

3. 供用時における発電施設の存在に伴う河川水・地下水への影響

1) 予測項目

予測項目は、太陽光パネルの設置に伴う河川水及び地下水涵養量の変化を対象とし、対象事業実施区域から流出する河川及び周辺に分布する水源湧水、対象事業実施区域内の湿地湧水の変化を予測した。

2) 予測地域及び地点

予測地域及び地点は表 4-6-29 に示すとおりで、現地調査範囲と同じとした。

表 4-6-29 予測地域及び地点

水源区分	予測地域	対象地点
河川水	対象事業実施区域内及びその下流	対象事業実施区域：Y-9、Y-7、Y-6 流域及び地点 茅野横河川下流：Y-1 流域及び地点
周辺に分布する水源湧水	東側	北大塩大清水水源、霧ヶ峰農場水源、創価学会長野県青年研修道場井戸
	西側	角間川上流域：清水橋水源 角間川下流域：南沢水源、地藏寺湧水、阿弥陀寺湧水、
湿地湧水	対象事業実施区域内	A 湿地、C 湿地、D 湿地、E 湿地、F 湿地

3) 予測対象時期

予測対象時期は、発電施設等の設置が終了した供用時とした。

4) 予測方法

予測方法は、水質分析結果を基に水文地質学的解釈を用いた方法及びタンクモデル法を用いた水収支による予測とした。

【水質分析結果を基にした水文地質学的解釈の概要】

水質分析や水収支調査などの現地調査結果を基に、水文地質学的解釈による各水源湧水の涵養域や地下水流動経路などを推定し、対象事業実施区域との関連性など総合的に影響の有無を予測した。

【タンクモデル法の概要】

タンクモデルは、図 4-6-54 に示すように、流域帯水層の構造に対応するように 1 段タンクで降雨時の表面流出量、2 段、3 段タンクで中間流出量を含んだ地下水流出量を再現する方法で、水収支や低水流量の流出解析として広く用いられている方法である。

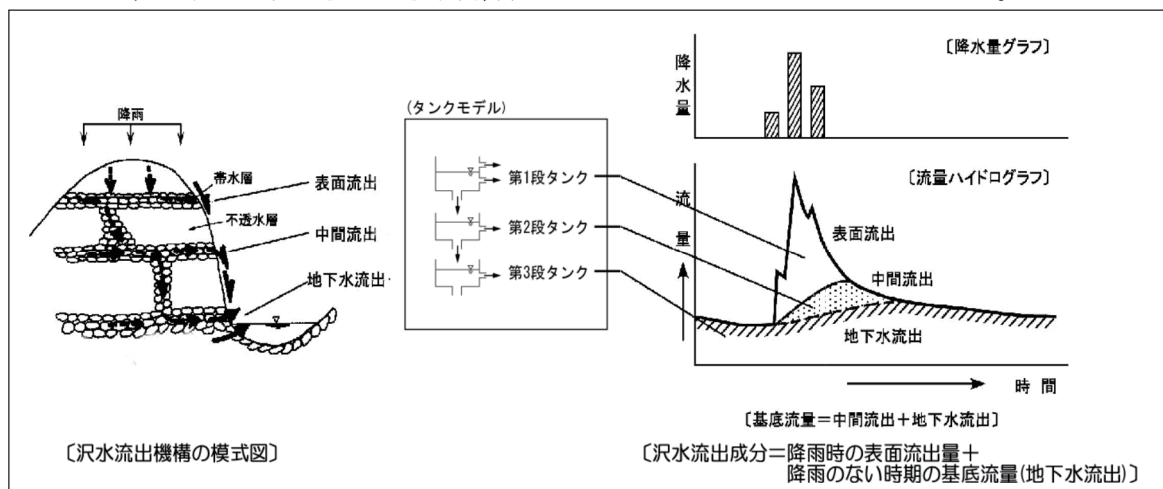


図 4-6-54 地下水流出概念図

【タンクモデルの構造と解析手順】

タンクモデルの概念図を図 4-6-55 に示す。

- ・ 1 段タンクに降水量(蒸発散量*を差し引いた水量)の注入
※蒸発散量は、ソーンズウェイト法により算定
- ・ 1 段タンクの横穴($\alpha_1 \sim \alpha_2$)は、降雨時の表面流出量の設定
- ・ 1 段タンクの底穴(β_1)は、地表面からの地下水涵養量の設定
- ・ 2、3 段タンクの横穴($\alpha_3 \sim \alpha_4$)は、地下水流出量の設定
- ・ 3 段タンクの底穴(β_3)は、流域外や深部への地下水浸透量(下流域への地下水流動量)の設定
- ・ 2 段タンクの横からの矢印(β_1')は、現地調査結果より流域外からの地下水流入の可能性が示唆され、特別に地下水流入を設定

以上の穴の高さ ($L_1 \sim L_2$) や大きさ ($\alpha_1 \sim \alpha_4$) を調整することにより、実測流量と整合の取れた流量再現を行う流出解析方法である。

解析結果を基に現況の表面流出量、地下水涵養量、更に深部への浸透量などを算定し、改変に伴う流出係数の増加による表面流出量、地下水涵養量、深部への浸透量の変化を予測する方法である。

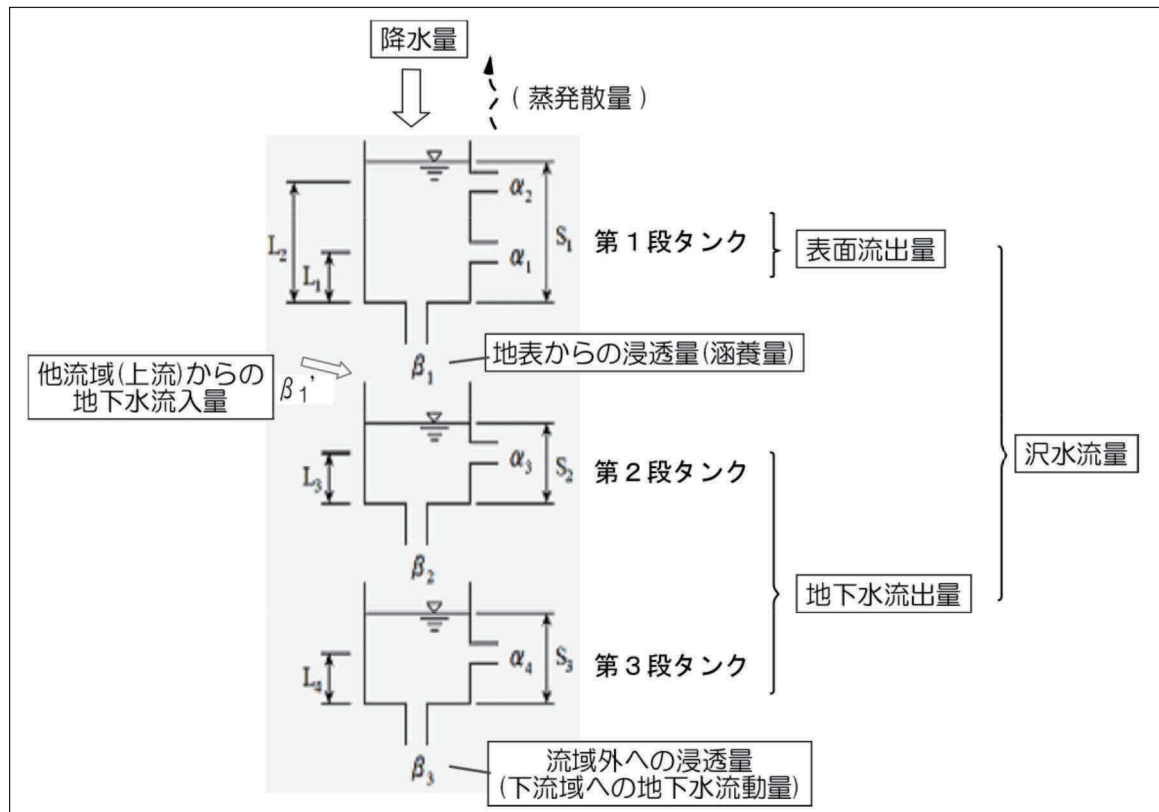


図 4-6-55 タンクモデル概念図

5) 予測結果

(1) 現況及び供用後の水収支予測

供用時は、太陽光パネル設置に伴う土地利用の変化により、降雨時の流出係数や雨水浸透量などが変化し、河川水や深部に浸透した地下水に影響を与え、角間川下流域の南沢水源や対象事業実施区域内の湿地湧水に影響を与える可能性がある。ここでは、対象事業実施区域内の小流域で自記観測した結果を基にタンクモデル法により、現況の水収支を検討し、流出係数の変化に伴う供用後の河川水や深部に浸透した地下水への影響を定量的に予測した。

なお、Y-6、Y-7、Y-9 流域には対象事業実施区域の再下流部に調整池が存在する計画である。しかし、事業計画では調整池の河床改変部分が基本的に河床材料の堆積部に留まり岩盤である溶岩までは達しないため、下流の河川流量を維持する浅層の地下浸透量が一部湧出する可能性はあるものの、溶岩中を流動する深層の地下浸透量には影響しない。また、河床勾配を大きく変化させるものではなく、通常時は河道の一部として機能し河川の平常時流量は確保されること、出水時にも上流からの流入分は最終的に下流に流出させる計画であること、浅層の地下流動量の影響を受ける湿地よりも下流側に位置していることから、下流の河川流量、周辺の地下水源及び湿地への影響は想定されないため、改変地の一部として太陽光パネル設置範囲と合わせて影響を予測した。

① 現況の水収支

a) タンクモデルによる流出解析

本解析におけるタンクモデルは、現地調査結果（湿地湧水が他流域からの流入があるなど）を踏まえ、図 4-6-56 に示すような β_1' による地下水流入（2 段目タンクに入れる）を考慮した 3 段タンクモデルとした。

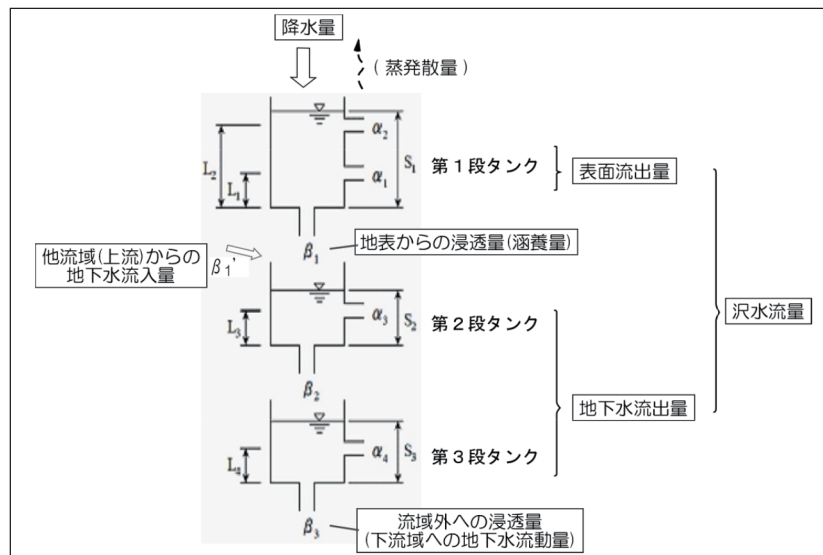


図 4-6-56 本解析に用いたタンクモデル

流出解析は、平成 28 年 8 月～平成 29 年 6 月（検討実施時の最新観測時まで）の現地での気象観測結果を基に対象事業実施区域から流出する流量として A 湿地下流の Y-7 流域、E、F 湿地下流の Y-6 流域、C、D 湿地下流の Y-9 流域、及び茅野横河川下流の Y-1 流域の 4 箇所で行った。

流出解析結果は、図 4-6-57～図 4-6-60 に自記流量変化図とともに再現流量（計算流量）として示したハイドログラフに整理し、図の左に各タンクのパラメータを表示した。それぞれの地点における相対誤差は、表 4-6-30 に示すとおりである。再現流量（計算流量）の

冬季間（12月初め～4月末）は、積雪期のため実測と隔離する期間があるが、本来の地下水流動量分として再現させている。なお、Y-9では、冬季凍結したため、8月～11月末間でモデルを作成した。

茅野横河川下流地点Y-1では、自記流量観測を実施していないが1回/月の頻度で流量を観測しており、この実測流量と整合した解析を行った。実測流量との相対誤差は、0.088で再現性の良い結果となっている。

表 4-6-30 タンクモデルによる流出解析結果の相対誤差

地 点	実測流量との相対誤差	自記流量との相対誤差
Y-6 流域（E、F湿地下流地点）	0.147	0.149
Y-7 流域（A湿地下流地点）	0.081	0.174
Y-9 流域（C、D湿地下流地点）	0.135	0.170
Y-1 流域（茅野横河川下流地点）	0.088	—

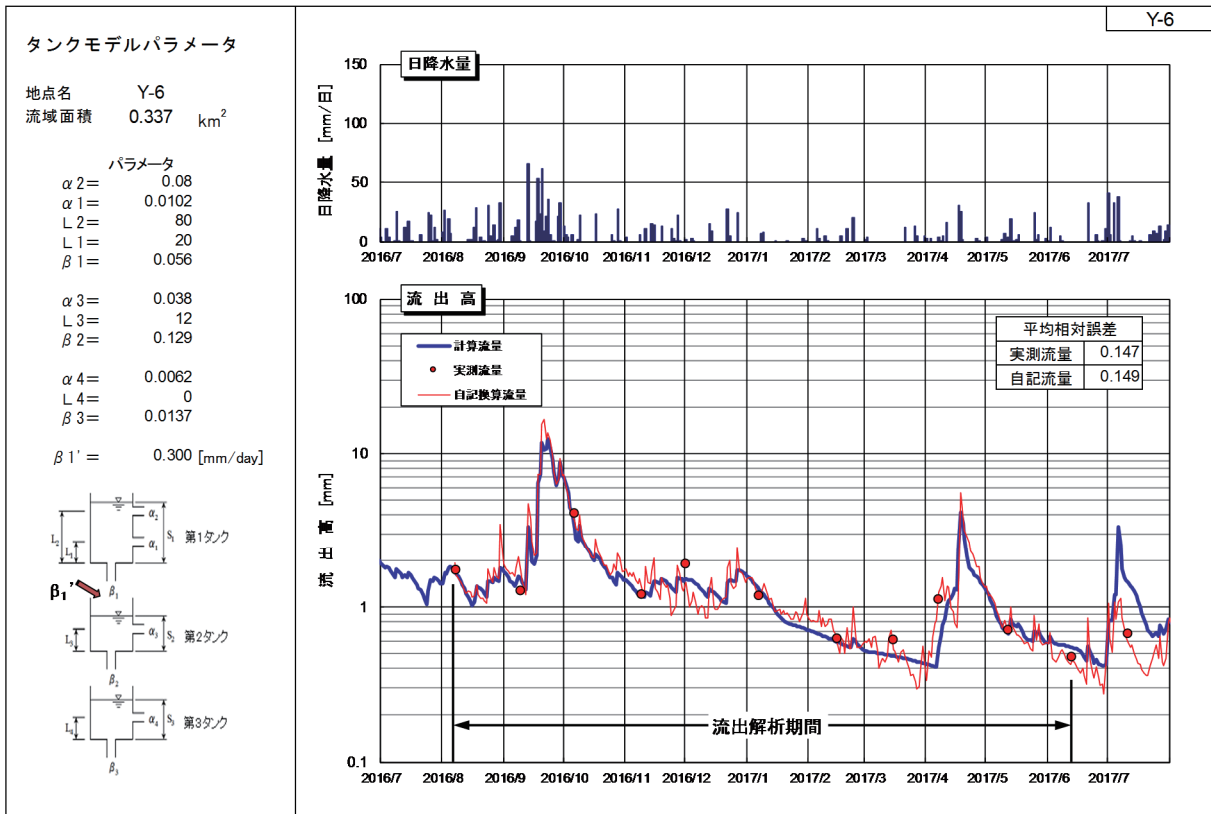


図 4-6-57 タンクモデルによる流出解析結果 (Y-6 流域)

