

令和6,7年度 犀川三川合流部地下水涵養施策の効率化 へ向けた地下水涵養・流動過程の解明



信州大学理学部理学科 物質循環学コース
(学術研究院理学系)

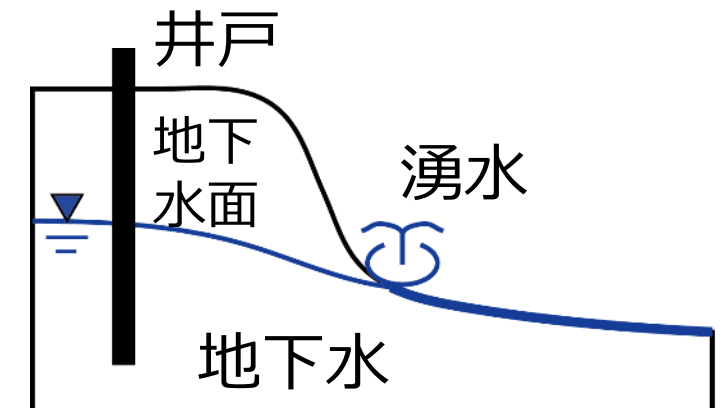
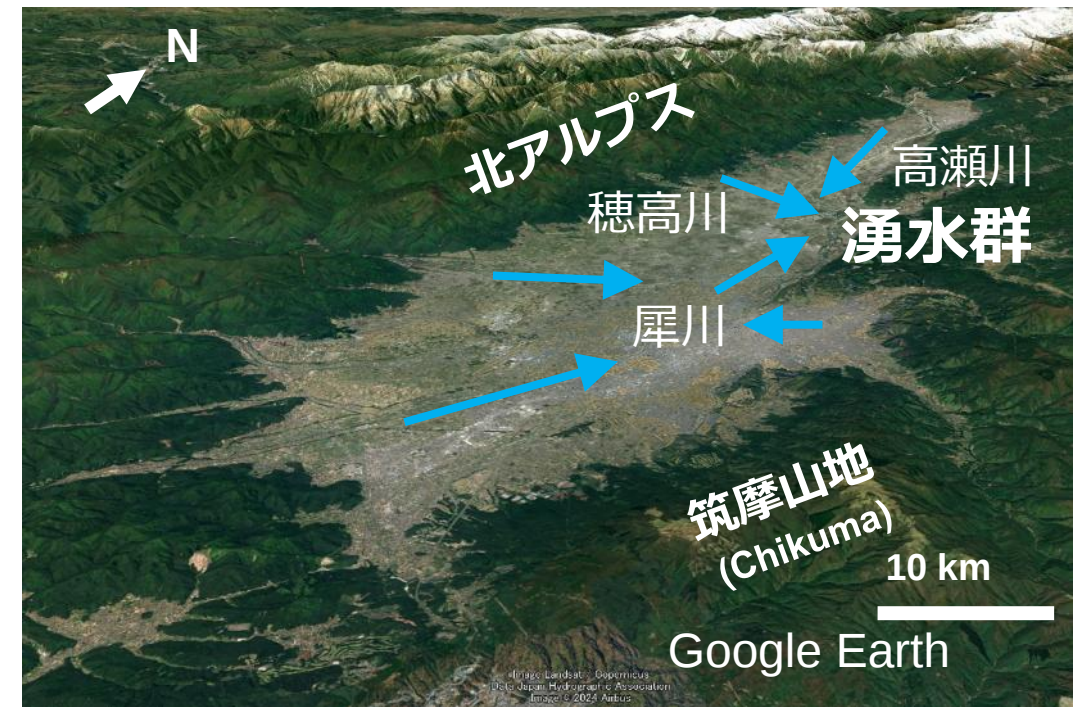
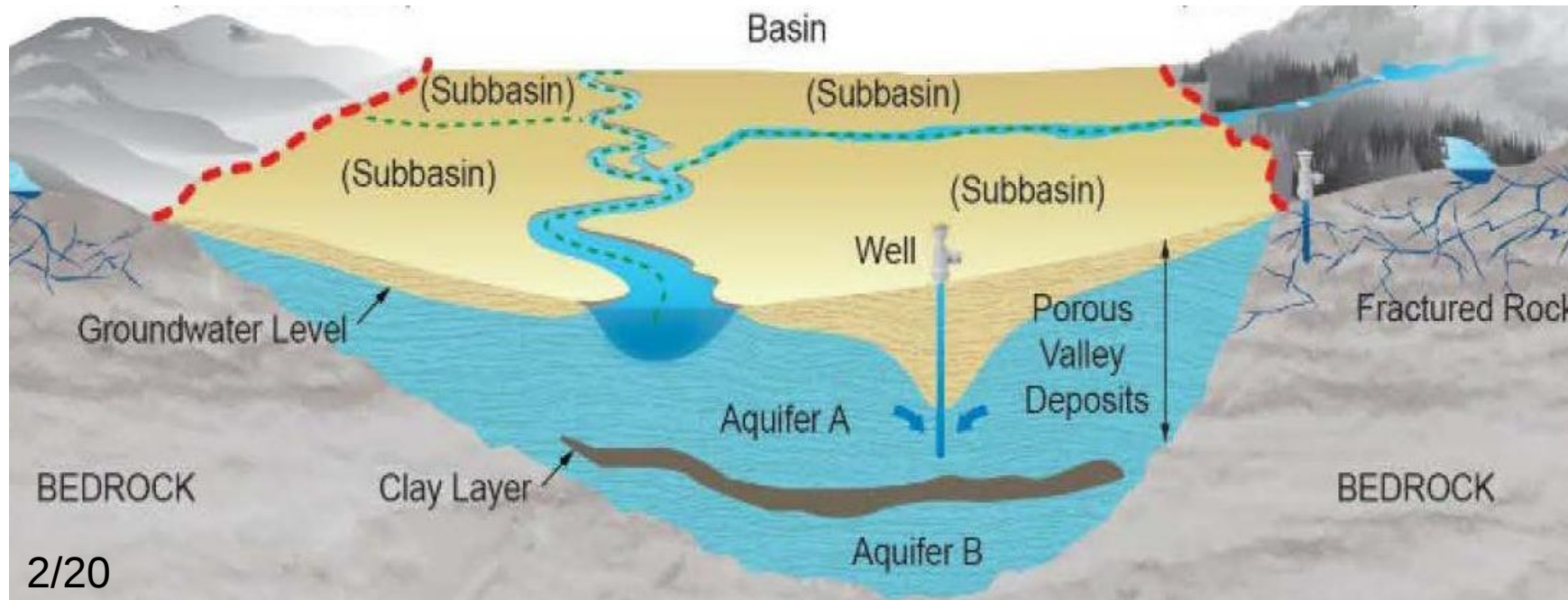
助教 榊原 厚一

