

5) 水質分析結果

(1) 水質分析試料の採水地点及び分析項目

水質分析を実施した位置図を図 4-6-6、調査内容を表 4-6-9 に示した。

水質分析は、対象事業実施区域を含む霧ヶ峰周辺の地下水涵養・流動機構を把握することを目的に河川水、湿地湧水・湿原水、湧水、井戸水を対象に主成分分析（陽イオン：マグネシウム、ナトリウム、カルシウム、カリウム、陰イオン：塩素、重炭酸、硫酸、硝酸、と珪酸を含めた 9 成分のイオン分析）、及び水素・酸素同位体分析を実施した。

また、湧水水源では季節的な変動を把握することを目的に夏季、晩秋季、春季の 3 回実施した。

表 4-6-9 水質分析の内容

実施時期	分析項目	採水地点	分析数
夏季 (8月時期： 豊水期)	(主成分分析) マグネシウム(Mg), ナトリウム(Na), カルシウム(Ca), カリウム(K), 塩素(Cl), 重炭酸(HCO ₃), 硫酸(SO ₄), 硝酸(NO ₃), 珪酸(SiO ₂) の9成分	(河川水) Y-1(茅野横河川)、Y-6(茅野横河川支流、Y-7(茅野横河川中流)、Y-8(茅野横河川上流)、Y-9(茅野横河川支流)、Y-12(茅野横河川支流)、H-1(桧沢川)、M-1(前島川)、K-1(藤原川)の9箇所 (湧水・井戸水) 北大塩大清水水源、殿様水湧水、霧ヶ峰農場水源、地藏寺湧水、阿弥陀寺湧水、清水橋水源、創価学会長野県青年研修道場の7箇所 (湿地湧水・湿原水) A湿地、C湿地、D湿地、E湿地、F湿地、踊場湿原の6箇所	22 試料
晩秋季 (11月時期： 渇水期)	(同位体分析) 水素同位体(δD) 酸素同位体($\delta^{18}O$), の2成分	(湧水・井戸水) 北大塩大清水水源、殿様水湧水、霧ヶ峰農場水源、地藏寺湧水、阿弥陀寺湧水、清水橋水源の6箇所 (湿地湧水・湿原水) A湿地、C湿地、D湿地、E湿地、F湿地、踊場湿原の6箇所	12 試料
春季 (5月時期： 融雪期)		(湧水・井戸水) 北大塩大清水水源、霧ヶ峰農場水源、地藏寺湧水、阿弥陀寺湧水、清水橋水源、南沢水源(深度110m)、の6箇所 (湿地湧水) A湿地の1箇所	7 試料

(2) 主成分分析結果

主成分分析結果は、図 4-6-25 にトリリニアダイアグラム、図 4-6-26 にヘキサダイアグラムとして整理するとともに、図 4-6-29 に示すクラスター解析による水質区分を行った。なお主成分分析結果は、資料集に分析成績書とともに分析一覧表として添付した。

① トリリニアダイアグラムによる水質区分

対象事業実施区域を含む霧ヶ峰周辺の水は、図 4-6-25 に示すトリリニアダイアグラムによれば概ね I 型： $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型に属し、一連の比較的浅い地下水流動系に分類されている。

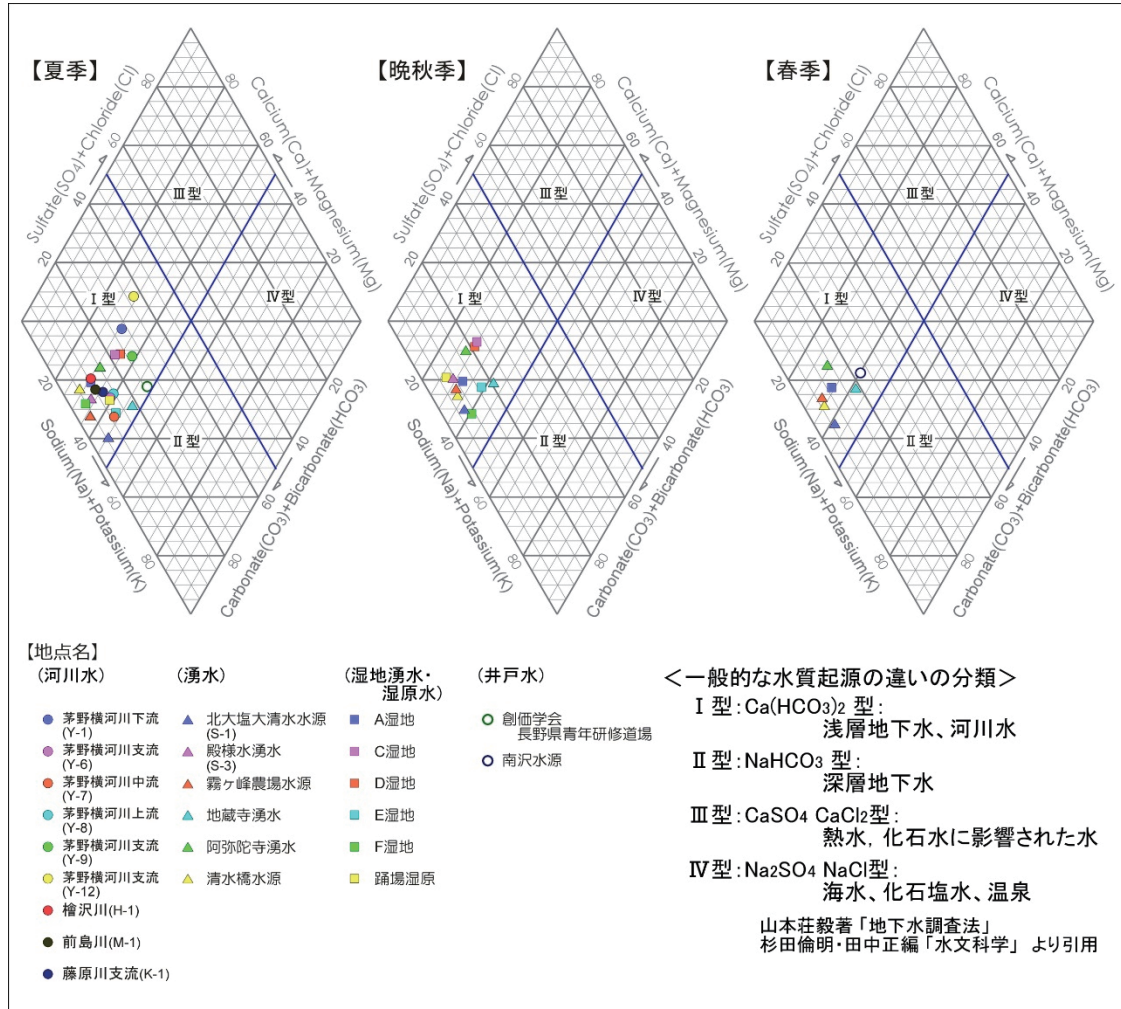


図 4-6-25 トリリニアダイアグラム

② ヘキサダイアグラムによる水質区分

図4-6-26に示すヘキサダイアグラムは、河川水、湧水、湿地湧水・湿原水、井戸水に分け、特に湧水と湿地水の季節変化を比較できるように並べて表示した。この図によれば、河川水、湧水、湿地湧水・湿原水は、大きさの違いはあるが陽イオンで(Ca^{2+})や($\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$)が突出し、陰イオンで(HCO_3^{-})が突出した同じヘキサ形状を示している。井戸水は、創価学会長野県青年研修道場、南沢水源で同じ形状を示している。また、湧水における季節的な水質の変化は少ない傾向である。

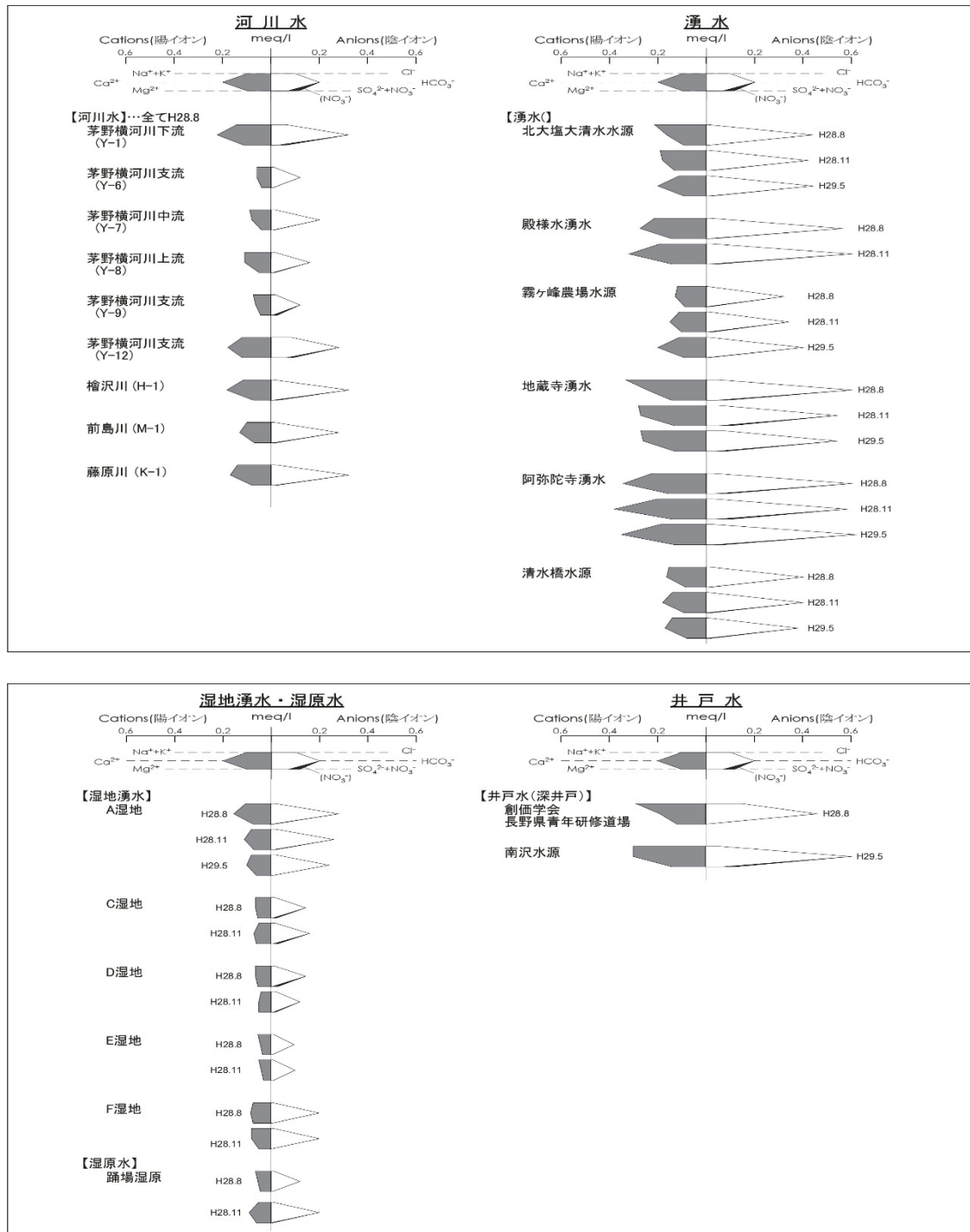


図4-6-26 ヘキサダイアグラム

③ 珪酸濃度と滞留時間

珪酸 (SiO_2) は、基本的に雨水から涵養した地下水が流動する途中の土壌や岩石から供給される成分で、同一の流動場 (同じ水循環系) であれば、珪酸 (SiO_2) 濃度と滞留時間は比例関係にあると考えられている。

図 4-6-27 は、各地点における珪酸濃度を大きい順に並べた珪酸濃度状況図である。この図によれば、各湧水、井戸水では、標高的に低い地域に分布している角間川下流の南沢水源、地蔵寺湧水、阿弥陀寺湧水、前島川下流の北大塩大清水水源などで濃度が高く、標高的に高い地域に分布している踊場湿原や対象事業実施区域内湿地で低い傾向を示している。