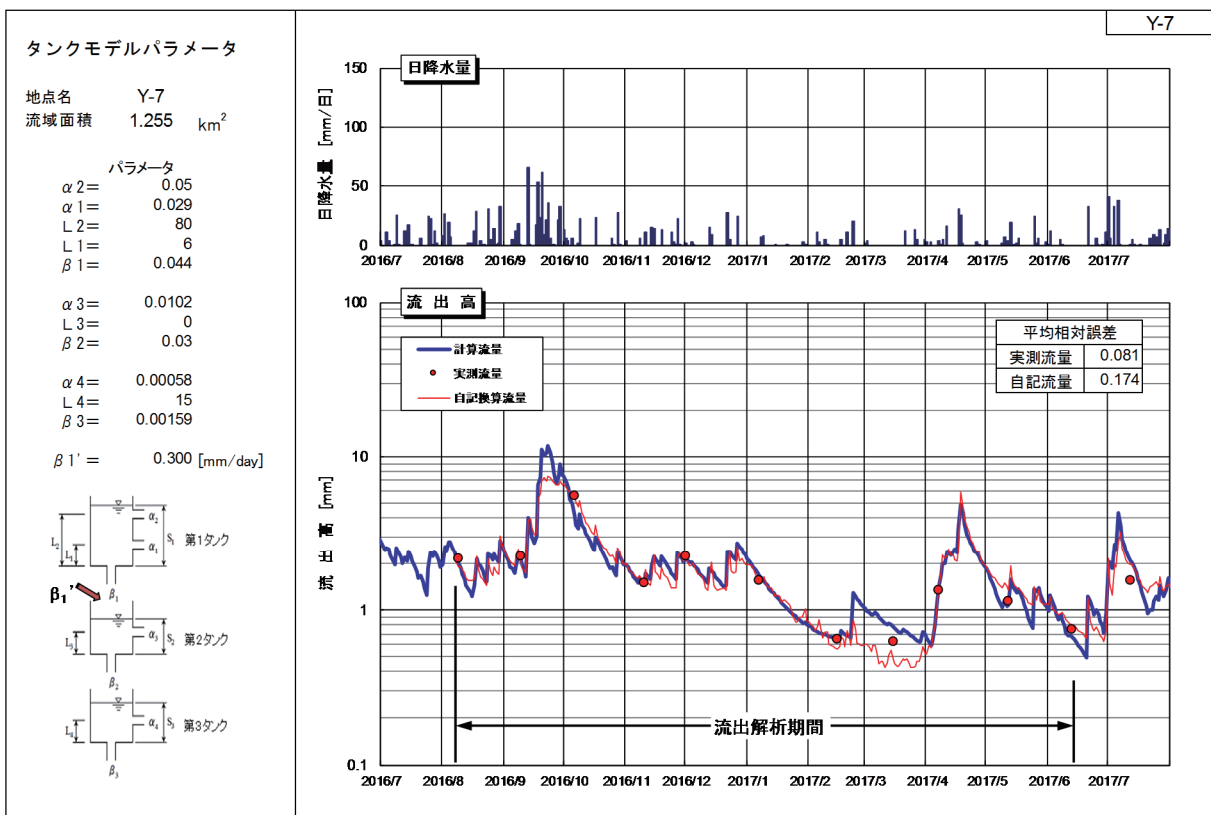


図 4-6-58 タンクモデルによる流出解析結果 (Y-7 流域)

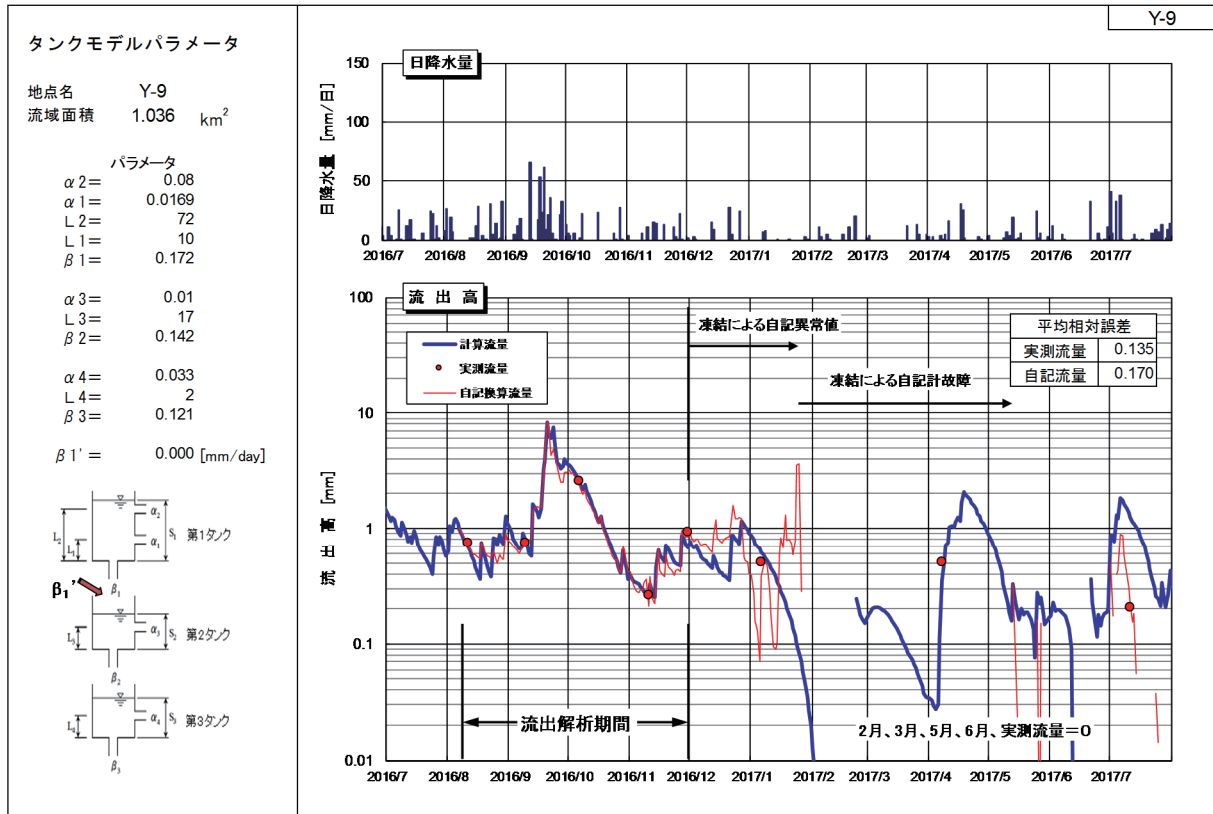


図 4-6-59 タンクモデルによる流出解析結果 (Y-9 流域)

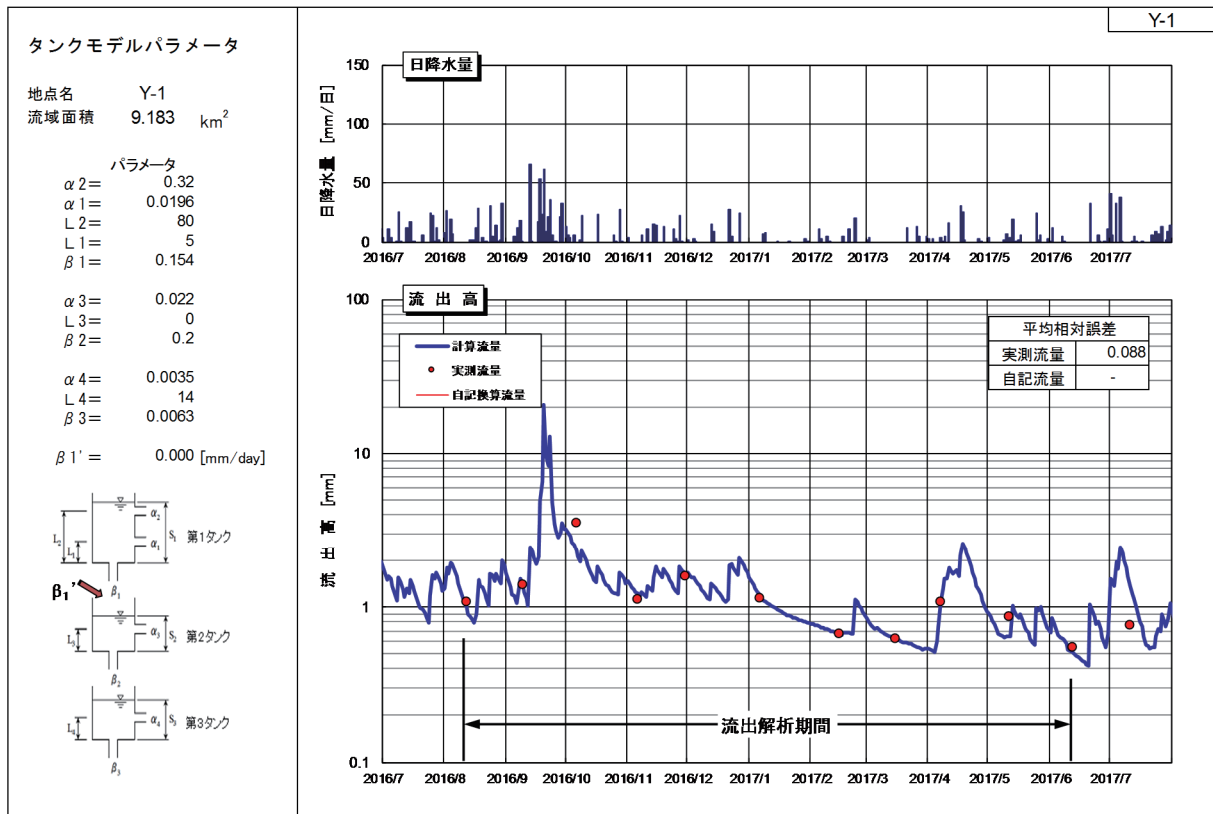


図 4-6-60 タンクモデルによる流出解析結果 (Y-1 流域)

b) 現況での表面流出成分から算定される流出係数

流出係数は、ある降雨に対して直接河川に流出する割合であり、タンクモデルでは表面流出量に当たり、1 段タンクからの流出量に相当する。ただし、タンクモデルでは、水収支上蒸発散量を加味しているため、1 段タンクからの流出量にその期間の蒸発散量を付加した水量が本来の流出係数分の流出量と言える。表 4-6-31 にタンクモデルによる流出解析結果を基に算定した流出係数を示す。

対象事業実施区域内の小流域の流出係数は、茅野横河川本川上流に位置する Y-7 で 0.576、支流の Y-6 で 0.384、Y-9 で 0.232 を示し、Y-9 が極端に小さい値となっている。また、対象事業実施区域の下流 Y-1 でも 0.415 であり、茅野横河川流域全体の流出係数が小さく、地下水涵養量の多い流域となっている。

表 4-6-31 タンクモデルによる表面流出率（流出係数）

地 点	表面流出率（流出係数）
Y-6 流域（E、F 湿地下流地点）	0.384
Y-7 流域（A 湿地下流地点）	0.576
Y-9 流域（C、D 湿地下流地点）	0.232
Y-1 流域（茅野横河川下流地点）	0.415

c) 現況での水収支

タンクモデルによる流出解析結果を基に対象事業実施区域内の Y-6、Y-7、Y-9 流域及び茅野横河川下流の Y-1 流域の水収支を検討し、表 4-6-32 及び図 4-6-61、図 4-6-62 に沢筋への表面流出量、地下水流動量（浅層）、地下浸透量（深層）を算定した結果を示した。

沢に流出している水量（河川流量）は、表面流出量と地下水流動量（浅層）（中間流出含む）の合計水量であり、対象事業実施区域内の小流域 Y-6 や Y-7 で、流域への供給量（降水量 P-蒸発散量 E に他流域からの流入を含めた水量）を 100% とした場合の約 45.1~62.8% が流出する結果となる。そのため、残りの 37.1~54.9% の水量は、更に深層に浸透し他流域に供給していることになる。特に Y-9 流域では、約 74.3% の水量が更に深層に浸透している。

この値（mm/年）を水量に換算すれば、Y-6（0.337km²）で約 198,830m³/年（平均 0.38m³/分）、Y-7（1.255km²）で 500,745m³/年（平均 0.95m³/分）、Y-9（1.036km²）で約 743,848m³/年（平均 1.42m³/分）であり、合計（対象事業実施区域内）すると約 1,443,423m³/年（平均 2.75m³/分）もの地下水が深層（古期火山砕屑岩類）に浸透していることになる。また、Y-1 流域全体では、約 4,977,186m³/年（平均 9.47m³/分）におよぶ多量の地下水が、深層（古期火山砕屑岩類）に浸透していることになる。

現地調査（水質分析結果など）で一連の地下水流動系を示すとされた古期火山砕屑岩類を帯水層とする角間川下流（南沢水源、地藏寺湧水など）の地下水は、全量が茅野横河川流域だけとは限らないが、少なくとも対象事業実施区域を含む茅野横河川流域などの霧ヶ峰南山体から浸透した地下水も含まれた流動系からなっているものと考えられる。

表 4-6-32 タンクモデルによる現況の水収支結果（単位：mm/年）

地点	降水量－蒸発散量	他流域流入	表面流出量	地下水流動量(浅層)	地下浸透量(深層)
Y-6	966	109	175 (16.3%)	310 (28.8%)	590(54.9%) 【198,830m ³ /年】
Y-7		109	388 (36.1%)	287 (26.7%)	399(37.1%) 【500,745m ³ /年】
Y-9		0	72 (7.5%)	175 (18.1%)	718(74.3%) 【743,848m ³ /年】
Y-1		0	127 (13.1%)	296 (30.6%)	542(56.1%) 【4,977,186m ³ /年】

※（ ）は流域への供給量（降水量-蒸発散量に他流域からの流入を含めた水量）を100%とした場合の割合

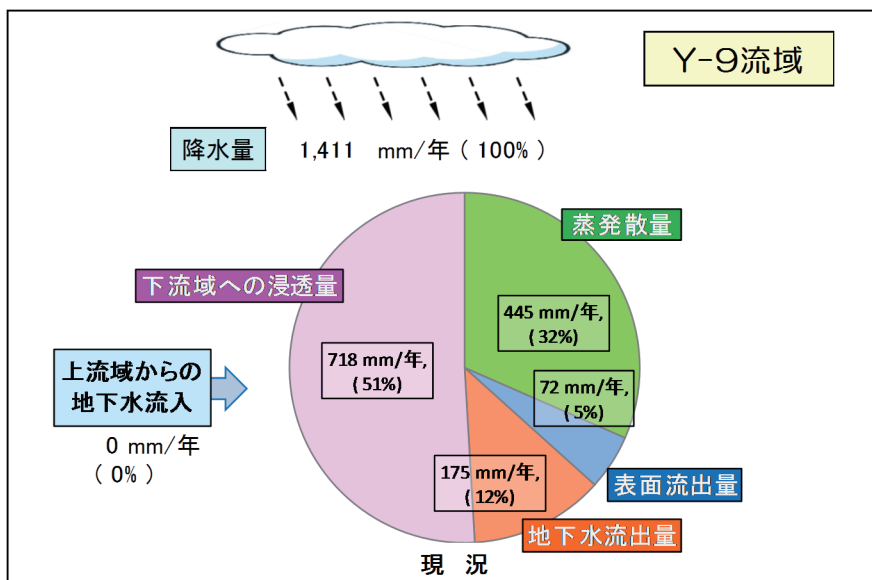
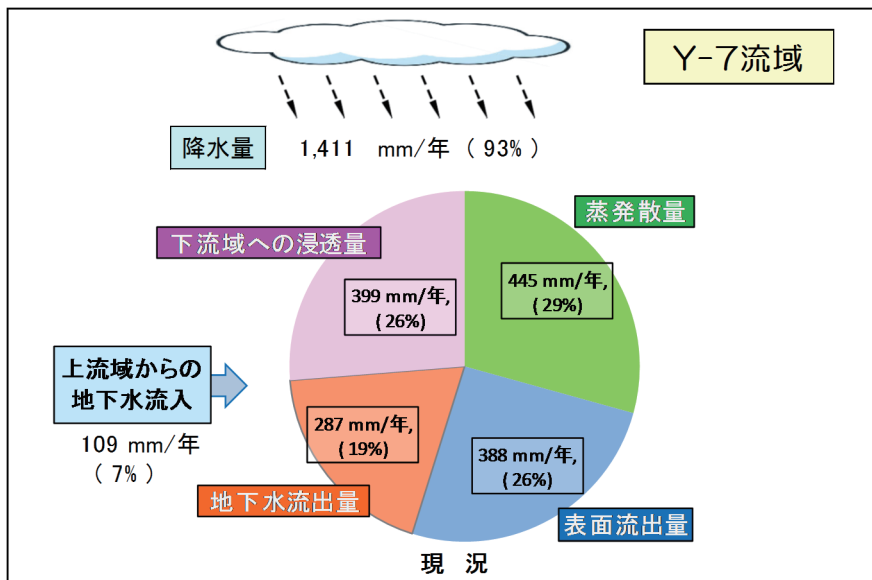
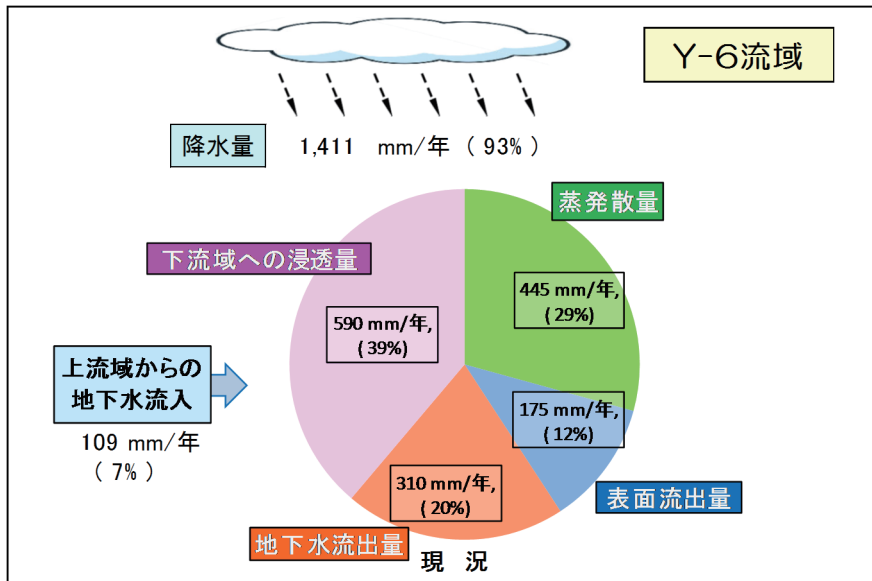
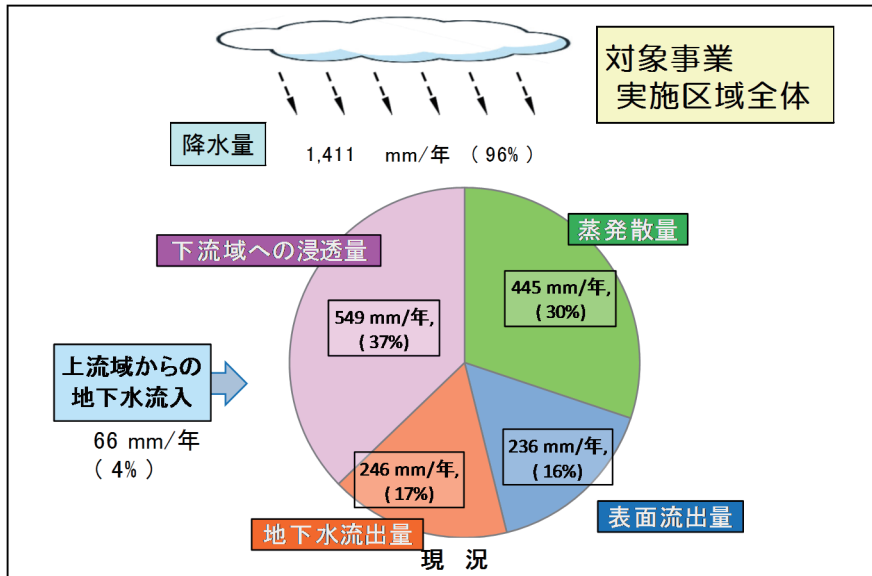


