がある。

5) 予測結果

(1) 造成工事による地下水(井戸)の変化の程度又は消滅の有無

ア. 造成工事による掘削深度と地下水位との関係

表 7-5-6 に示したように、ボーリング調査によって確認された地下水は、地下水が確認された地層及び孔内の水位変動状況等により、中間部に不透水層がない単一帯水層構造と考えられる。また、事業実施区域の動水勾配は、概ね東側の高標高部から西側の低標高部に向かっているものとみられる。

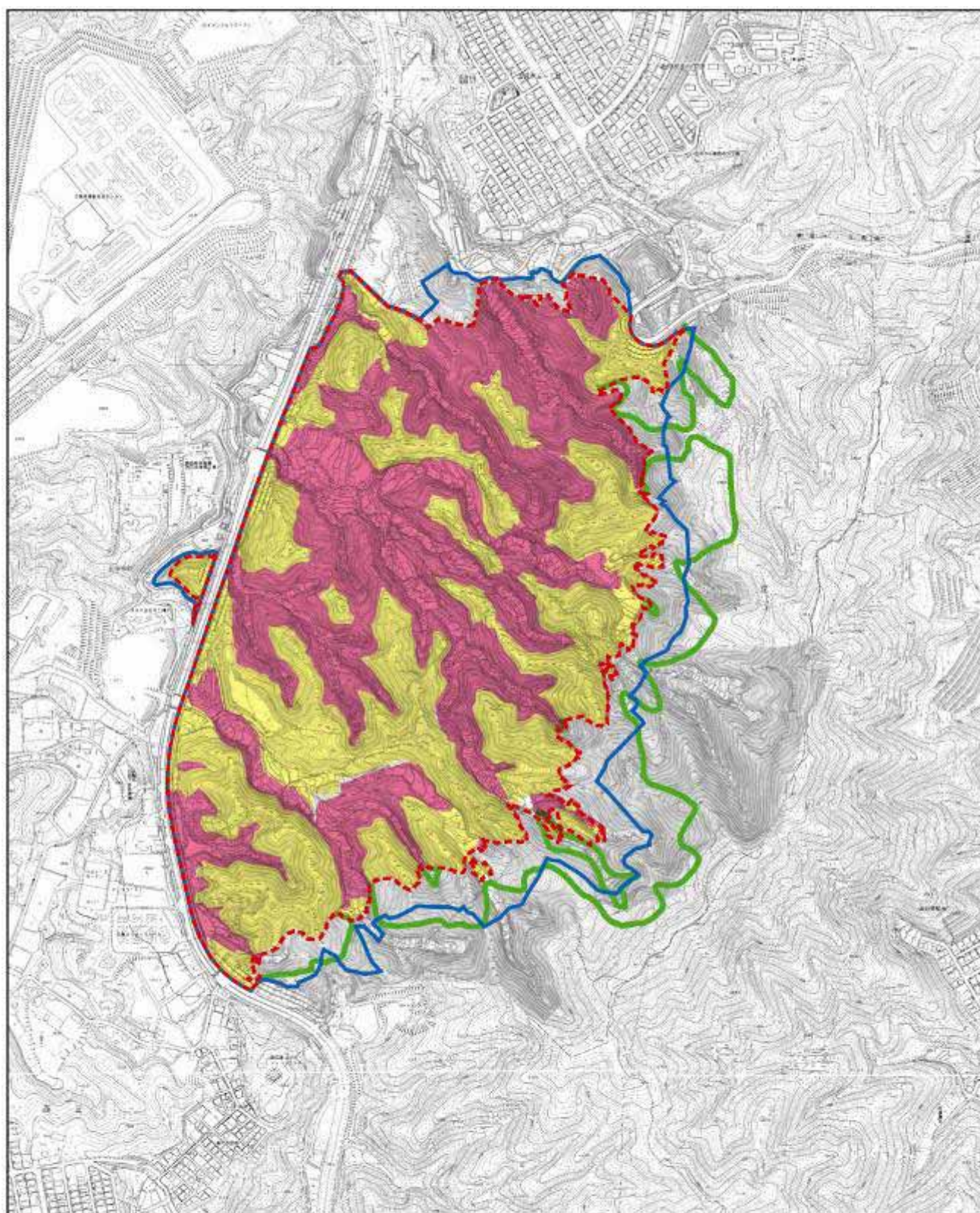
事業計画によると、事業計画地の切土部の地下水位は、ほとんどが造成計画高さより低いいため、これらの地下水の流れを遮断することはないと考えられる。また、上流にあたる東側の地下水位を低下させる可能性も低いと考えられる。