下流域の湧水水源は、これらに比較して長い時間をかけて帯水層中を流動し湧出しているものと考えられる。また、角間川上流域の清水橋水源、対象事業実施区域周辺の創価学会長野県青年研修道場井戸、霧ヶ峰農場水源などは、両者の中間的な濃度を示している。

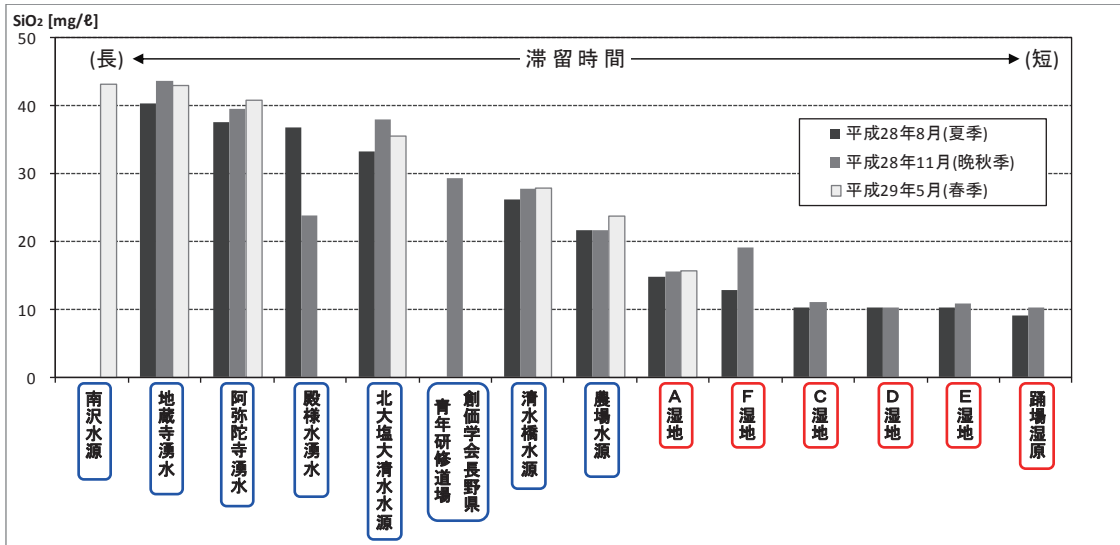


図 4-6-27 珪酸 (SiO_2) 濃度状況図

一般的に循環が速く浅い地下水は、陽イオンでカルシウムイオン (Ca^{2+})、陰イオンで重碳酸イオン (HCO_3^-) が突出した Ca-HCO_3 型の水質を示し、さらに滞留時間が長くなると陽イオンのナトリウムイオン (Na^+) が突出した Na-HCO_3 型の水質に変化してくる。

図 4-6-28 は、ナトリウムイオン濃度と珪酸濃度の関係を示した図である。この図に示すように、湧水や河川水は滞留時間を示す珪酸 (SiO_2) 濃度が高くなればナトリウムイオン (Na^+) 濃度が高くなり、比例関係が認められ、一連の水循環系を示しているものと考えられる。

特に対象事業実施区域内の湿地湧水や河川水は、循環が速く浅い地下水の性質を示していると考えられる。

角間川下流域に分布している南沢水源、地蔵寺湧水、阿弥陀寺湧水などは、比較的循環速度が遅く、滞留時間の長い地下水流動を示していることが考えられる。

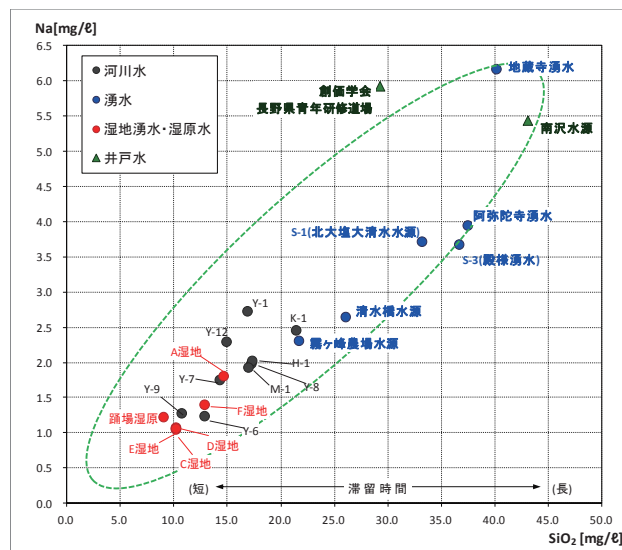


図 4-6-28 ナトリウムイオン濃度と珪酸濃度の関係

④ クラスタ解析による水質区分

クラスタ解析による水質区分は、43 試料の主成分分析結果（珪酸を除く 8 項目）を統計的手法により、同一系統の水質に区分したものである。ここでは、分類形式として階層的方法、水質の類似度としてそれぞれの分析結果の群平均法を用いて行った。

解析結果は、図 4-6-29 にクラスタ解析結果図として示した。また、同図には、区分した代表的な水質のヘキサダイアグラムも併記した。

解析結果によれば、A 区分（北大塩大清水水源、清水橋水源、霧ヶ峰農場水源、対象事業実施区域内の A 湿地湧水）、B 区分（踊場湿原、対象事業実施区域内 C、D、E、F 湿地湧水）、C 区分（殿様湧水、地藏寺湧水、阿弥陀寺湧水、南沢水源）の 3 グループの水質に区分される。

河川水は、茅野横河川下流、前島川、桧沢川で A 区分、茅野横河川上流で湧水と同じ B 区分となっている。

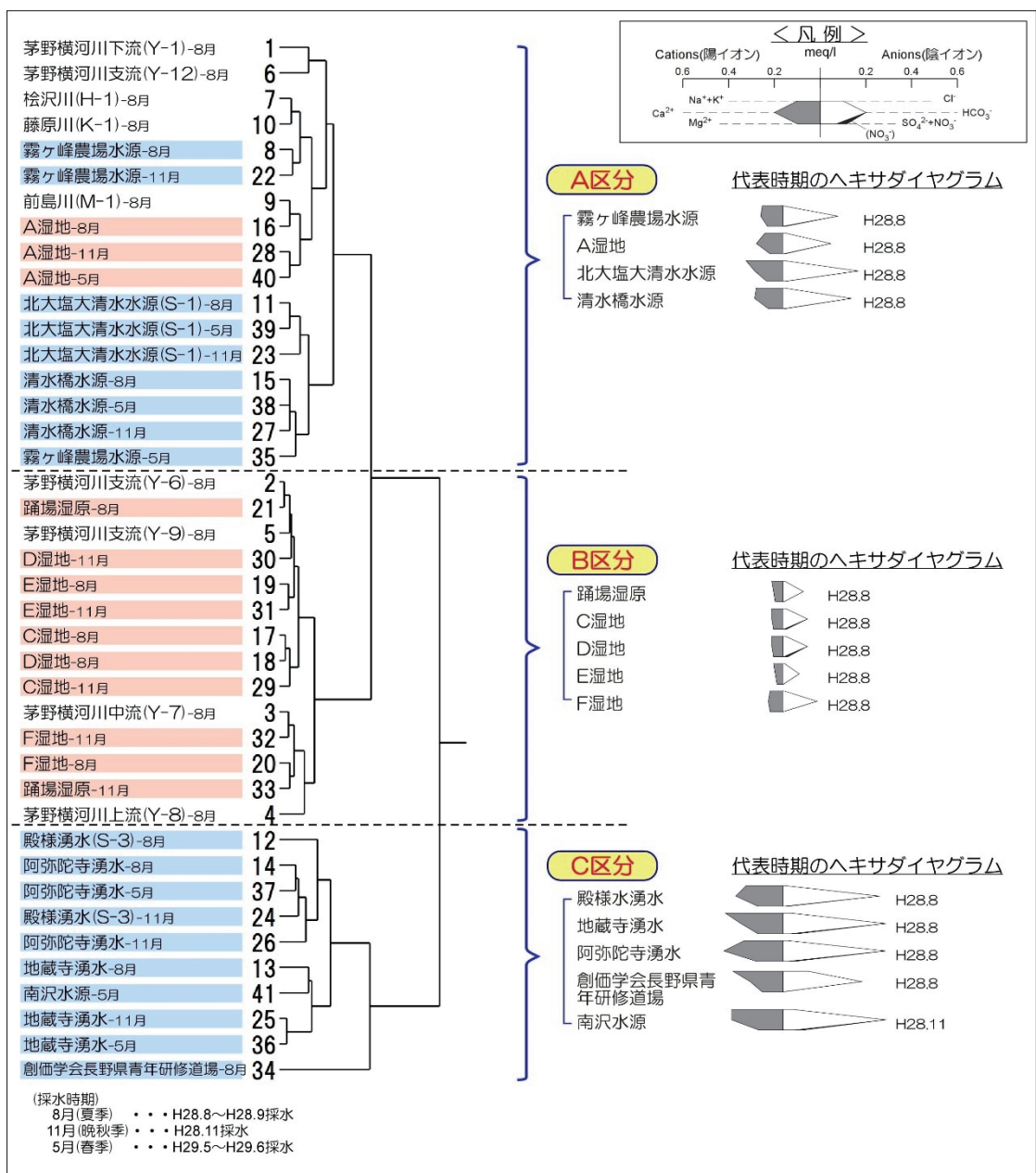


図 4-6-29 クラスタ解析による水質区分

図 4-6-30 は、ナトリウム濃度と珪酸（ SiO_2 ）濃度関係図にクラスター解析による水質区分を重ね合わせた図である。

この図によれば、クラスター解析による水質区分は、珪酸（ SiO_2 ）成分の多い（滞留時間の長い）南沢水源、地藏寺湧水、阿弥陀寺湧水、などが C 区分となり、成分の少ない（滞留時間の短い）踊場湿原や対象事業実施区域の湿地湧水が B 区分となっている。