図 4-6-61 タンクモデルによる現況の水収支結果図 (1)



※ 対象事業実施区域全体における上流域からの地下水流入及び各数値は、Y-6, Y-7, Y-9 流域の値を基に、各流域の面積比率から各値を加重平均して算出

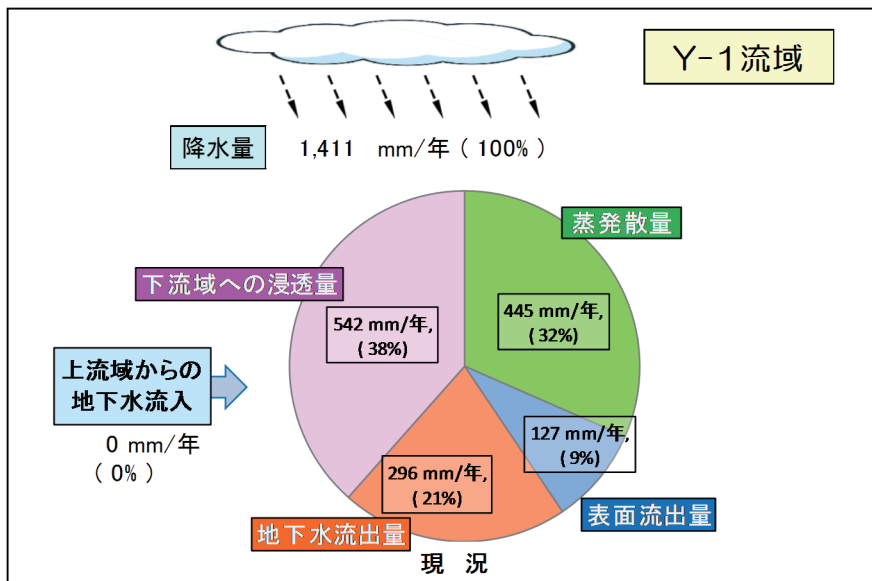


図 4-6-62 タンクモデルによる現況の水収支結果図 (2)

② 供用後の水収支

a) 供用後の流出係数

対象事業実施区域は、図 4-6-63 の土地利用計画図によれば、太陽光パネル敷設エリアが Y-6 流域 (0.337km²) のうち 0.140km²、Y-7 流域 (1.255km²) のうち 0.301km²、Y-9 流域 (1.036km²) のうち 0.440km²、合計流域 (2.628km²) のうち 0.881km² となり、対象事業実施区域外や湿地エリアや残置森林エリアなど現状の土地利用が残る区域が、Y-6 流域は 0.197km²、Y-7 流域は 0.954km²、Y-9 流域は 0.596km²、合計流域は 1.747km² となる。

土地利用計画では、合計流域の事業地内改変面積が、流域面積に対して約 33.5%、残置森林域が約 66.5%の比率となっている。

また、茅野横河川下流の Y-1 流域全体では、流域面積 (9.183km²) のうち 0.991km² (約 10.8%) が事業に伴う改変域となり、残置森林域が 8.192km² (約 89.2%) となる。

供用後の流出係数は、太陽光パネル敷設エリアの流出係数を 0.90 (最大値) と仮定し、沢沿いや湿地範囲、残置森林域の流出係数を現況と同じ (Y-6:0.384、Y-7:0.576、Y-9:0.232) とし、それぞれの流域における面積比と流出係数の加重平均した値を供用後の流出係数とした (下式参照)。

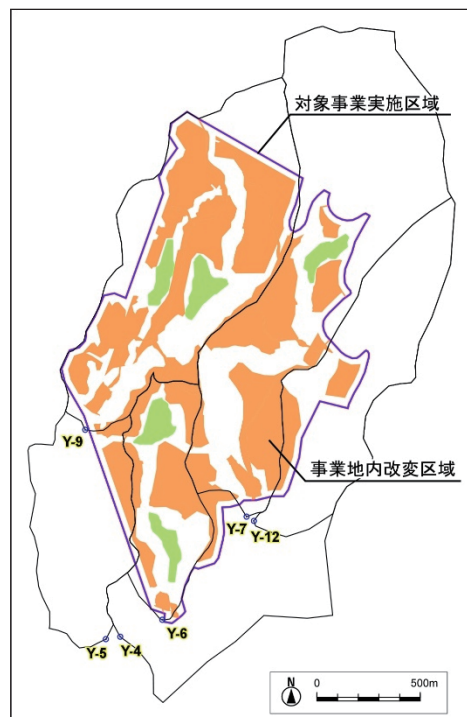


図 4-6-63 供用後の土地利用計画図

$$(\text{工事中の流出係数}) = (A_p/A \times 0.90) + (A_f/A \times \text{現況流出係数})$$

A_p = 事業地内改変面積

A = 流域面積

A_f = 残置森林面積

供用後の流出係数は、Y-6 流域で 0.384→0.598 (約 1.56 倍)、Y-7 流域で 0.576→0.654 (約 1.14 倍)、Y-9 流域で 0.232→0.516 (約 2.22 倍)、対象事業実施区域内合計で 0.416→0.592 (約 1.42 倍) となる。また、茅野横河川下流の Y-1 流域全体では、0.317→0.380 (約 1.20 倍) となる。(表 4-6-33 参照)

表 4-6-33 供用後の流出係数の算定

流域	流域面積 A [km ²]	事業地内改変面積 A _p [km ²] (%)	流出係数	残置森林面積 A _f [km ²] (%)	現況の 流出係数	供用後の 流出係数
Y-6	0.337	0.140 (41.5%)	0.90	0.197 (58.5%)	0.384	0.598
Y-7	1.255	0.301 (24.0%)	0.90	0.954 (76.0%)	0.576	0.654
Y-9	1.036	0.440 (42.5%)	0.90	0.596 (57.5%)	0.232	0.516
合計	2.628	0.881 (33.5%)	0.90	1.747 (66.5%)	0.416	0.592
Y-1	9.183	0.991 (10.8%)	0.90	8.192 (89.2%)	0.317	0.380

注：事業地内改変面積は、太陽光パネルエリア、調整池エリア、管理用道路エリアとする

b) 供用後の蒸発散量

供用後の蒸発散量は、樹木伐採により樹木による蒸散量や樹冠遮断による損失がなくなり、現状に比べ少なくなることが予想される。そのため、現状と同じ蒸発散量の値に表 4-6-34 に示す樹木伐採に伴う蒸散量の減少度合い（樹木伐採による蒸発散量の減少率 54.3%の減少）を流域内の樹木伐採範囲と残置森林範囲を加重平均し、各流域における供用後の蒸発散量として表 4-6-35 に示すとおりに設定した。

供用後の現況に対する蒸発散量減少率は、Y-6 流域で 19.0%、Y-7 流域で 11.0%、Y-9 流域で 19.4%、事業地内合計で 15.3%となる。ただし、樹木伐採に伴う蒸発散量の変化は不確定要素が多く厳密な値が求めにくい問題点があり、現況水収支で設定した現地での気温観測結果からゾーンスウェイト法により算定した蒸発散量（現況と同じ蒸発散量）での水収支結果と比較検討した。

表 4-6-34 樹木伐採に伴う蒸散量の減少度合い

	樹種	面積 (ha)	蒸散率 (%)	樹冠遮断率 (%)	蒸散+樹冠遮断率 (%)
現況	カラマツ	84.4	23.6	20.4	-
	アカマツ	76.1	28.4	19.4	-
	樹林地全体	160.5	25.9	19.9	45.8 (①)
改変後 (伐採後)	カラマツ	41.7	23.6	20.4	-
	アカマツ	45.1	28.4	19.4	-
	残樹林地全体	86.8	26.1	19.9	-
	森林伐採区域含む樹林地全体	160.5	14.1	10.8	24.9 (②)
対象事業実施区域内樹林地 改変後変化率 (現況 100 に対する割合)					54.3 (②/①)

※蒸散率と樹冠遮断率は降水量に対する割合 (%)

表 4-6-35 樹木伐採に伴う各流域内における改変後の蒸発散変化率

流域	流域面積 [km ²]	事業地内改変面積 [km ²]	非改変面積 [km ²]	蒸発散量変化率 (現況を100とした場合) [%]	蒸発散量減少率 [%]
Y-6	0.337	0.140	0.197	81.0	19.0
Y-7	1.255	0.301	0.954	89.0	11.0
Y-9	1.036	0.440	0.596	80.6	19.4
合計 ^(※)	2.628	0.881	1.747	84.7	15.3

※) 3流域合計値は流域面積加重平均により算出

c) 供用後の水収支予測

供用後の水収支予測は、流出係数の増加分の地下水涵養量が減少するようにして再計算を実施した。具体的には、1段タンクの浸透穴 (β_1) に (現況の流出係数/供用後の流出係数) を乗じて地下水涵養量を調整する方法を用いた。また、供用後の水収支予測では、現況の蒸発散量と同じ値を用いたケース①と樹木伐採に伴う蒸発散量変更を仮定した値を用いたケース②について比較検討した。

予測結果は、表 4-6-36、表 4-6-37 及び図 4-6-64 に示した。

対象事業実施区域内小流域 (Y-6、Y-7、Y-9) の表面流出量は、現況と同じ蒸発散量の場合 (ケース①)、現況と比べて 1.09~2.24 倍 (3 流域合計で 1.32 倍) に増加する。その分地下水涵養量が減少し、地下水流動量 (浅層) が現況と比べて 0.81~0.95 倍 (3 流域合計で 0.89 倍) に減少し、更に地下浸透量 (深層) が現況と比べて 0.89~0.95 倍 (3 流域合計で 0.91 倍) の減少となる。これは、河川の豊水期流量 (表面流出量+地下水流動量 (浅層)) が現況と比べて 1.03~1.22 倍 (3 流域合計で 1.10 倍) の増加、渇水期流量 (地下水流動量 (浅層)) が現況と比べて 0.81~0.95 倍 (3 流域合計で 0.89 倍) の減少、流域外への地下水涵養量 (地下浸透量 (深層)) が現況と比べて 0.89~0.96 倍 (3 流域合計で 0.91 倍) の減少となる。また、茅野横河川下流部 (Y-1) では、表面流出量が現況と比べて 1.19 倍の増加、地下水流動量 (浅層) が現況と比べて 0.96 倍の減少、地下浸透量 (深層) が現況と比べて 0.97 倍の減少となる。これは、河川の豊水期流量で現況と比べて 1.04 倍の増加、渇水期流量で現況と比べて 0.96 倍の減少、流域外への地下水涵養量で現況と比べて 0.97 倍の減少となる。

一方、樹木伐採に伴う蒸発散量を変更した場合 (ケース②) の対象事業実施区域内小流域 (Y-6、Y-7、Y-9) の表面流出量は、表面流出量が現況と比べて 1.14~2.58 倍 (3 流域合計で 1.41 倍) に増加し、地下水流動量 (浅層) が現況と比べて 0.92~0.99 倍 (3 流域合計で 0.96 倍)、地下浸透量 (深層) が現況と比べて 0.92~0.99 倍と減少となる。これは、河川の豊水期流量の増加量は現況と比べて 1.08~1.41 倍 (3 流域合計で 1.18 倍) とケース①に比べて大きくなり、渇水期流量 (地下水流動量 (浅層)) の減少量は現況と比べて 0.92~0.99 倍 (3 流域合計で 0.96 倍)、流域外への地下水涵養量 (地下浸透量 (深層)) の減少量は現況と比べて 0.95~0.99 倍 (3 流域合計で 0.97 倍) とそれぞれケース①よりも小さくなる。また、茅野横河川下流部 (Y-1) では、表面流出量が現況と比べて 1.23 倍の増加、地下水流動量 (浅層) が現況と比べて 0.99 倍と微量の減少、地下浸透量 (深層) が現況と比べて 0.99 倍の微量の減少となる。これは、河川の豊水期流量の増加量は現況と比べて 1.06 倍とケース①よりも若干大きくなるが、渇水期流量及び流域外への地下水涵養量の減少量は共に現況と比べて 0.99 倍と微量の減少に留まり、ケース①よりも小さくなる。

樹木伐採に伴う蒸発散量の変化は不確定要素が多く厳密な値が求めにくい問題点があり、次項の d) 供用後の影響予測では、水収支における地下水涵養量の減少量が比較的大きく相対的な影響が大きくなる予測結果となる、現況と同じ蒸発散量の場合 (ケース①) を用いて検討した。なお表面流出量の増加については、樹木伐採に伴う蒸発散量を変更した場合 (ケース②) の方が大きくなるなど、上記の設定よりも影響が大きくなる可能性が想定されるため、影響予測については水収支予測結果を参考に定性的に予測した。

検討結果は、現況 (供用前) と施工後 (供用後) を比較して図 4-6-65~図 4-6-69 に示した。

表 4-6-36 現況と供用後の水収支結果の比較表

単位：mm/年

流域	表面流出量		地下水流動量（浅層）		地下浸透量（深層）	
	現況	供用後	現況	供用後	現況	供用後
Y-6 流域	175	280 (1.60) 314 (1.79)	310	259 (0.84) 284 (0.92)	590	536 (0.91) 562 (0.95)
Y-7 流域	388	422 (1.09) 444 (1.14)	287	272 (0.95) 285 (0.99)	399	380 (0.95) 395 (0.99)
Y-9 流域	72	161 (2.24) 186 (2.58)	175	142 (0.81) 164 (0.94)	718	637 (0.89) 386 (0.95)
Y-6、Y-7、 Y-9 流域合計	236	311 (1.32) 333 (1.41)	246	219 (0.89) 237 (0.96)	549	502 (0.91) 530 (0.97)
Y-1 流域	127	154 (1.21) 157 (1.23)	296	285 (0.96) 292 (0.99)	542	526 (0.97) 538 (0.99)

※供用後の（ ）内数値は現況に対する倍率

施工後の上段は現況蒸発散量（ケース①）での予測値、下段は蒸発散量変更（ケース②）による予測値

表 4-6-37 現況と供用後の河川流量及び地下水涵養量の比較表

単位：mm/年

流域	河川流量				流域外への 地下水涵養量 ^{注3)}	
	豊水期流量 ^{注1)}		渇水期流量 ^{注2)}		現況	供用後
	現況	供用後	現況	供用後		
Y-6 流域	485	539 (1.11) 598 (1.23)	310	259 (0.84) 284 (0.92)	590	536 (0.91) 562 (0.95)
Y-7 流域	676	694 (1.03) 729 (1.08)	287	272 (0.95) 285 (0.99)	399	380 (0.95) 395 (0.99)
Y-9 流域	248	303 (1.22) 350 (1.41)	175	142 (0.81) 164 (0.94)	718	637 (0.89) 683 (0.95)
Y-6、Y-7、 Y-9 流域合計	482	530 (1.10) 570 (1.18)	246	219 (0.89) 237 (0.96)	549	502 (0.91) 530 (0.97)
Y-1 流域	424	439 (1.04) 449 (1.06)	296	285 (0.96) 292 (0.99)	542	526 (0.97) 538 (0.99)

