

8 水資源

8-1 水収支解析について

8-1-1 トンネル水収支モデルの概要

計画地周辺における地下水への影響の予測は、トンネル水収支モデルにより実施した。プログラムは、TOWNBY（「トンネル掘さくに伴う湧水とそれに伴う水収支変化に関する水文地質学的研究」（鉄道技術研究報告、1983年3月）に記載のプログラム）を用いた。

トンネル水収支解析モデルは、表 8-1-1 及び図 8-1-1 に示すように、3つのサブモデルで構成される。

表 8-1-1 サブモデルの概要

① 地形・地盤モデル	地表水及び地下水の流動の場（入れもの）である地形起伏と地下地質構造を表現するモデルである。地表水は基本的に地形の起伏に従って、標高の高い地点から低い地点に向け流動する。また、地下水は地下水位の高いほうから低いほうに流動するが、地下水位は地盤の有効間隙率の影響を受けるとともに、地下水流動量は地盤の透水係数に比例する。
② 水循環モデル	大気―地表・土壌―地下水―地表水の間を循環する水の挙動を表現するモデルである。
③ トンネルモデル	トンネル掘削状況（切羽位置、掘削速度、トンネル形状、覆工など）のモデル化であり、水循環モデルに組み込むことにより、トンネル掘削による影響を予測解析することができる。

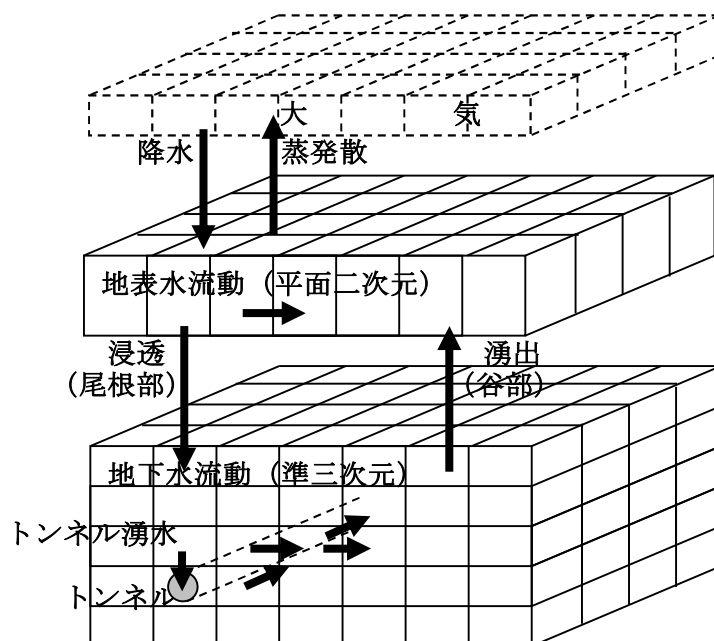


図 8-1-1 トンネル水収支モデル模式図

(1) 地形・地盤モデル

1) モデルの構造

地形の起伏が大きく、標高差が大きな山岳部では、地表水の流動だけではなく、自然状態の地下水流動も地形の影響を大きく受ける。従って、水が流動する場である地形・地盤を三次元的に表現した。モデル構造のイメージを図 8-1-2 に示す。

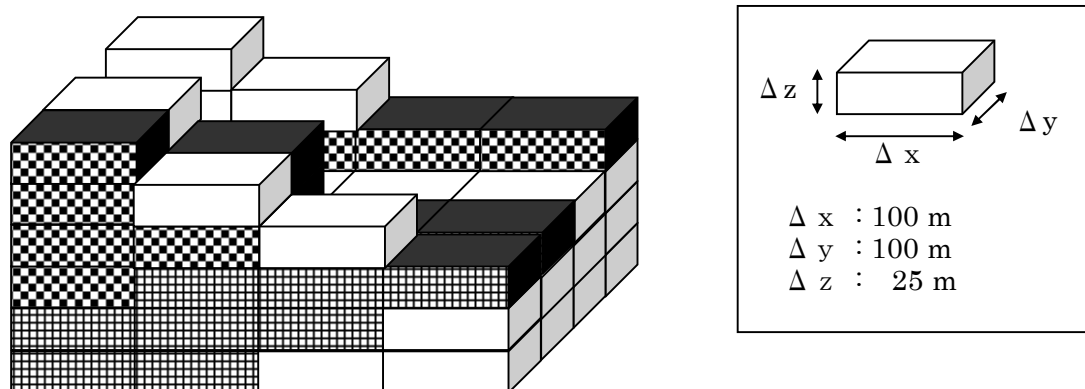


図 8-1-2 モデルの構造のイメージ（直方体ブロックの集合体）
（各ブロックの模様の違いで地質の違いを表現している）

2) 透水量係数

地下水の流動は平面 2 次元流動として扱うため、平面グリッドごとに深度方向に透水係数を積算した透水量係数を算出した。透水量係数の算出方法のイメージを図 8-1-3 に示す。

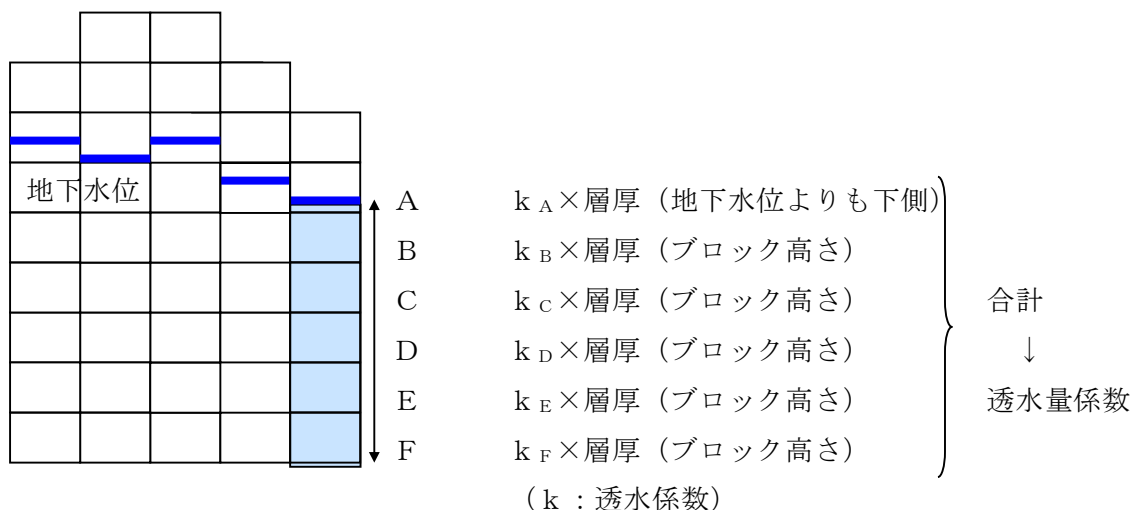


図 8-1-3 透水量係数の算出方法

(2) 水循環モデル

トンネル掘削に伴う水循環の変化に関わる水収支項目と、それらの相互関係をモデル化するうえで、地下水と地表水の相互作用を無視できないことから、両者を一括して扱った。

- ・地表水流動 : 平面二次元流動（連結タンクモデルのイメージを図 8-1-4 に示す。）
- ・地下水流動 : 準三次元流動（地下水流動方程式は次式のとおり）
- ・トンネル湧水 : トンネルが位置する地盤ブロックとの間で湧水量を算出

水循環の計算では、式 8-1-1 に示す方程式を解く。基本方程式（微分方程式）を解くために、一般に、数値解析が用いられる。TOWNBY では、差分法を用いている。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial h}{\partial y} \right) + Qr - Qd = S \frac{\partial h}{\partial t} \quad (\text{式 8-1-1})$$

式で、 h : 地下水位

t : 時間

T : 透水量係数

S : 有効間隙率

Qr : 地表からの地下水浸透量

Qd : トンネル湧水量、地表への湧出量

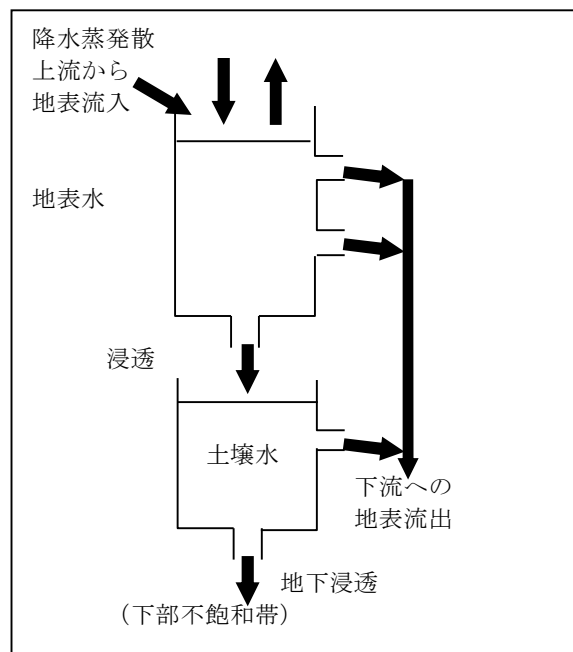


図 8-1-4 連結タンクモデル

(3) トンネルモデル

トンネル湧水に関係する主な要素には、地下水位、地盤の透水性、トンネルの径と延長がある。これらの関係を式 8-1-2 に示す（「グラウトによるトンネル湧水量変化解析」トンネルと地下、vol. 11、No. 10、1980 年 10 月）。

$$Q = \frac{2\pi kH}{\ln(2H/b) + (k/ks)\ln(b/a)} \quad (\text{式 8-1-2})$$

式で、 ks ：覆工構造物の透水係数

k ：地盤の透水係数

H ：トンネルから地下水面までの高さ

a, b ：トンネル内径、外径

(4) 解析条件

トンネル水収支モデルに関わる基本項目を表 8-1-2 に示す。

表 8-1-2 解析条件

項目	内 容
解析手法	モデル：トンネル水収支モデル 解析コード：TOWNBY 計算条件：非定常計算
解析範囲	[猿庫の泉周辺] 東西 12.4km、南北 12.2km、面積 74.12 km ² 、鉛直方向 100～1725m ブロックサイズ：50m×50m×25m 最大ブロック数：東西 248、南北 244、鉛直 65 総ブロック数：883023 [南アルプス] 東西 41.1km、南北 25.2km、面積 545.4 km ² 、鉛直方向 100～3,225m ブロックサイズ：100m×100m×25m 最大ブロック数：東西 411、南北 252、鉛直 125 総ブロック数：4,993,336
境界条件	表層：降雨浸透境界（既知流量境界）、浸出面境界 水域：河川（既知水頭境界、浸出境界） 尾根部：流域界に基づく地形の尾根部（閉鎖境界）
地形・地質条件	地表面標高：メッシュ標高（国土地理院） 地質構造：地質調査結果に基づく
気象条件	降水量、蒸発散量
水理定数	地質調査結果に基づく