また、中間的な濃度の北大塩大清水水源、清水橋水源、霧ヶ峰農場水源などが A 区分となっている。

このような状況から判断すれば、各水源の水質は、一連の水循環系における循環速度（滞留時間）の違いによる主成分濃度の多少で区分されたと考えられる。

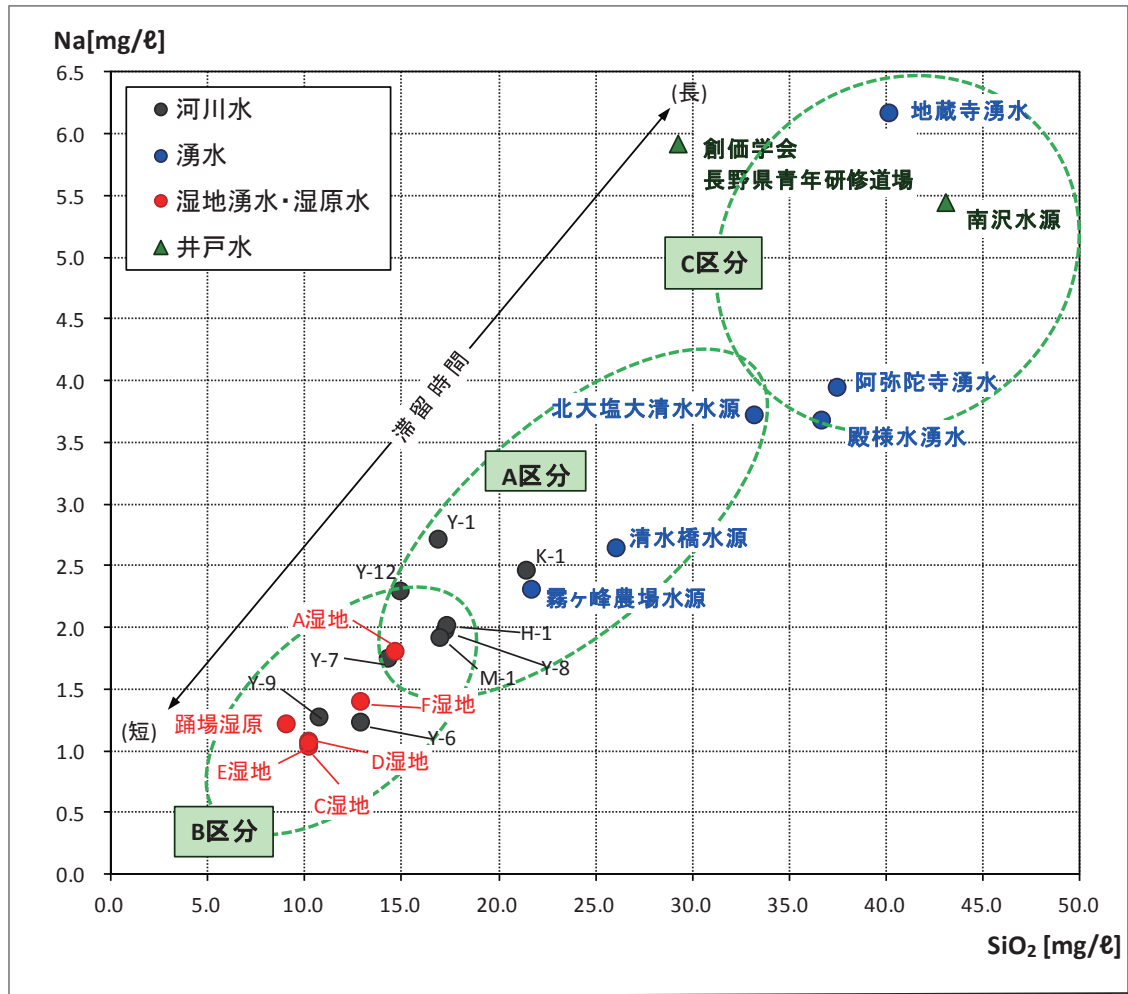


図 4-6-30 クラスター解析による水質区分とナトリウム濃度と珪酸濃度

(3) 同位体分析による降雨による主な涵養域の推定

① 水素・同位体分析結果

水素・酸素同位体分析結果を表 4-6-10 に一覧表として示すとともに、図 4-6-31 にデルタ(δ)ダイヤグラムとして整理した。

水循環系の地下水は、元々降雨によりもたらされた水である。そのため、流動する地下水は、涵養域における降雨時の水素・酸素同位体比を保存しており、地下水流動系を把握する一つの指標となり得る。

一般に降雨の同位体比は、気温が低くなるとともに、あるいは緯度が高くなるとともに小さくなる温度効果、緯度効果や、海岸に比べ内陸の方が小さくなる内陸効果などがある。

本対象地域のような限られた範囲での上記した効果による同位体比変化は少なく、標高の高い所に降った雨が小さくなる高度効果による変化を示す。平均的には、酸素同位体($\delta^{18}\text{O}$)は0.2‰/100m程度の割合で δ 値が減少する^{※)}とされている。

このような観点から各地点における図 4-6-31 に示すデルタダイヤグラムを見ると清水橋水源、北大塩大清水水源、霧ヶ峰農場水源などは、同位体比が小さく標高的に高い範囲で涵養した地下水が流出している。一方、阿弥陀寺湧水、殿様水湧水は、大きい値を示し標高的に低い範囲で涵養した地下水が流出している。また、地蔵寺湧水、南沢水源、対象事業実施区域内の湿地湧水などは、標高的に上記した範囲の中間範囲に涵養した地下水流出となっている。なお、踊場湿原水は、8月時期に大きい値、11月時期に小さい値と異なった値を示している。踊場湿原水は、上流(標高 1,600~1,800m)からの流入水が湿原に溜まったもので、8月時期の気温上昇に伴う湿原からの蒸発による濃縮効果により、本来の値に比べて大きい値を示したことが考えられる。

表 4-6-10 水素・酸素同位体分析結果表

種別	試料名	平成28年8月(夏季)			平成28年11月(晩秋季)			平成19年5月(春季)					
		採取日	δD [‰]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	d-excess [‰]	採取日	δD [‰]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	d-excess [‰]	採取日	δD [‰]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	d-excess [‰]
河川水	茅野横河川下流 (Y-1)	8/12	-77.8	-11.2	11.4								
	茅野横河川支流 (Y-6)	8/08	-77.0	-11.1	12.0								
	茅野横河川中流 (Y-7)	8/09	-79.0	-11.5	12.6								
	茅野横河川所湯流 (Y-8)	8/12	-80.3	-11.6	12.3								
	茅野横河川支流 (Y-9)	8/11	-77.2	-11.2	12.2								
	茅野横河川支流 (Y-12)	8/09	-78.7	-11.4	12.3								
	桧沢川 (H-1)	8/09	-78.2	-11.3	12.4								
	前島川 (M-1)	8/08	-77.1	-11.3	13.2								
	藤原川 (K-1)	8/08	-79.0	-11.5	12.6								
湧水	霧ヶ峰農場水源	8/09	-80.1	-11.6	12.6	11/30	-79.5	-11.5	12.8	5/11	-79.9	-11.5	11.9
	北大塩大清水水源	8/09	-81.2	-11.7	12.1	11/30	-80.0	-11.5	12.3	5/11	-79.9	-11.6	13.1
	殿様水湧水	8/09	-78.4	-11.2	10.9	11/29	-76.7	-11.1	11.9				
	地蔵寺湧水	8/10	-79.1	-11.4	11.8	11/29	-78.5	-11.3	12.0	5/11	-78.6	-11.3	12.0
	阿弥陀寺湧水	8/10	-76.1	-11.1	12.3	11/29	-74.4	-10.9	12.5	5/11	-75.0	-10.9	12.0
	清水橋水源	8/10	-82.2	-12.0	13.6	11/29	-81.4	-11.9	13.9	5/11	-82.1	-11.9	13.4
湿地湧水・湿原水	A湿地	8/12	-80.0	-11.6	12.6	11/29	-79.3	-11.5	12.9	5/11	-79.5	-11.6	13.0
	C湿地	8/11	-76.5	-11.2	13.0	11/28	-76.8	-11.2	12.7				
	D湿地	8/11	-77.2	-11.2	12.2	11/28	-76.8	-11.2	13.0				
	E湿地	8/11	-76.6	-11.1	12.2	11/28	-78.1	-11.4	12.9				
	F湿地	8/11	-77.5	-11.1	11.6	11/28	-78.6	-11.4	12.4				
	踊場湿原	8/09	-78.4	-11.2	11.1	11/29	-83.8	-12.3	14.7				
井戸水	創価学会長野県青年研修道場	9/01	-80.8	-11.7	12.9								
	南沢水源									6/09	-78.4	-11.3	12.0

備考) d-excess= $\delta\text{D}-8*\delta^{18}\text{O}$

※) 【参考文献】筑波大学水文科学研究室 著、杉田倫明・田中正 編集 (2009) 『水文科学』, 共立出版, p213.

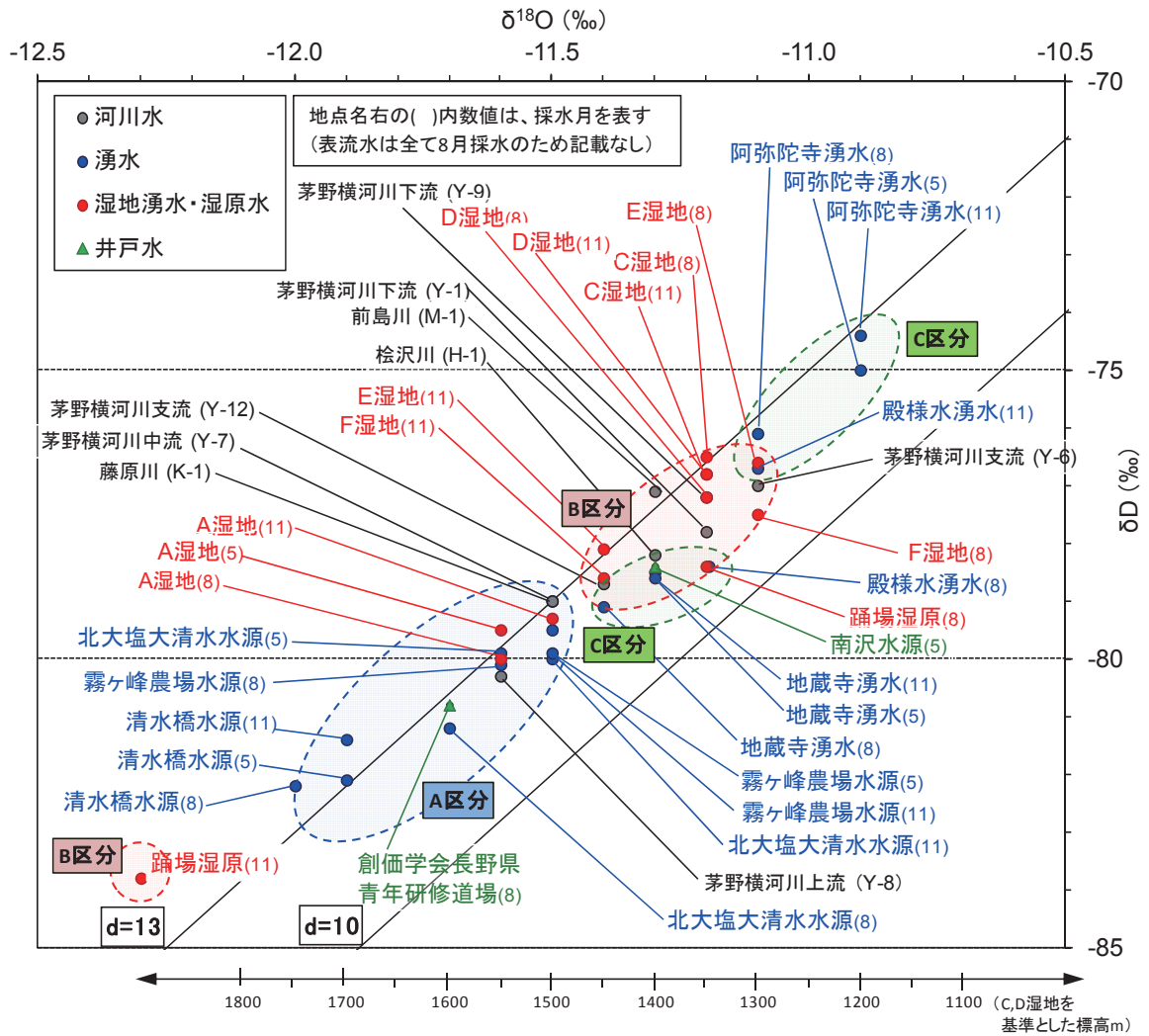


図 4-6-31 水素・酸素同位体デルタダイアグラム

② 同位体分析結果による想定涵養標高の推定

主成分分析結果から溶存成分が少なく、水循環が速く浅い地下水として区分された、対象事業実施区域内の湿地湧水（C、D湿地）は、比較的近傍に降った雨により涵養されていると推定される。

仮に、C、D湿地の湧水の涵養標高を湿地が分布する標高（約1,350m：涵養域＋約150m）と同じ（基準標高）とした場合の理論的な標高比較を試みた（図4-6-32の下参照）。

表4-6-11は、酸素同位体分析結果による代表的な水源湧水の涵養域の標高及びその範囲を推定したものである。

水素・酸素同位体から推定される水源の降雨による主な推定涵養域は、北大塩大清水水源、創価学会長野県青年研修道場井戸水、霧ヶ峰農場水源などが標高約1,500～1,600m（＋約150m）、角間川上流域の清水橋水源が標高1,700～1,750m（＋約150m）、角間川下流の地藏寺湧水、南沢水源は、約1,400～1,450m（＋約150m）、殿様水湧水は約1,300～1,350m（＋約150m）阿弥陀寺湧水は約1,200～1,300m（＋約150m）と推定される。

また、対象事業実施区域内の湿地湧水の降雨による主な推定涵養域は、基準としたC、D湿地約1,350m（＋約150m）、A湿地が標高約1,500～1,550m、E、F湿地が約1,300～1,450mと推定される。

なお、酸素同位体（ $\delta^{18}\text{O}$ ）分析値の誤差が ± 0.1 (‰)であることや採水時期や降雨の供給源などにより、分析値にばらつきが生じることなどを考慮すれば、ここに示す標高値は、一つの目安の解釈であり、ある程度の不確実性を伴うものとして判断すべきと考えられる。