※供用後の（ ）内数値は現況に対する倍率

施工後の上段は現況蒸発散量（ケース①）での予測値、下段は蒸発散量変更（ケース②）による予測値

注 1) 豊水期流量＝表面流出量＋地下水流動量（浅層）

2) 渇水期流量＝地下水流動量（浅層）

3) 流域外への地下水涵養量＝地下浸透量（深層）

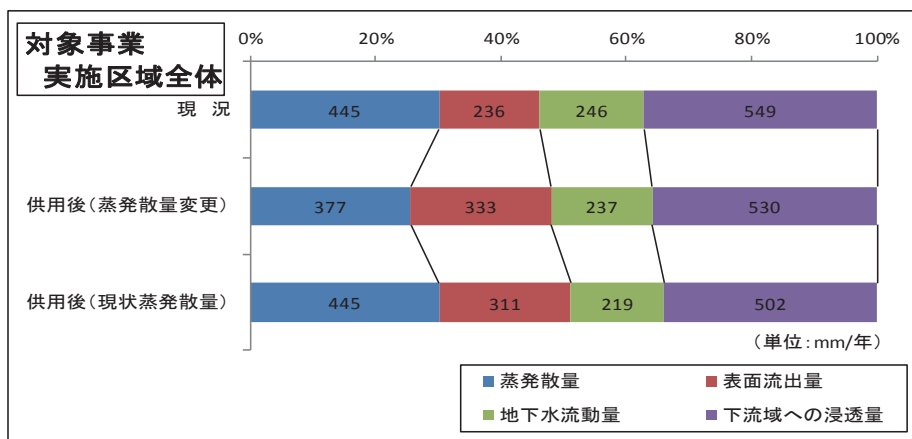
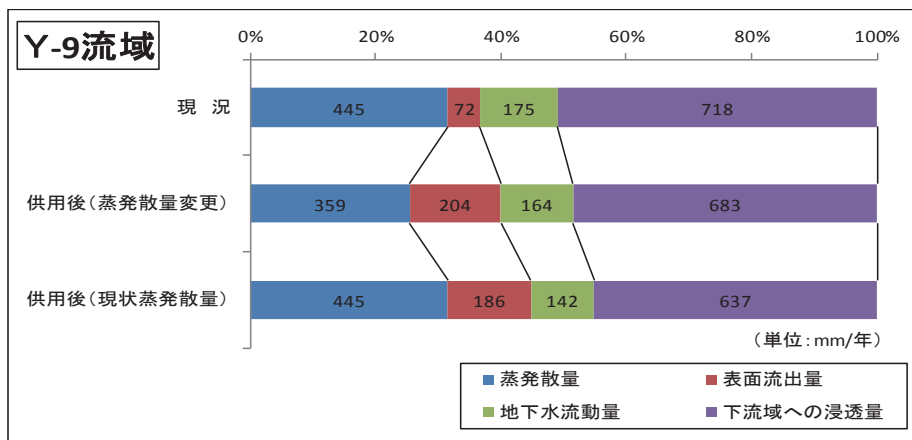
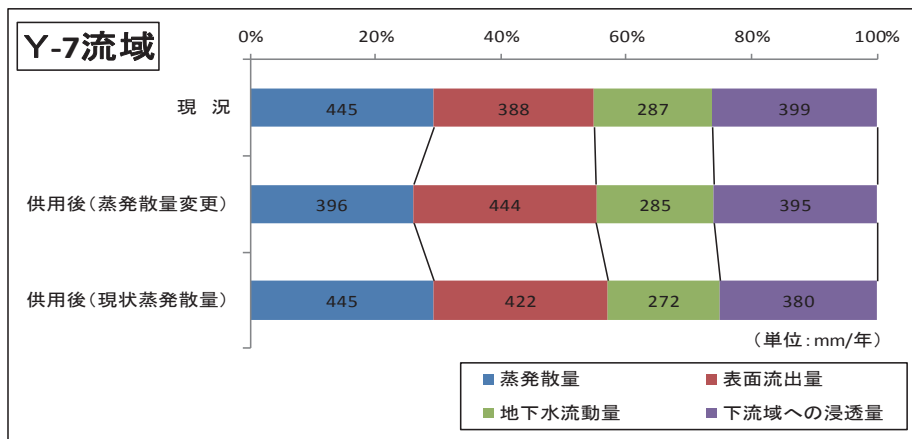
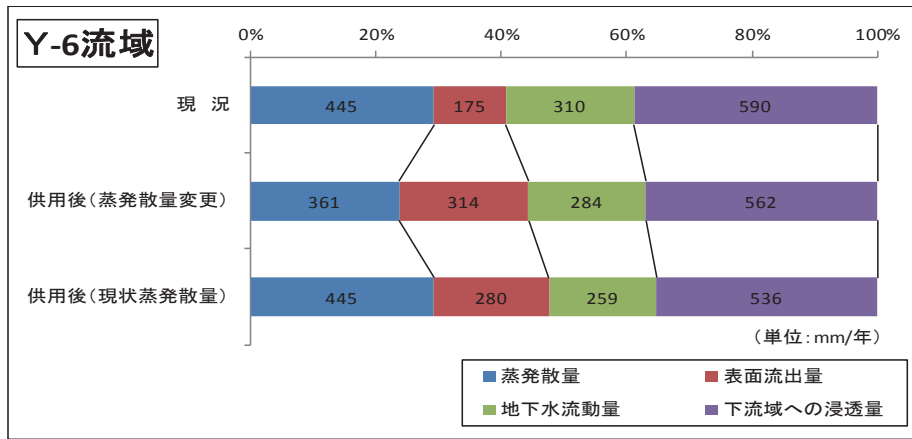


図 4-6-64 蒸発散量変更と現状蒸発散量での水収支予測結果の比較

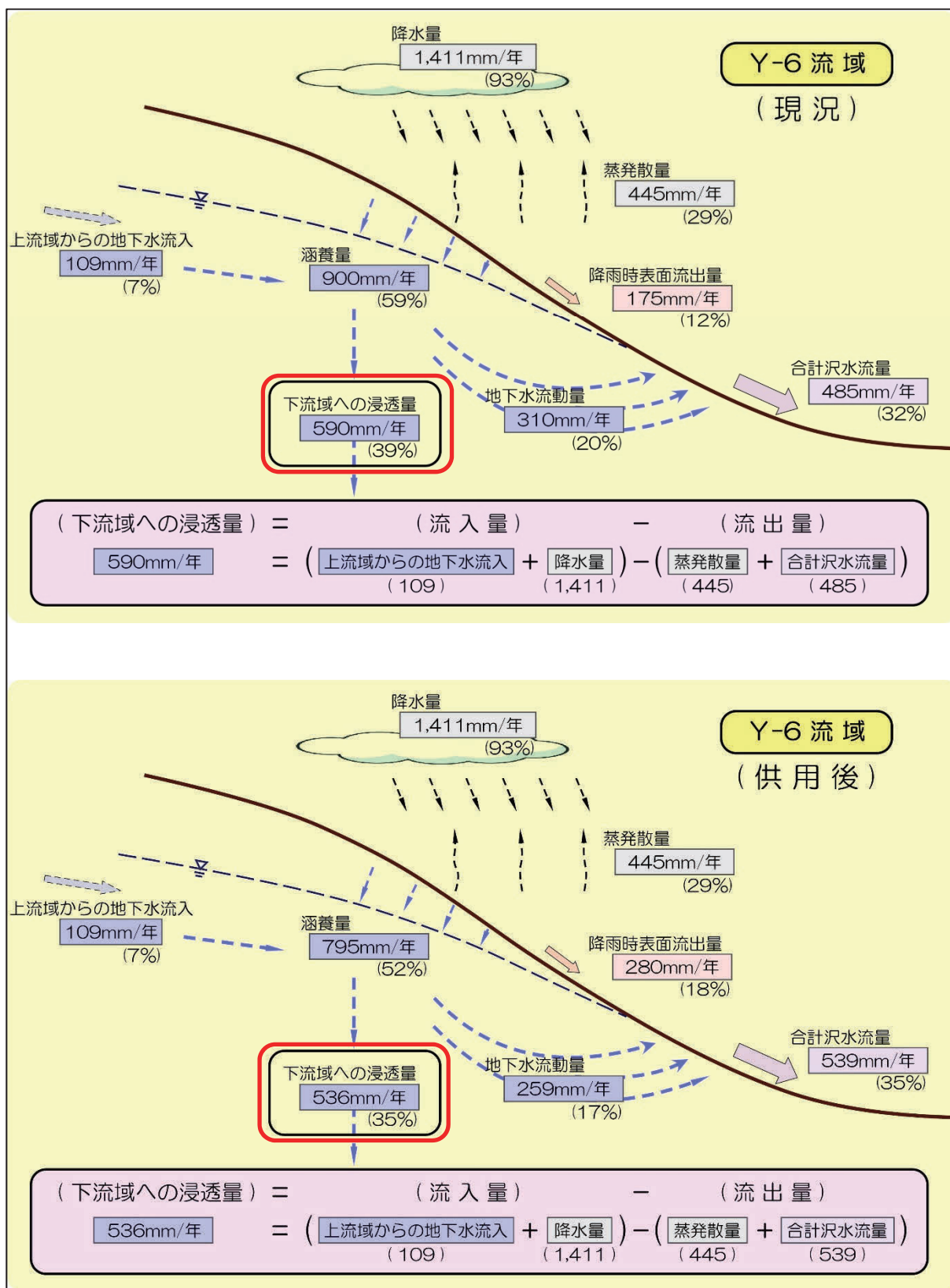


図 4-6-65 供用前(現況)と供用後の水収支結果図 (Y-6 流域)

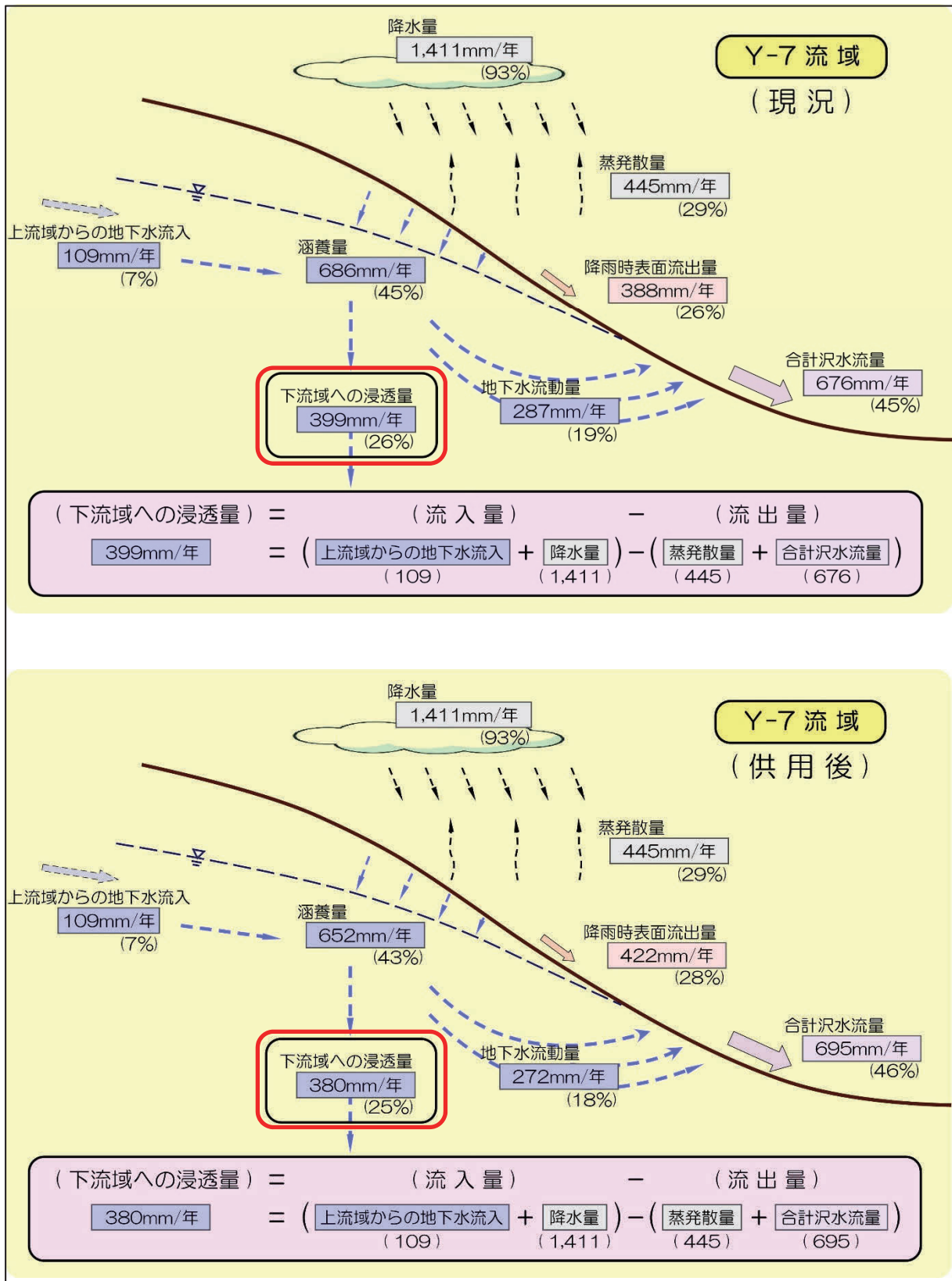


図 4-6-66 供用前(現況)と供用後の水収支結果図 (Y-7 流域)

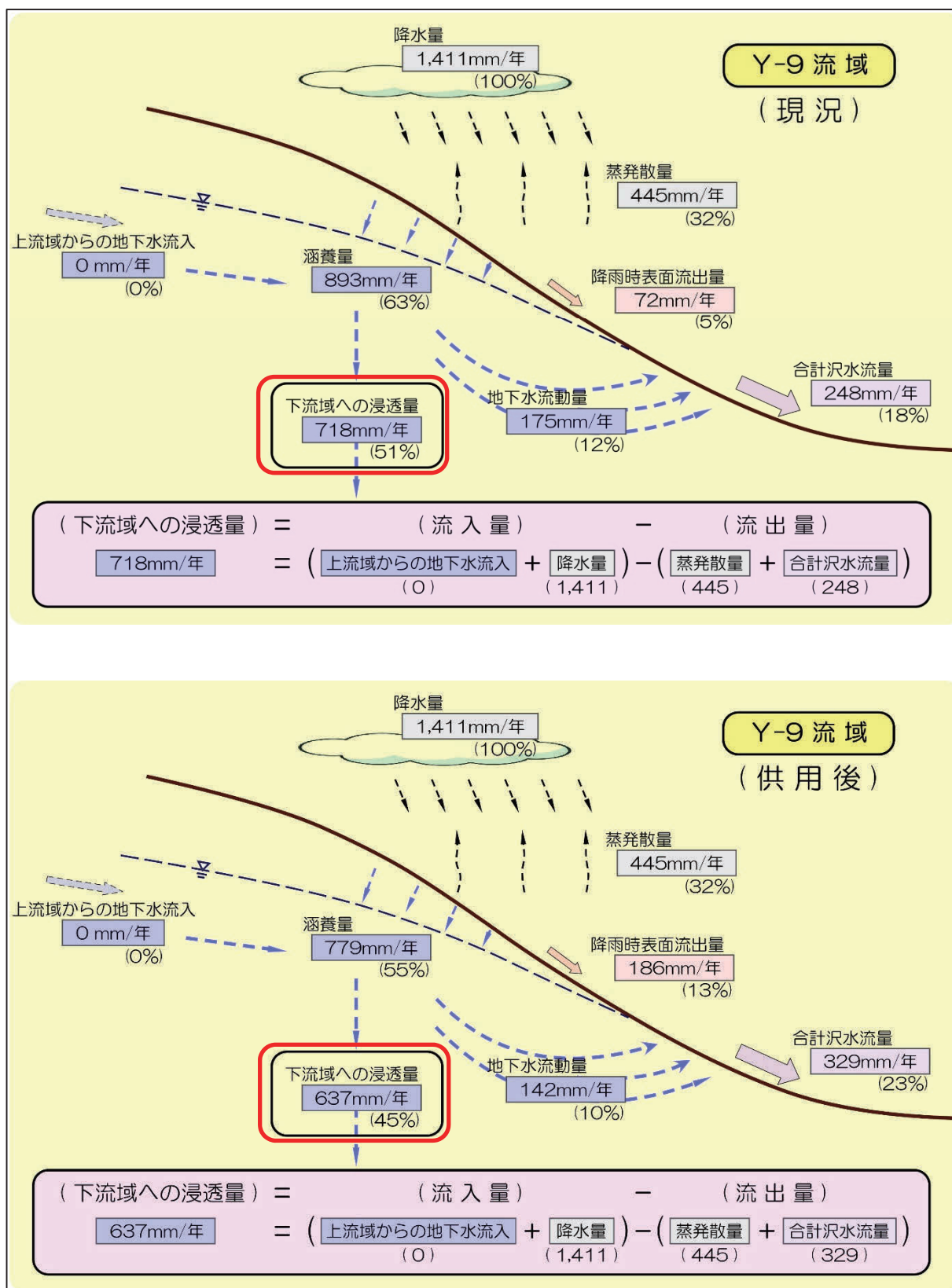


図 4-6-67 供用前(現況)と供用後の水収支結果図 (Y-9 流域)