研究協力：
信州大学 総合理工学研究科 物質循環学ユニット
□ 修士1年 中井 菜月

信州大学 理学部理学科 物質循環学コース
□ 学部4年 野畑 公平
□ 学部3年 江島 輝昭

- ◆ 松本盆地は1つの大きな水がめである
- ◆ 一か所へ地下水流が集まっている

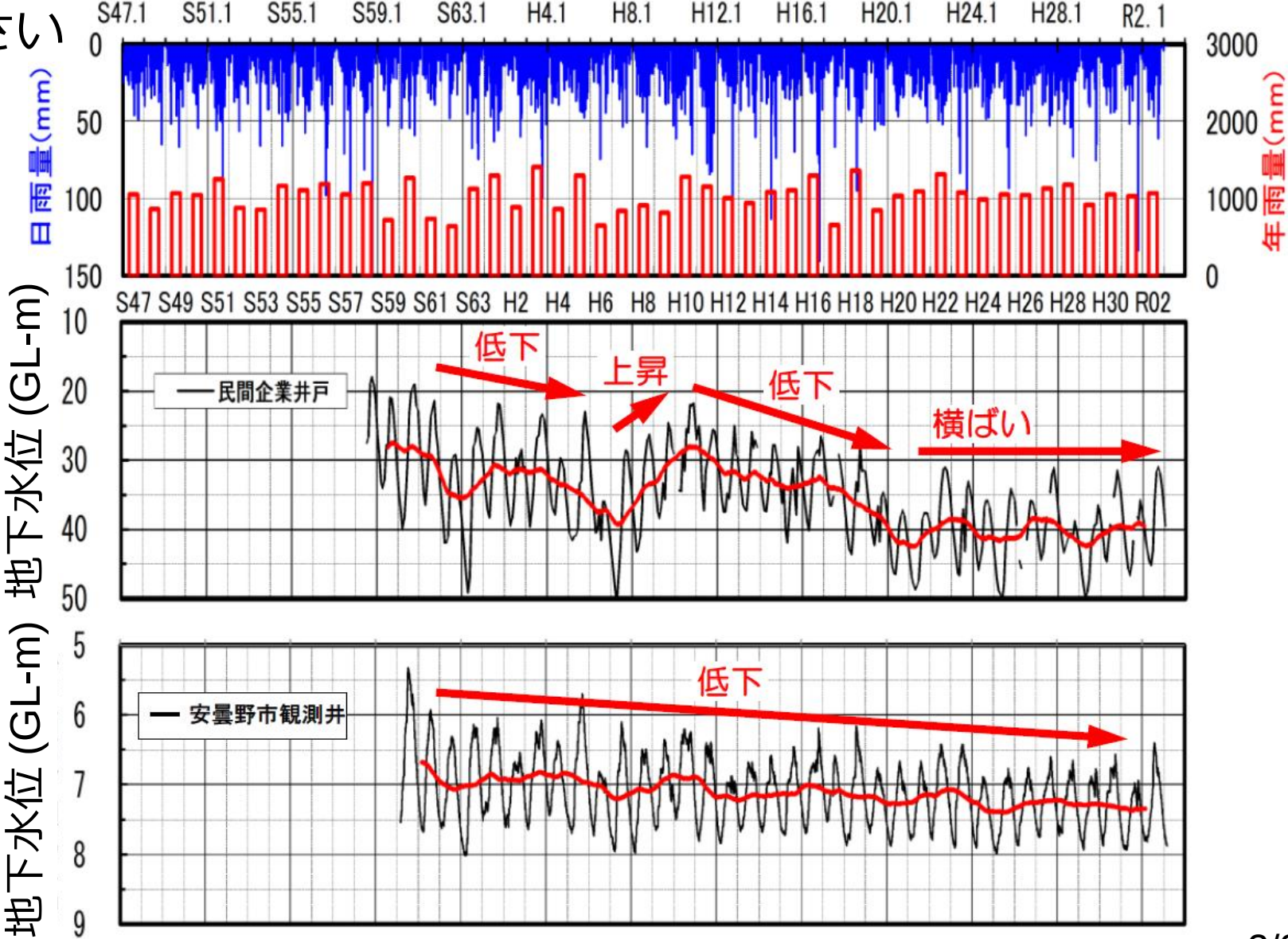
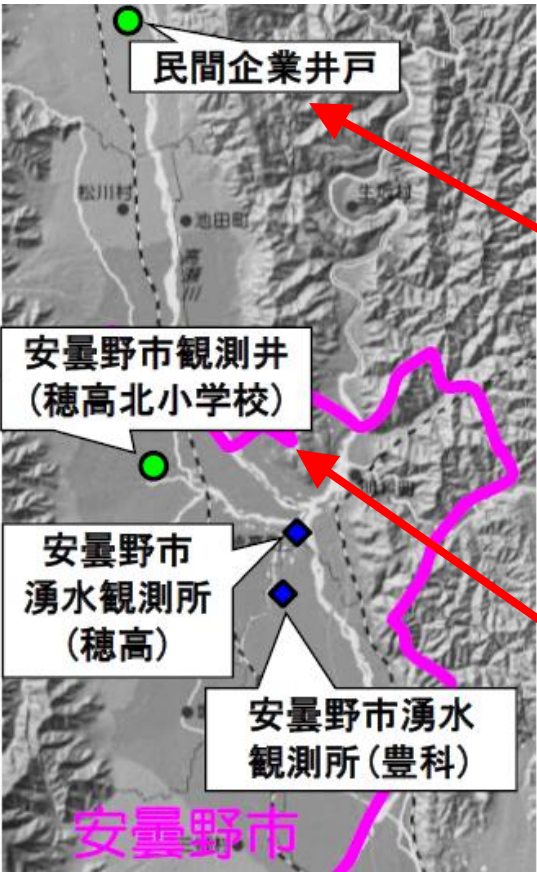
盆地内地下水の模式図



出典：
カリフォルニアの地下水
<https://mavensnotebook.com/explainers/california-groundwater/> (2024/10/9 アクセス)

地下水位の全体的な低下傾向が報告されている

一方、降水量は変化小さい



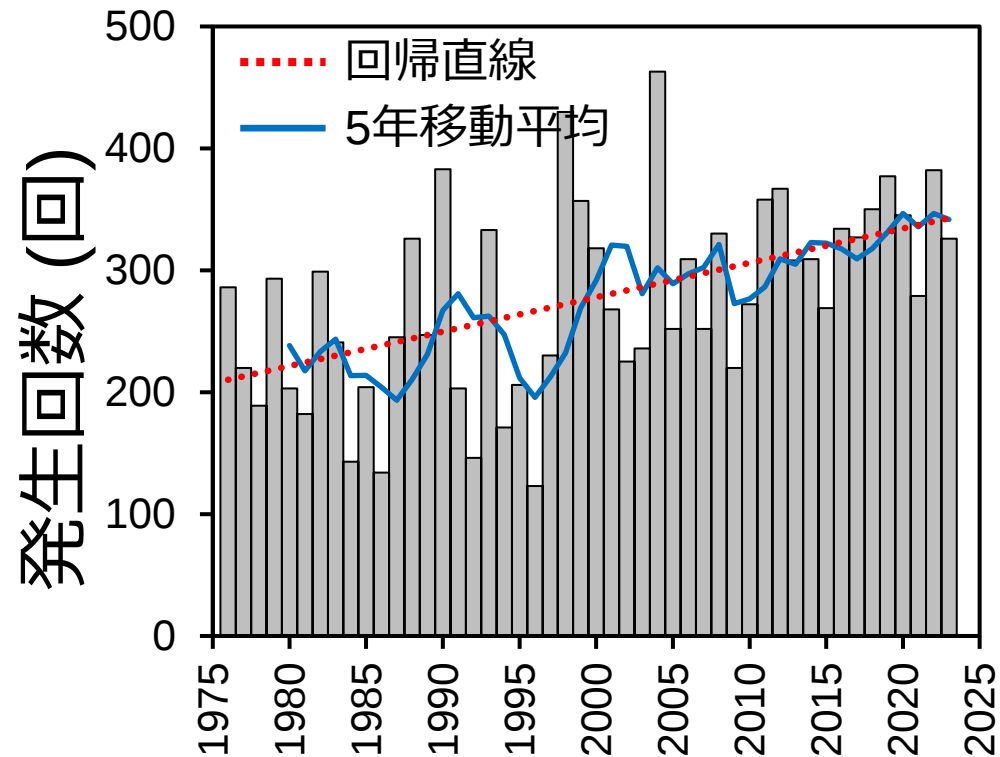
出典：安曇野市 (2022) 安曇野市
水環境基本計画 (マスタープラン)
中間見直し版

降水量の変化は少ないのに、
地下水位は低下傾向なのか？
(自然的側面)

顕著な低下は免れている (?)

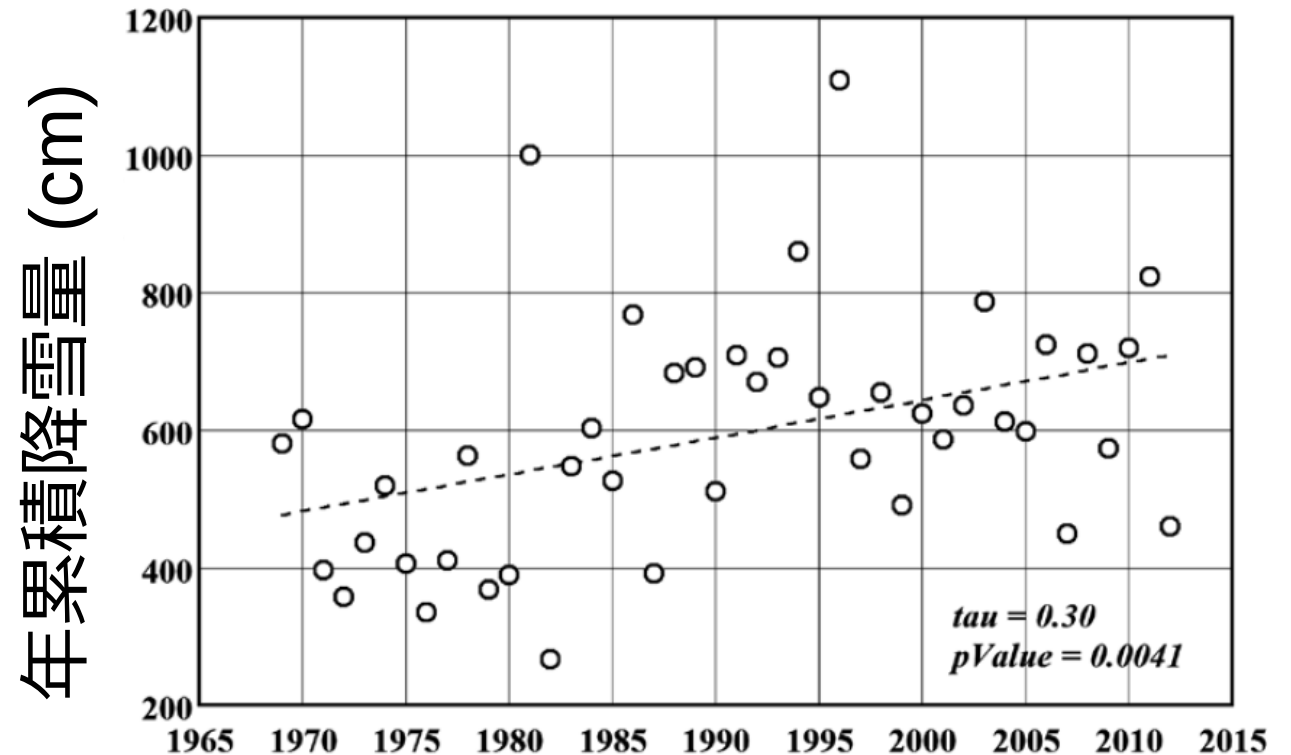
山岳の積雪の増加が関連する

50mm/hr以上の降水の発生回数



出典：気象庁全国アメダス 1300地点のデータ

上高地の年累積降雪量の時間変化



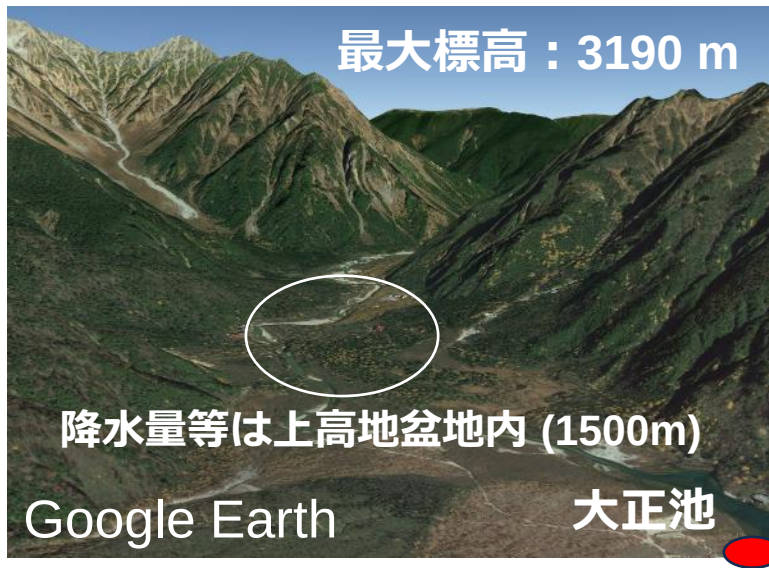
出典：鈴木 (2017), 日本水文科学会誌 47, 87-96.