表 4-6-11 酸素同位体分析結果による降雨による想定涵養標高の推定

水 源 () 内数値は標高値	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	想定涵養標高 (m)
北大塩大清水水源 (標高=895m)	-11.5～-11.7 (平均：-11.6)	約1,500～1,600m (平均：1,550m)
清水橋水源 (標高=1,410m)	-11.9～-12.0 (平均：-11.95)	約1,700～1,750m (平均：1,725m)
創価学会長野県青年研修道場井戸 (標高=1,463m)	-11.7	約1,600m
霧ヶ峰農場水源 (標高=1,310m)	-11.5～-11.6 (平均：-11.55)	約1,500～1,550m (平均：1525m)
地藏寺湧水 (標高=820m)	-11.3～-11.4 (平均：-11.35)	約1,400～1,450m (平均：1,425m)
殿様水湧水 (標高=1,000m)	-11.2～-11.1 (平均：-11.15)	約1,300～1,350m (平均：1,325m)
阿弥陀寺湧水 (標高=1,050m)	-10.9～-11.1 (平均：-11.0)	約1,200～1,300m (平均：1,250m)
南沢水源 (標高=781m)	-11.3	約1,400m
A湿地 (標高=約1,400m)	-11.5～-11.6 (平均：-11.55)	約1,500～1,550m (平均：1,525m)
C湿地, D湿地 (標高=約1,350m)	-11.2	約1,350m(基準 ^{*1})
E湿地 1,320m F湿地 1,270m (標高=約)	-11.1～-11.4 (平均：-11.25)	約1,300～1,450m (平均：1,375m)

^{*1} 主成分分析で溶存成分が少なく、水循環が速く浅い地下水に区分された対象事業実施区域内に分布する湿地湧水（C、D湿地）は、比較的周辺に降った雨と考えられ、この周辺の標高（約1,350m）を基準標高とした。なお、C、D湿地についても地形的集水域の標高約1,350～1,500mの範囲から涵養されており、理論上＋約150mの誤差が生じることとなる。

^{*2} 宮原（2017）によれば、諏訪湖周辺で採取した降水中の $\delta^{18}\text{O}$ 値と採水標高の関係には約0.2‰/100mの高度効果があるデータが得られている。

③ 水質分析結果及び地形・地質条件を考慮した降雨による推定涵養域及び水循環系

水質分析結果に地形・地質条件を考慮して降雨による主な涵養域を推定し、これを対象事業実施区域（標高：1,230～1,518m）と比較した。

各水源湧水の降雨による推定涵養域を表4-6-12にとりまとめるとともに、推定涵養域の概念図を図4-6-32に示した。また、対象事業実施区域を含む霧ヶ峰周辺における水循環系の模式断面図を図4-6-33に示した。以下に各水源の地下水流動系について示す。

a) 角間川上流湧水水源（清水橋水源）

清水橋水源の降雨による主な推定涵養域は、水質分析結果及び地形条件から霧ヶ峰スキー場より上部の標高約1,700～1,750mを中心とする霧ヶ峰南西斜面と推定され、主にこの地域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と推定される。これは、踊場湿原を通る東西性の右横ずれの推定断層（踊場断層）よりも北側の地域となり、地質条件からも推定断層の南側の下部に位置する対象事業実施区域が涵養域となることは想定されない。

b) 角間川下流に分布する水源

地藏寺湧水、南沢水源の降雨による主な推定涵養域は、水質分析結果及び地形・地質条件から対象事業実施区域内の上流域を含む茅野横河流域及び角間川流域の標高約1,400～1,450mを中心とする斜面と推定され、主にこの地域に降った雨が火山岩類を浸透、流動し、下位に分布する古期火山砕石岩類まで浸透した地下水が湧出していると推定される。また、阿弥陀寺湧水の降雨による主な推定涵養域は、水質分析結果及び地形・地質条件から角間川左岸流域の標高約1,200～1,300mを中心とする斜面と推定されるが、現地調査時に確認した湧出水量が比較的少ないことを考慮すると、湧水地点の近傍に降った雨が湧出していると推定されることから、湧水の地形的集水域及び近傍の尾根部に分布する緩斜面に降った雨が比較的緩やかに流動して湧出している可能性が高い

c) その他の対象事業実施区域より東側に分布する水源

北大塩大清水水源、創価学会長野県青年研修場井戸水、霧ヶ峰農場水源は、水質分析結果及び地形から対象事業実施区域の上端から踊場湿原周辺（約1,550m）、ガボッチョ（標高1,681m）からカシガリ山（標高1,617m）山頂にかけての茅野横河川、桧沢川、前島川、藤原川流域が降雨による主な涵養域と推定される。これに、地質（図4-6-8参照）、水収支における湧水比流量（図4-6-24参照）を考慮すると、上記の範囲のうち対象事業実施区域の上端部については、主に茅野横河川及び角間川流域に湧出していると推定される。そのため、北大塩大清水水源及び創価学会長野県青年研修道場井戸水の降雨による主な推定涵養域は、対象事業実施区域よりも上部の踊場湿原周辺からガボッチョ、カシガリ山山頂にかけての桧沢川、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と推定され、主にこの地域に降った雨が浸透し新期上部火山岩類を流動している地下水と推定される。また、創価学会長野県青年研修道場井戸水は新期上部火山岩類を帯水層とする地下水をくみ上げており、北大塩大清水水源は新期上部火山岩類中を流動し湧出していると推定される。

霧ヶ峰農場水源の降雨による主な推定涵養域は、茅野横河川と桧沢川の間位置する緩やかな尾根斜面の標高約1,500～1,600m付近を中心とする斜面と推定され、主にこの地域に降った雨が浸透し涵養しており、新期上部火山岩類を流動し湧出していると推定される。

殿様水湧水の降雨による主な推定涵養域は、水質分析結果及び地形・地質条件から茅野横河川左岸側の対象事業実施区域下部から霧ヶ峰農場周辺の標高約1,300～1,350m付近の斜面と推定されるが、現地調査時に確認した湧出水量が比較的少ないことを考慮すると、湧水地点の近傍に降った雨が湧出していると推定されることから、対象事業実施区域よりも南側の霧ヶ峰農場付近の比較的平坦な尾根斜面に降った雨が比較的緩やかに流動して湧出している可能性が高い。

d) 対象事業実施区域内の湿地湧水

対象事業実施区域内の湿地については、C、D湿地の降雨による主な推定涵養域は標高約1,350m（+約150m）であり、対象事業実施区域内及びその上流を含む湿地流域の地形的集水域に降った雨により主に涵養されていると推定される。

E、F湿地は、酸素同位体の結果から降雨による主な推定涵養域が標高約1,300～1,450m（+約150m）と推定される。なお、E、F湿地の地形的集水域はそれぞれ標高約1,320～1,390m、約1,270～1,390mであること、F湿地は、E湿地と比べて比較的滞留時間が長い地下水が多く含まれている可能性があることから、F湿地は地形的集水域に降った雨、F湿地は、地形的集水域とその周辺の斜面（対象事業実施区域内）に降った雨により主に涵養されていると推定される。また、A湿地は、降雨による主な推定涵養域が標高約1,500～1,550m（+約150m）と推定される。A湿地の地形的集水域は標高約1,400～1,670mであり、主に対象事業実施区域よりも上部に位置していることを考慮すると、A湿地は、対象事業実施区域上端から上部の地形的集水域を含む斜面に降った雨により主に涵養されていると推定される。

なお、いずれの湿地も、浅層の地下流動水が湧出していると推定される。

表 4-6-12 水質分析結果及び地形・地質、水収支を考慮した降雨による主な涵養域の推定

水 源 () 内数値は標高値	降雨による主な推定涵養域
北大塩大清水水源 (標高=895m)	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
清水橋水源 (標高=1,410m)	霧ヶ峰スキー場より上部の標高約1,700～1,750mを中心とする霧ヶ峰南西斜面
創価学会長野県青年研修道場井戸 (標高=1,463m)	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
霧ヶ峰農場水源 (標高=1,310m)	茅野横河川と桧沢川の間位置する緩やかな尾根の標高約1,500～1,600m付近を中心とする斜面
地藏寺湧水 (標高=820m)	対象事業実施区域内の上流域を含む茅野横河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
殿様水湧水 (標高=1,000m)	霧ヶ峰農場周辺の比較的平坦な尾根斜面
阿弥陀寺湧水 (標高=1,050m)	角間川左岸流域の標高約1,200～1,300mの地形的集水域及び近傍の尾根部を中心とする斜面
南沢水源 (標高=781m)	対象事業実施区域内の上流域を含む茅野横河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
A湿地 (標高=約1,400m)	対象事業実施区域上端から上部の湿地流域の地形的集水域を含む斜面
C湿地, D湿地 (標高=約1,350m)	対象事業実施区域内及びその上流を含む湿地流域の地形的集水域
E湿地 (標高=約1,320m)	対象事業実施区域内に位置する湿地流域の地形的集水域
F湿地 (標高=約1,270m)	対象事業実施区域内に位置する湿地流域の地形的集水域とその周辺斜面

e) 表流水の浸透による推定涵養域の検討

「大清水湧水の湧出機構について」（熊井, 1975）によれば、対象事業実施区域が位置する茅野横河川流域に降った雨についても北大塩大清水水源に湧出する可能性が示唆されているが、前述の通り、地質（図 4-6-8 参照）、水収支における湧水比流量（図 4-6-24 参照）を考慮すると、対象事業実施区域に降った雨や表流水が浸透した深層の地下浸透水は、主に茅野横河川流域及び角間川流域に湧出していると推定される。

また、同文献（熊井, 1975）では、「霧ヶ峰から直接浸透する地下水量も大きいかが、一たん河川に湧出し流速を早めたうえで、ふたたび浸透する経路が多いと考えられる……」とある。これは、水収支における桧沢川及び前島川流域に北大塩大清水水源の湧出量を加味した湧水比流量（図 4-6-24 参照）の結果と矛盾しないことから、北大塩大清水水源の表流水による主な推定涵養域は桧沢川及び前島川流域の上流域と考える。ただし、桧沢川流域のうち、踊場湿原より上流については、推定断層により浸透水が一度踊場湿原周辺に湧出している可能性が高いため、表流水の推定浸透域は踊場湿原より下流域であると考ええる。

このような、比較的標高が高い斜面に降った雨が直接浸透する経路だけでなく、河川に表流水として流出しながら再び浸透し、下流の湧水に特徴と考える。そのため、角間川下流域に位置する地蔵寺湧水及び南沢水源についても、これらの水源の帯水層である古期火山屑石岩類の分布が推定される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においても同様に表流水が浸透することによる経路が考える。