8-1-2 水収支解析の検証

(1) 飯田市風越山

水収支解析の検証に使用した流量観測地点を表 8-1-3 及び図 8-1-5 に示す。また、検証結果を図 8-1-6 に示す。

表 8-1-3 検証に使用した流量観測地点

地点 番号	観測地点	種別	平成 21 年			平成 22 年		平成 23 年		平成 24 年						平成 25 年			
			7 月	8 月	12 月	8 月	12 月	8 月	1 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
1	野底川	河川		○	○	○	○	○	○	○						○			
2	王竜寺川	河川		○	○	○	○	○	○	○						○			
3	土曽川	河川	○	○	○	○	○	○	○	○						○			
4	陣ヶ沢	河川		○	○	○	○	○	○	○						○			
5	円悟沢川	河川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	南大島川下流	河川	○	○	○	○	○	○	○	○						○			
7	猿庫の泉	湧水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	乙女の滝	河川				○	○	○	○	○						○			
9	長治の滝	河川				○	○	○	○	○						○			
10	今庫の泉	湧水				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	延命水	湧水				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	王竜寺川下流	河川						○	○	○						○			
13	円悟沢川（中流）	河川						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14	円悟沢川（中流）	河川						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	板山川（下流）	河川						○	○	○						○			
16	板山川（上流）	河川						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	桐の木沢	河川						○	○	○						○			
18	熊ヶ洞沢川	河川						○	○	○						○			
19	阿弥陀沢川	河川						○	○	○						○			
20	野底川中流	河川						○	○	○						○			
21	野底川支流	河川						○	○	○						○			
22	円悟沢川（中流）	河川						○	○	○						○			
23	野底川支流	河川						○	○	○						○			
24	野底川支流	河川						○	○	○						○			
25	土曽川	河川						○	○	○						○			
26	滝の沢川	河川						○	○	○						○			
27	牛踏張沢	河川						○	○	○						○			
28	大深沢	河川						○	○	○						○			
29	野底川上流	河川						○	○	○						○			
30	松川支流	河川						○	○	○						○			
31	松川支流	河川						○	○	○						○			
32	松川支流	河川						○	○	○						○			
33	大中落沢	河川						○	○	○						○			
34	欠野沢川	河川								○						○			
35	草見の滝	湧水								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
36	恒川清水	湧水								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