山岳域における水文データの年変化

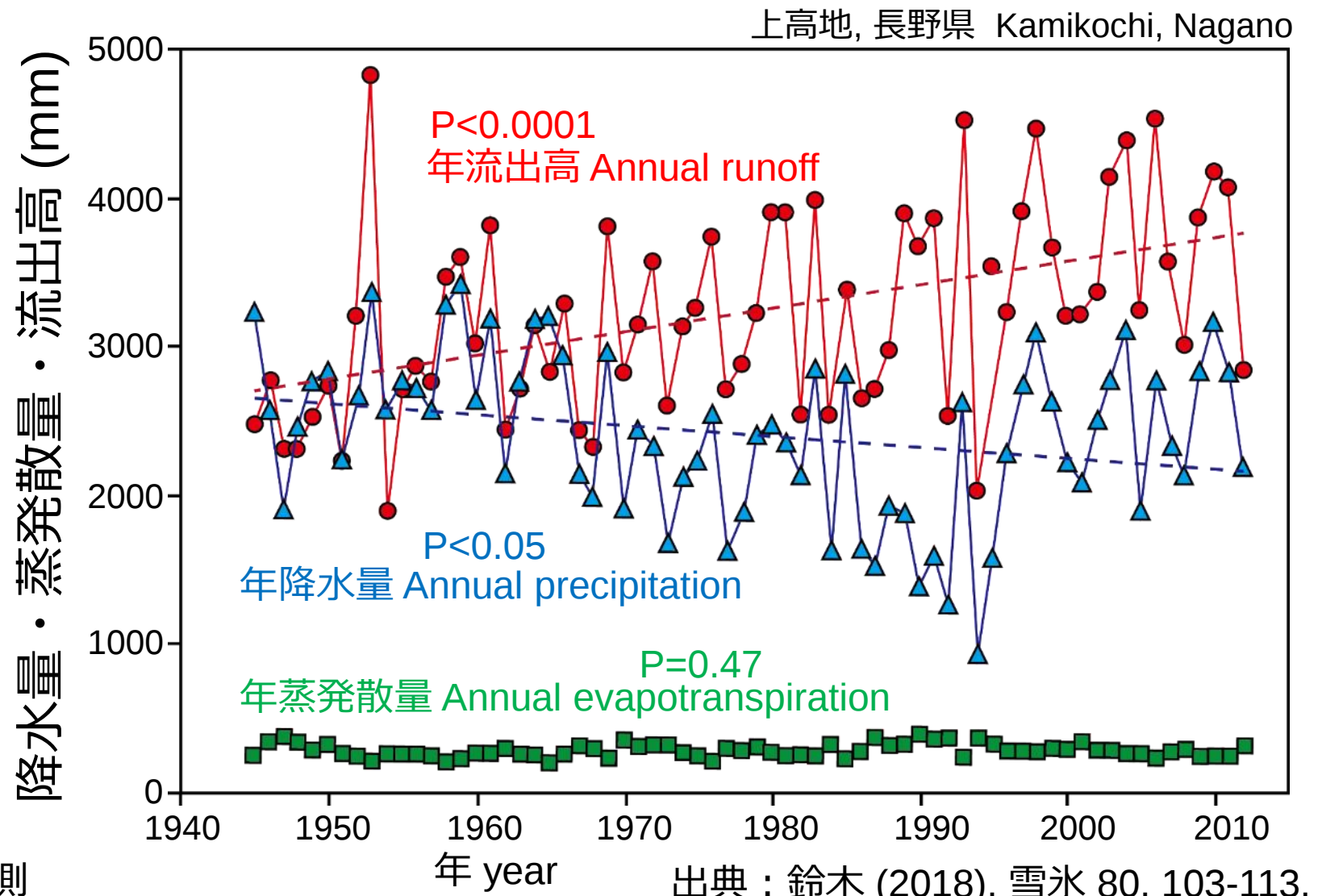
- ◆ 盆地内降水量：有意な低下
- ◆ 蒸発散量：明確な変化なし
- ◆ 流出量：有意な増加



- 高標高域の降水量が増大
- 松本盆地の水資源に寄与

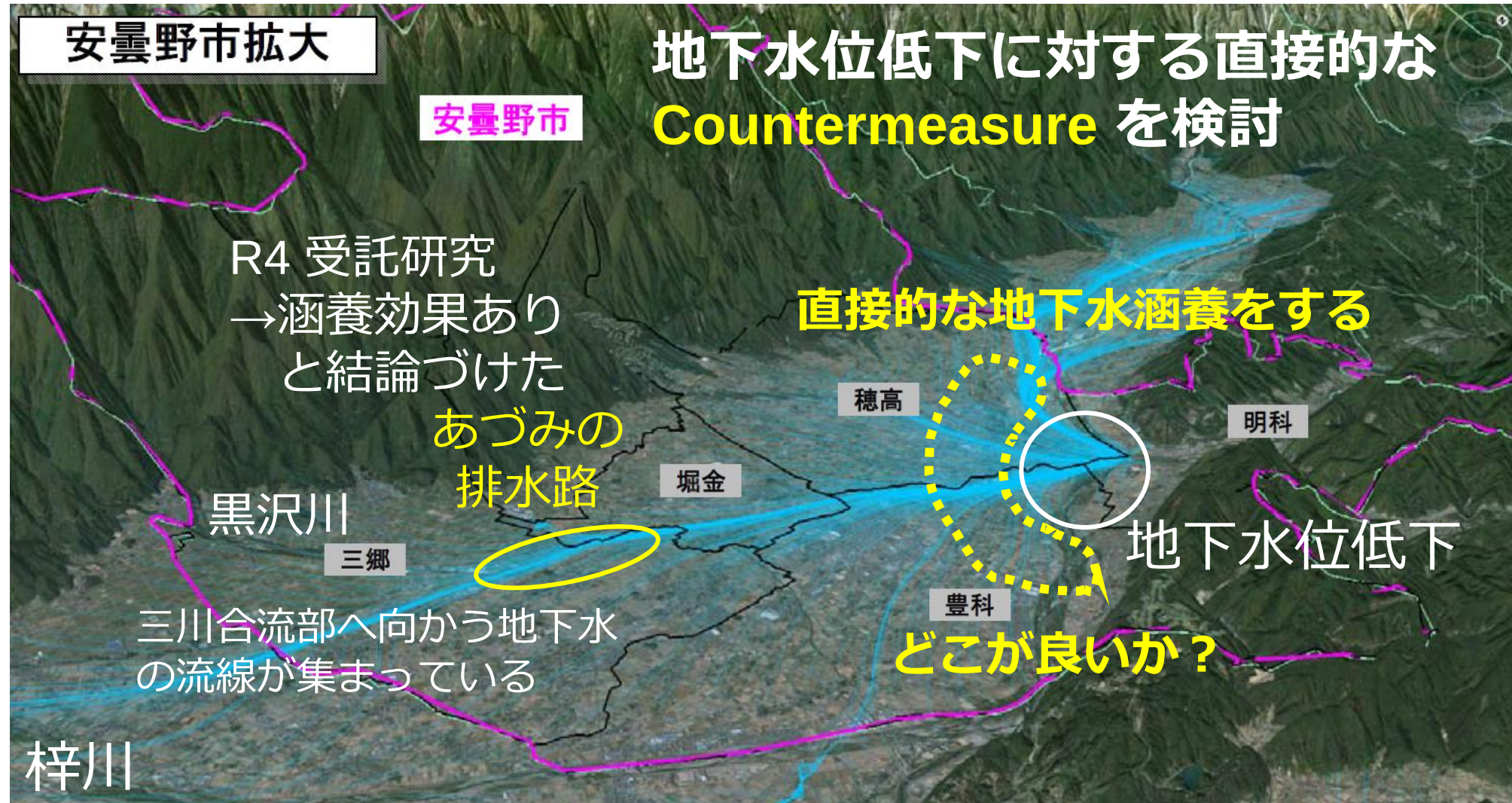


流出観測



R6-R7の本受託研究で何をするか？(何をしているか)

安曇野市とその周辺の地下水流動系



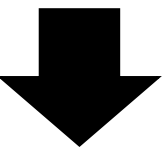
出典：安曇野市 (2017) 安曇野市水環境基本計画 (マスタープラン)

研究目的：

三川合流部周辺における出水時の流出水（湧水）に対する降水と地表水への寄与過程及び、湧水の涵養域と起源を明らかにすることで、今後の涵養施策の有効的な対象域を科学的に示すこと。

一言で言うと...