そのため、推定涵養域の概念図（図 4-6-32）に、北大塩大清水水源と、地蔵寺湧水及び南沢水源の降雨による主な推定涵養域も併せて図示した。

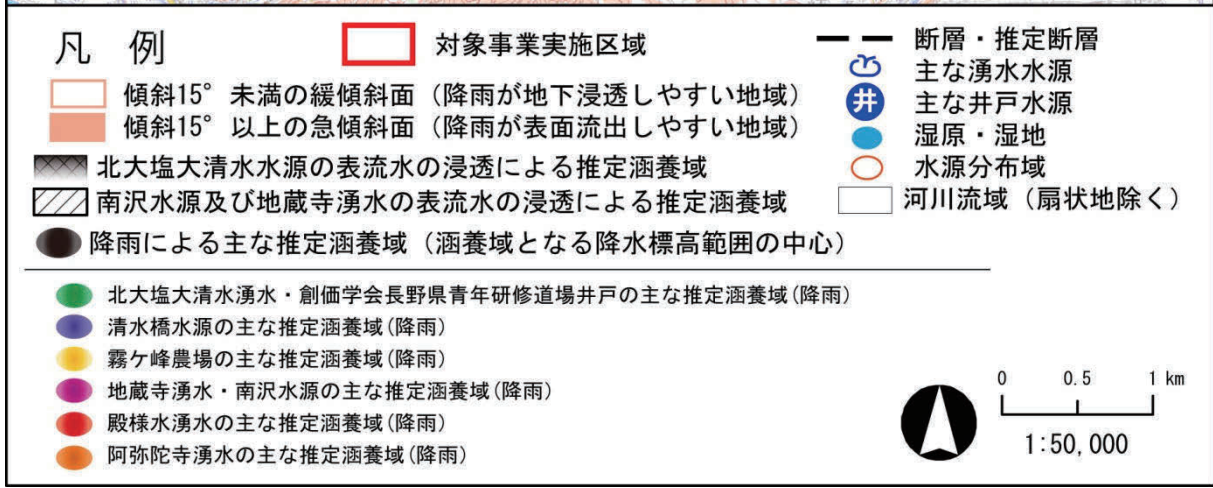
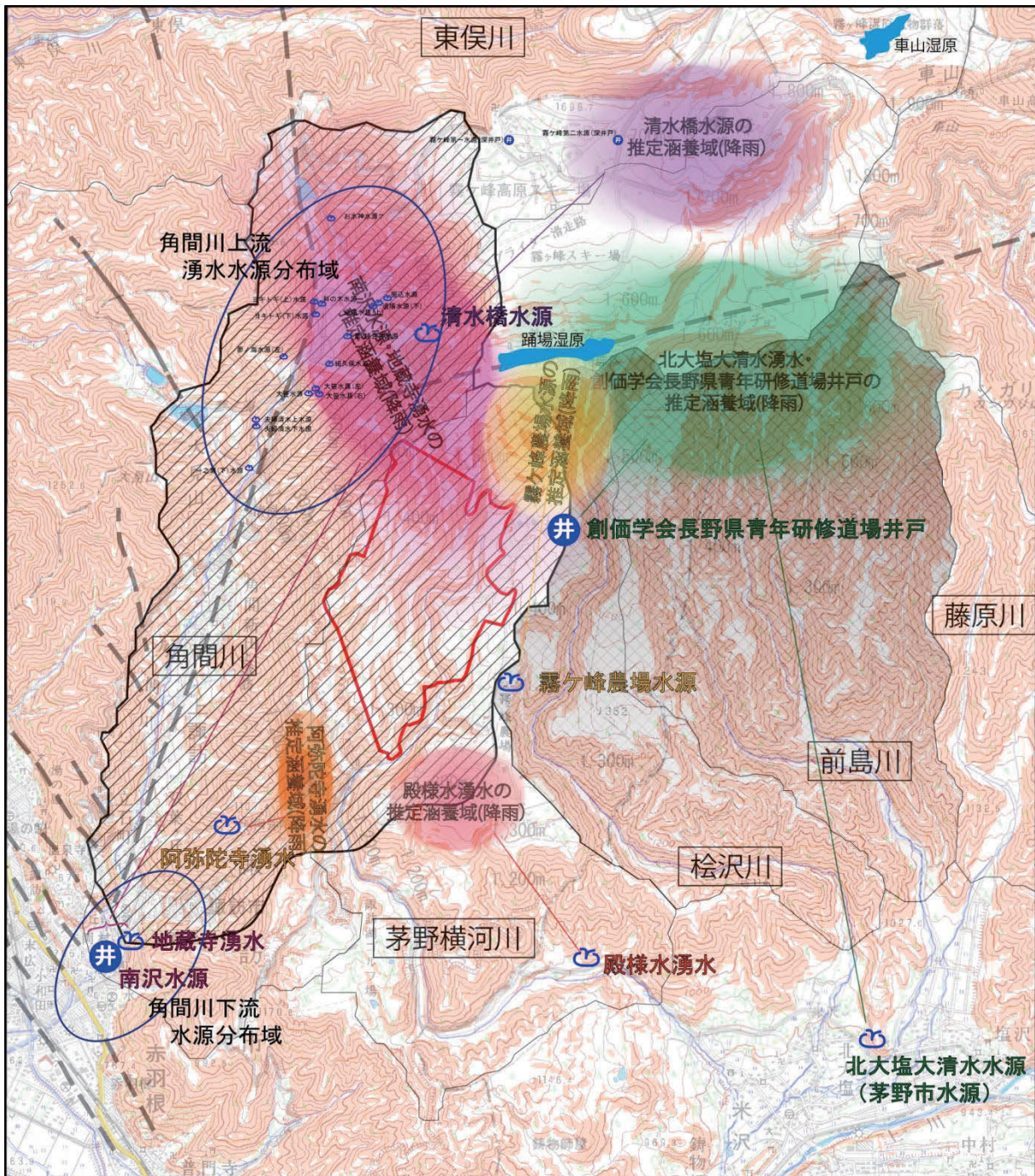


図 4-6-32 酸素同位体及び地形地質により推定される各水源の主な推定涵養域概念図

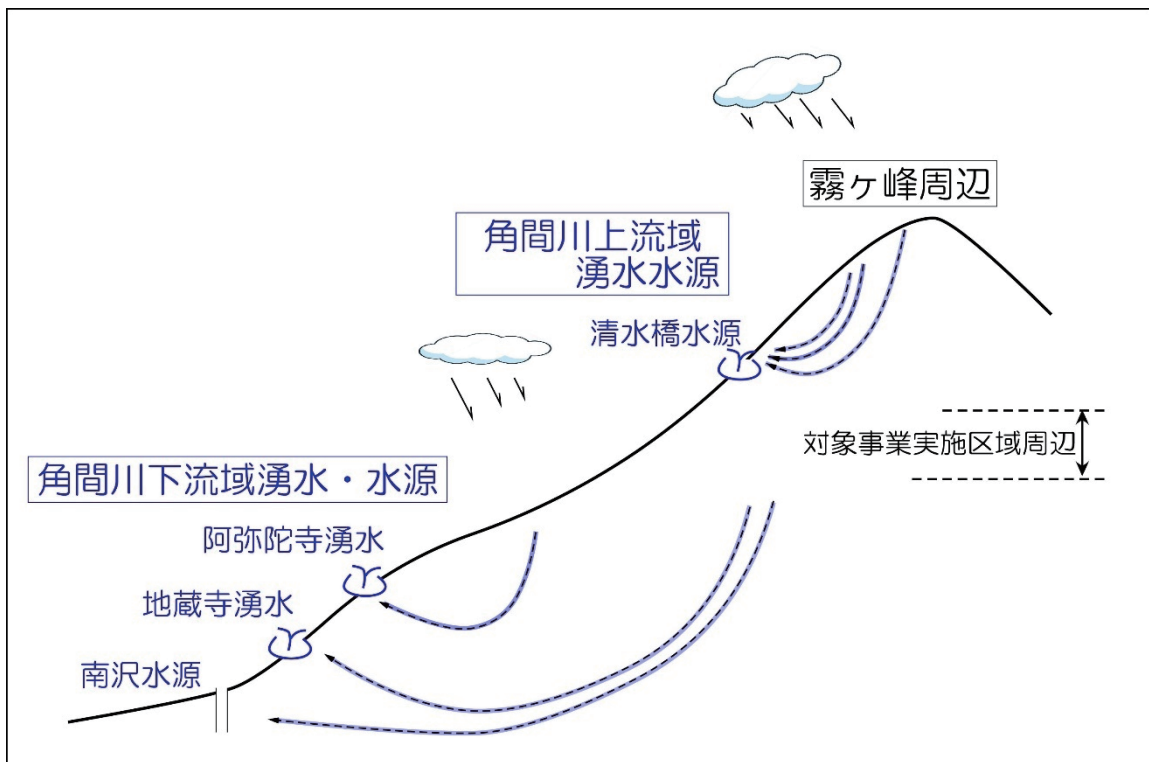
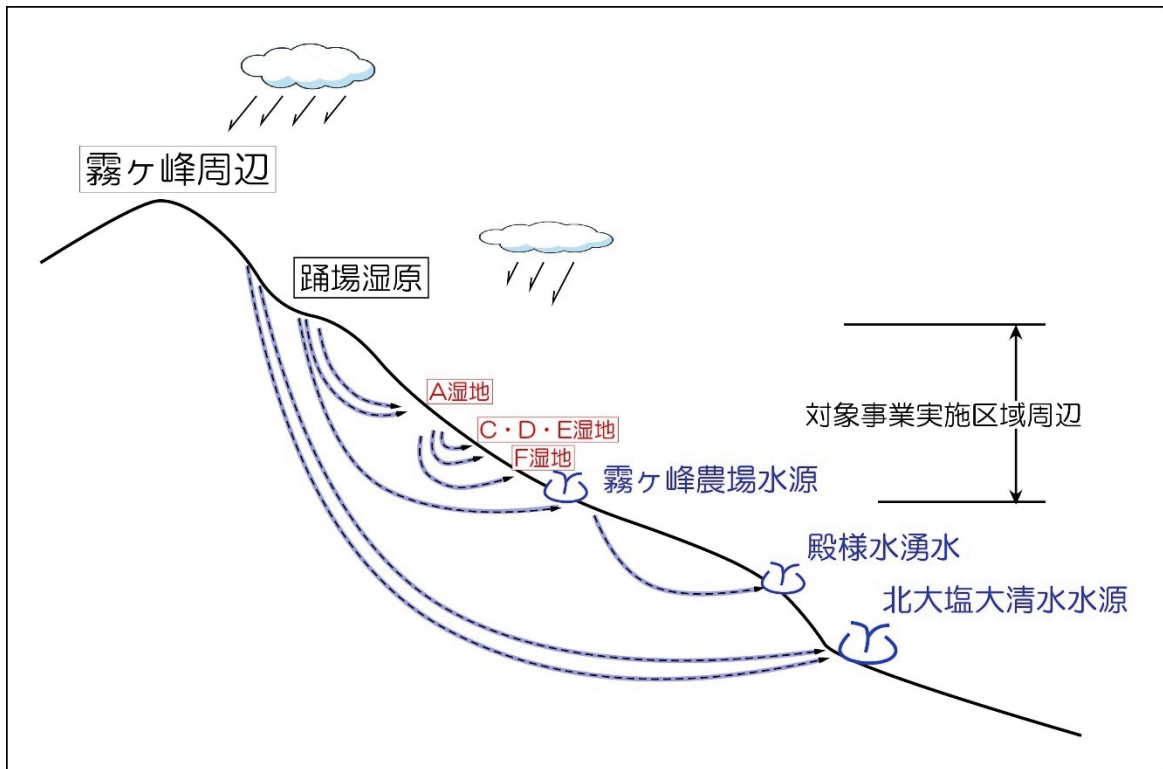


図 4-6-33 霧ヶ峰周辺の水循環系の模式図（上：東側，下：西側）

6) 自記流量観測結果

(1) 自記流量観測地点

自記流量観測は、対象事業実施区域内から流出する河川や湿地湧水を対象に降雨に伴う連続した流出状況を把握し、事業に伴う流出状況の変化を予測するための基礎資料を得るため、図 4-6-7 に示す対象事業実施区域の河川、近隣の霧ヶ峰農場水源などを対象に 7 箇所(図 4-6-7 及び表 4-6-13 参照)に自記水位計を設置し、河川水位の連続観測を実施した。

また、1 回/月の頻度で計器の保守とともに、手測水位測定を実施した。さらに自記観測した水位 (H) データを流量 (Q) に換算する H-Q 相関を求めるため、塩分希釈法による流量観測を実施した。

表 4-6-13 自記水位計設置地点一覧表

地 点	流域面積 (km ²)	対象流域及び観測地点設定理由
Y-7	1.255	対象事業実施区域内からの流出量把握, 茅野横河川中流
Y-13	0.792	A 湿地の流出状況把握, Y-7 の上流
Y-8	0.327	対象事業実施区域内への流入量把握, 茅野横河川上流(最上流)
Y-6	0.337	F 湿地の流出状況把握, 茅野横河川支流(右支流)
Y-11	0.110	E 湿地の流出状況把握, Y-6 の上流
Y-9	1.036	C、D 湿地の流出状況把握, 茅野横河川支流(右支流) (鉄平石採石場上流)
霧ヶ峰農場水源	0.157	霧ヶ峰農場水源の流出状況把握, 桧沢川中流