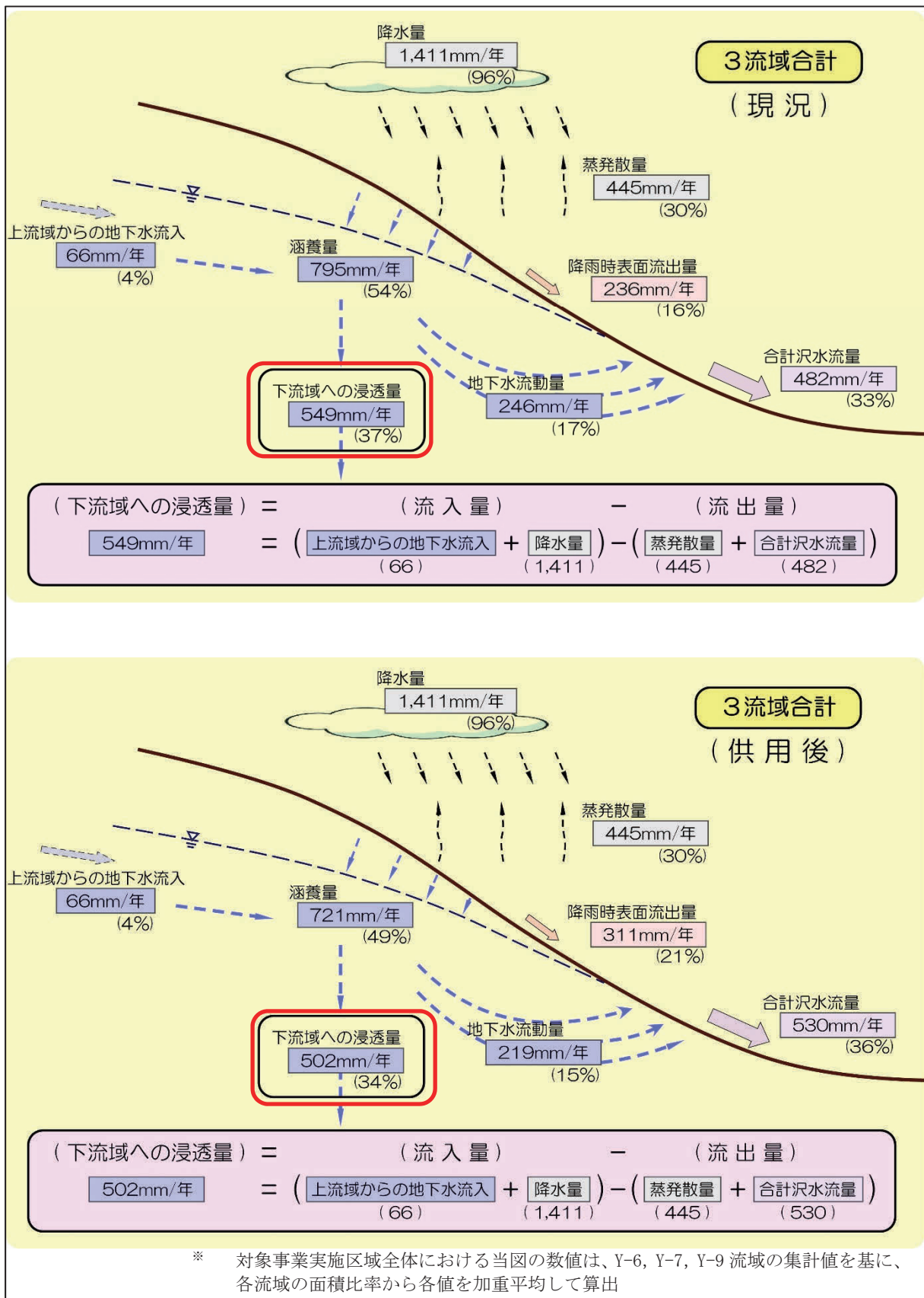


図 4-6-68 供用前(現況)と供用後の水収支結果図 (Y-6, 7, 9 流域合計)

(2) 供用後の影響予測

供用後の影響予測では、前項で示したように供用後の蒸発散量を現況と同じとし、より安全側（地下水量の減少による影響が大きくなる）の水収支予測結果を基に評価した。以下に各地域地点における予測結果を表 4-6-38 及び図 4-6-70 に示す。

① 供用後の河川流量への影響予測

表流量 (Q) は、降雨時の表面流出量 (Qs) と基底時の地下水流動量 (浅層) (Qg) の合計水量である。対象事業実施区域内から流出する表流水は、Y-7、Y-6、Y-9 の 3 流域からである。

表面流出量 (Qs) は、現況 1.18m³/分に対し、供用後 1.56m³/分 (約 1.32 倍) に増加する。地下水流出量 (Qg) は、現況 1.23m³/分に対して供用後 1.10m³/分 (約 0.89 倍) に減少する。

したがって、平均表流量 (Q=Qs+Qg) は、現況 2.41m³/分に対し、供用後 2.66m³/分 (約 1.10 倍) の増加と予測される。

また、各流域での平均表流量は、Y-6 流域で現況 0.31m³/分が供用後 0.35m³/分、Y-7 流域で現況 1.62m³/分が供用後 1.66m³/分、Y-9 流域で現況 0.48m³/分が供用後 0.65m³/分となり、いずれも増加する結果である (表 4-6-38 参照)。

表 4-6-38 現況と供用後の表流水の平均流量比較表

単位: m³/分

流域	平均表面流出量(Qs)		平均地下水流出量(Qg)		平均表流量(Q=Qs+Qg)	
	現況	供用後	現況	供用後	現況	供用後
Y-6	0.11	0.18 (1.64)	0.20	0.17 (0.85)	0.31	0.35 (1.13)
Y-7	0.93	1.01 (1.09)	0.69	0.65 (0.94)	1.62	1.66 (1.02)
Y-9	0.14	0.37 (2.64)	0.34	0.28 (0.82)	0.48	0.65 (1.35)
合計	1.18	1.56 (1.32)	1.23	1.10 (0.89)	2.41	2.66 (1.10)
Y-1	2.22	2.69 (1.21)	5.17	4.98 (0.96)	7.39	7.67 (1.04)

()内の数値は現況に対する割合

図 4-6-71～図 4-6-74 は水収支予測結果を基に対象事業実施区域内から流出する Y-6、Y-7、Y-9 の 3 流域の流出地点 Y-6、Y-7、Y-9 地点と、茅野横河川下流の Y-1 地点における現況と供用後のハイドログラフ、及び流況図である。

対象事業実施区域内から流出する流域の流出地点 Y-6、Y-7、Y-9 地点のハイドログラフでは、降雨時の流量は、各地点とも供用後の方が増加傾向となり、降雨後しばらくすると減少傾向である。

一方、年間の日流量を多い順に並べた流況図では、Y-6 地点では、豊水流量より多い時期で現況と比べ供用後が多くなっているが、豊水流量から渇水流量における変化が少ない傾向である。

Y-7 地点の流況図では、供用後、若干豊水流量が増加傾向であるが、現況に比べ全体的に変化が少ない状況である。

Y-9 地点の流況図では、現況と比べ供用後が全体的に流量増加傾向を示している。

茅野横河川下流地点 Y-1 地点の流況図では、豊水流量 (現況 9.84m³/分→供用後 9.94m³/分)、平水流量 (現況 6.93m³/分→供用後 6.98m³/分) が現況に比べ供用後が微量であるが増加傾向で、低水流量 (現況 4.61m³/分→供用後 4.62m³/分)、渇水流量 (現況 3.29m³/分→供用後 3.23m³/分) は供用後が微量の減少傾向 (減少率にして 1～2%程度) である。

茅野横河川下流 (Y-1) の流量は、全体的に増加傾向を示し、雨の少ない渇水期でも極めて微量な減少であり、下流域の農業用水を含めた水利用への影響はないと予測される。

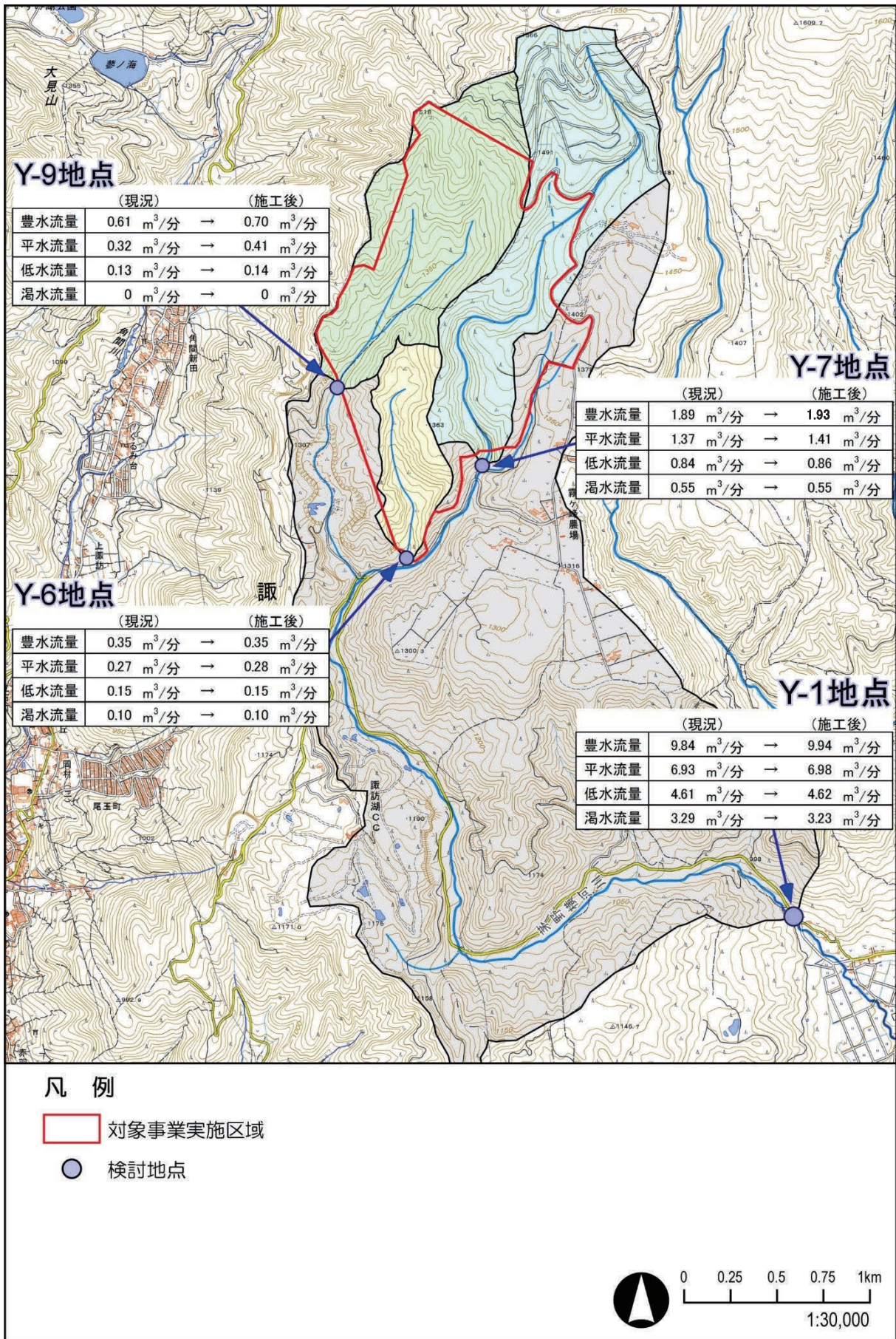
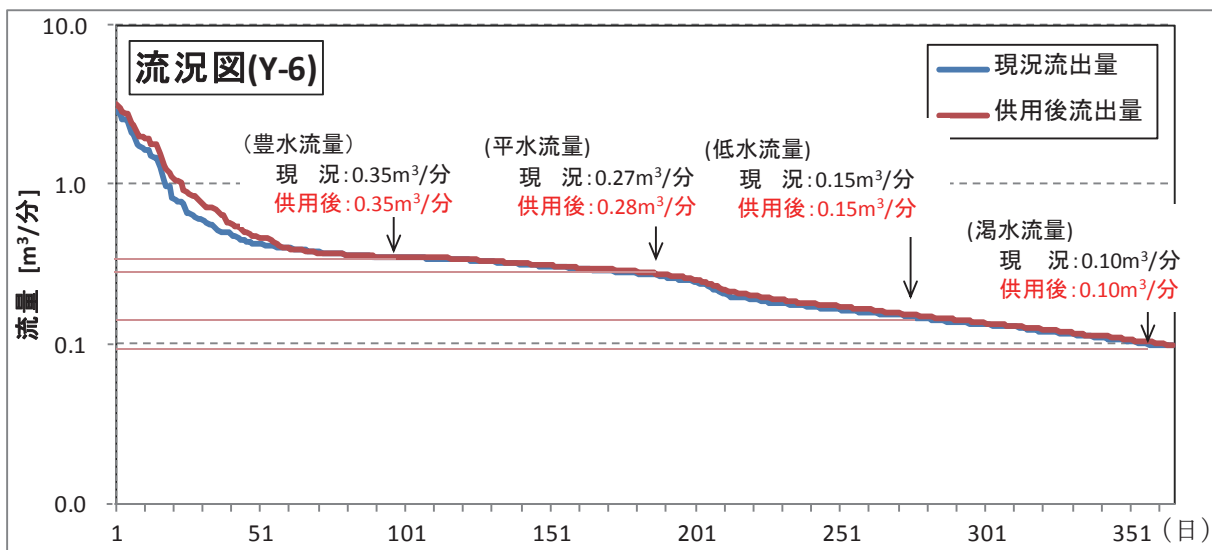
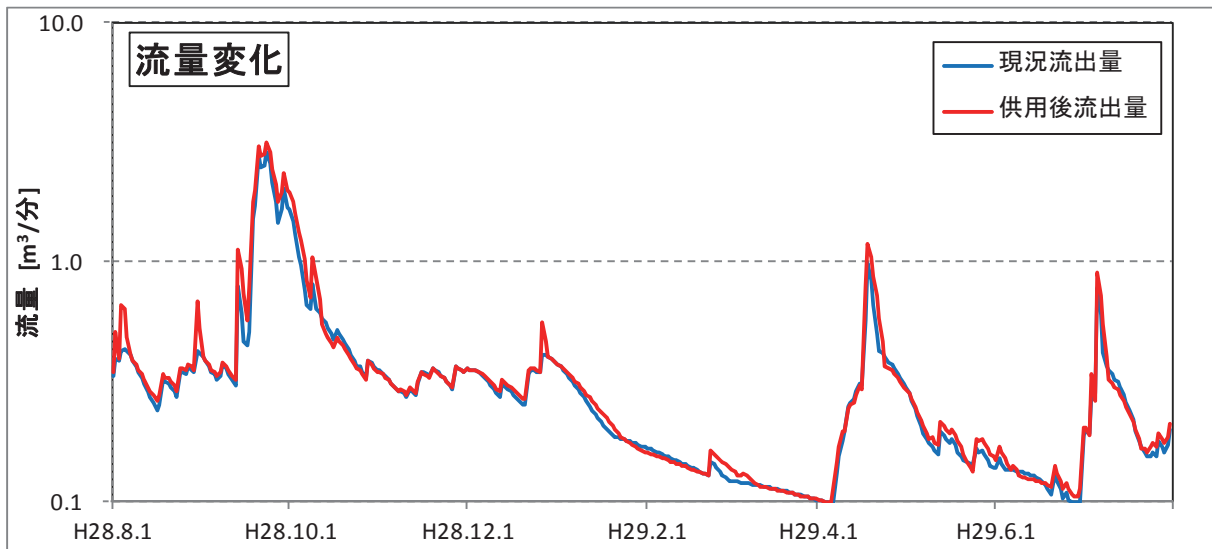
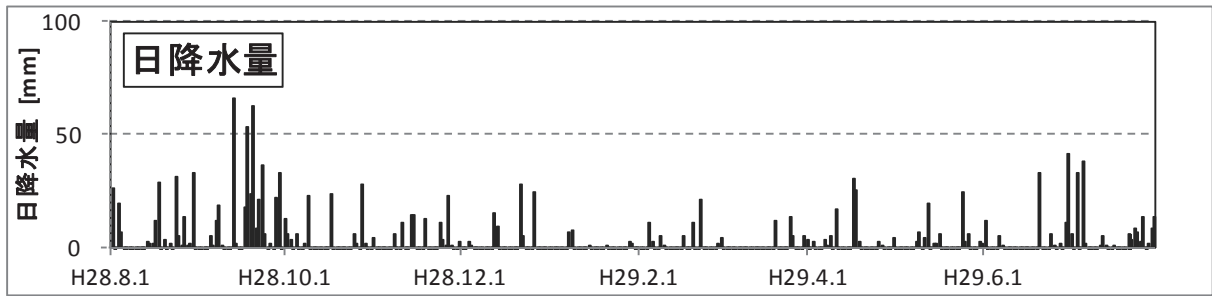
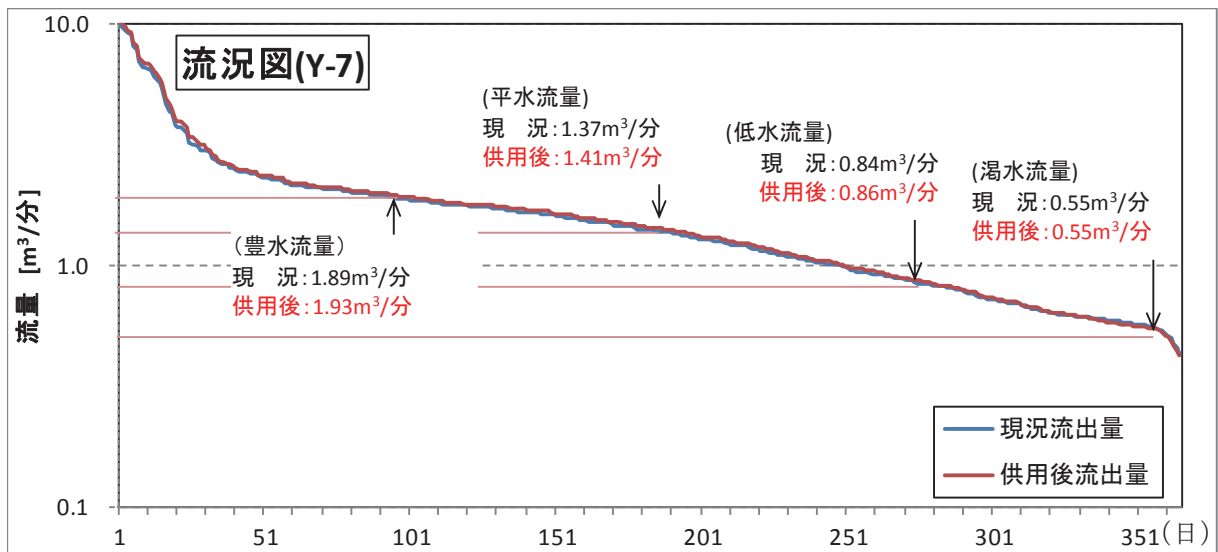
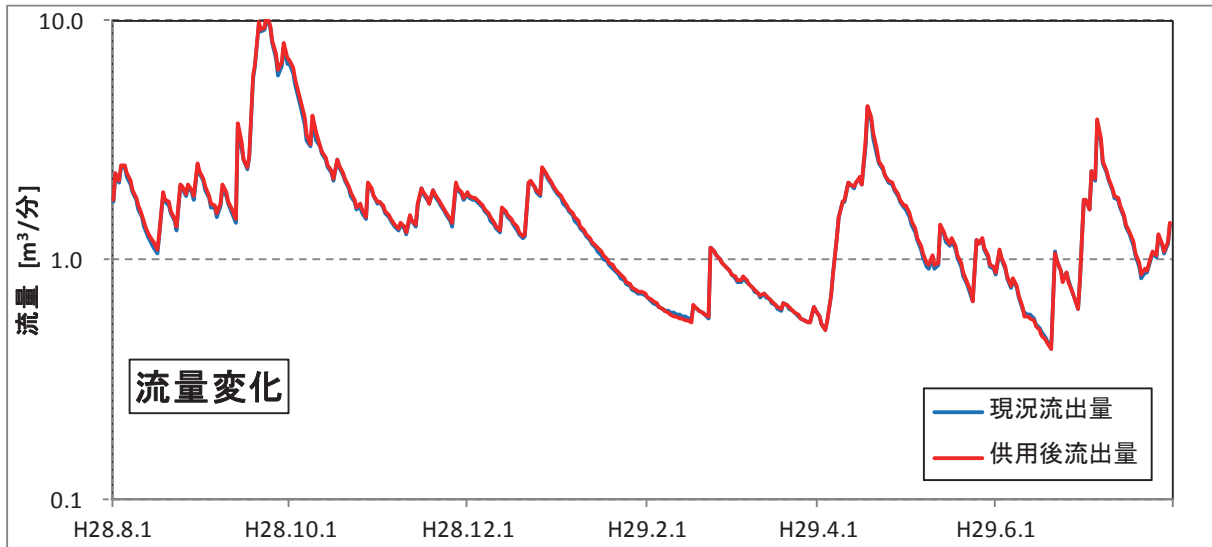
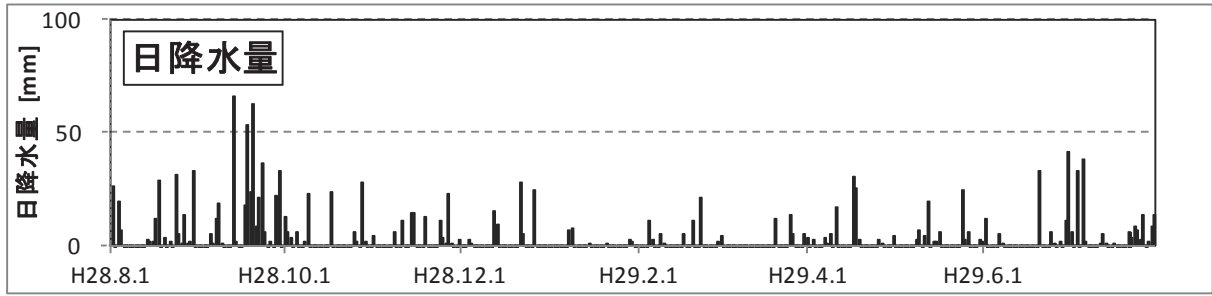