どこで涵養施策を実施すると良いか？に答えること

 どうやって明らかにする？

面的・広域に地下水涵養が生じるタイミングに三川合流部の地下水・湧水がどのように応答するかを調べる

- ◆ 混合する水は何か？
- ◆ どこから流れてくるか？
➡ **施策の効果的な場所の把握**
- ◆ 流動系はどう変化するか？
➡ **施策の影響評価**

全体スケジュール

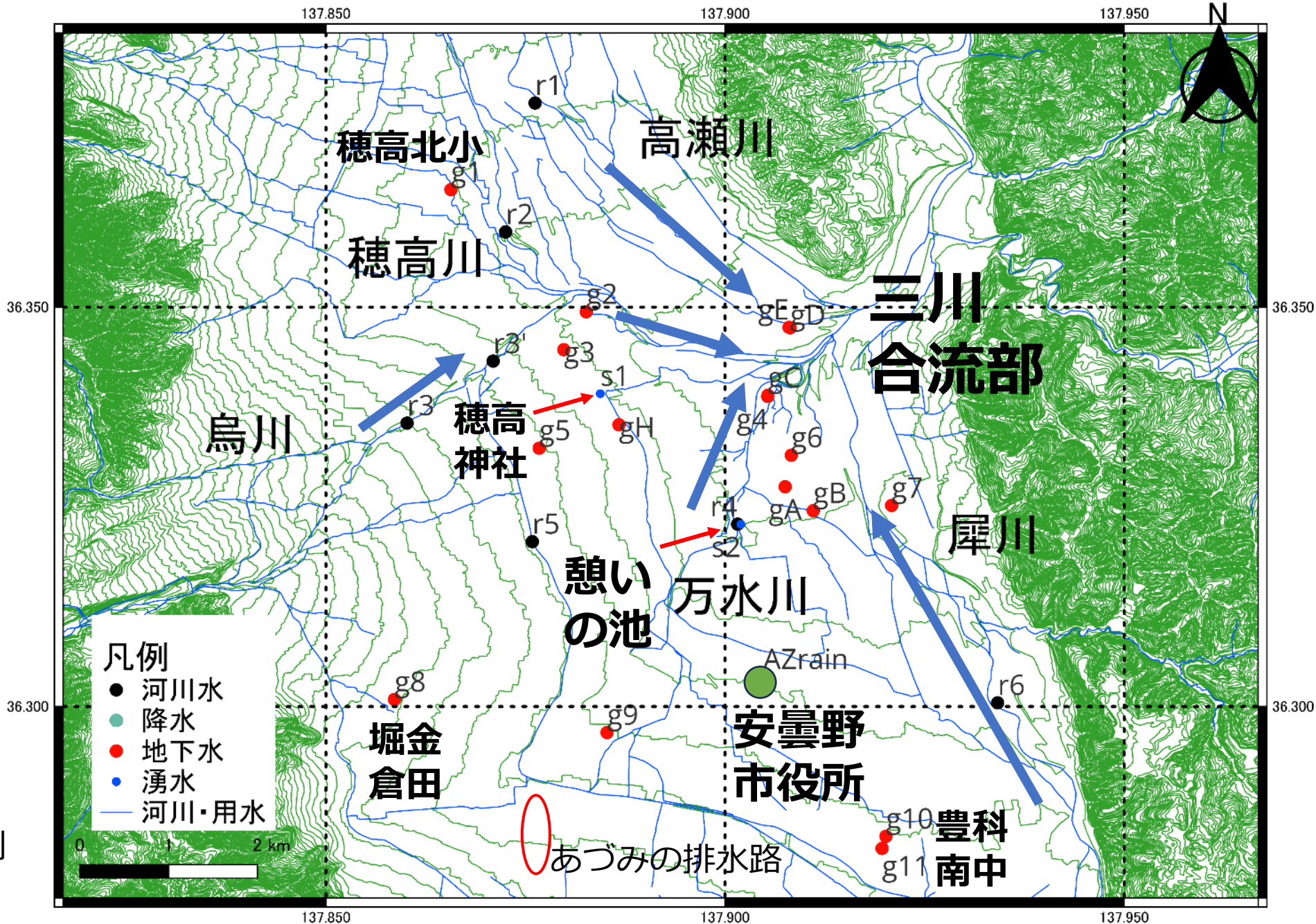
★R6年度 → 機器や観測システムの構築, データ収集

- 2024.4 : 地下水位計, 雨量計, 大気圧計, 降水回収器などの設置
- 定期採水とデータ回収 (概ね1か月～数か月ごと)
- 2024.7, 2025.2 : 地下水一斉調査 (協力: 株式会社サクセン様)
- 2024.5.28 (91.5mm), 11.2 (79 mm) 降雨イベント直後の観測・採水
- 地下水面図作成, 地下水流向・流速の実測
- 化学分析: 水温, pH, EC, 主要イオン (10項目), 水の同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$)

★R7年度 → 観測・分析の継続, 解析, 取りまとめ

- 観測・採水・分析の継続 (R7年夏ごろまで)
- 追加分析の計画: 硝酸イオンの同位体比, 微量元素 等 (地表水の混入, 深層地下水の挙動の評価 *追加費用不要, 良い成果なら本研究に含める)
- 涵養施策の有効域の考察と成果取りまとめ