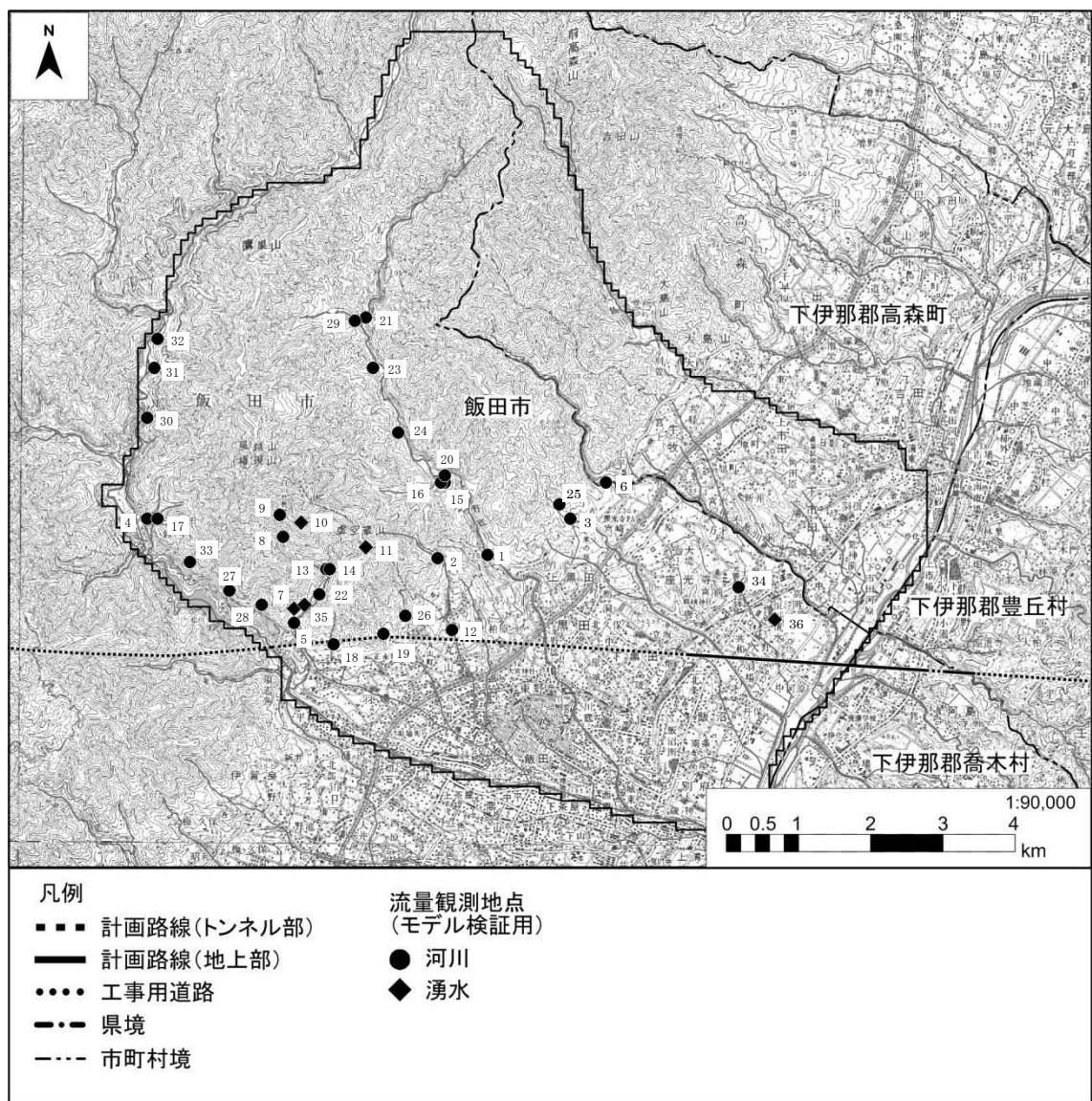


図 8-1-5 流量観測地点位置図

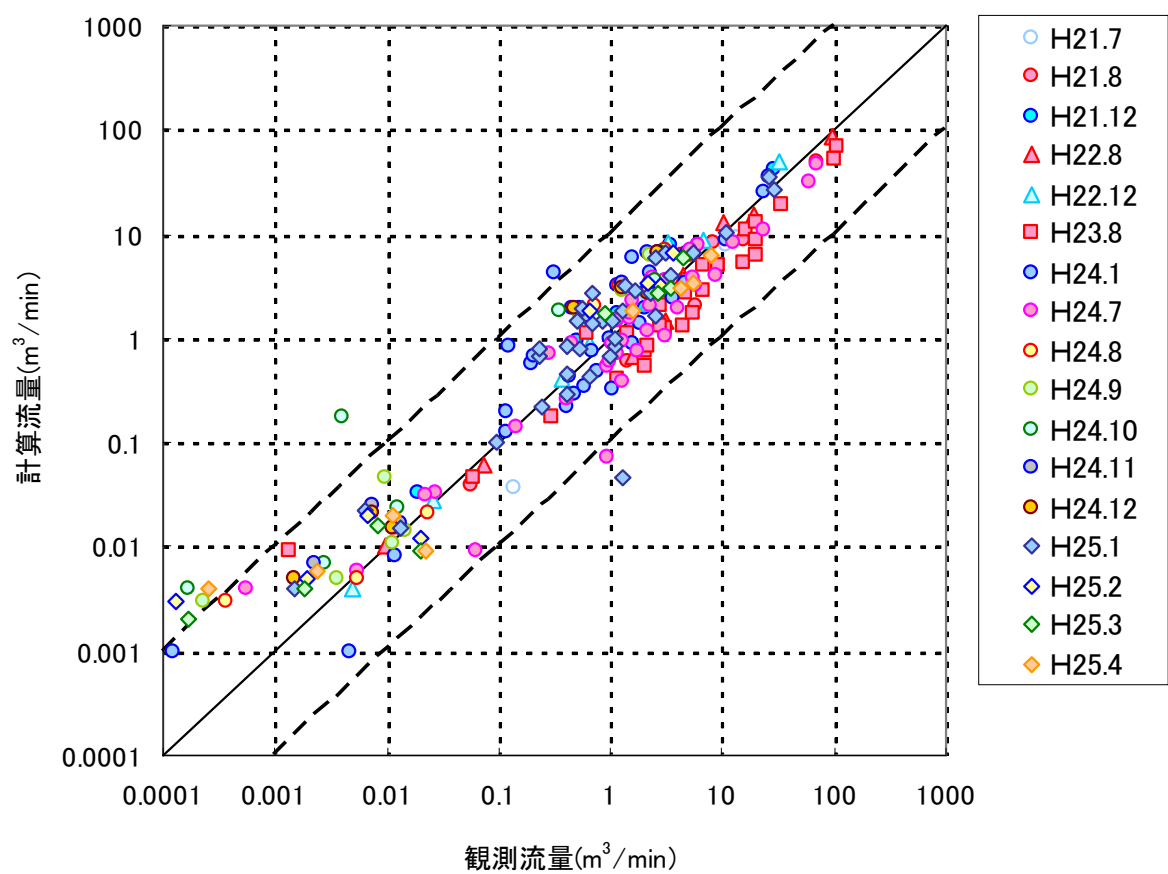


図 8-1-6 観測流量と計算流量の比較

(2) 南アルプス

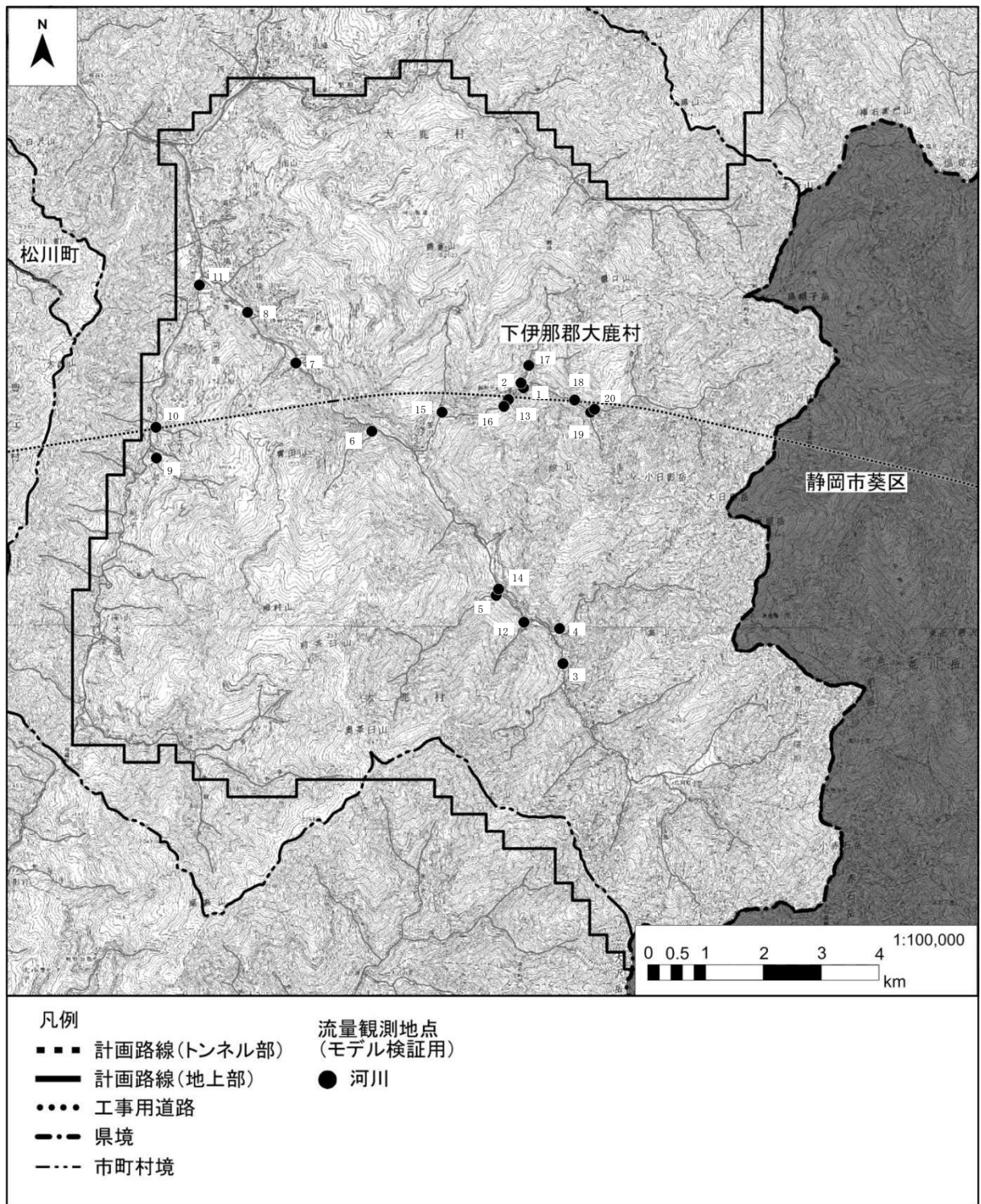
水収支解析の検証に使用した流量観測地点を表 8-1-4 及び図 8-1-7 に示す。また、検証結果を図 8-1-8 に示す。

表 8-1-4 検証に使用した流量観測地点

地点番号	平成	年度											
		19			20		21		22		23		24
	観測地点	中間期	豊水期	渇水期	豊水期	渇水期	豊水期	渇水期	豊水期	渇水期	豊水期	渇水期	豊水期
1	小河内沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	寺沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	小渋川上流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	板屋沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	上沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	ツガムラ沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	小渋川南支川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	小渋川下流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	大沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	青木川東支川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	青木川下流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	小渋川南支川	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	小河内川中流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14	小渋川上流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	所沢							○	○	○	○	○	○
16	小河内沢支川				○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	小河内沢支川									○	○	○	○
18	小河内沢支川									○	○	○	○
19	小日影沢									○	○	○	○
20	小河内沢上流									○	○	○	○

注 1： 概ねの時期：中間期（5～6 月）、豊水期（7～8 月）、渇水期（11 月～1 月）

注 2： 種別は河川、沢



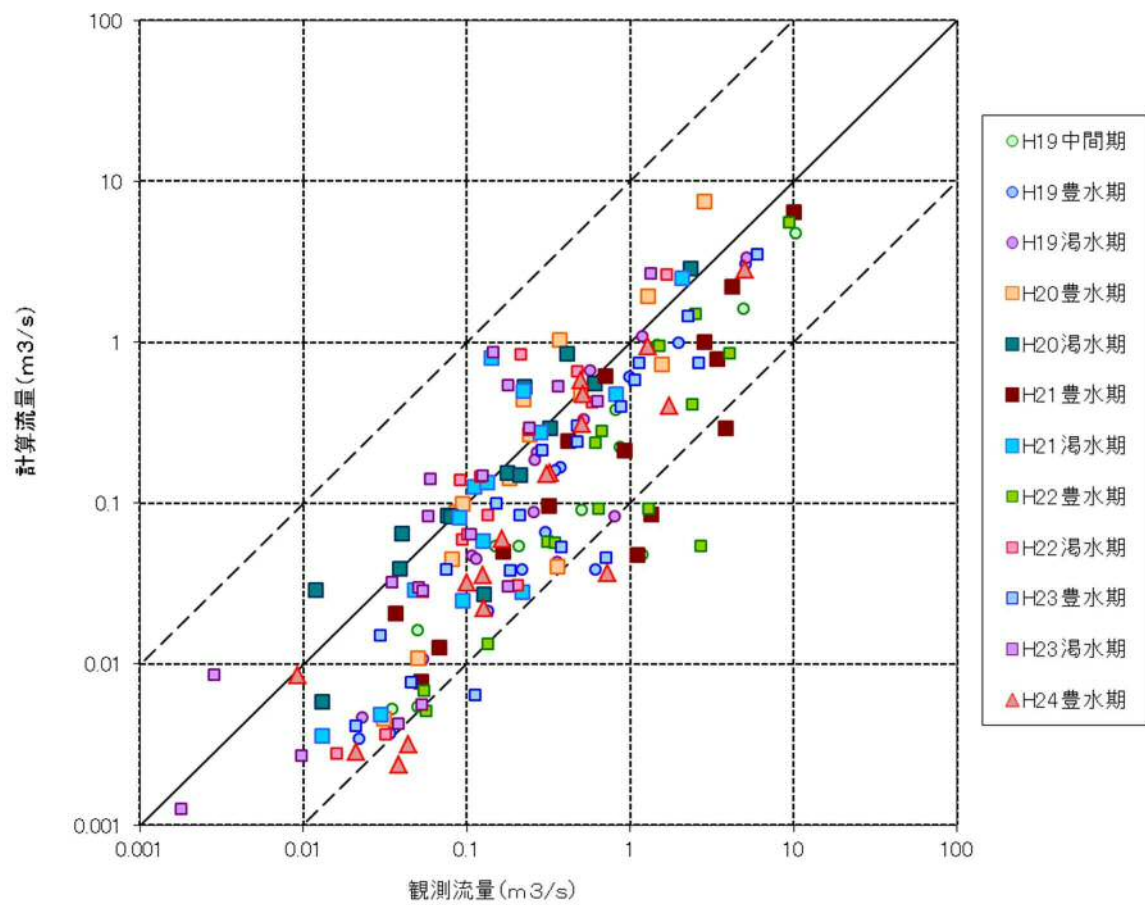


図 8-1-8 観測流量と計算流量の比較

(1) 解析範囲及び要素区分

凡例

- - - 計画路線(トンネル部)
- 計画路線(地上部)
- 工事用道路
- . - 県境
- - - 市町村境

圖 8-1-9 解析範圍

(2) 地下地質及び透水係数

地下地質の要素区分を図 8-1-10 に示す。また、各層の透水係数を表 8-1-5 に示す。

透水係数については、既存の文献や施工実績等を参考に、河川の観測流量と計算流量の比較を行い、モデルの再現性が確保できる値を設定した。また、天竜川から王竜寺川までの未固結層については、「資料編 9-1-3 湧水圧試験結果」に示した No. 1 及び No. 2 のボーリング孔内で実施した湧水圧試験結果（No. 1：GL-88～95m で $2.42 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ 、GL-83～90m で $3.07 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ 、No. 2：GL-109～116m で $2.20 \times 10^{-7}(\text{m/s})$ ）も参考にした。

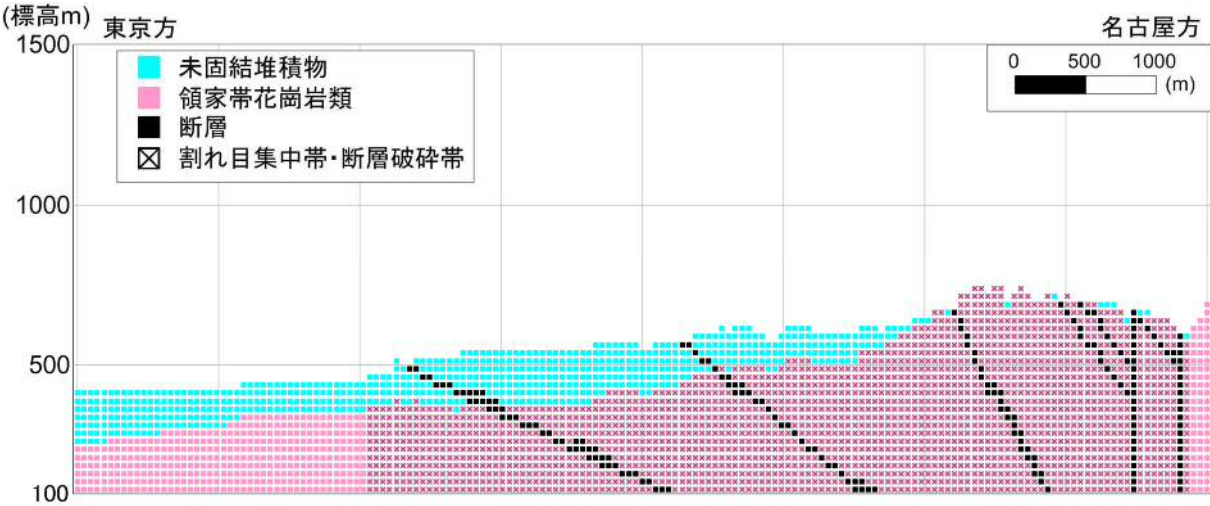


図 8-1-10 地下地質の要素区分

表 8-1-5 透水係数モデル入力値 (m/sec)

No.	地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩
1	新生代	未固結堆積物		2.0×10^{-6}	
2	中生代白亜紀	領家帯新期花崗岩類	4.7×10^{-7}	4.7×10^{-8}	4.7×10^{-9}
3		領家変成岩類	4.7×10^{-7}	4.7×10^{-8}	4.7×10^{-9}
4	断層（推定断層を含む）			1.4×10^{-7}	
5	断層破砕帯			1.4×10^{-7}	
6	割れ目集中帯			1.0×10^{-8}	