図 4-6-70 現況と供用後の流量変化



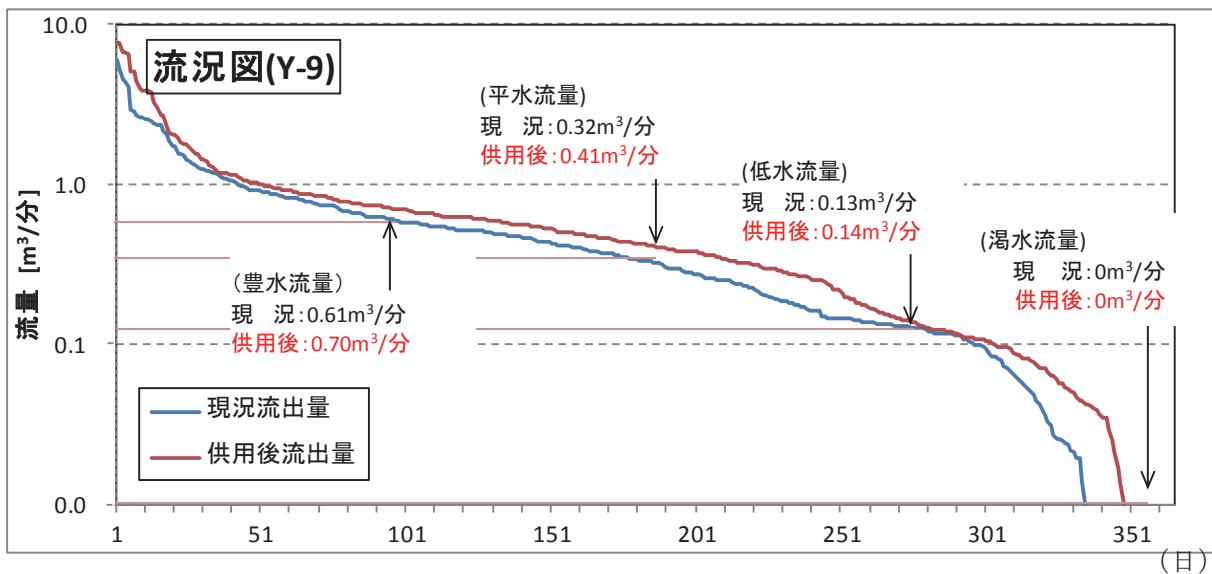
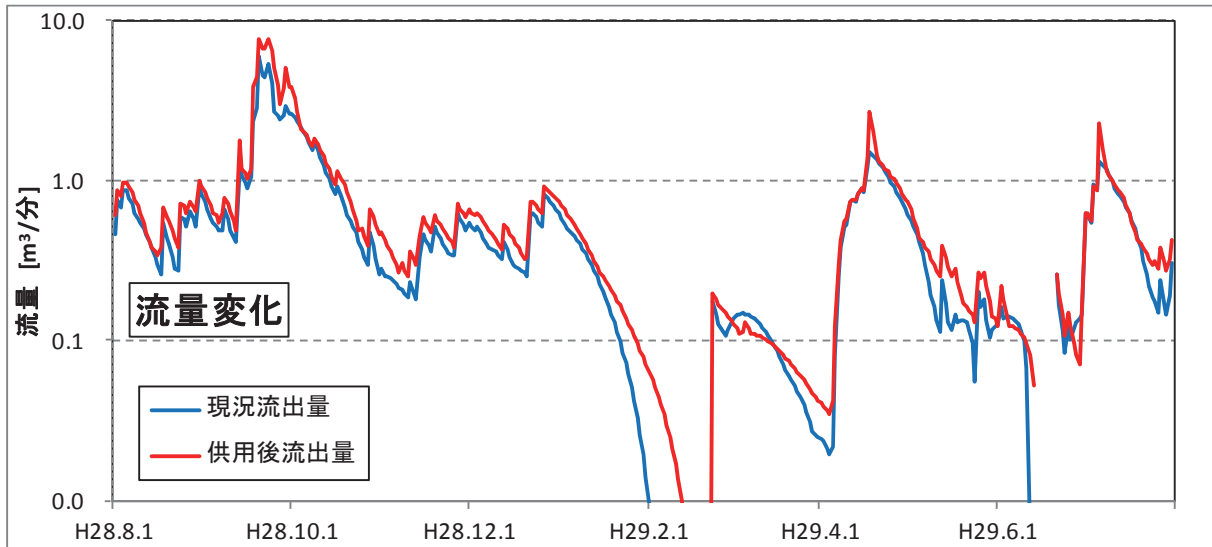
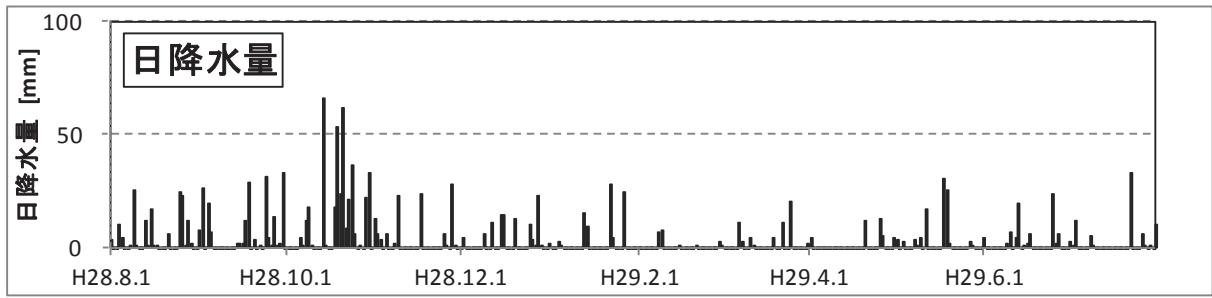
		(現況)		(供用後)
豊水流量	1年を通じて95日はこれを下回らない流量	0.35 m³/分	→	0.35 m³/分
平水流量	1年を通じて185日はこれを下回らない流量	0.27 m³/分	→	0.28 m³/分
低水流量	1年を通じて275日はこれを下回らない流量	0.15 m³/分	→	0.15 m³/分
渇水流量	1年を通じて355日はこれを下回らない流量	0.10 m³/分	→	0.10 m³/分

図 4-6-71 現況と供用後のハイドログラフ及び流況図 (Y-6 地点)



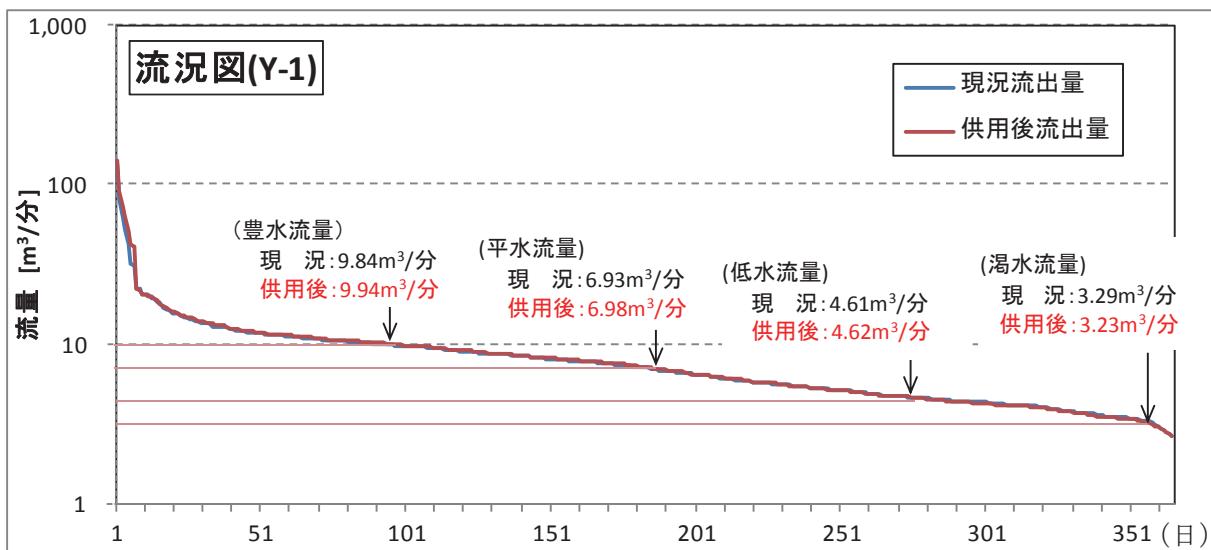
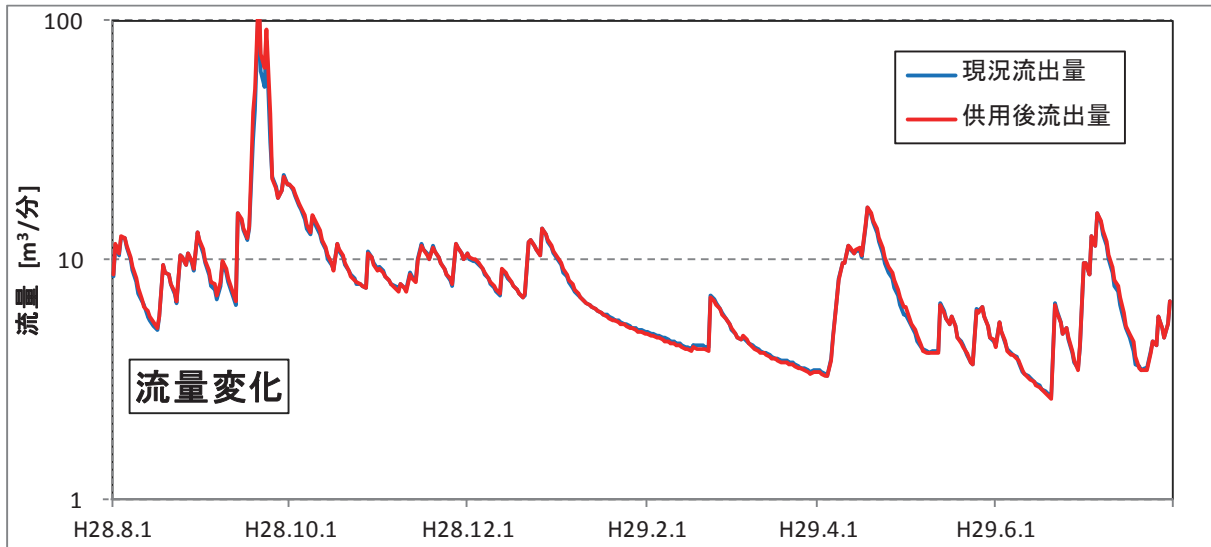
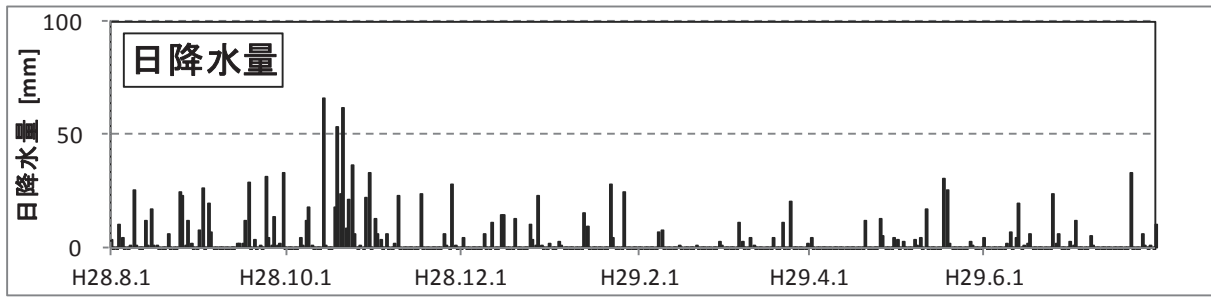
		(現況)	(施工後)
豊水流量	1年を通じて95日はこれを下回らない流量	1.89 m ³ /分	→ 1.93 m ³ /分
平水流量	1年を通じて185日はこれを下回らない流量	1.37 m ³ /分	→ 1.41 m ³ /分
低水流量	1年を通じて275日はこれを下回らない流量	0.84 m ³ /分	→ 0.86 m ³ /分
渇水流量	1年を通じて355日はこれを下回らない流量	0.55 m ³ /分	→ 0.55 m ³ /分