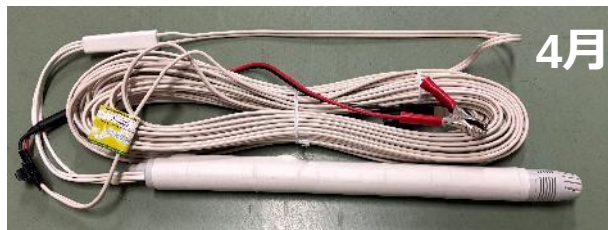
研究地域



- ◆ 井戸ABCDEの5か所を観測
- ◆ その他の水位データは、安曇野市様より提供

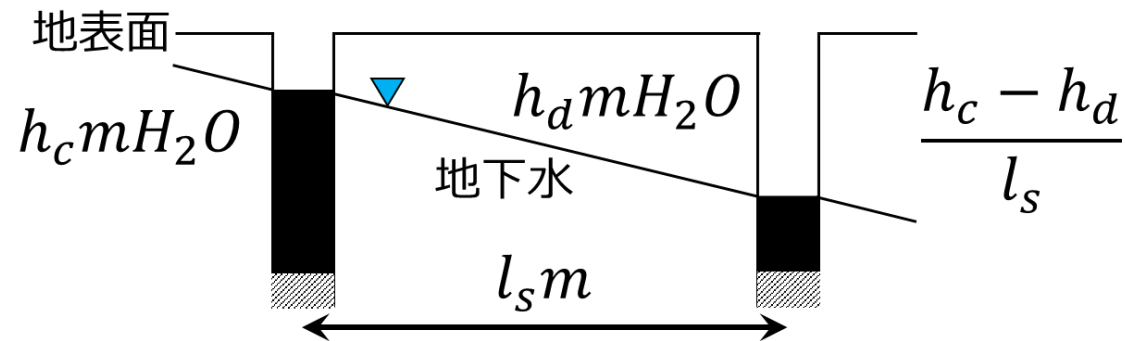
地下水調査

水位測定



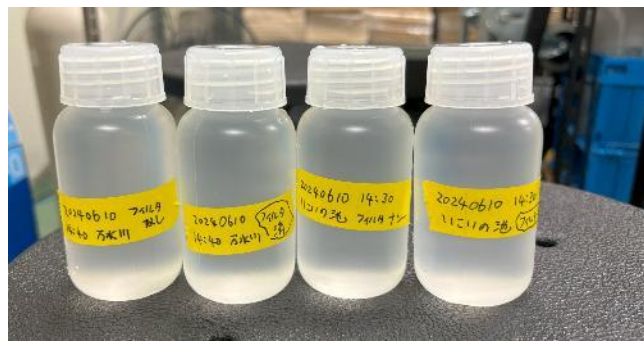
地下水採取

↑ 揚水ポンプ
↓ 簡易採取器

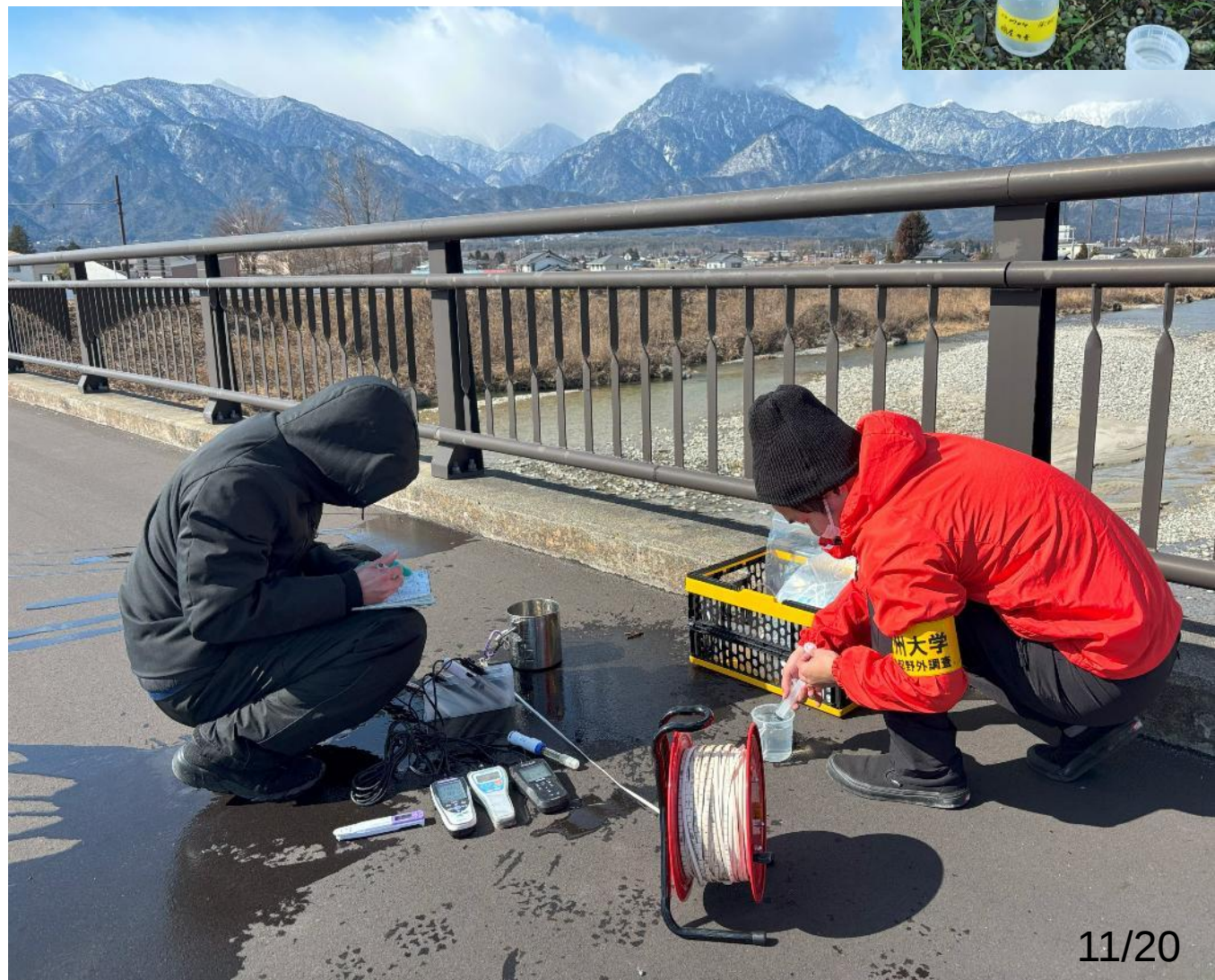


降水調査，現場水質測定，採水調査

雨量計・降水採取器 (市役所)



水質測定・採水



<<分析>>

13項目以上

130試料以上 (R6)

→R7で100試料程度

水温, pH, EC, DO, Na⁺,
K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, F⁻,
Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻
δ¹⁸O, δ²H

[今後一部の水] Li, Sr, Mn,
SiO₂, δ¹⁵N-NO₃, δ¹⁸O-NO₃



超純水精製器



陰イオン分析
イオンクロマトグラフ

水の同位体分析



同位体分析計

陽イオン分析 イオンクロマト グラフ

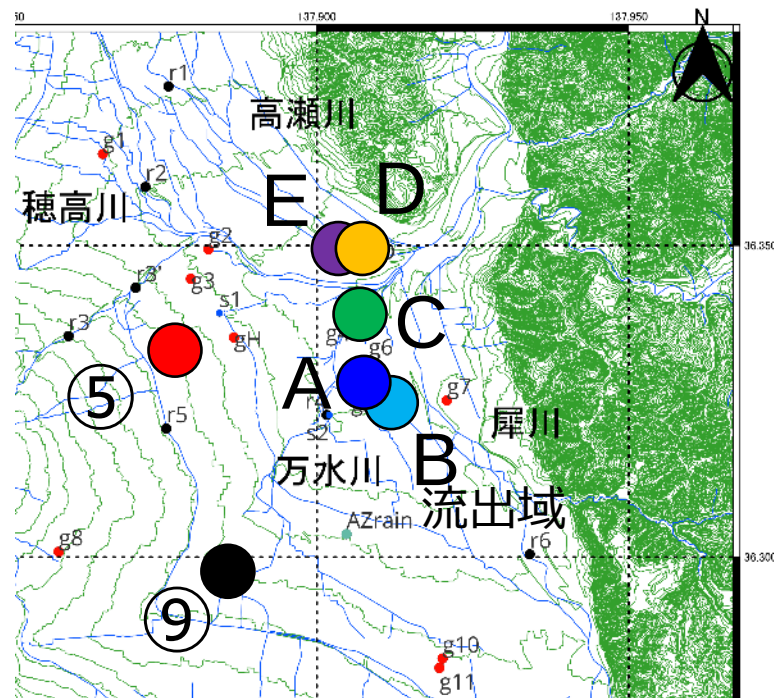


微量元素分析

(ICP-MS)