8-1-4 南アルプス

(1) 解析範囲及び要素区分

解析範囲は、対象事業実施区域を包括し、河川等の地形に沿った範囲とした。また、要素は水平方向に 100m×100m、深度方向に 25m の要素で区分した。解析範囲を図 8-1-11 に示す。

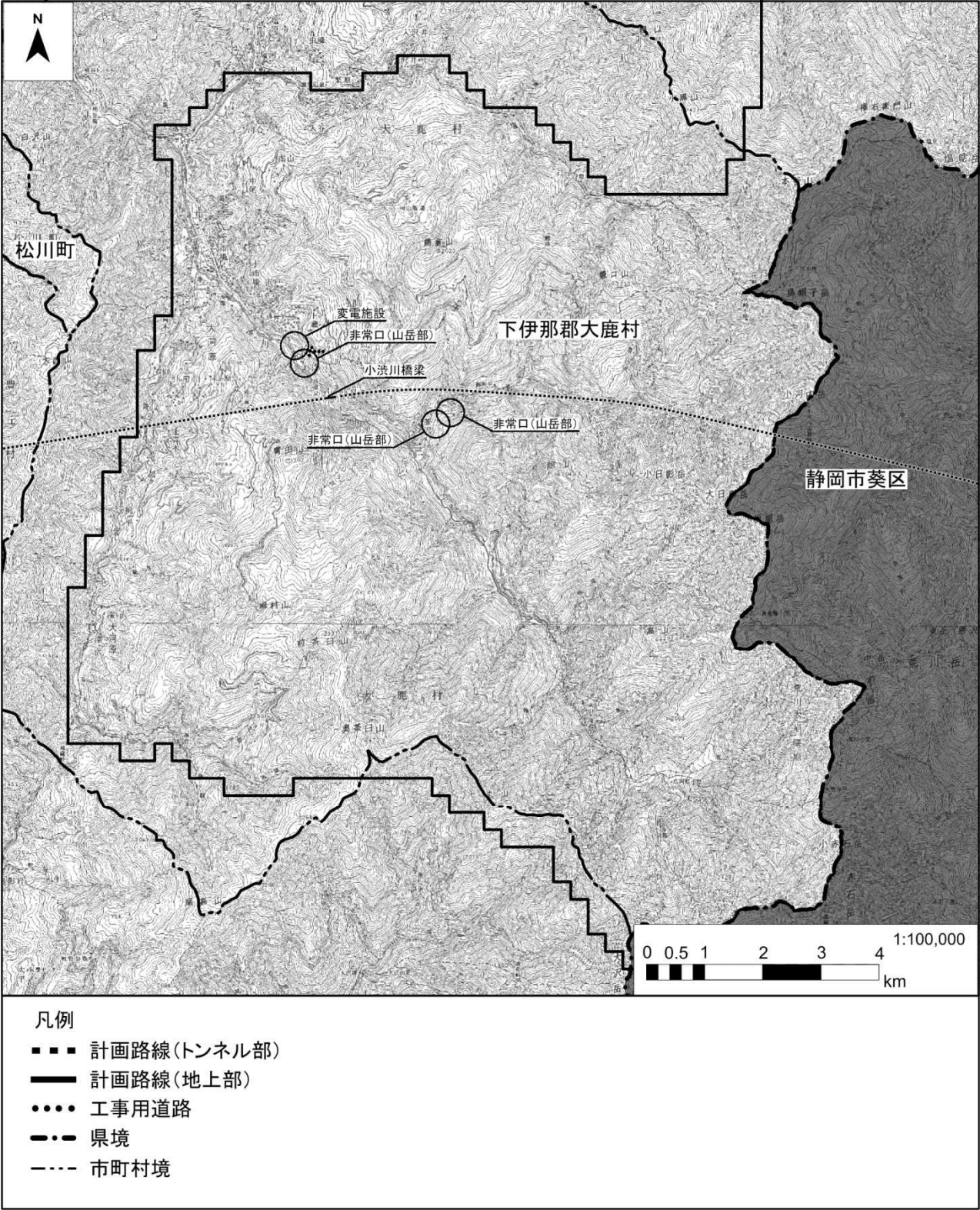


図 8-1-11 解析範囲

(2) 地下地質及び透水係数

地下地質の要素区分を図 8-1-12 に示す。また、各層の透水係数を表 8-1-6 に示す。

透水係数については、既存の文献や施工実績等を参考に、河川の観測流量と計算流量の比較を行い、モデルの再現性が確保できる値を設定した。

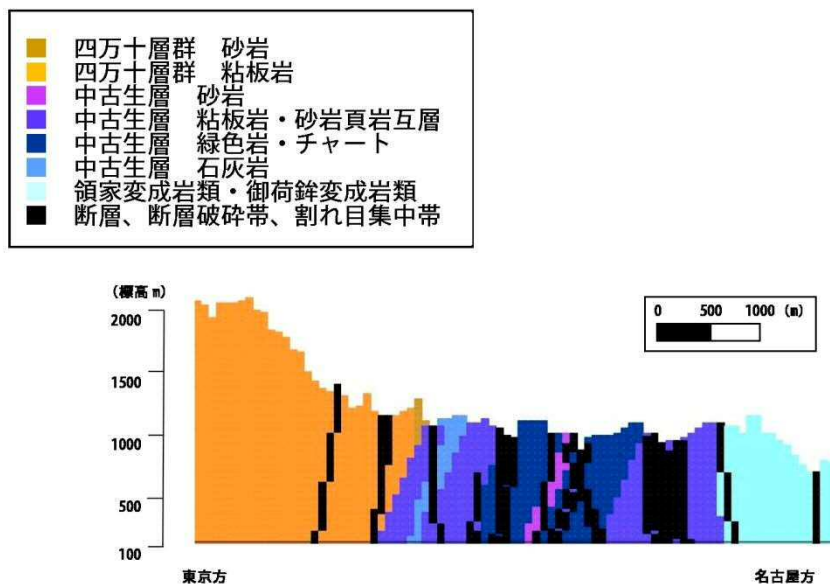


図 8-1-12 地下地質の要素区分

表 8-1-6 透水係数モデル入力値 (m/sec)

No.	地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩
1	未固結層堆積層		1.0×10 ⁻⁵		
2	四万十層群	砂岩	4.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁸
3		頁岩、砂岩頁岩互層	2.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁸
4		緑色岩・チャート	4.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁸
5		石灰岩	1.0×10 ⁻⁶	5.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷
6	中古生層 (秩父帯)	砂岩	4.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁸
7		粘板岩・砂岩頁岩互層	2.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁸	1.0×10 ⁻⁸
8		緑色岩・チャート	4.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻⁸
9		石灰岩	1.0×10 ⁻⁶	5.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷
10	貫入岩類		2.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁸
11	領家變成岩類・御荷鉾變成岩類		2.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁸
12	三波川變成岩類		2.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁷	1.0×10 ⁻⁸
13	断層		1.2×10 ⁻⁶		
14	断層破碎帯		1.0×10 ⁻⁶		
15	割れ目集中帯		7.0×10 ⁻⁷		

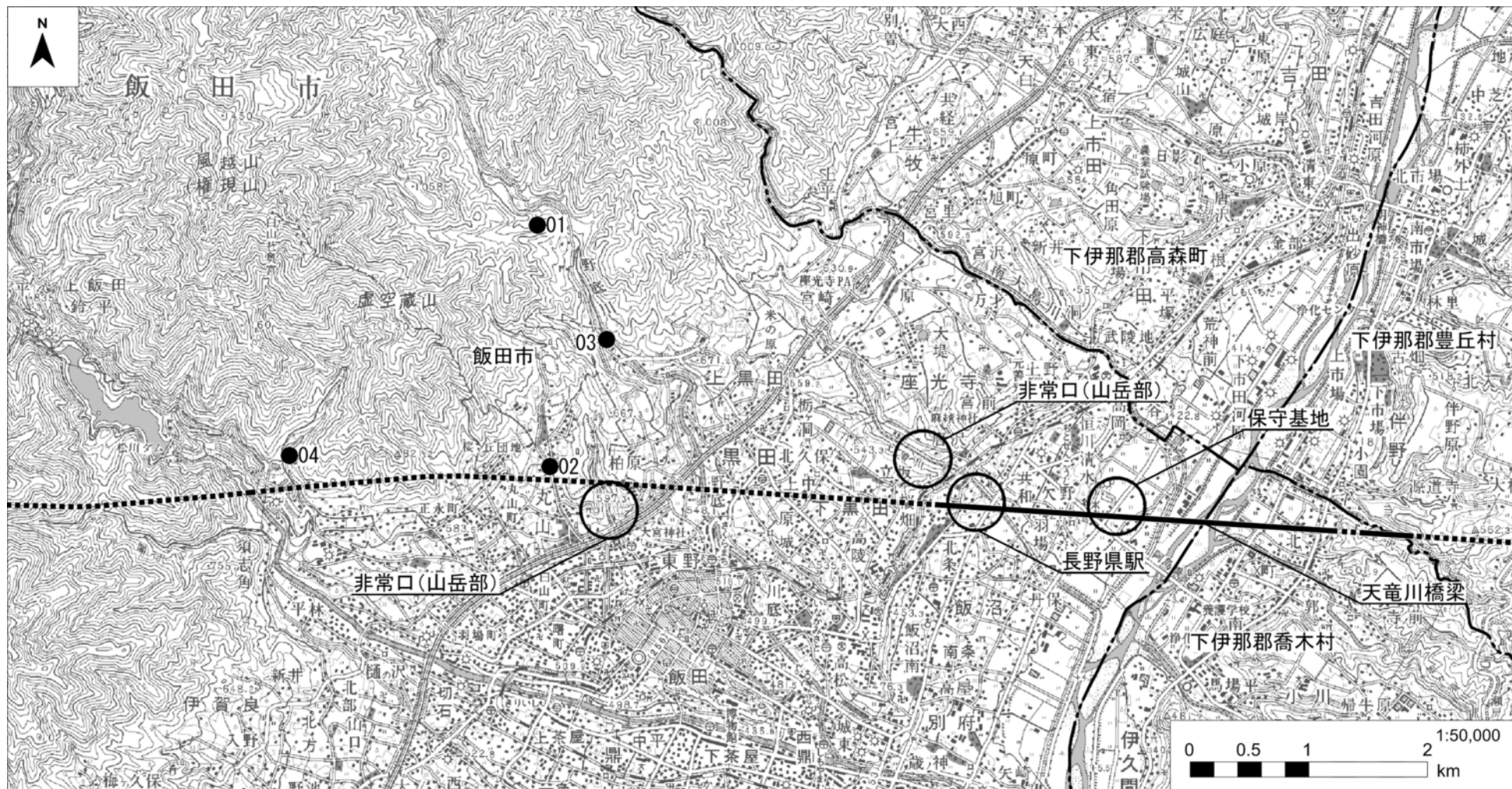
8-1-5 予測結果（飯田市風越山周辺の河川について）

トンネルの工事及び鉄道施設（トンネル）の存在に伴う飯田市風越山周辺の河川流量については、図 8-1-13 に示す範囲の予測結果は表 8-1-7 に示すとおりであり、河川流量にほとんど変化は生じない。