(2) 自記水位観測結果

自記水位計の設置は、平成 28 年 8 月 8 日～12 日に行った。設置した水位計は、K-style. Japan(株)製の水圧式水位計を設置した。

水位計の諸元を表 4-6-14 に示す。

表 4-6-14 自記水位観測に使用した水位計の諸元

製造元	K-style. Japan 株式会社
型 式	KJ-N700
測定方法	半導体圧力式 大気圧補正付
測定範囲	0～2m
精度	0.2%
測定インターバル	60 分間隔
電源	単 3 乾電池 4 本 (9～28V)
外寸法	センサ：φ23mm、長さ 93mm ロガー：W59mm×H140mm×92mm



写真 4-6-6 自記水位観測に使用した水位計写真

自記水位観測は、平成 28 年 8 月～平成 29 年 8 月 (1 年間) において連続観測を行った。自記水位観測結果は、図 4-6-34～図 4-6-35 に、霧ヶ峰農場付近で観測した日降水量、気温変化 (日平均気温) とともに日平均した水位変化を示した。

この地域は、標高的に 1,000m を超えている。そのため、冬季 (11 月末～4 月初めの約 4 か月間) の日平均気温は、マイナスとなり、特に 1 月～2 月が -10°C 以下を示す。そのため、河床が全面凍結、部分凍結などの状況が認められ、最上流部の Y-8 地点、Y-9 地点及び Y-11 地点で異常値を示している。

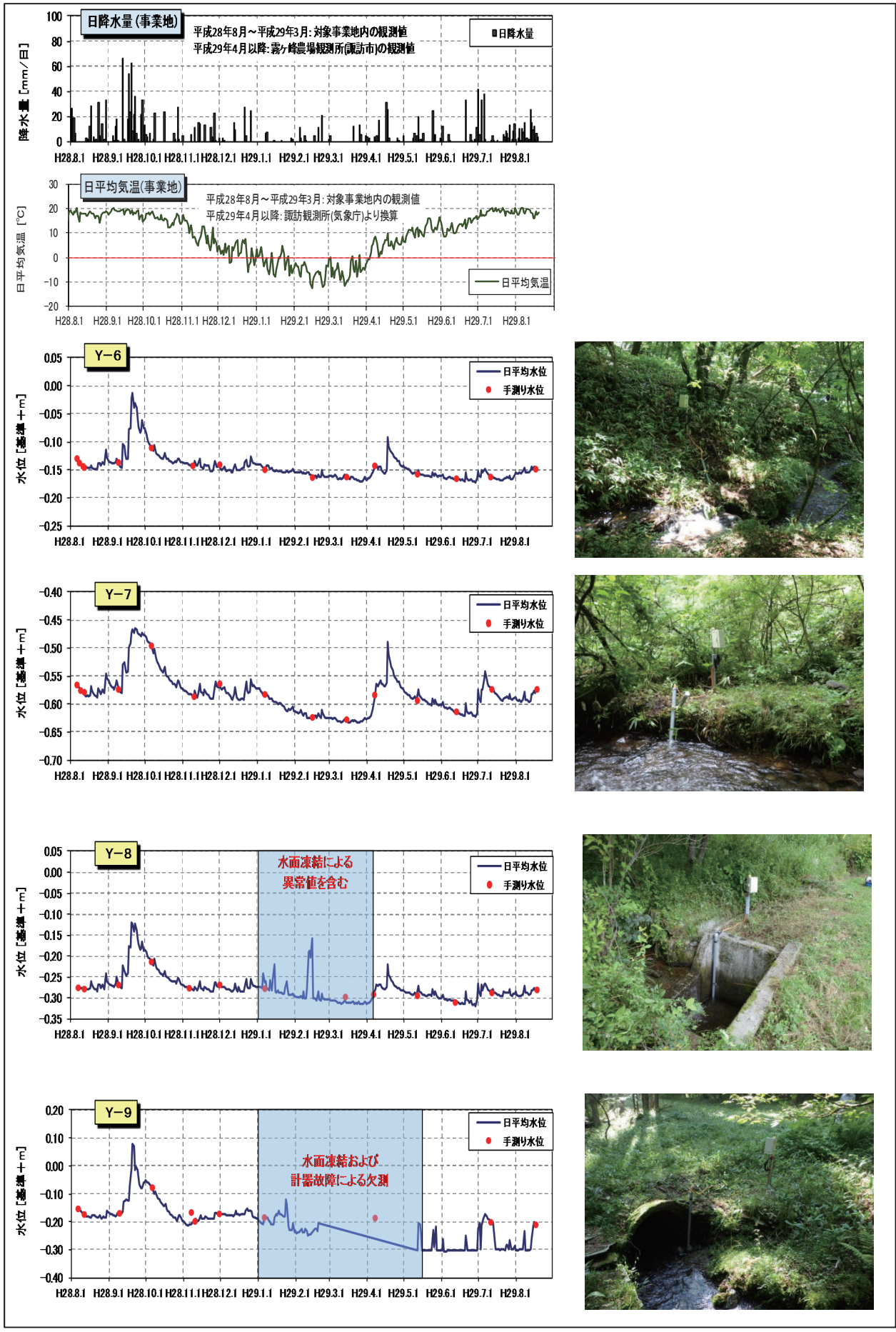


図 4-6-34 自記水位計による河川水位測定結果(1)

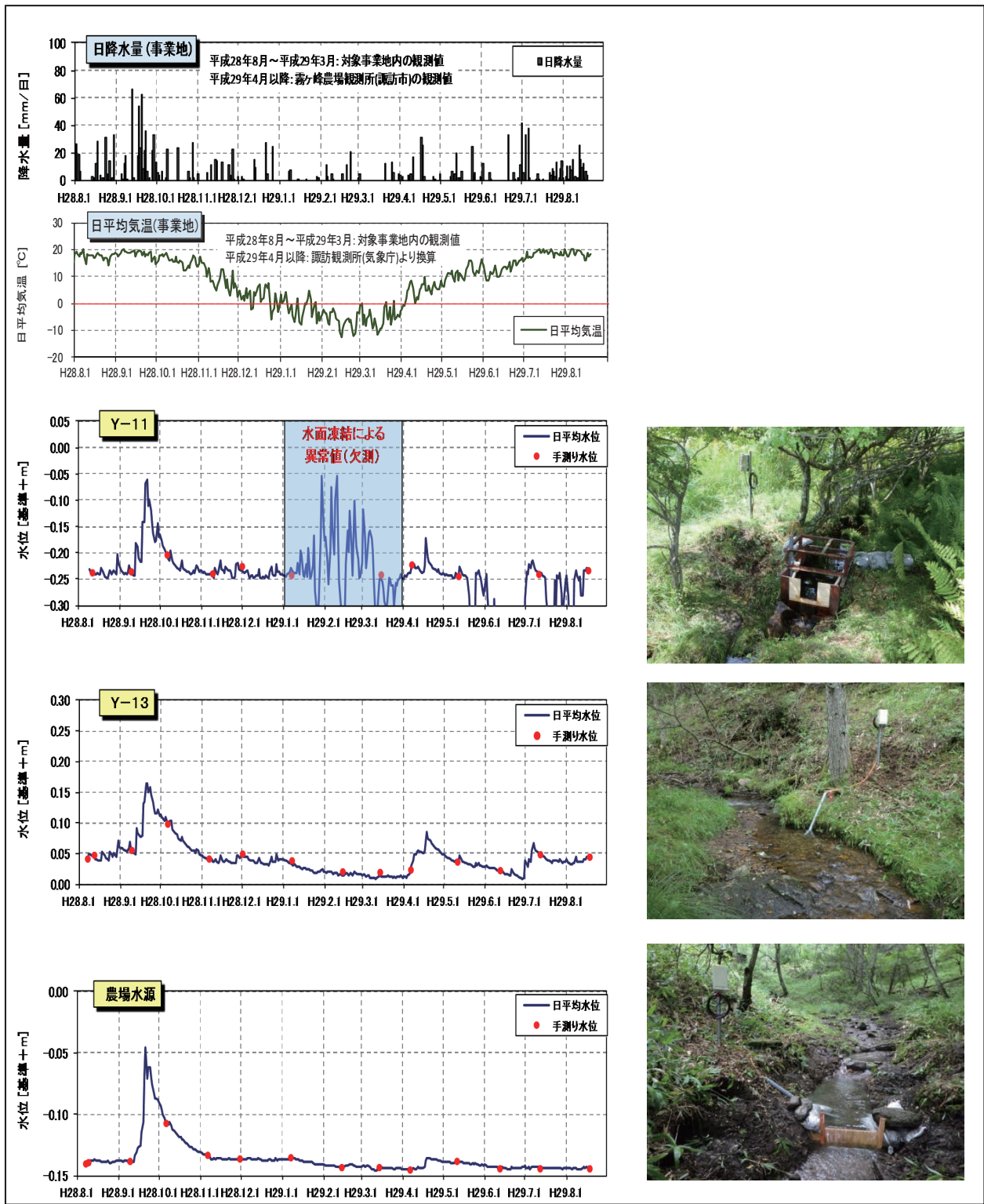


図 4-6-35 自記水位計による河川水位測定結果(2)

(3) H-Q相関

自記水位計により観測された水位データを流量データに換算するため、1回/月の頻度でデータ回収するとともに実測流量を測定し、水位(H)と流量(Q)との関係式を作成した。

表4-6-15にH-Q相関式を示すとともに、図4-6-36～図4-6-37に流量と水位及びH-Q相関図を示す。

表 4-6-15 各地点のH-Q相関

地 点	H-Q相関式	相関係数 (R ²)
Y-6 (F 湿地下流)	$Q = (343.73 H + 67.076)^2$	0.9219
Y-7 (茅野横河川中流)	$Q = (361.94 H + 248.36)^2$	0.9744
Y-8 (対象事業実施区域への流入)	$Q = (284.75 H + 91.651)^2$	0.9916
Y-9 (C、D 湿地下流)	$Q = (212.47 H + 59.23)^2$ 前半(8/9~11/10) $Q = (445.71 H + 101.31)^2$ 後半(11/10~)	0.999 前半 0.9923 後半
Y-11 (E 湿地下流)	$Q = (232.41 H + 82.248)^2$	0.9708
Y-13 (A 湿地下流)	$Q = (457.64 H + 9.5281)^2$	0.9949
霧ヶ峰農場水源湧水	$Q = (340.52 H + 63.838)^2$	0.9903