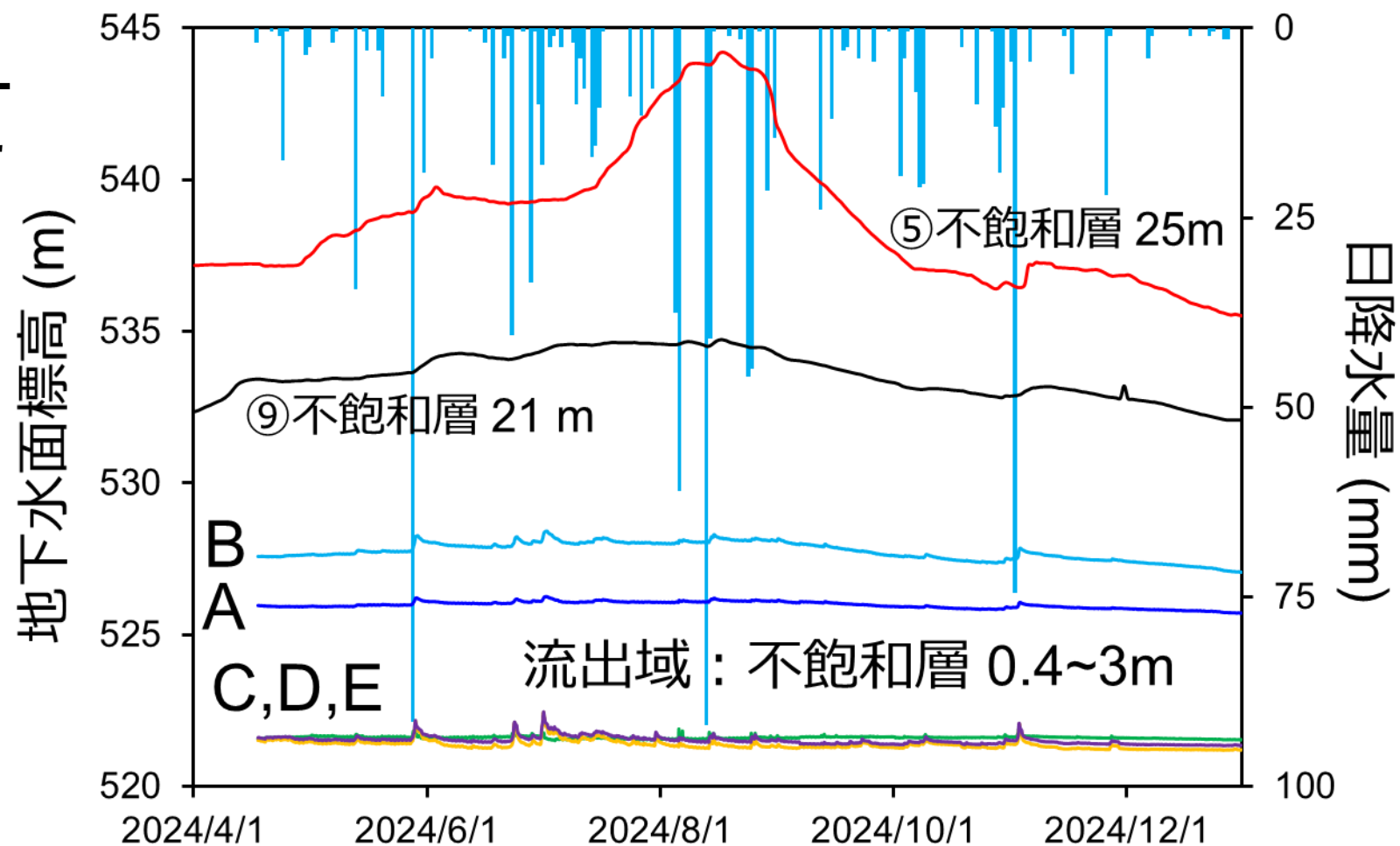
誘導結合プラズマ質量分析計

地下水位について

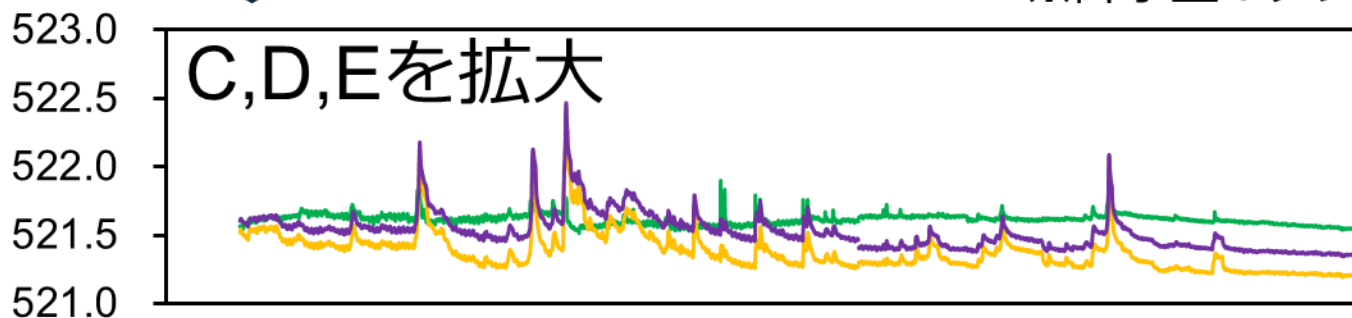


- ◆流出域外は不飽和層が厚い
- ◆流出域は地下水面が浅い
- ◆流出域：降雨に明確に応答
→急速な地下水涵養がある

流出域での施策が即効性がある

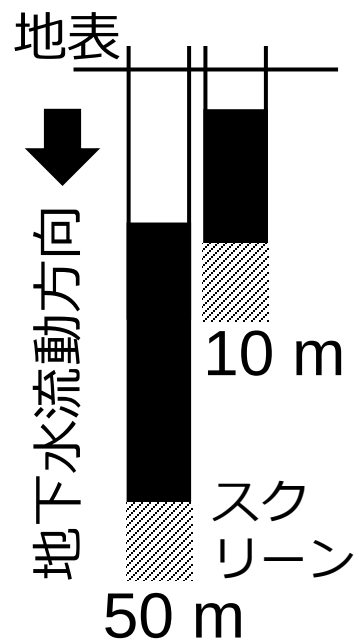


※降水量：アメダス穂高

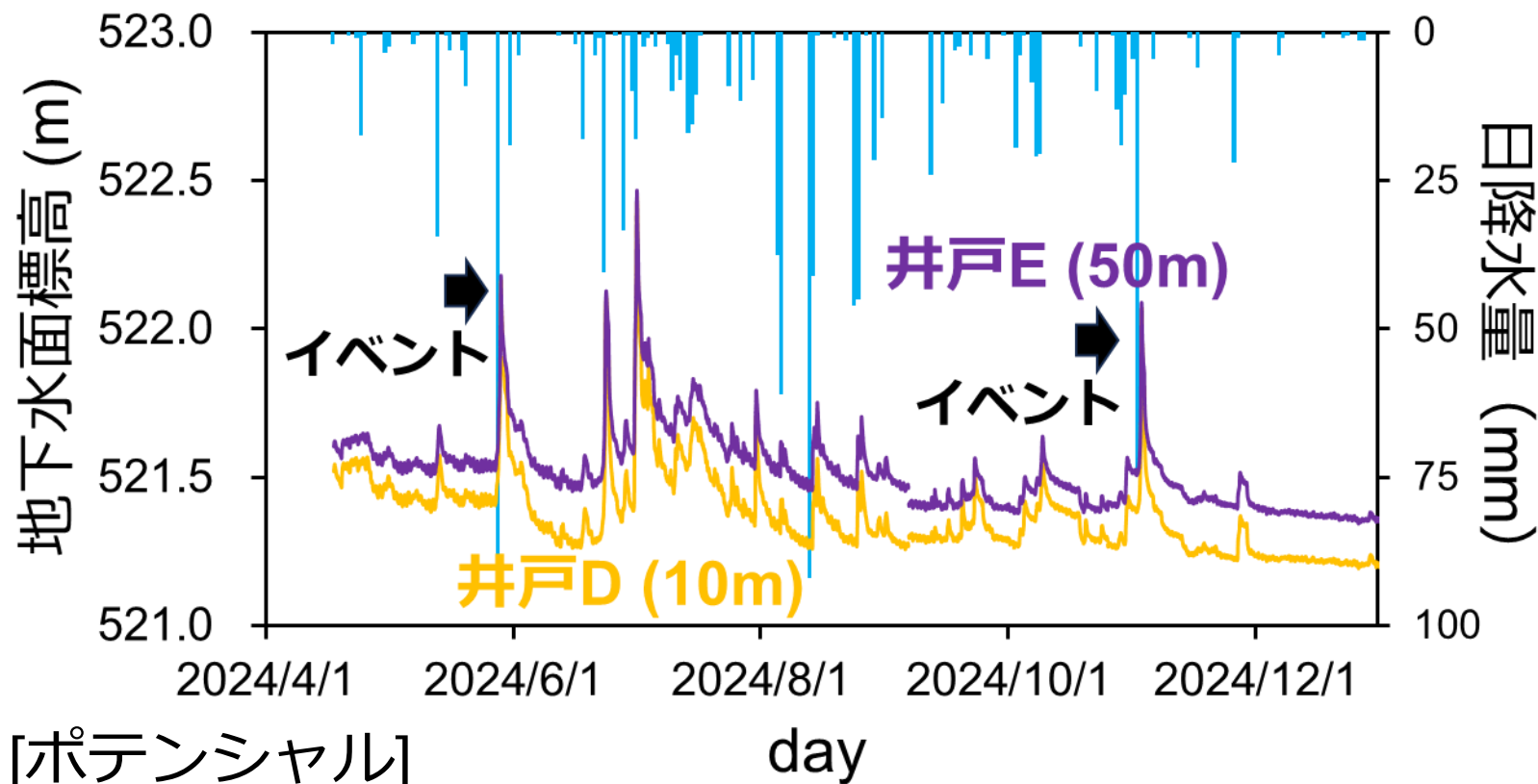
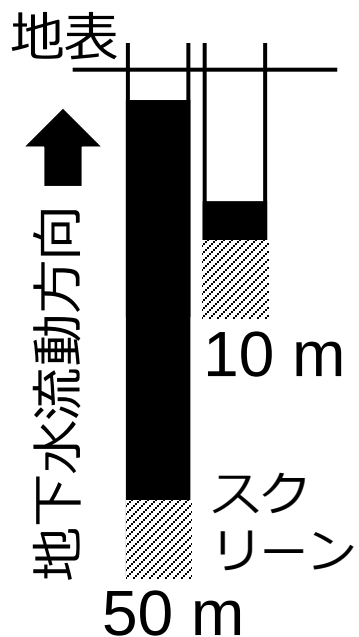


流出域の涵養施策は有効か？

湧昇速度の計算
降雨前: 17m/day
降雨後: 2m/day



隣接する深度の異なる井戸



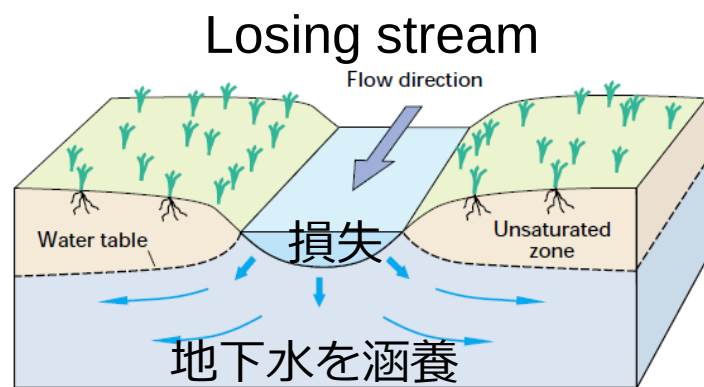
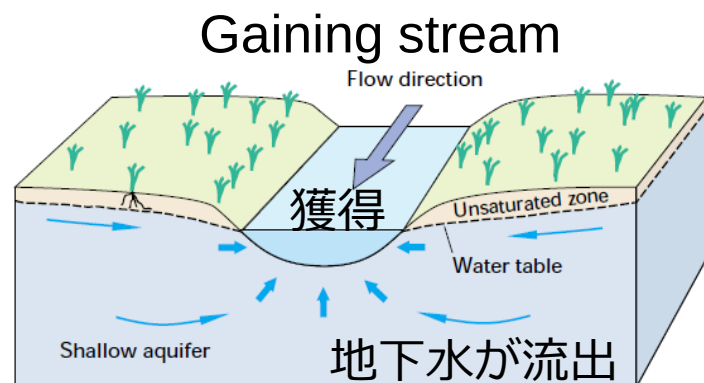
[ポテンシャル]
定常期 D (浅) < E (深)
降雨期 (涵養期) D ≒ E
→ 浅GWポテンシャルが上昇する