表 8-1-7 予測結果（河川流量）

地点 番号	地点	現況の流量 (m^3/sec)	工事期間中の流量 (m^3/sec)	完成後の流量 (m^3/sec)
01	板山川	0.05	0.05	0.05
02	王竜寺川	0.04	0.04	0.04
03	野底川	0.64	0.64	0.64
04	円悟沢川	0.11	0.11	0.11

注；河川流量は、小数第 3 位を四捨五入した。



凡例

- 計画路線(トンネル部)
- 計画路線(地上部)
- 工事用道路
- .-.- 県境
- 市町村境

● : 予測地点

図 8-1-13 予測地点

8-2 猿庫の泉及び円悟沢川について

8-2-1 調査

(1) 調査項目

調査項目は、流量、水温、pH、電気伝導率、ナトリウムイオン (Na^+)、カリウムイオン (K^+)、カルシウムイオン (Ca^{2+})、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、塩化物イオン (Cl^-)、重炭酸イオン (HCO_3^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-}) 及び硝酸イオン (NO_3^-) とした。

(2) 調査の基本的な手法

現地調査の方法を、表 8-2-1 に示す。

表 8-2-1 現地調査方法

調査項目	調査方法
流量、水温、pH、 電気伝導率 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^-	「地下水調査および観測指針（案）」（平成 5 年建設省河川局） に定める測定方法に準拠する。

(3) 調査地点

調査地点を表 8-2-2 及び図 8-2-1 に示す。

表 8-2-2 調査地点

地点 番号	市町村名	所在地	名称	備考
01	飯田市	上飯田	猿庫の泉	湧水
02			円悟沢川	地表水

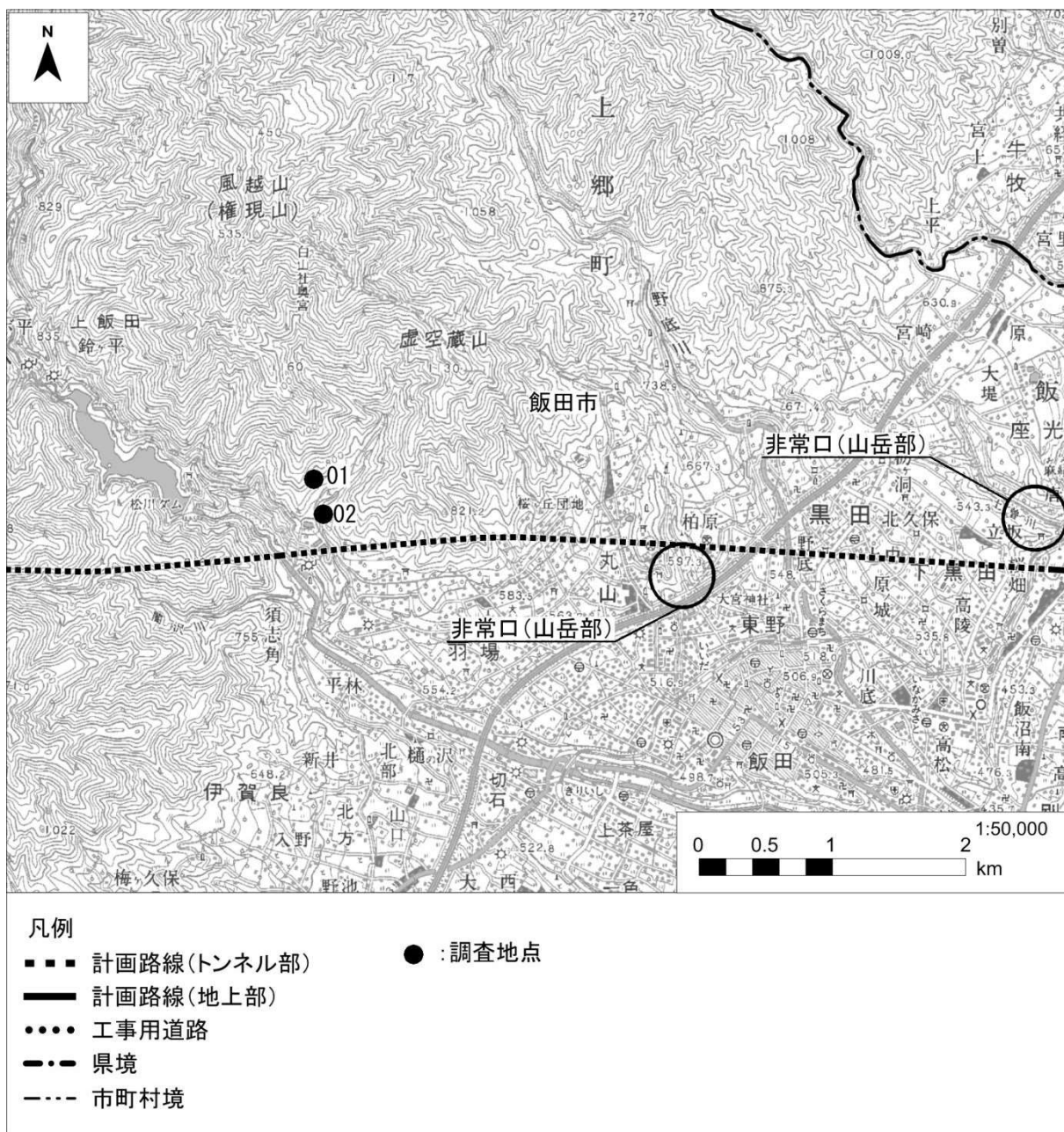


図 8-2-1 調査地点

(4) 調査結果

調査結果を表 8-2-3 及び図 8-2-2 に示す。

表 8-2-3(1) 流量の月間変動

地点番号	市町村名	名称	単位	平成 24 年						平成 25 年					
				7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
01	飯田市	猿庫の泉	(L/min)	27.1	23.0	14.9	12.5	7.5	7.3	6.4	6.7	8.5	11.4	12.6	8.4
02		円悟沢川	(m³/sec)	0.10	0.05	0.04	0.05	0.02	0.05	0.05	0.06	0.07	0.13	0.05	0.05

注：円悟沢川の流量単位を (m³/sec) とし、小数第 3 位を四捨五入した。

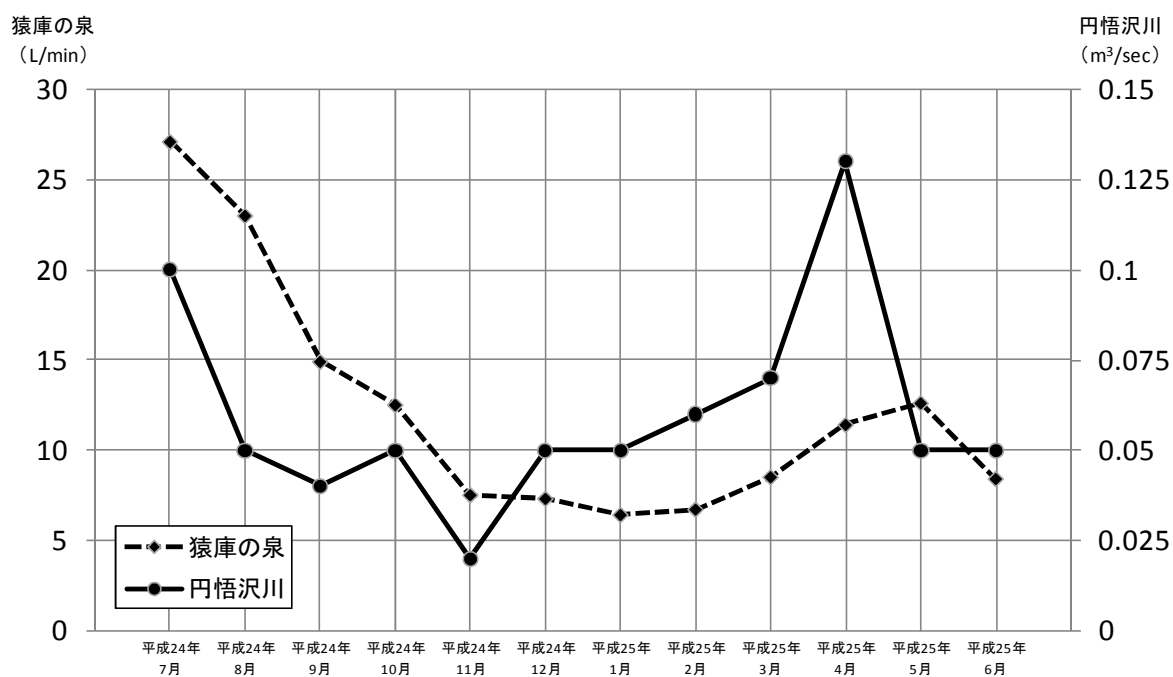


図 8-2-2(1) 流量の月間変動

表 8-2-3 (2) 水温の月間変動 (°C)

地点 番号	市 町 村 名	名 称	平成 24 年						平成 25 年					
			7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
01	飯 田 市	猿庫の泉	12.2	12.7	11.8	11.8	11.5	11.2	10.4	11.5	11.1	11.2	11.3	11.6
02		円悟沢川	17.6	17.8	13.8	10.0	6.5	2.8	3.0	3.1	1.4	8.9	12.9	15.4