イ. 切土による影響

切土による流出影響範囲を図 7-5-8 に示す。

地下水位は、造成計画高さより下とされているため、切土により地下水位に影響を及ぼす範囲は、事業計画地東側の尾根(分水嶺)を越えないものと考えられる。南側の尾根部では僅かに尾根を越えるが、これはかなり安全側の予測結果であるため、事業に伴う切土工事によって地下水脈が遮断されることはないと考えられる。北側については、盛土がほとんどで切土は少ないため、切土による影響はほとんどないと考えられる。

造成による影響として、土地利用の変更により北側の集水域が減少するが、北側の集水域は主に己斐峠川から涵養される範囲が大部分を占め、事業計画地側の集水域は相対的に僅かである。また、北側の井戸は、花崗岩中の地下水を揚水していると想定され、これらの井戸の利用等への影響は極めて小さいものと予測される。南側の井戸は、集水域の変更も無く、切土による影響もほとんど無いと考えられる。



凡 例

- | | |
|---|--|
| — 事業計画地 | 切土部 |
| - - - 開発行為申請予定地域
(改変区域) | 盛土部 |
| | — 掘削による水位低下の
影響範囲 |

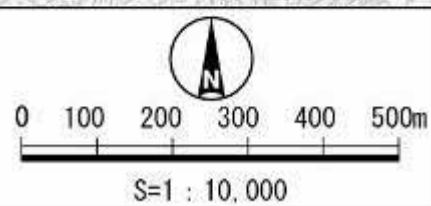


図7-5-8
切土による流出影響範囲図

(2)土地利用の変更による影響

水収支(雨水流出量、地下浸透量)の変化の程度

事業計画地を含む流域における雨水流出量、地下浸透量(地下水涵養量)の変化の程度を表7-5-8に示す。

開発後には、現況に比べて樹林地等が減少することにより、事業計画地からの雨水流出量の割合は増加し、地下浸透量(地下水涵養量)の割合は低下すると考えられ、開発後は約16%の地下浸透量が減少する。

表 7-5-8 雨水流出量、地下浸透量の変化

		山地部	宅地部	合 計	備考
現 況	面 積	106.6ha	-	106.6ha	
	流出係数	0.4	-	0.4	
開発後	面 積	36.9ha	69.7ha	106.6ha	
	流出係数	0.4	0.65	0.56	

注1) 流出係数は、以下に示す「下水道施設計画・設計指針と解説」より、山地 0.4、宅地 0.65 に設定した。

注2) 開発後の表面流出量の割合は、上表より山地部 36.9ha は 0.4、宅地部 69.7ha は 0.65 の加重平均とし 0.56 とした。

工種別基礎流出係数の標準値

工 種 別	流 出 係 数	工 種 別	流 出 係 数
屋 根	0.85～0.95	間 地	0.10～0.30
道 路	0.80～0.90	芝、樹木の多い公園	0.05～0.25
そ の 他 の 不 透 面	0.75～0.85	こう配の緩い山地	0.20～0.40
水 面	1.00	こう配の急な山地	0.40～0.60

用途別総括流出係数の標準値

敷地内に間地が非常に少ない商業地域及び類似の住宅地域	0.80
浸透面の屋外作業場等の間地を若干もつ工場地域及び若干庭がある住宅地域	0.65
住宅公団団地等の中層住宅団地及び1戸建て住宅の多い地域	0.50
庭園を多くもつ高級住宅地域及び畑地等が割合残っている郊外地域	0.35

出典：「下水道施設計画・設計指針と解説」

なお、事業計画地内に調節池を設置する計画であり、その調節池において開発により地下浸透量(地下水涵養量)の減少分を貯水する計画である。その貯水量を石内川の環境維持水として放流することにより、現況の石内川の流量をできるだけ確保する。