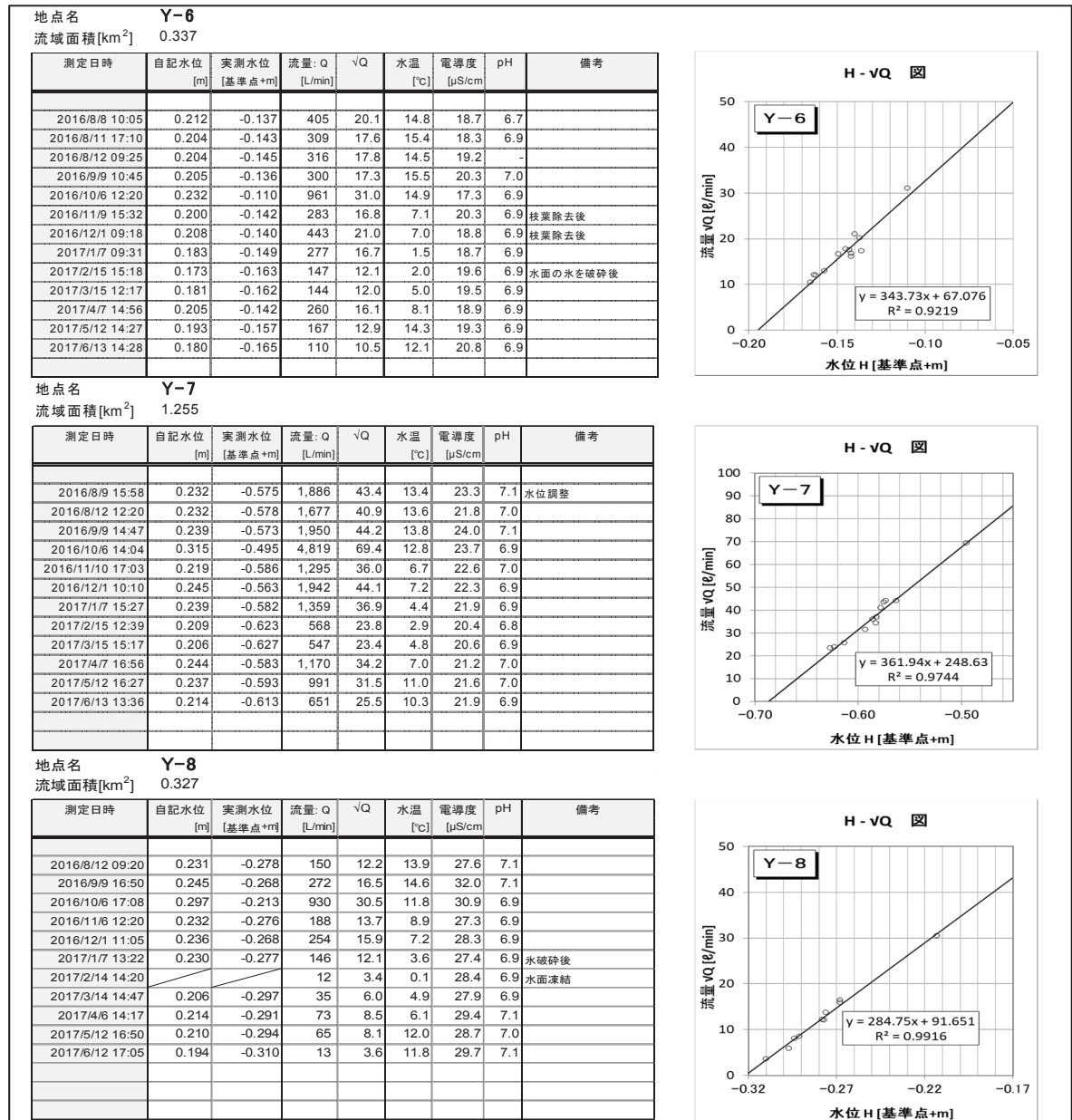
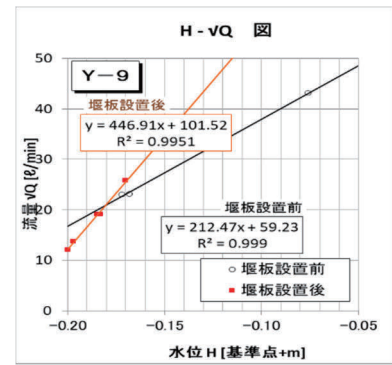


図 4-6-36 現地流量観測結果とH-Q相関図 (1)

地点名 **Y-9**
流域面積[km²] 1.036

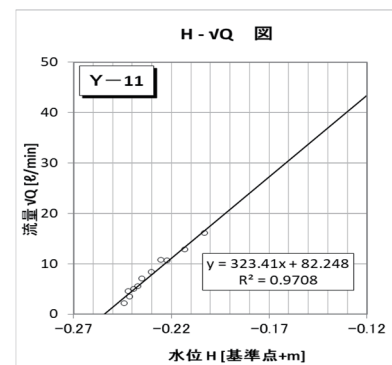
測定日時	自記水位 [m]	実測水位 [基準点+m]	流量・Q [L/min]	√Q	水温 [°C]	電導度 [μS/cm]	pH	備考
2016/8/11 13:00	0.002	-0.172	531	23.1	16.0	19.0	7.1	
2016/9/9 11:44	0.001	-0.168	536	23.2	15.9	20.5	7.0	
2016/10/6 11:12	0.094	-0.076	1,857	43.1	13.3	20.0	6.9	
2016/11/7 10:20	0.014	-0.165	-	-	-	-	-	センサー移動前
2016/11/10 16:15	0.083	-0.197	188	13.7	6.5	20.7	6.9	センサー移動
2016/11/30 15:45	0.107	-0.170	664	25.8	5.8	19.4	6.8	
2017/1/6 14:00	0.059	-0.183	364	19.1	2.1	19.2	6.9	葉枝を除去後
2017/2/15 11:50	0.003	-	0	0.0	-	-	-	全面凍結、流水なし
2017/3/15 11:25	-	-	0	0.0	-	-	-	全面凍結、流水なし
2017/4/7 13:15	-	-0.185	364	19.1	5.2	18.4	6.9	水面凍結、水除去後実測
2017/5/12 13:00	-	-	0	0.0	-	-	-	自記計交換、水なし
2017/6/13 10:20	-0.003	-	0	0.0	-	-	-	水なし
2017/7/11 14:25	-0.163	-0.200	147	12.1	15.9	19.8	7.0	

※ 洪水により河床状況が変化したため、水位計再設置（平成28年11月10日実施）
水位計再設置時に堰板を設置したため、堰板設置前後のH-Q関係式は変更となる



地点名 **Y-11**
流域面積[km²] 0.110

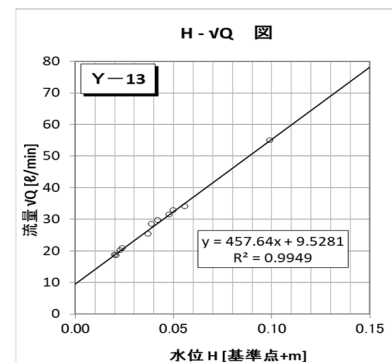
測定日時	自記水位 [m]	実測水位 [基準点+m]	流量・Q [L/min]	√Q	水温 [°C]	電導度 [μS/cm]	pH	備考
2016/8/8 14:10	0.200	-0.230	70	8.4	21.7	13.5	6.5	
2016/8/11 16:20	0.196	-0.237	31	5.6	20.4	12.9	6.7	
2016/9/9 13:35	0.200	-0.235	50	7.0	21.2	15.1	6.6	
2016/10/6 13:03	0.230	-0.203	259	16.1	18.0	13.2	6.3	枝葉除去後
2016/11/9 16:20	0.186	-0.239	25	5.0	6.3	14.1	6.8	枝葉除去後
2016/11/29 14:30	-	-0.213	164	12.8	-	-	-	湿地踏査時
2016/12/1 09:45	0.205	-0.225	114	10.7	5.3	11.1	6.7	枝葉除去後
2017/1/7 11:02	0.178	-0.242	21	4.5	5.3	11.1	6.7	水破砕後
2017/2/15 16:20	0.143	-	0	0.0	-	-	-	凍結、流水なし
2017/3/15 13:30	0.185	-0.241	12	3.5	2.5	11.6	6.6	水破砕後
2017/4/7 15:39	0.214	-0.222	112	10.6	5.7	12.8	6.8	
2017/5/12 15:15	0.190	-0.244	4	2.1	15.0	12.6	6.5	
2017/6/13 14:57	-	-	0	0.0	-	-	-	ノッチ内乾燥



地点名 **Y-13**
流域面積[km²] 0.792

測定日時	自記水位 [m]	実測水位 [基準点+m]	流量・Q [L/min]	√Q	水温 [°C]	電導度 [μS/cm]	pH	備考
2016/8/12 12:10	0.162	+0.048	984	31.4	12.4	25.4	7.1	水位調整
2016/9/9 16:09	0.184	+0.056	1,154	34.0	12.2	27.5	7.0	枝葉除去後
2016/10/6 16:15	0.215	+0.099	3,017	54.9	11.6	27.3	7.0	枝葉除去後
2016/11/6 13:33	0.164	+0.042	886	29.8	9.8	27.0	6.9	枝葉除去後
2016/12/1 10:40	0.170	+0.050	1,078	32.8	8.1	26.4	6.9	
2017/1/7 12:30	0.162	+0.039	812	28.5	5.3	19.2	6.9	枝葉除去後
2017/2/14 14:47	0.144	+0.021	342	18.5	5.5	27.0	6.9	
2017/3/14 15:46	0.143	+0.020	349	18.7	7.5	26.8	7.0	枝葉除去後
2017/4/6 15:09	0.146	+0.024	433	20.8	7.5	25.9	7.0	
2017/5/11 16:36	0.161	+0.037	645	25.4	10.4	26.7	7.0	
2017/6/12 16:17	0.146	+0.023	405	20.1	10.9	27.8	7.0	

※ 流量はY-13-2を加算したものと



地点名 **霧ヶ峰農場水源**
流域面積[km²] 0.157

測定日時	自記水位 [m]	実測水位 [基準点+m]	流量・Q [L/min]	√Q	水温 [°C]	電導度 [μS/cm]	pH	備考
2016/8/9 18:05	0.155	-0.139	284	16.8	9.8	35.9	6.8	
2016/9/9 15:14	0.156	-0.138	260	16.1	9.9	36.4	6.9	
2016/10/6 14:45	0.187	-0.107	742	27.2	9.9	32.0	6.7	枝葉除去後
2016/11/6 14:39	0.164	-0.133	363	19.0	9.4	35.3	6.9	枝葉除去後
2016/11/30 14:31	0.159	-0.136	319	17.9	9.0	36.1	6.9	
2017/1/7 14:21	0.160	-0.135	316	17.8	9.0	35.8	6.9	
2017/2/14 16:32	0.154	-0.143	227	15.1	8.1	36.2	6.8	枝葉除去後
2017/3/14 16:55	0.152	-0.143	221	14.9	8.4	36.3	6.9	枝葉除去後
2017/4/6 16:26	0.152	-0.145	210	14.5	8.9	36.4	6.9	
2017/5/11 15:36	0.157	-0.138	295	17.2	9.9	35.8	6.9	枝葉除去後
2017/6/12 15:14	0.152	-0.144	214	14.6	10.0	36.7	6.9	

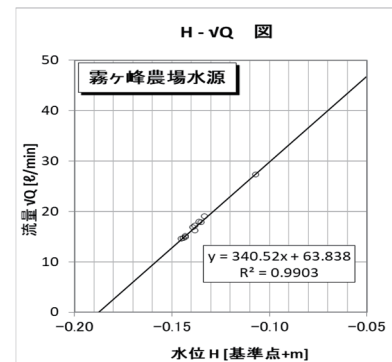


図 4-6-37 現地流量観測結果とH-Q相関図 (2)

(4) 対象事業実施区域内小流域からの流出状況（概略水収支）

対象事業実施区域内小流域からの流出量は、各地点の水位データからH-Q相関式を基に流量に換算し、表4-6-16に流出状況を示すと共に、図4-6-38～図4-6-39に流量時系列変化図として示した。

また、深層における地下水位変化を示す創価学会長野県青年研修道場の井戸水位変化を示した。

冬季凍結していない地点の流量は、上流にA湿地が分布するY-7で9月降雨時に最大6,435(ℓ/分)、冬季の3月で最小370(ℓ/分)、E、F湿地分布域のY-6で9月降雨時に最大3,909(ℓ/分)、冬季の3月で最小64(ℓ/分)、霧ヶ峰農場水源湧水で9月降雨時に最大2,322(ℓ/分)、冬季の3月で最小198(ℓ/分)となり、同じような流量変化傾向を示している。

また、これらの流量変化は、深層における地下水位変化を示す創価学会長野県青年研修道場(井戸深度：200m)の井戸水位変化と一致した変化を示している。

特に、霧ヶ峰農場水源湧水と創価学会長野県青年研修道場井戸の水位変化はほとんど同じ変化傾向を示していることから、霧ヶ峰農場水源湧水の流量変化は降雨直後の直接流出を含まない地山の地下水流出分によるものと推測される。

湿地C、D下流のY-9流域では、9月降雨時に最大5,986(ℓ/分)、冬季凍結の時期もあるが気温が上昇した5月～6月で枯渇状態となっていた。

対象事業実施区域からの合計流出量(Y-7、Y-6、Y-9の合計)は、9月降雨時に最大16,330ℓ/分、冬季の3月で最小434ℓ/分、平均で2,900ℓ/分となっていた。

表4-6-16 各流域の流出状況

地 点	最大流量 (ℓ/分)	最低流量 (ℓ/分)	平均流量 (ℓ/分)	備 考
Y-6	3,909	64	352	
Y-7	6,435	370	1,591	
Y-8	3,472	0	307	冬季凍結のため1月～4月除く
Y-9	5,986	0	523	冬季凍結のため1月～4月除く
Y-11	3,933	0	140	冬季凍結のため1月～4月除く
Y-13	7,313	184	974	
対象事業実施区域合計	16,330	434	2,900	Y-7、Y-6、Y-9 合計流量
霧ヶ峰農場水源湧水	2,322	198	327	