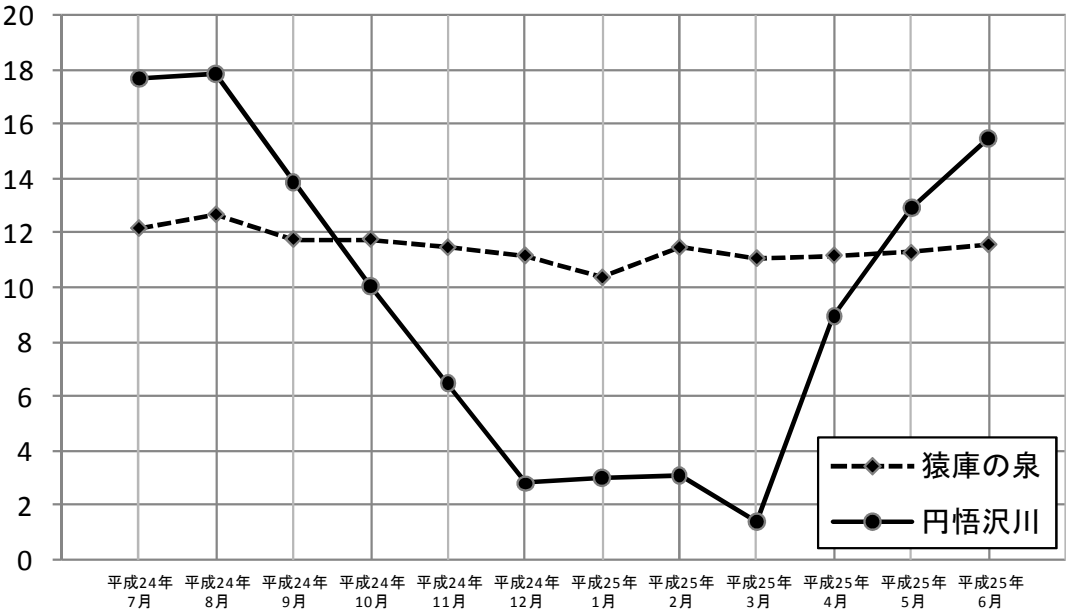


図 8-2-2 (2) 水温の月間変動 (°C)

表 8-2-3 (3) pH の月間変動

地点 番号	市 町 村 名	名 称	平成 24 年						平成 25 年					
			7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
01	飯 田 市	猿庫の泉	7.14	6.72	6.61	7.14	6.82	7.55	7.87	7.85	7.88	6.99	6.99	7.35
02		円悟沢川	6.93	7.41	6.80	6.82	6.93	7.78	8.28	8.17	8.47	7.41	7.65	7.00

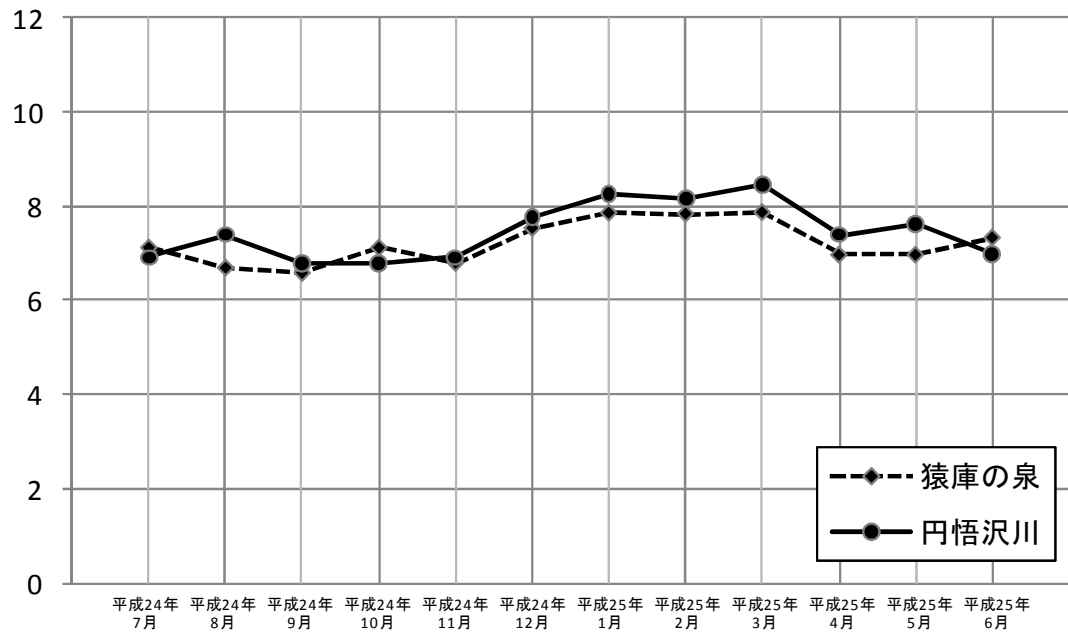


図 8-2-2 (3) pH の月間変動

表 8-2-3(4) 電気伝導率の月間変動 (mS/m)

地点 番号	市 町 村 名	名 称	平成 24 年						平成 25 年					
			7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
01	飯 田 市	猿庫の泉	4.82	5.66	5.45	5.48	5.40	5.52	5.39	5.69	5.44	5.19	5.43	5.48
02		円悟沢川	3.49	3.79	3.93	3.87	3.85	3.79	3.61	3.48	3.53	3.41	3.79	3.86

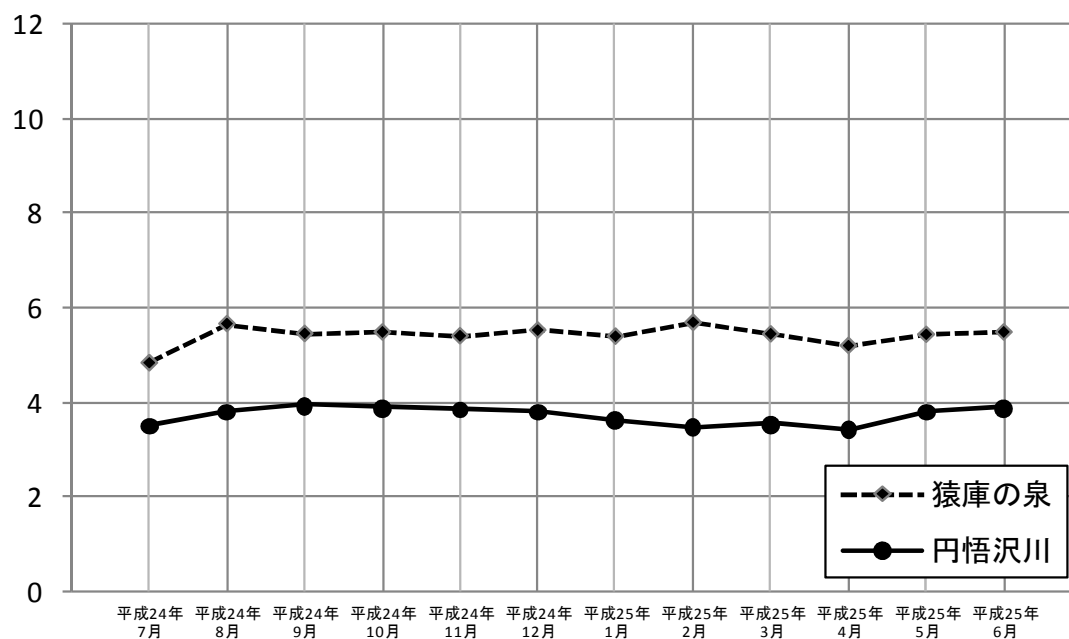


図 8-2-2(4) 電気伝導率の月間変動 (mS/m)

表 8-2-3(5) 主要溶存成分

調査項目(単位)	調査地点	01		02
		猿庫の泉 (湧水)		円悟沢川 (地表水)
調査日		平成 24 年 1 月 20 日	平成 25 年 6 月 1 日	平成 24 年 1 月 19 日
現地調査時の気温(℃)		—	19. 1	—
現地調査時の水温(℃)		11. 1	11. 4	2. 5
現地調査時の電気伝導率(mS/m)		4. 9	—	3. 5
現地調査時の pH		6. 8	—	7. 6
分析時水温(℃)		18	21	18
分析時 pH		6. 9	7. 2	7. 0
分析時電気伝導率(mS/m)		4. 8	5. 3	3. 2
ナトリウムイオン(mg/L)		3. 5	4. 4	2. 2
カリウムイオン(mg/L)		1. 4	1. 5	0. 7
カルシウムイオン(mg/L)		4. 5	5. 4	3. 1
マグネシウムイオン(mg/L)		<0. 5	0. 5	<0. 5
塩化物イオン(mg/L)		0. 7	0. 6	0. 8
重炭酸イオン(mg/L)		20	25	12
硫酸イオン(mg/L)		0. 9	1. 2	1. 4
硝酸イオン(mg/L)		1. 9	2. 8	0. 9

注 1: 「<」は未満を示す。

注 2: 「—」はデータ無しを示す。

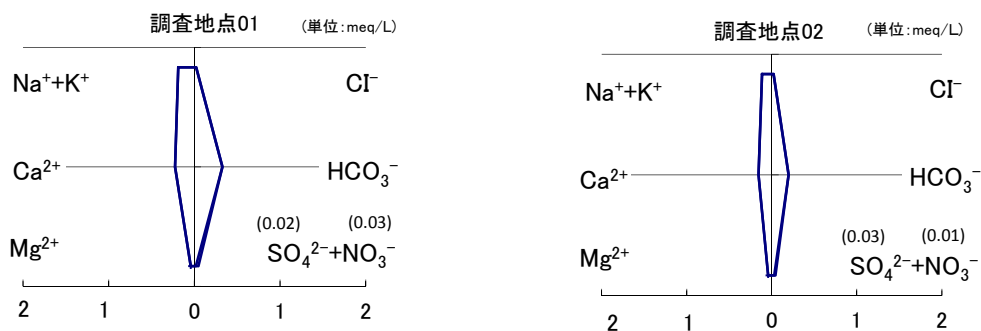


図 8-2-2 (5) 主要溶存成分（ヘキサダイアグラム）

表 8-2-3 (6) 主要溶存成分（調査地点 01 猿庫の泉 当量濃度）

調査日 平成 24 年 1 月 20 日					
項目		(mg/L)	原子量・分子量	イオン価数	当量濃度 (meq/L)
主要溶存成分		①	②	③	①÷②×③
ナトリウムイオン	Na ⁺	3.5	22.990	1	0.15
カリウムイオン	K ⁺	1.4	39.098	1	0.04
カルシウムイオン	Ca ²⁺	4.5	40.078	2	0.22
マグネシウムイオン	Mg ²⁺	<0.5	24.305※	2	0.04
塩化物イオン	Cl ⁻	0.7	35.452※	1	0.02
重炭酸イオン	HCO ₃ ⁻	20	61.017※	1	0.33
硫酸イオン	SO ₄ ²⁻	0.9	96.065※	2	0.02
硝酸イオン	NO ₃ ⁻	1.9	62.005※	1	0.03

表 8-2-3 (7) 主要溶存成分（調査地点 02 円悟沢川 当量濃度）

調査日 平成 24 年 1 月 19 日					
項目		(mg/L)	原子量・分子量	イオン価数	当量濃度 (meq/L)
主要溶存成分		①	②	③	①÷②×③
ナトリウムイオン	Na ⁺	2.2	22.990	1	0.10
カリウムイオン	K ⁺	0.7	39.098	1	0.02
カルシウムイオン	Ca ²⁺	3.1	40.078	2	0.15
マグネシウムイオン	Mg ²⁺	<0.5	24.305※	2	0.04
塩化物イオン	Cl ⁻	0.8	35.452※	1	0.02
重炭酸イオン	HCO ₃ ⁻	12	61.017※	1	0.20
硫酸イオン	SO ₄ ²⁻	1.4	96.065※	2	0.03
硝酸イオン	NO ₃ ⁻	0.9	62.005※	1	0.01