施策によって涵養された水が浅層地下水を涵養し、流出域に寄与する

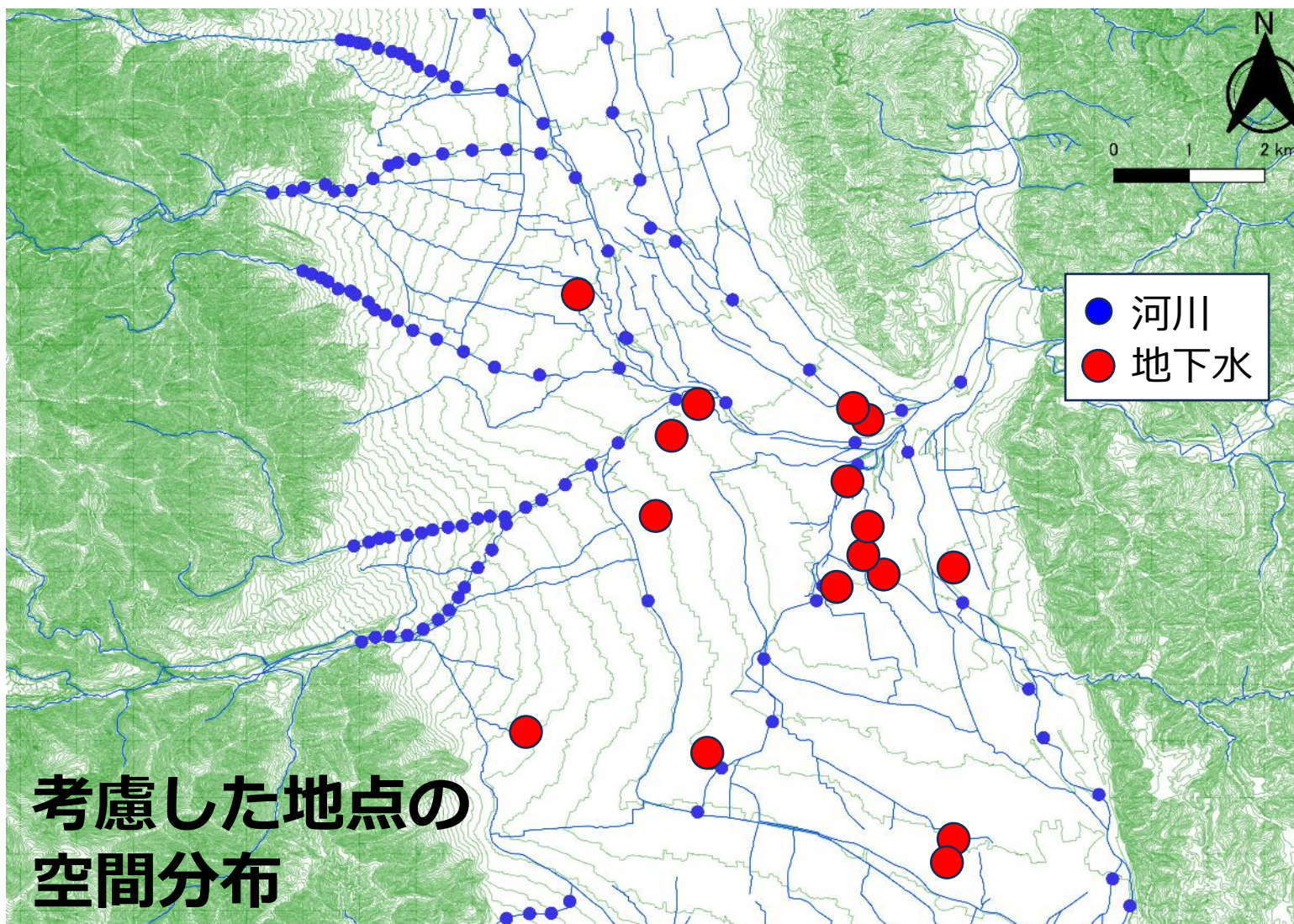
地下水面図の作成

[考慮した地点数] 地下水観測井：16地点
河川の標高：100地点以上

地下水-地表水の交流を
考慮した地下水面図の作成



地下水面の尾根での涵養
施策が有効と考えられる



補間法：TIN内挿 不規則三角網 (Triangular Irregular Network) 15/20

規定期の 地下水面図

2024/4/18

<施策の有効地>

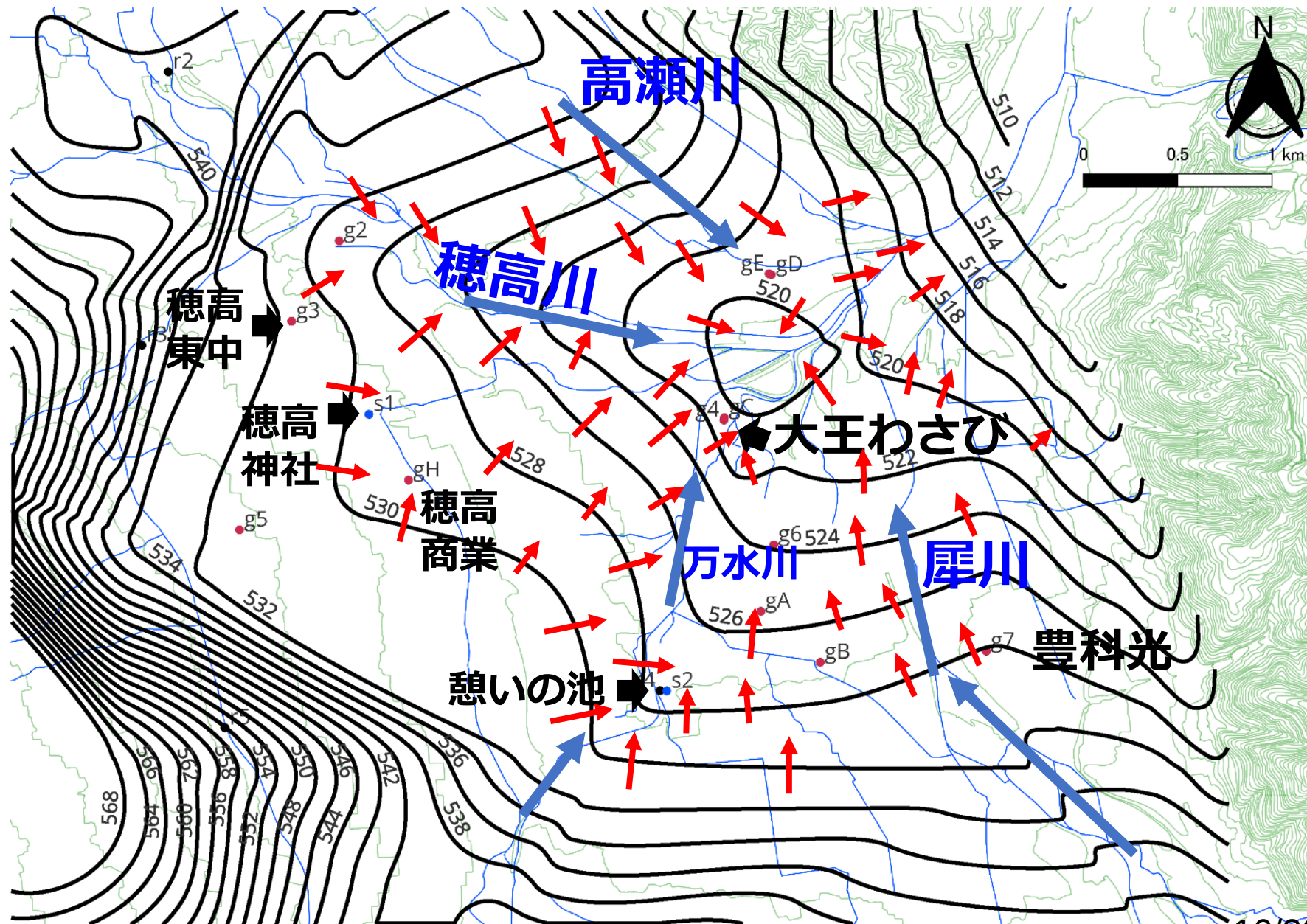
- ◆地下水面の尾根
- ◆等水位線が密
- ◆降雨時に水位上昇

三川合流部の特徴

- ◆不明瞭な尾根
- ◆明確な谷

谷: 涵養させて
もすぐに流
出してしまう

位置づけ: 定常期 (冬直後の低水期, baseflow期)



Preliminary results

規定期の 地下水面図

2024/4/18

<施策の有効地>

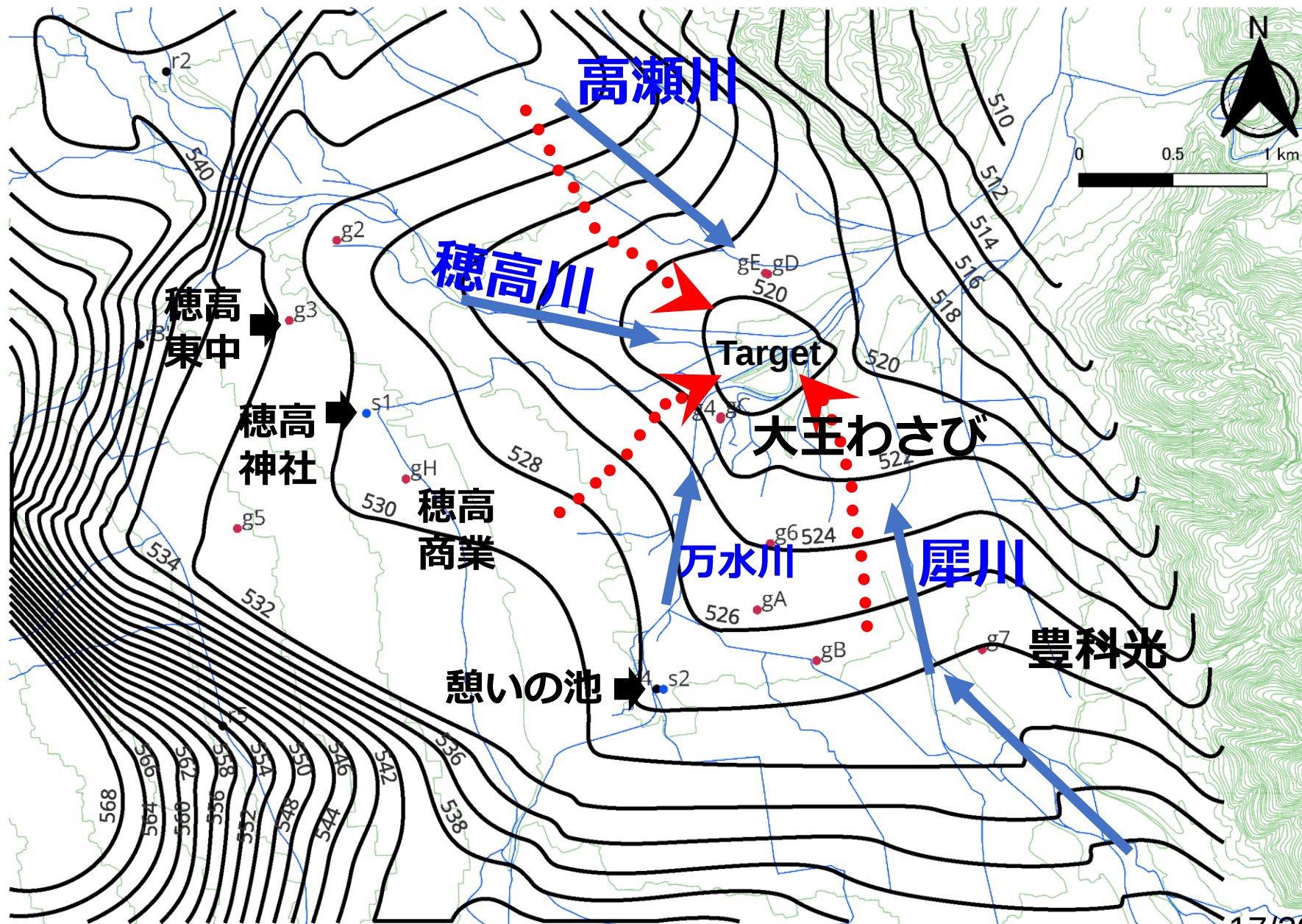
Target: 三川合流部GW

- ◆穂高川周辺 ×
- ◆万水川周辺 ×
- ◆穂高神社周辺 ×
- ◆犀川左岸 ○?
- ◆高瀬川右岸 ○?
- ◆万水-穂高区間 ○?