調節池に貯留する量は、図 7-5-9 に示すモデル化により算定した。

事業計画地からの流出量は、日平均で現況は $1,500 \text{ m}^3 / \text{日}$ であり、開発後は $1,100 \text{ m}^3 / \text{日}$ となり、 $400 \text{ m}^3 / \text{日}$ が減少することになる。この減少分を環境維持水量として 8.1 日()確保することとして、約 $3,300 \text{ m}^3$ 貯留することとする。

$$400 \text{ m}^3 / \text{日} \times 8.1 \text{ 日} = 3,240 \text{ m}^3 \quad 3,300 \text{ m}^3$$

：1999 年～2008 年に日降水量 10mm 以上であった日数は 455 日であり、年間平均 45 日とした。

この場合、10mm 以上の降雨は $365 \text{ 日} \div 45 \text{ 日} = 8.1 \text{ 日に 1 回}$ となる。

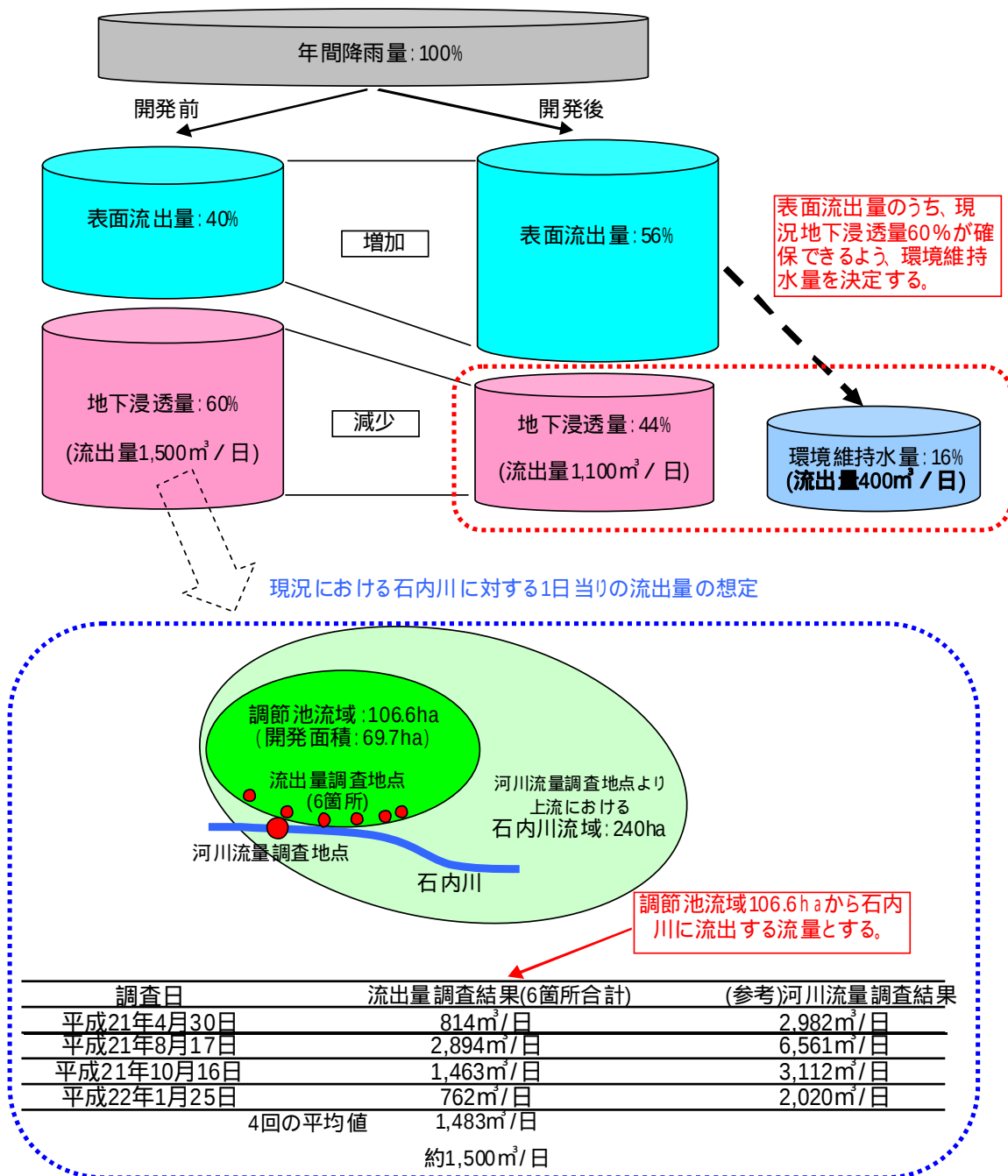


図 7-5-9 水収支モデル

河川の流量等の変化の程度(調節池放流量)

事業計画地内に調節池を設置し、事業計画地の雨水を集水し、石内川への放流量を現況と同等に調整することにより、下流域への急激な流量の増大を避ける。また、下流 2 km までの石内川の最小流下能力（流下能力 $19.050 \text{ m}^3/\text{s}$ 、比流量 $0.056 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ha}$ ）と比較して、その能力以下に調節池の放流量（許容放流量 $5.688 \text{ m}^3/\text{s}$ 、比流量 $0.0541 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ha}$ ）を設定していることから、調節池からの放流量は現況と同等の流出量に抑えられると予測される。

7-5-4 環境保全措置

予測結果のとおり、造成工事により、地下水の流れを遮断することではなく、切土による地下水位の低下の範囲も計画地東側の尾根を越えることはないと予測された。また、北側及び南側の井戸の利用等への影響はほとんど無いと予測された。