注 1： 当量濃度は、小数第 3 位を四捨五入した。

注 2： 原子量・分子量は、「理科年表 平成 25 年 物 1 4 (374) 原子量(1)」に記載の数値について、小数第 4 位を四捨五入した。

※： 「理科年表 物 1 4 (374) 9 行目：変動範囲を[a;b]で表し、原子量が a 以上、b 以下であることを示す。」より a と b の平均値を採用した。マグネシウムイオン[24.3040;24.3061]の平均値 24.305、塩化物イオン[35.446;35.457]の平均値 35.452、重炭酸イオン[61.01453;61.01902]の平均値 61.017、硫酸イオン[96.05512;96.07508]の平均値 96.065、硝酸イオン[62.00352;62.00659]の平均値 62.005 を採用した。

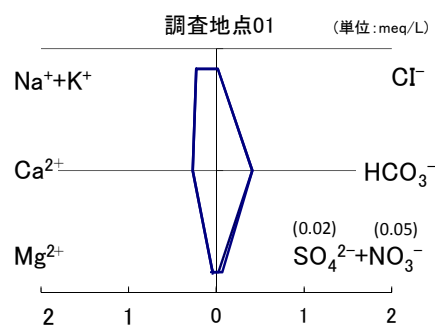


図 8-2-2(6) 主要溶存成分（ヘキサダイアグラム）

表 8-2-3(8) 主要溶存成分（調査地点 01 猿庫の泉 当量濃度）

調査日 平成 25 年 6 月 1 日					
項目		(mg/L)	原子量・分子量	イオン価数	当量濃度 (meq/L)
主要溶存成分		①	②	③	①÷②×③
ナトリウムイオン	Na ⁺	4.4	22.990	1	0.19
カリウムイオン	K ⁺	1.5	39.098	1	0.04
カルシウムイオン	Ca ²⁺	5.4	40.078	2	0.27
マグネシウムイオン	Mg ²⁺	0.5	24.305※	2	0.04
塩化物イオン	Cl ⁻	0.6	35.452※	1	0.02
重炭酸イオン	HCO ₃ ⁻	25	61.017※	1	0.41
硫酸イオン	SO ₄ ²⁻	1.2	96.065※	2	0.02
硝酸イオン	NO ₃ ⁻	2.8	62.005※	1	0.05

注 1： 当量濃度は、小数第 3 位を四捨五入した。

注 2： 原子量・分子量は、「理科年表 平成 25 年 物 1 4 (374) 原子量(1)」に記載の数値について、小数第 4 位を四捨五入した。

※： 「理科年表 物 1 4 (374) 9 行目：変動範囲を[a;b]で表し、原子量が a 以上、b 以下であることを示す。」より a と b の平均値を採用した。マグネシウムイオン[24.3040;24.3061]の平均値 24.305、塩化物イオン[35.446;35.457]の平均値 35.452、重炭酸イオン[61.01453;61.01902]の平均値 61.017、硫酸イオン[96.05512;96.07508]の平均値 96.065、硝酸イオン[62.00352;62.00659]の平均値 62.005 を採用した。

8-3 山梨リニア実験線における水資源対策について

8-3-1 実験線区間の水資源等への影響検討について

山梨リニア実験線においては、工事に先立ち、実験線区間のトンネル掘削に伴う水資源等への影響検討を行っており、その結果は表 8-3-1 のとおりである。

表 8-3-1 影響検討結果

位 置 ・ 場 所	影響検討結果
境川村～御坂町 ①竹居～上黒駒間のトンネル	この区間の地質は、基盤層に亀裂が発達しており、地下水位下の施工となるため、地下水位の低下が予測され、路線周辺の井戸等の一部に影響があることが予測される。
御坂町～大月市笹子町 ②上黒駒～奥野沢間のトンネル	この区間の地質は、基盤層は揉まれており、トンネル掘削に伴う地下水位の低下により狩屋野川の流量が影響を受け減少すると予測される。
大月市笹子町～都留市小形山 ③奥野沢～丸田沢間のトンネル	この区間の地質は、基盤層は揉まれており、割れ目も発達し、それに沿って粘土化もしている。トンネル掘削に伴う地下水位の低下により奥野沢、穴沢及び日影沢の流量が影響を受け減水すると予測される。
大月市笹子町～都留市小形山 ④丸田沢～中谷間のトンネル	この区間の地質は比較的固結度がよく透水性も小さい。また、この区間の沢は降雨量に左右され、付替が可能なことから影響はほとんどないものと考えられる。
都留市小形山～朝日曽雌 ⑤九鬼～大平間のトンネル	この区間の地質は、比較的固結度もよく透水性も小さいため、影響はほとんどないと考えられる。
都留市小形山～朝日曽雌 ⑥大平～朝日曽雌間のトンネル	この区間の地質は、比較的固結度もよく透水性も小さいため、影響はほとんどないと考えられる。
朝日曽雌～南都留郡秋山村 ⑦朝日曽雌～大の入川間のトンネル	この区間の地質は全体的には良好である、しかし、付近の断層の影響により一部基盤が風化していることも考えられ、棚ノ入沢が影響を受けることが予測される。
朝日曽雌～南都留郡秋山村 ⑧大の入川～安寺沢間のトンネル	この区間の地質は全体的には良好である、しかし、付近の断層の影響により一部基盤が風化していることも考えられ、暮ヶ沢が影響を受けることが予測される。

8-3-2 工事中の影響及び対応

地元と協議の上、測定箇所を選定して継続的に流量観測を行い、減水の兆候を事前に把握するよう努めた。また、より精緻な調査のため一部の地区については、観測用の井戸を設けるなどの対応をとった。その結果、竹居～上黒駒間のトンネル、上黒駒～奥野沢間のトンネル、朝日曾雌～大の入川間のトンネル、大の入川～安寺沢間のトンネルにおいて流量の減少等が観測されたが、住民（水利用者）の生活に支障をきたさぬよう、応急対策を実施しており、その後も流量観測を継続し、住民の皆様と協議をしながら、必要な恒久対策を実施している。

8-3-3 トンネル工事実施時の水資源に対する対応の基本的な考え方

施工中は河川流量、井戸水位観測、水質調査等の水文調査を継続的に行い、トンネル掘削に伴う湧水で地表水の枯渇減少等により地表水利用に対する影響監視を継続的に実施する。工事中に減水・渇水などの兆候が認められた地区については、住民（水利用者）の生活に支障をきたさぬよう、応急対策を実施する。具体的には、揚水井戸を設け水道設備に供給したり、トンネル湧水を簡易水道に供給したりする等の対策を実施する。

万が一補償が必要な場合は、「公共事業に係る工事の施工に起因する水枯渇等により生ずる損害等に係る事務処理について」（「資料編 8-3 公共事業に係る工事の施工に起因する水枯渇等により生ずる損害等に係る事務処理要領について」）に基づいて補償を行う。

8-4 公共事業に係る工事の施行に起因する水枯渇等により生ずる損害等に係る事務処理要領について

公共事業に係る工事の施行に起因する水枯渇等により
生ずる損害等に係る事務処理要領の制定について

〔昭和59年3月31日 建設省計用発第9号
建設事務次官から北海道開発局長・沖縄総合
事務局長・各地方建設局長あて通知〕
最近改正 平成15年7月11日国土交通省国総国調第48号

「公共用地の取得に伴う損失補償基準要綱の施行について（昭和37年6月29日閣議了解）」の第三に定める水枯渇等により生ずる損害等に係る事前賠償に関する事務の取扱いについて、別紙のとおり事務処理要領を定めたので、通知する。

（別 紙）

公共事業に係る工事の施行に起因する水枯渇等により
生ずる損害等に係る事務処理要領

（趣 旨）

第1条 国土交通省の直轄の公共事業に係る工事の施行により生じた起業地外の生活用水、農業用水等の不可避免的枯渇又は減水（以下「水枯渇等」という。）により、生活用水、農業用水等を使用している者（以下「用水使用者」という。）に社会生活上受忍すべき範囲（以下「受忍の範囲」という。）を超える損害等が生ずると認められる場合の費用の負担等に関する事務処理については、この要領に定めるところによるものとする。

（事前の調査）

第2条 公共事業に係る施設の規模、構造及び工法並びに工事箇所の状況等から判断して、工事の施行により水枯渇等が生ずるおそれがあると認められるときは、水枯渇等に対する措置を迅速かつ的確に行うため、工事の着手に先だち、起業地及びその周辺地域において、次の各号に掲げる事項のうち必要と認められるものについて調査を行うものとする。

- 一 水位、流量、水質、水脈、地形、地質の状況
- 二 地下水、伏流水、表流水等の取水状況
- 三 生活用水、農業用水等の使用状況及び使用量
- 四 井戸、ため池等の分布状況
- 五 過去の水枯渇等の発生状況及びその原因
- 六 地下水等の水源に影響を及ぼすおそれのある他の工事の有無及びその内容等
- 七 水道又は簡易水道（以下「水道等」という。）の敷設の状況及びその給水の能力
- 八 その他必要な事項

（水枯渇等の原因等の調査）

第3条 起業地の周辺地域の用水使用者から水枯渇等の発生の申出があつたときは、水枯渇等と工事との因果関係、その回復の可能性等について、速やかに、調査を行うものとする。

2 前項の調査は、次の各号に掲げる事項のうち水枯渇等の発生の状況を勘案して必要と認められるものについて行うものとする。

- 一 工事着手時の水位又は流量と水枯渇等の発生時の水位又は流量との比較
- 二 工事着手前、工事中又は工事完了後における水位又は流量の変化
- 三 工事の工程と水枯渇等の発生の時間的関連性
- 四 工事による湧水の発生時期及びその量
- 五 工事箇所と水枯渇等の発生地点との平面的及び立体的な位置関係
- 六 水枯渇等の発生地域における過去の月別平年降水量と水枯渇等の発生時の降水量との比較
- 七 水枯渇等の原因と見込まれる他の工事の影響の有無及びその程度
- 八 その他必要な事項

(応急措置)

第4条 水枯渇等が発生したことにより、生活用水等の確保に支障があり、用水使用者に第5条第2項に規定する受忍の範囲を超える損害等が生ずると見込まれる場合において、第2条又は前条の調査の結果等から水枯渇等の発生が当該工事による影響と認められ、かつ、緊急に措置を講ずる必要があると認められるときは、合理的かつ妥当な範囲で、給水用の車両を配備し、又は仮設の水道等を敷設する等の措置（以下「応急措置」という。）を講ずるものとする。