図 4-6-72 現況と供用後のハイドログラフ及び流況図 (Y-7 地点)



		(現況)	(供用後)
豊水流量	1年を通じて95日はこれを下回らない流量	0.61 m ³ /分	→ 0.70 m ³ /分
平水流量	1年を通じて185日はこれを下回らない流量	0.32 m ³ /分	→ 0.41 m ³ /分
低水流量	1年を通じて275日はこれを下回らない流量	0.13 m ³ /分	→ 0.14 m ³ /分
渇水流量	1年を通じて355日はこれを下回らない流量	0 m ³ /分	→ 0 m ³ /分

図 4-6-73 現況と供用後のハイドログラフ及び流況図 (Y-9 地点)



		(現況)	→	(供用後)
豊水流量	1年を通じて95日はこれを下回らない流量	9.84 m ³ /分	→	9.94 m ³ /分
平水流量	1年を通じて185日はこれを下回らない流量	6.93 m ³ /分	→	6.98 m ³ /分
低水流量	1年を通じて275日はこれを下回らない流量	4.61 m ³ /分	→	4.62 m ³ /分
渇水流量	1年を通じて355日はこれを下回らない流量	3.29 m ³ /分	→	3.23 m ³ /分

図 4-6-74 現況と供用後のハイドログラフ及び流況図 (Y-1 地点)

② 供用後の下流水源への影響予測

a) 水文地質分布からみた周辺湧き水源への影響予測

水質分析結果及び地形・地質条件を考慮して、霧ヶ峰周辺の水循環系の概念図を図4-6-33に示した。また、図4-6-75に示す断面位置ごとに断面模式図を図4-6-76～図4-6-78に示した。霧ヶ峰表面を覆う新期の火山岩類は、透水性が大きく雨水の浸透性に高い溶岩からなっている。また、この地域の基盤岩類である領家花崗岩類や古期火山砕屑岩類と、新期火山岩類のうち古期火山岩類との境界部に位置する最下層の第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類（鉄平石に相当）は、上位の第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類及び第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類に比べ幾分透水性が小さいため地下水の受け皿的な水文地質構造が想定される。そのため、上位の第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類及び第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類は、浸透した地下水の主な帯水層や流動経路となっていることが考えられる。

北大塩大清水水源は、図4-6-75及び図4-6-76に示すとおり主に桧沢川、前島川、藤原川流域の標高約1,500～1,600m付近の緩斜面に降った雨により涵養されており、降雨が直接斜面で深層へ地下浸透するだけでなく、桧沢川、前島川流域に流出した表流水が深層へ地下浸透し、第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類及び第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類を流動して第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類と基盤岩類との境界で湧出していると推定される。そのため、対象事業実施区域よりも北東側の流域を主な降雨及び表流水の涵養域とし、対象事業実施区域のうち茅野横河川よりも東側の一部が涵養域に含まれる可能性があるものの、対象事業の実施による影響は極めて小さいと予測される。

創価学会長野県青年研修道場井戸水は、図4-6-75及び図4-6-76に示すとおり北大塩大清水水源と同様に主に桧沢川、前島川、藤原川流域の標高約1,500～1,600m付近の緩斜面に降った雨により涵養されており、これが深層に地下浸透して第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類及び第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類中の帯水層を涵養していると推定される。そのため、対象事業実施区域の北東側の流域を主な降雨の涵養域とし、対象事業実施区域のうち茅野横河川よりも東側の一部が涵養域に含まれる可能性があるものの、対象事業の実施による影響は極めて小さいと予測される。

また、霧ヶ峰農場水源は、図4-6-75及び図4-6-76に示すとおり主に茅野横河川と桧沢川の間位置する標高約1,500～1,600m付近の緩やかな尾根斜面に降った雨が、新期火山岩類でも上位の第Ⅱ期上部火山岩類に浸透し、桧沢川流域に湧出している地下水と推定される。そのため、対象事業実施区域よりも北東側の尾根を主な降雨の涵養域とし、対象事業実施区域のうち茅野横河川よりも東側の一部が涵養域に含まれる可能性があるものの、対象事業の実施による影響は極めて小さいと予測される。

角間川上流域の清水橋水源は、図4-6-75及び図4-6-77に示すとおり主に霧ヶ峰スキー場より上部の1,700～1,750mを中心とする緩斜面に降った雨が深層に地下浸透することにより涵養されていると推定され、地形・地質条件等から対象事業による影響は想定されない。

一方、角間川下流域の南沢水源や地藏寺湧水などは、図4-6-75及び図4-6-78に示すように主に対象事業実施区域を含む茅野横河川流域及び角間川流域の1,400～1,500m付近の斜面に降った雨により涵養されており、降雨が直接斜面で深層へ地下浸透するだけでなく、角間川流域及び茅野横河川流域の一部に流出した表流水が深層へ地下浸透し、時間をかけて流動して第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類（鉄平石に相当）より更に深部の期火山砕屑岩類中の帯水層を涵養している地下水と推定され、対象事業の実施に伴う涵養量の変化が予測される。

そのため、次項で供用後の南沢水源を含む角間川下流域の地下水利用への影響を検討した。

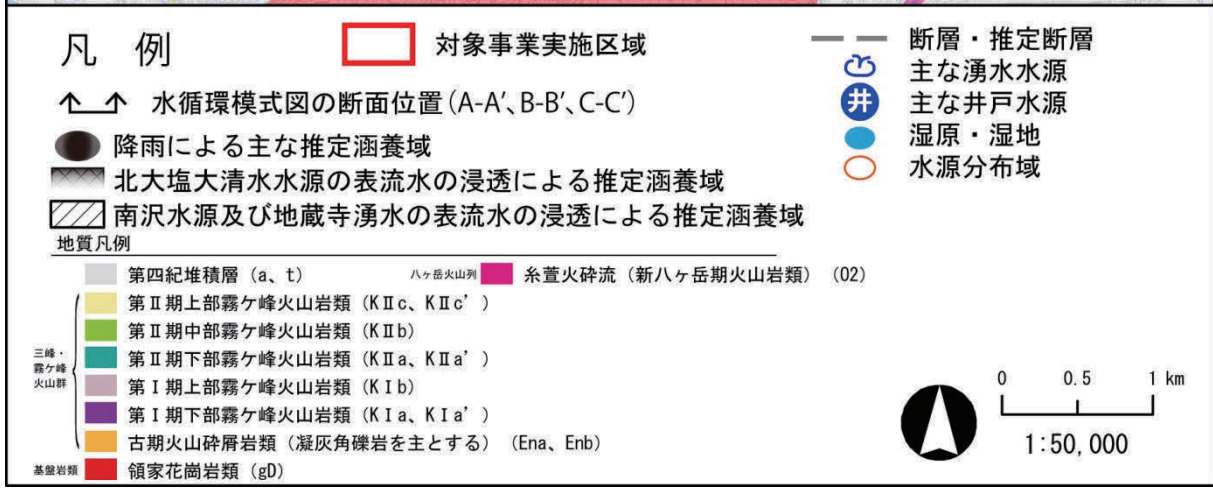
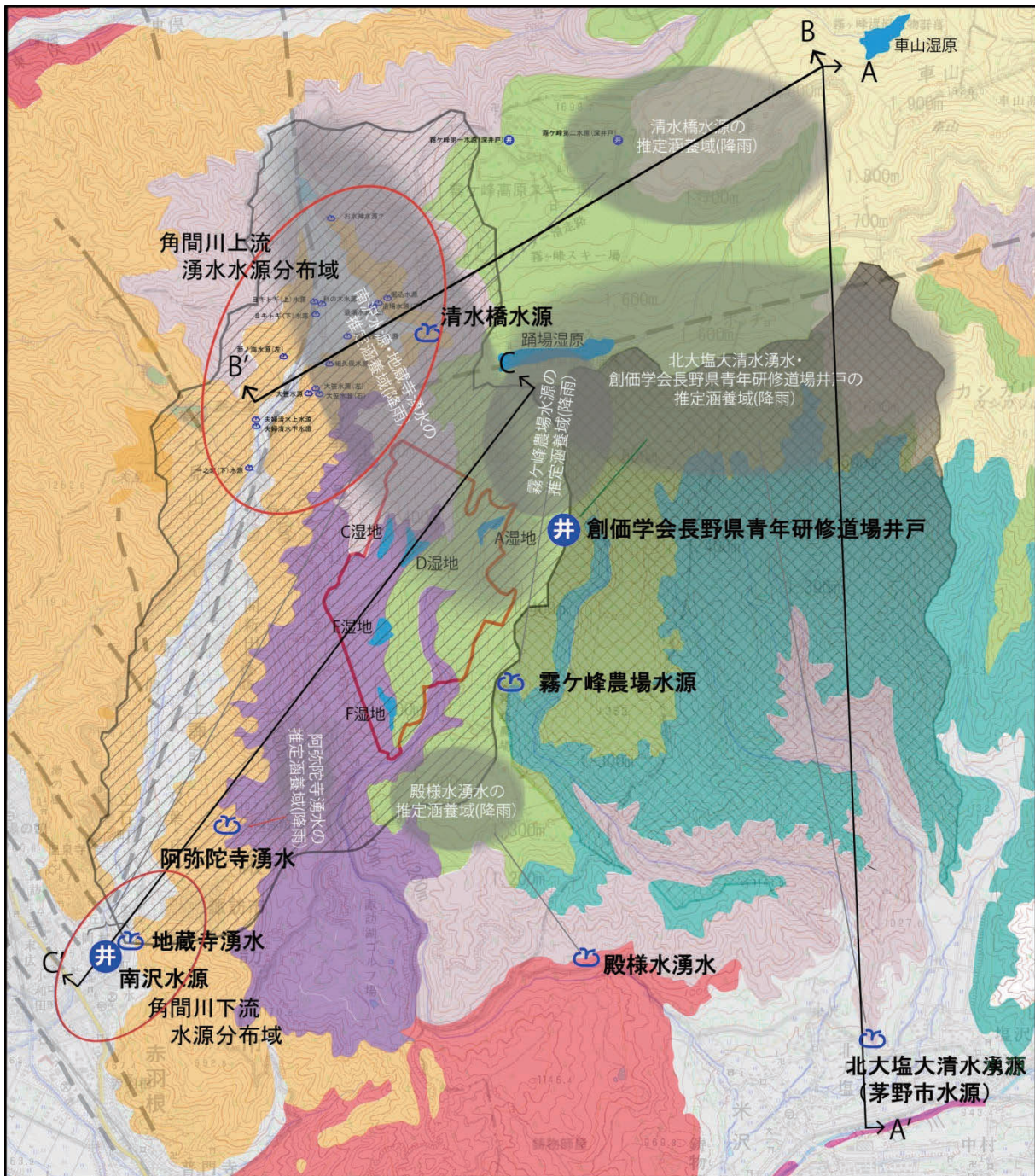


図 4-6-75 水循環系概念図

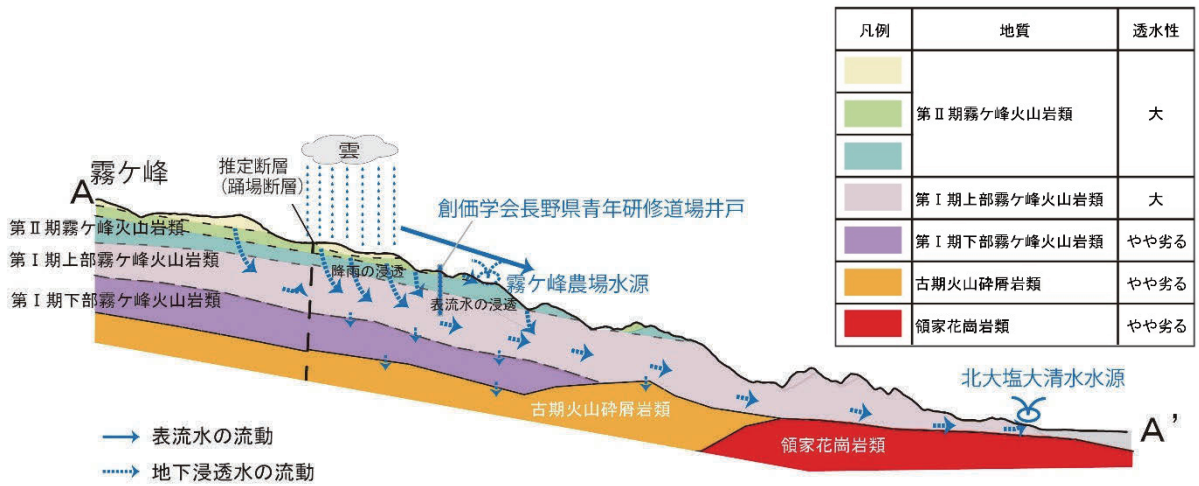


図 4-6-76 霧ヶ峰周辺の水循環系の模式図（東側）

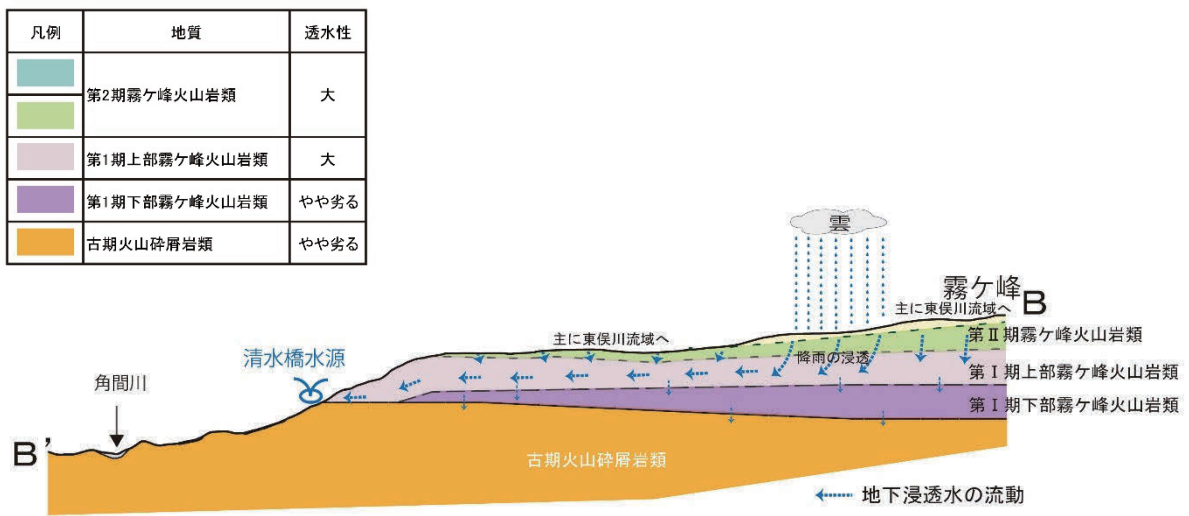


図 4-6-77 霧ヶ峰周辺の水循環系の模式図（西側上流、清水橋）

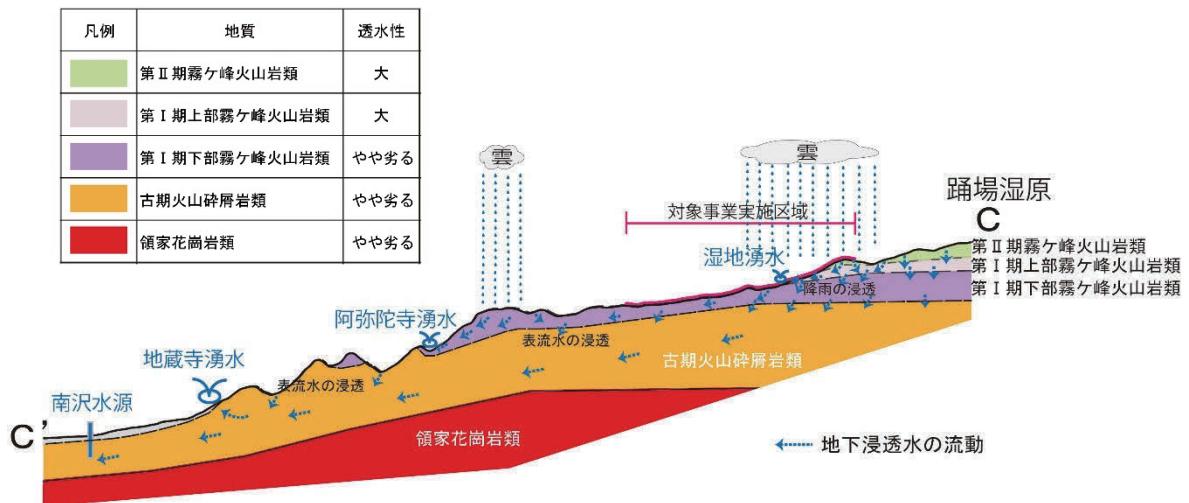


図 4-6-78 霧ヶ峰周辺の水循環系の模式図（西側下流、南沢）

b) 供用後の南沢水源を含む角間川下流域の地下水利用への影響予測

各水源の予測結果から影響が予測された角間川下流域について、諏訪市の水道水源として利用されている南沢水源を代表として地下水利用への影響についての定量予測を試みた。

供用後の対象事業の実施による影響について、対象事業実施区域（Y-6、Y-7、Y-9 流域）及び茅野横河川下流（Y-1 流域）についての地下浸透量（深層）の予測結果を表 4-6-38 に示す。