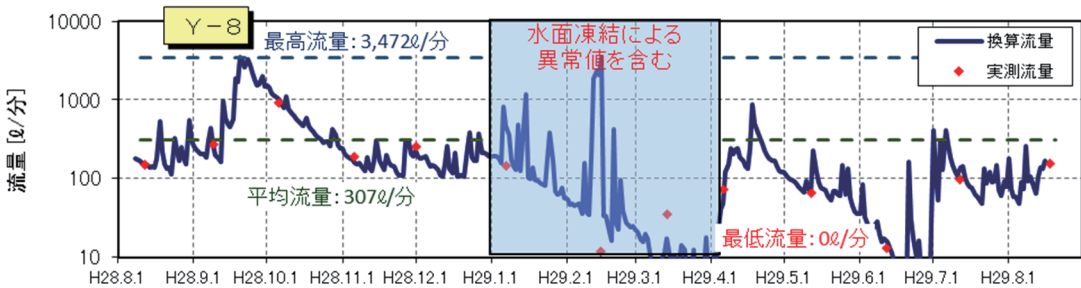
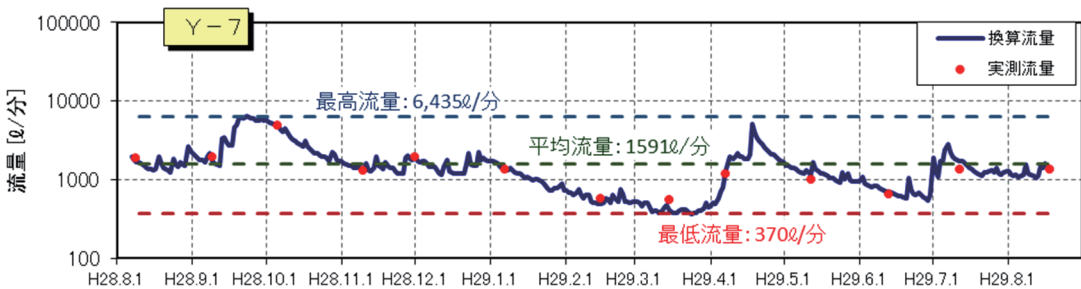
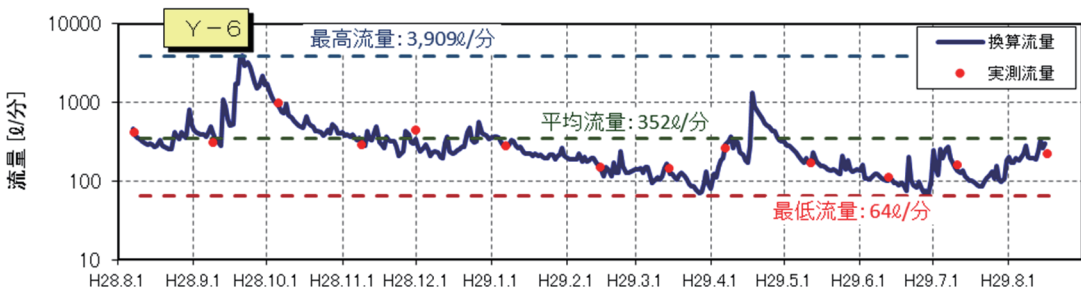
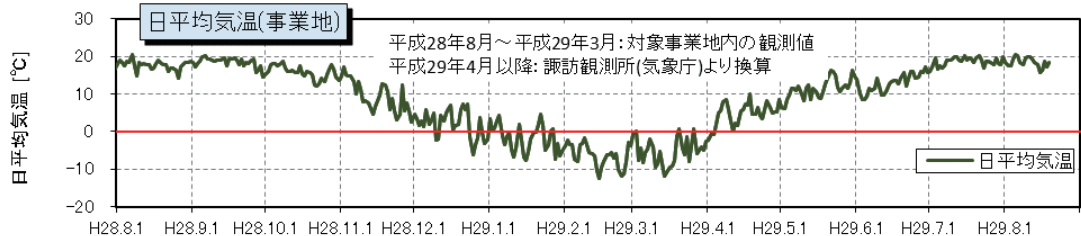
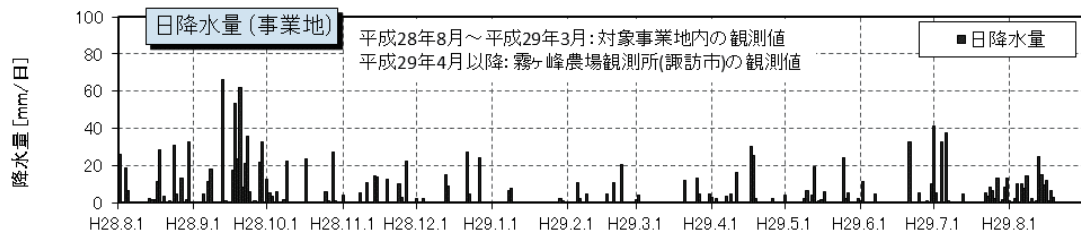


図 4-6-38 流量の時系列変化図(1)

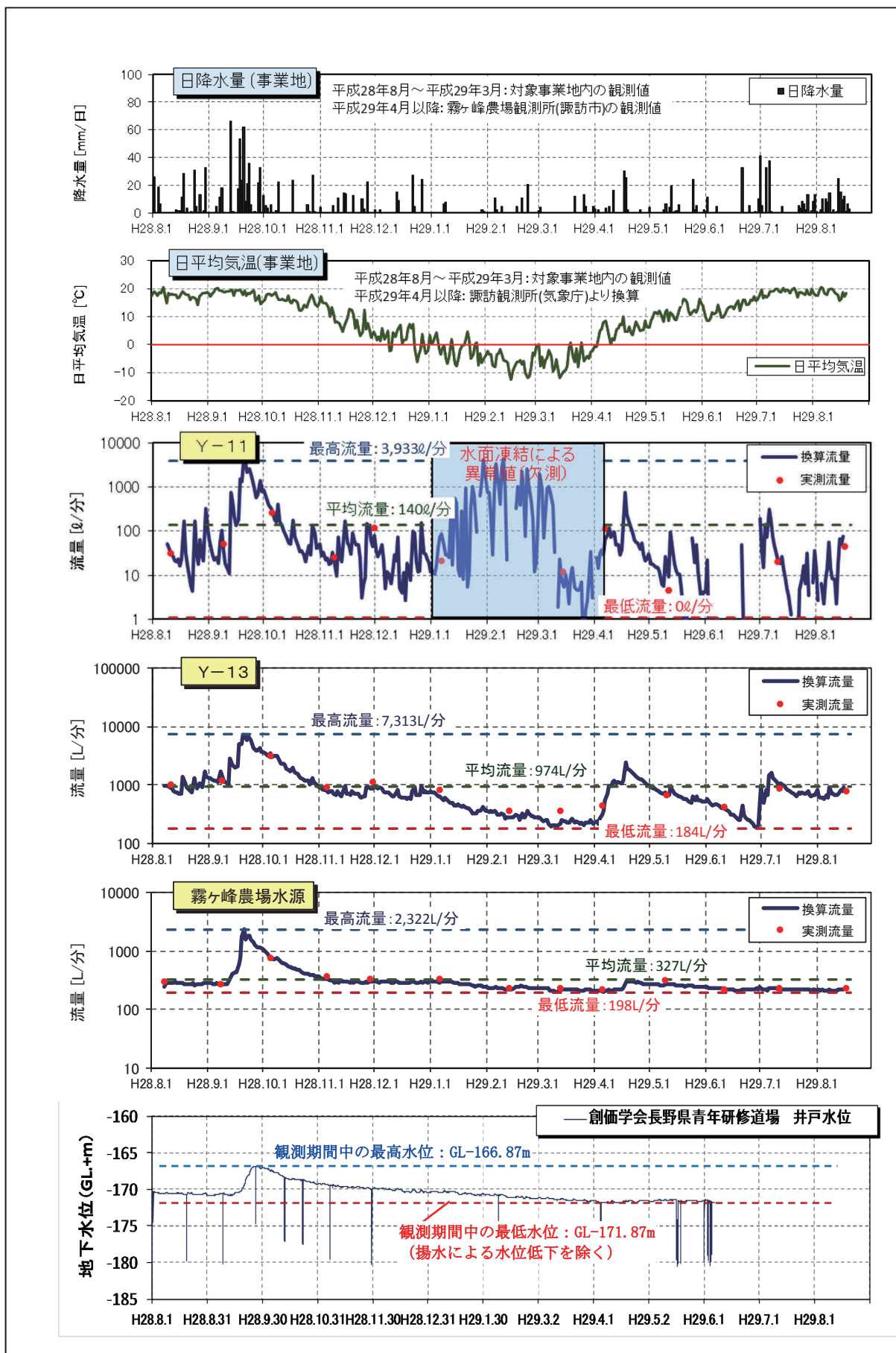


図 4-6-39 流量の時系列変化図(2)

各流域における観測期間中の総流出量と気象データ（降水量、蒸発散量）からその流域における概略水収支を検討し、表 4-6-17 に示した。

深層の貯水量（水位）が一定と仮定した理論上の総流出量は、流域に降った雨（P）から蒸発散量（E）を差し引いた（P-E）が総流出量となるはずである。先述の図 4-6-13 は、対象事業実施区域での平成 28 年 4 月～平成 29 年 8 月間における降水量（P）と降水量から月平均気温を基に求めた蒸発散量（ソーンズウェイト法により算出）を差し引いた（P-E）を月別に示した図である。

上記の気象データを基にした概略水収支は、Y-7 流域で平成 28 年 8 月 9 日～平成 29 年 8 月 16 日までの降水量が 1,463mm、可能蒸発散量が 580mm、理論上の総流出量（P-E）が 883mm となり、流域面積を掛ければ約 1,107,789^m³となる。

Y-7 流域の実測総流出量は、853,888^m³であり、（P-E）に比べると約 77%の流出量となっている。このようにして各流域の実測総流出量と理論上の流出量を比較した。Y-6、Y-7、Y-11、Y-13 などの流域も実測総流出量は、理論上の流出量を下回り、約 63～77%の水量となっている。

特に Y-9 及び Y-8 流域は、Y-9 流域で 28%、Y-8 流域で 53%であり、非常に少ない水量となっている。

このような現象は、地下に浸透した雨水が更に下位層に浸透し、茅野横河川下流や流域外に流出していることを示唆する結果となっている。

表 4-6-17 各流域における総流出量及び概略水収支表

地点	流域面積	期間	期間降水量(P)	期間蒸発散量(E)	P-E	理論的な総流出量	実測流出量合計	備考
	[km ²]		[mm]	[mm]	[mm]	[m ³]	[m ³]	
	①		②	③	④=②-③	⑤=①×④×1000	⑥ (下段:⑥/⑤)	
Y-6	0.337	H28.8.9 ~ H29.8.16	1,463	580	883	297,470 (100%)	188,789 (63%)	
Y-7	1.255	H28.8.9 ~ H29.8.16	1,463	580	883	1,107,789 (100%)	853,888 (77%)	
Y-8	0.327	H28.8.9 ~ H28.12.31	813	221	592	193,649 (100%)	101,721 (53%)	冬季凍結のため、 H28.12までとする
Y-9	1.036	H28.8.9 ~ H28.12.31	813	221	592	613,519 (100%)	174,691 (28%)	冬季凍結のため、 H28.12までとする
Y-11	0.110	H28.8.9 ~ H28.12.31	813	221	592	65,142 (100%)	48,803 (75%)	冬季凍結のため、 H28.12までとする
Y-13	0.792	H28.8.9 ~ H29.8.16	1,463	580	883	699,098 (100%)	523,127 (75%)	
霧ヶ峰 農場水源	0.157	H28.8.9 ~ H29.8.16	1,463	580	883	138,584 (100%)	175,967 (127%)	