(費用負担の要件)

第5条 第3条の調査の結果等から公共事業に係る工事の施行により生じたと認められる水枯渇等により、用水使用者に受忍の範囲を超える損害等が生ずると認められる場合においては、当該損害等をてん補するために必要な最小限度の費用を負担することができるものとする。

2 前項に規定する「受忍の範囲を超える損害等」とは、既存の施設による必要な水量の確保が不可能となり生活又は生業に支障をきたすことをいうものとする。この場合において、「必要な水量」とは、既存の施設による使用実績水量をいうものとし、当該水量が把握し難い場合は、次の各号に掲げるいずれかの水量から推定することができるものとする。

- 一 既存の揚水設備による取水可能水量
- 二 近隣における同一用途の用水使用量
- 三 水道等の使用実態調査等における同一用途の用水使用量

(機能回復の方法による費用の負担)

第6条 前条第1項の規定により負担する費用は、原則として、既存の施設の機能を回復すること（以下「機能回復」という。）に要する費用とするものとする。この場合において機能回復は、用水の使用目的、使用水量、取水方法等、新たな水源を必要とする場合の水源確保の見通し及び当該地域の社会的環境等の諸要素を総合的に判断して、技術的及び経済的に合理的かつ妥当な範囲で行うものとする。

2 前項の規定により負担する費用は、次の各号に掲げる方法のうち技術的及び経済的に合理的と認められるものによる機能回復に要する費用とし、付録の式によって算定するものとする。

一 既存の施設を改造する方法

二 代替施設を新設する方法

(機能回復以外の方法による費用の負担)

第7条 前条に規定する機能回復の方法によることが著しく困難又は合理的ではないと認められる場合において負担する費用は、生活用水、農業用水等を使用できないことにより通常生ずる損害等の額とするものとする。

2 前項の規定により負担する費用は、次の各号に掲げる用水の使用目的に応じてそれぞれ算定するものとする。

一 農業用水の場合

従前の農業用水を使用する農作物から農業用水を使用する必要のない他の農作物に作付転換した場合に通常生ずる損害等の額とし、付録の式によって算定するものとする。

二 農業用水以外の用水の場合

用水を使用している施設の移転に要する費用、移転雑費及び営業上生ずる損害等の額とし、合理的と認められる移転先、移転方法等を勘案して適正に算定するものとする。

(応急措置に要する費用の負担)

第8条 第4条に規定する場合において、用水使用者が応急措置を講じたときは、当該措置に要する費用を負担するものとし、その費用は、付録の式によって算定するものとする。

(その他の損害等に対する費用の負担)

第9条 前3条の規定による費用の負担のほか、農作物、養殖物等に対する損害等又は休耕等を余儀なくされたことに対する損害等については、その損害等の程度に応じて適正に算定した額を負担することができるものとする。

2 前項の場合において、第7条第2項第1号に規定する費用の負担を行うときは、休耕に伴う費用の負担は行わないものとする。

(事前の措置に要する費用の負担)

第10条 第2条の調査の結果等から判断して、水枯渇等が公共事業に係る工事の施行により生ずると認められる場合において、用水使用者に受忍の範囲を超える損害等が生ずると認められるときは、当該損害等の発生前に合理的かつ妥当な範囲で必要な措置を行うために要する費用を負担することができるものとする。

2 前項の費用の負担については、第6条及び第7条の規定を準用する。

(費用負担の請求期限)

第11条 費用の負担は、用水使用者から当該公共事業に係る工事の完了の日から1年を経過する日までに請求があった場合に限り、行うことができるものとする

(費用負担の方法)

第12条 費用の負担は、原則として、用水使用者別に金銭をもつて行うものとする。この場合において、代替施設、応急措置に係る施設又は事前の措置に係る施設を共同で新設し、かつ、使用する場合又は地方公共団体等が用水使用者に代わって新設し、かつ、管理する場合には、代替施設、応急措置に係る施設又は事前の措置に係る施設の新設及

び使用に関し用水使用者全員の同意を得て設立された組合の代表者又は当該地方公共団体等に対し行うことができるものとする。

- 2 用水使用者から金銭に代えて既存の施設の改造、代替施設の新設又は事前の措置に係る施設の設置を要求された場合において、その要求が技術的及び経済的に合理的と認められるとき又はやむを得ないと認められるときは、これらの措置を行い、引き渡すことができるものとする。

- 3 前2項の負担は、渡し切りとするものとする。

(複合原因の場合の協議)

第13条 水枯渇等が他の工事の施行に係るものと複合して起因していることが明らかな場合は、当該工事の施行者と損害等に係る費用の負担の割合等について協議するものとする。

(経過措置)

第14条 費用の負担について、既に協議を行っているものについては、この要領によらないことができるものとする。

付 録

1 既存の施設を改造する場合

費用負担額＝施設の改造費＋維持管理費の増加分＋その他経費－発生材価格

- (1) 施設の改造費は、井戸の掘下げ等既存の施設の改造に要する工事費（揚水機の設置を必要とする場合の揚水機に係る費用を含む。）とし、当該施設の更改を必要とする場合の更改に係る費用（従前の施設の更改に係る費用を控除するものとする。）を含むものとする。

- (2) 維持管理費の増加分は、次式により算定した額とする。

$$\text{維持管理費} = A \times \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$$

ア Aは、改造した施設に係る年均等化経常費（電気料、動力用燃料費、借地料、滅菌費、組合運営費、定期点検費、故障修理費、塗装費等）から既存の施設に係る年均等化経常費を控除した額とする。

イ rは、年利率とする。

ウ nは、改造した施設の維持管理費の費用負担の対象となる年数とし、次に定めるところによるものとする。

①生活用水の場合

おおむね30を限度とするが、将来の水道等の整備計画が見込まれる地域にあつては、当該整備計画等を考慮した年数とする。ただし、用水使用者が借家人である場合は、おおむね5を限度とする。

②農業用水等の場合

おおむね15を限度とするが、農業等の継続可能性等を考慮して、おおむね30までを可能とする。ただし、市街化区域（生産緑地法(昭和49年法律第68号)第3条第1項の規定により定められた生産緑地地区を除く。以下同じ。）若し

くは宅地見込地地域にあって農業用水の機能回復を図る場合は、おおむね10を限度とする。

(3) その他経費は、施設の改造に伴い必要となるその他の経費とする。

(4) 発生材価格は、既存の施設を改造することにより不用となる既存の揚水機等の処分価格から処分に要する費用を控除した額とする。

2 代替施設を新設する場合

$$\text{費用負担額} = \text{施設の新設費} + \text{維持管理費の増加分} + \text{その他経費} - \text{発生材価格}$$

(1) 施設の新設費は、水道等の敷設に要する工事費（施設加入金を含む。）並びに井戸（揚水機の設置を必要とする場合の揚水機及び配管を含む。）及び簡易水道等の新設に要する工事費とし、当該施設の更改を必要とする場合の更改に係る費用（従前の施設の更改に係る費用を控除するものとする。）を含むものとする。

(2) 維持管理費の増加分は、次式により算定した額とする。

$$\text{維持管理費} = A \times \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n}$$

ア Aは、新設した施設に係る年均等化経常費（水道料、電気料、動力用燃料費、借地料、滅菌費、組合運営費、定期点検費、故障修理費、塗装費等）から既存の施設に係る年均等化経常費を控除した額とする。

イ rは、年利率とする。

ウ nは、新設した施設の維持管理費の費用負担の対象となる年数とし、次に定めるところによるものとする。

①生活用水の場合

おおむね30を限度とするが、将来の水道等の整備計画が見込まれる地域にあっては、当該整備計画等を考慮した年数とする。ただし、用水使用者が借家人である場合は、おおむね5を限度とする。

②農業用水等の場合

おおむね15を限度とするが、農業等の継続可能性等を考慮して、おおむね30までを可能とする。ただし、市街化区域若しくは宅地見込地地域にあって農業用水の機能回復を図る場合は、おおむね10を限度とする。

(3) その他経費は、施設の新設に伴い必要となるその他の経費とする。

(4) 発生材価格は、代替施設を新設することにより不用となる既存の揚水機等の処分価格から処分に要する費用を控除した額とする。

3 農業用水の場合で機能回復以外の方法による場合

$$\text{負担額} = \left(\text{作付転換前の平均純収益} - \text{作付転換後の平均純収益} \right) \times \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} + \text{作付転換に伴い通常要する費用等の額}$$

(1) 作付転換前及び作付転換後の平均純収益は、次式により算定した額とする。

$$\text{平均純収益} = \text{農業粗収入} - \text{農業経営費}$$

ア 作付転換前の農業粗収入は、当該土地で作付けされている農作物の過去３年間の平均収穫量に、費用負担時の農作物価格を乗じて算定する。

イ 作付転換後の農業粗収入は、当該地域で作付けされている一般的な農作物の過去３年間の平均収穫量を基準として、当該作物を当該土地に作付けしたときに見込まれる収穫量に、費用負担時の農作物価格を乗じて算定する。

ウ 農業経営費は、種苗費、肥料費、諸材料費、水利費、防除費、建物費、農機具費、畜力費、雇用労働費、自家労働費、賃料料金、地代、資本利子、公租公課その他の経費とする。

エ r は、年利率とする。

オ n は、作付転換に伴う収益減の費用負担の対象となる年数とし、おおむね３０を限度とする。ただし、市街化区域又は宅地見込地地域にあつては、おおむね１０を限度とする。

(2) 作付転換に伴い通常要する費用等の額は、作付転換後の農業経営費のうち、作付転換の初年度において平年の農業経営費と比較して増加が見込まれる労働費等の額及び不用となる農機具等の売却損とする。

4 応急措置による場合

費用負担額＝水道等の敷設等に要する工事費等＋維持管理費の増加分＋その他経費－発生材価格

(1) 水道等の敷設等に要する工事費等は、仮設の水道等の敷設に要する工事費（施設加入金を含む。）、仮設の水路等の建設に要する工事費及び給水用の車両の配備等に要する費用とする。

(2) 維持管理費の増加分は、次式により算定した額とする。

維持管理費＝ $A \times n$

ア A は、水道等の敷設等に係る施設に係る年均等化経常費（水道料、電気料、動力用燃料費、借地料、滅菌費等）から既存の施設に係る年均等化経常費を控除した額とする。

イ n は、応急措置を講じたときから水道等の敷設等に係る施設が不用となるときまでの月数を１２で除したものとする。

(3) その他経費は、水道等の敷設等に伴い必要となるその他の経費とする。

(4) 発生材価格は、水枯渇等が回復した場合又は既存の施設の機能回復を行った場合において不用となる水道等の敷設等に係る施設又は既存の揚水機等の処分価格から処分に要する費用を控除した額とする。