現地調査（水質分析結果など）から角間川流域及び茅野横河川流域に降った雨が深層に地下浸透することにより涵養されると推定された、古期火山砕屑岩類を帯水層とする角間川下流（南沢水源、地蔵寺湧水など）の地下水流動系は、角間川流域及び対象事業実施区域の位置する茅野横河川流域を含む霧ヶ峰南山体の広範囲に降った雨や表流水が深層に地下浸透した多量の地下水からなる流動系と考える。

表 4-6-39 供用後の地下浸透量（深層）

流域	流域面積 [km ²]	深層への浸透量[mm/年 (m ³ /年)]			
		現況	供用後	変化量	減少量
Y-6	0.337	590 (198,830)	596 (180,632)	-54 (-18,198)	9 %
Y-7	1.255	399 (500,745)	380 (476,900)	-19 (-23,845)	5 %
Y-9	1.036	718 (743,848)	637 (659,932)	-81 (-83,916)	11 %
合計	2.628	549 (1,442,772)	502 (1,319,256)	-47 (-123,516)	9 %
Y-1	9.183	542 (4,977,186)	526 (4,830,258)	-16 (-146,928)	3 %

図 4-6-79 は、角間川下流域南沢水源の現況と供用後の供給量と使用水量の関係を模式的に示した図である。この図に示すように南沢水源は、深さ 110m の井戸水をくみ上げており、2008～2014 年の 5 年間の平均で 409,780m³/年取水している（宮原、2017）。

古期火山砕屑岩類のうち南沢水源を含む帯水層となる地層は、図 4-6-80 に示すとおり角間川流域及び対象事業実施区域を含む茅野横河川流域の一部の広範囲（約 15.389km²）に分布すると推定される。南沢水源を含む帯水層は広範囲に渡るため、地下水涵養域の詳細すべてを明らかにすることは困難であるが、仮に上記した範囲（約 15.389km²）を表流水の深層への地下浸透による涵養域（表流水の集水域）とした場合、帯水層への現況の地下浸透量（深層）は、対象事業の実施により影響を受ける対象事業実施区域（Y-6、Y-7、Y-9 流域の合計）からの現況の地下浸透量（深層）約 549,000m³/年/km²（表 4-6-39 参照）を含んでおり、流域の地下浸透量（深層）の大部分が南沢水源の帯水層の涵養に寄与していると考えられる Y-1 流域（茅野横河川流域）における現況の単位面積当たり地下浸透量（深層）約 542,000m³/年/km²（表 4-6-39 参照）で近似した値と想定される。そのため、Y-1 流域の地下浸透量（深層）を基に南沢水源を含む帯水層（古期火山砕屑岩類）への現況の地下浸透量（深層）を試算すれば、約 834 万 m³/年となる（図 4-6-79 参照）。

上記の仮定に従って予想すると、供用後における対象事業実施区域からの地下浸透量（深層）の減少量は、約 12 万 m³/年であり（図 4-6-79 参照）、試算した古期火山砕屑岩類の帯水層への現況の地下浸透量（深層）（約 834 万 m³/年）の 1.4%程度の減少に留まり、南沢水源の取水後の帯水層における余水分（約 793 万 m³/年）に対しても 1.5%程度の減少である。以上のことから、対象事業の実施による水道水源の利用量の減少等の影響は生じないと予測される。

【参考文献】宮原裕一（2017）諏訪市水道水源の水質および涵養域に関する基礎調査，信州大学環境科学年報，39 号 P74-87.

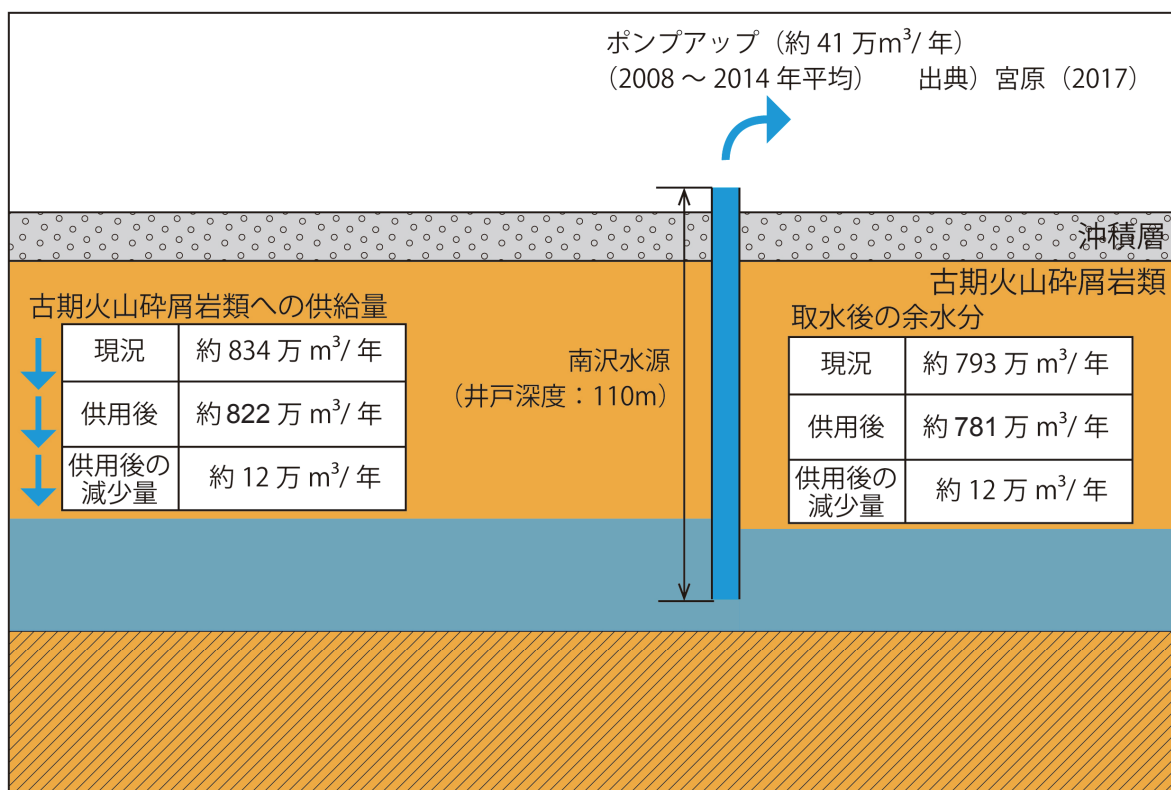


図 4-6-79 南沢水源における現況と供用後の供給量と使用水量の関係模式図

表 4-6-40 角間川下流域の水利用への影響予測結果 (供用後)

予測地点	予測値	影響予測結果
南沢水源を含む 角間川下流域	浸透量減少量：約 12 万 m ³ /年	対象事業の実施により想定される浸透量減少量 (約 12 万 m ³ /年) は、試算した古期火山碎屑岩類への現況浸透量 (約 834 万 m ³ /年) の 1.4% 程度であり、南沢水源の取水後の余水分 (約 793 万 m ³ /年) に対しても 1.5% 程度に留まることから、地下水の利用上支障は生じないと予測される。

【参考文献】宮原裕一 (2017) 諏訪市水道水源の水質および涵養域に関する基礎調査, 信州大学環境科学年報, 39 号 P74-87.

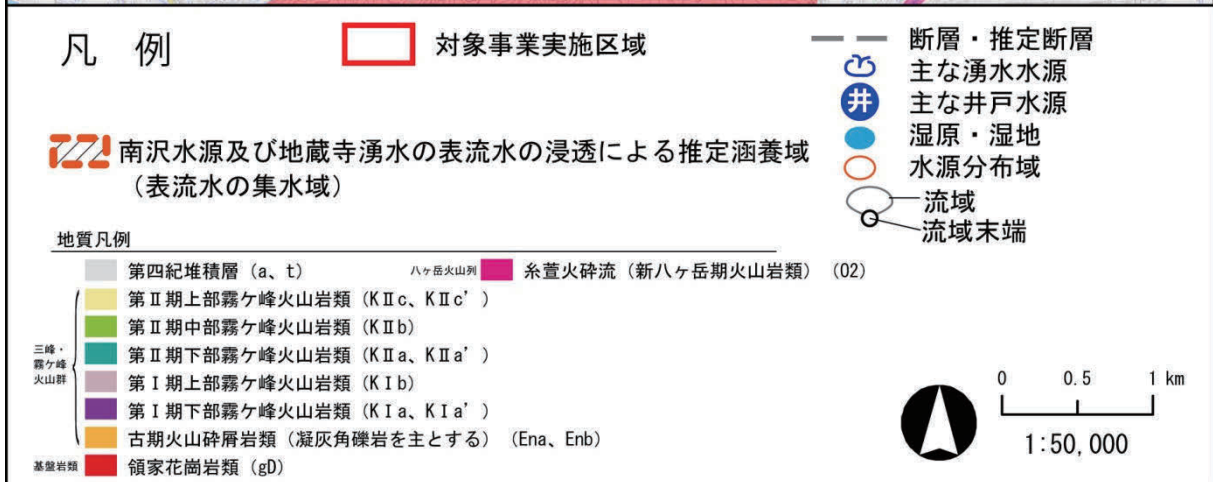
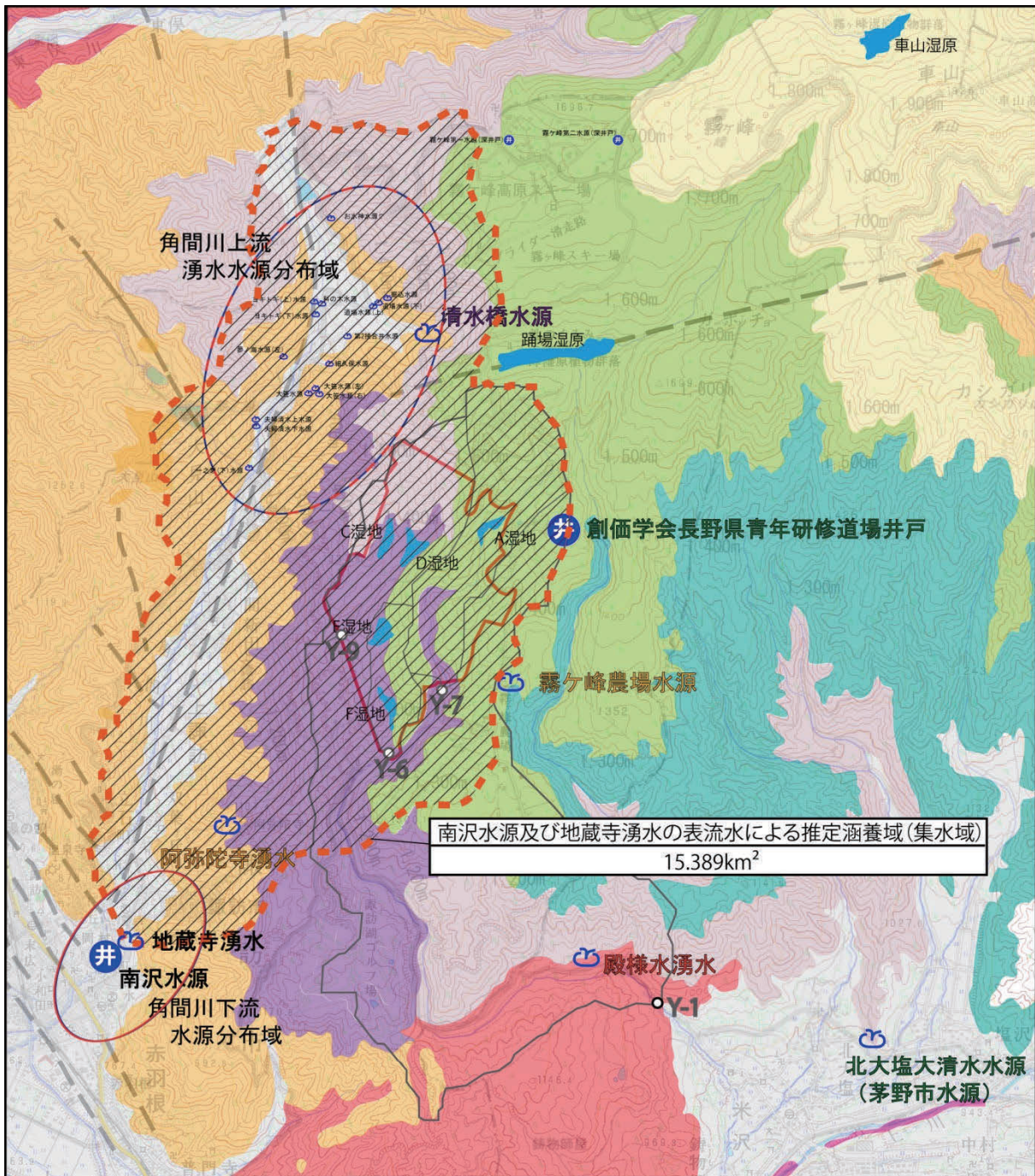


図 4-6-80 南沢水源を含む古期火山砕屑岩類の帯水層を涵養する表流水の推定集水域

c) 供用後の地下水源の影響予測結果

各水源の推定涵養域及び地下水流動経路と影響予測結果を表 4-6-41 に示す。

表 4-6-41(1) 各水源の推定涵養域及び地下水流動経路と影響予測

地域	水 源	推定涵養域及び地下水流動経路	対象事業実施区域との関係と影響予測
東側	北大塩大清水水源	主に対象事業実施区域よりも北東側の桧沢川、前島川、藤原川流域の標高約 1,500~1,600m 付近を中心とする斜面に降った雨が斜面で直接浸透又は桧沢川及び前島川の上流域を流出しながら浸透し、新規火山岩類中を流動し湧出している。	主に降雨又は表流水で涵養されており、対象事業実施区域よりも北東側の流域を降雨又は表流水の主な推定涵養域とし、対象事業実施区域のうち、茅野横河川よりも東側の一部が涵養域に含まれる可能性はあるものの、影響は極めて小さいと予測される。
	殿様水湧水	主に湧水地点直上の霧ヶ峰農場周辺の尾根斜面に降った雨が浸透し、比較的緩やかに流動し湧出している。	主に降雨により涵養されており、対象事業実施区域外の霧ヶ峰農場周辺を降雨の主な推定涵養域としているため影響は極めて小さいと予測される。
	霧ヶ峰農場水源	主に対象事業実施区域外の茅野横河川と桧沢川の間位置する標高約 1,500~1,600m 付近の緩やかな尾根を中心とする斜面に降った雨が浸透し、上位の新規火山岩類中を流動し湧出している。	主に降雨により涵養されており、対象事業実施区域外を降雨の主な推定涵養域とし、対象事業実施区域のうち、茅野横河川よりも東側の一部が涵養域に含まれる可能性はあるものの、影響は極めて小さいと予測される。
	創価学会長野県青年研修道場井戸	主に対象事業実施区域よりも北東側の桧沢川、前島川、藤原川流域の標高約 1,500~1,600m 付近を中心とする斜面に降った雨が浸透し、新規火山岩類中を帯水層とする地下水。	主に降雨により涵養されており、対象事業実施区域よりも北東側の流域を降雨の主な推定涵養域とし、対象事業実施区域のうち、茅野横河川よりも東側の一部が涵養域に含まれる可能性はあるものの、影響は極めて小さいと予測される。

表 4-6-41(2) 各水源の推定涵養域及び地下水流動経路と影響予測

地域	水 源	降雨による推定涵養域及び地下水流動経路	対象事業実施区域との関係と影響予測
西側	(角間川上流域) 清水橋水源	主に霧ヶ峰スキー場より上部の標高 1,700~1,750m を中心とする霧ヶ峰南西斜面に降った雨が浸透し、新期上部火山岩類中を流動し湧出している。なお、新期上部火山岩類まで切ると推定される踊場断層を隔てた上流側(斜面上部)の地下水流動系であり、対象事業実施区域は涵養域に含まれないと考える。	対象事業実施区域外を推定涵養域としているため、影響は予測されない。
	(角間川下流域) 南沢水源 地藏寺湧水	主に対象事業実施区域の上流域を含む茅野横河川流域及び角間川流域の標高約 1,400~1,450m を中心とする斜面に降った雨が斜面で直接浸透又は河川を流出しながら浸透し、下位に分布する古期火山砕屑岩類まで浸透した地下水が湧出している。	主に降雨又は表流水により涵養されており、対象事業実施区域の上流域を含む範囲を降雨の主な推定涵養域とし、対象事業実施区域を含む茅野横河川流域の一部と、角間川流域を表流水の推定涵養域としているため、浸透量への影響が予測される。ただし、対象事業の実施による浸透量減少量は、試算した現況浸透量の 1.3%程度であり、南沢水源の取水後の余水分に対しても 1.4%程度に留まることから、対象事業の実施による水道水源の利用量の減少等の影響は生じないと予測される。
	(角間川下流域) 阿弥陀寺湧水	主に対象事業実施区域外の角間川左岸流域の標高約 1,200~1,300m 付近の緩斜面を中心に降った雨が浸透し、比較的緩やかに流動し湧出している。	対象事業実施区域外を主な推定涵養域とするため、影響は予測されない。