土地利用の変更により地下浸透量（地下水涵養量）が減少し、石内川への供給量も減少するが調節池内に減少分の水量を貯留する計画としている。また、下流河川の流出量が増大するが、調節池で放流量を下流の最小流下能力以下にすることから現況と同等に抑えられると予測された。

これらより、環境への影響は小さいと予測されたが影響を低減するため、環境保全措置について検討し、事業者が以下の環境保全措置を実施することとした。

【環境保全措置】

水象への影響を低減するためには、地下水位の状況に応じて適切な措置を講じること、石内川への水の流出量の抑制と供給量を維持することが重要である。

以上のことから、本事業では以下の環境保全措置を実施する。

- ・ 工事中の地下水低下の状況を把握するため、北側に観測井戸を設置し、地下水位の監視を行い、必要に応じて適切な措置を講じる。
- ・ 北側の井戸に対して影響が発生した場合は、水道の敷設や井戸の付け替えなどの措置を図る。
- ・ 南側の井戸に対して影響が発生した場合は井戸の付け替えなどの措置を図る。
- ・ 造成完了後の流出量の変化によって地下水涵養量が減少することによる、石内川への供給量の減少を低減するため、調節池内に減少分の水量をできるだけ貯留する計画とする。

7-5-4 評価

予測結果により、事業計画地の北～東側に対して、切土工事における地下水の低下は、最大でも東側の尾根を越えることは無く、北側及び南側の井戸については、その利用に影響が生じた場合は上水道の敷設や井戸の付け替えなどの措置を図る。

また、本事業の実施により、造成後の雨水流出量が増加し地下水涵養量が減少することにより、石内川への流出量に変化するものと考えられる。このことを踏まえ、造成工事完了後には、事業計画地に降雨した雨水を調整池に集水し、石内川への放流量を調整することにより、雨天時等に石内川の水量が急激に増水しないように計画している。また、調整池内に常時貯水し、その水を緩やかに石内川に放流することにより、地下水涵養量の減少による影響をできる限り低減する計画である。

これらの予測結果と、予測結果を踏まえた環境保全措置を実施することにより、事業による水象への影響(井戸の利用など地下水への影響及び河川流量への影響)は、できる限り低減されるものと評価する。

7-5-5 事後調査計画

本事業による地下水位への影響を確認するため、造成工事期間中を対象に地下水位の観測を実施する。調査地点は、事業計画地北側に観測井戸を1箇所設置する。