面的涵養時 (豪雨時)
どう変化するか？

位置づけ: 定常期 (冬直後の低水期, baseflow期)



注) どこを目標にするかで異なる

Preliminary results

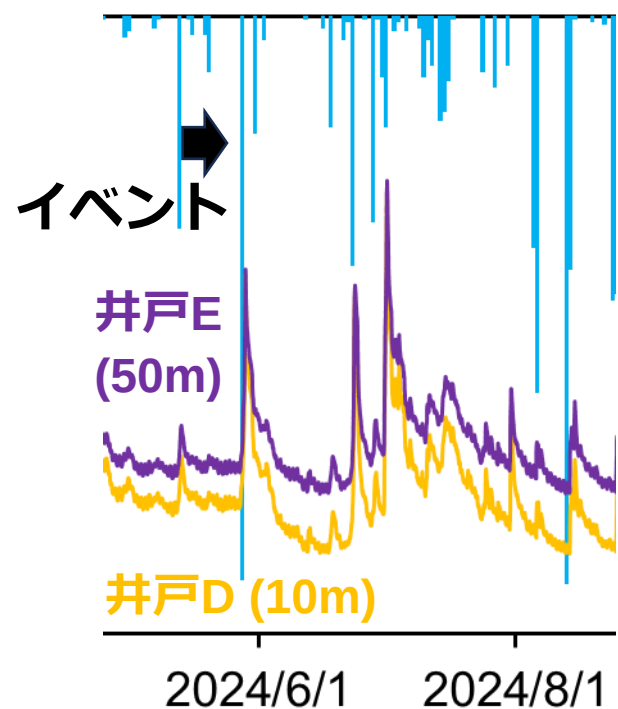
降雨前後の 地下水面の差

<<2024年5月>>

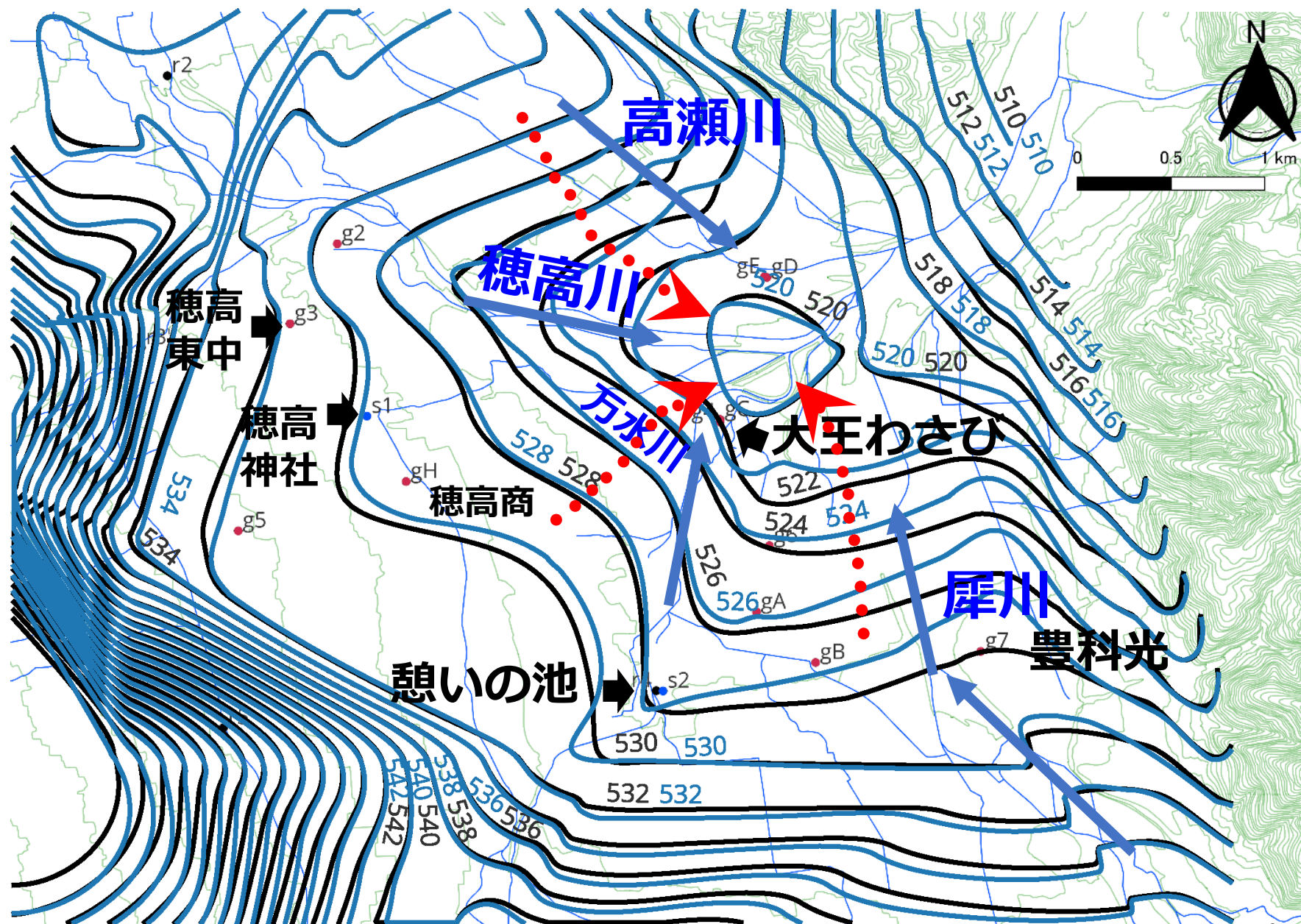
イベント 91.5 mm

— 降雨前：5/27

— 降雨直後：5/29



位置づけ: 冬の低水期後 (雪解け後) 最初の大降雨



まとめ

- 三川合流部近傍 (流出域) での涵養施策は即効性がある
- 施策により涵養された浅層地下水は流出域方面に流動する
- 地下水面の尾根での涵養施策が有効と考えられる
- 犀川左岸域, 高瀬川右岸域, 万水川-穂高川の間が, 施策の候補地としてよい可能性がある (犀川左岸はわさび農場があり難しい?)

R7年度に実施すること (課題)

- ◆継続的な観測・分析
- ◆地表水・湧水点をマッピングし, 地下水面図を補正する
- ◆三川合流部付近の地下水の流れを化学的な側面から解析する
- ◆三川合流部付近の涵養域・流出域を明確化する
- ◆地下水涵養施策の効果的な場所を推定する
- ◆地下水涵養をした場合の効果について考察する

<本発表での未扱いデータセット (130試料)>

水温, pH, EC, DO, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, δ¹⁸O, δ²H

			°C	uS/cm		mg/L	‰	‰	‰	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
地点名	採水日	採水時間	水温	EC	pH	DO	18O	2H	d値	Na	NH4	K	Mg	Ca	F	Cl	NO3	SO4	HCO3
A (1503) /ビレッジ	2024/5/15	15:10	14.3	137.7	6.13	8.4	-12.16	-82.47	14.81	6.673	0.000	1.619	2.613	15.341	0.127	5.048	6.426	18.072	44.115
B (H21L8-50) /腸詰屋	2024/5/15	15:25	13.3	118.4	6.36	7.66	-12.17	-82.55	14.81	5.021	0.000	3.140	2.102	12.631	0.116	3.985	3.882	12.297	44.695
C (1506) /大王	2024/5/15	14:30	13.1	8.11	6.15	6.74	-12.45	-86.15	13.46	4.309	0.000	0.981	1.129	9.043	0.082	2.485	4.895	7.061	30.722
D (H21L2-10)	2024/5/15	14:00	12.5	147.4	6.29	7.53	-12.81	-85.55	16.94	7.873	0.000	1.837	2.717	17.646	0.231	5.676	6.030	9.460	64.678
E (H21L2-50)	2024/5/15	13:50	12.5	134.2	6.27	8.46	-12.94	-85.17	18.37	7.353	0.000	1.895	2.199	16.840	0.195	4.119	5.596	4.324	68.125
A (1503) /ビレッジ	2024/5/29	10:50	15	132.6	5.76	9.13	-12.08	-81.75	14.90	6.557	0.000	1.573	2.598	15.327	0.129	5.112	7.123	17.781	43.169
B (H21L8-50) /腸詰屋	2024/5/29	11:15	13.7	119.5	6.14	7.69	-12.21	-82.34	15.34	5.207	0.000	3.800	2.182	13.544	0.111	3.916	3.860	11.782	46.617
C (1506) /大王	2024/5/29	10:00	15.7	7.34	5.94	7.12	-12.33	-85.93	12.68	3.052	0.062	1.392	0.849	9.195	0.063	2.162	4.617	4.803	29.654
D (H21L2-10)	2024/5/29	9:00	12.3	147.5	6.26	9.29	-12.77	-85.52	16.61	7.811	0.006	2.107	2.706	17.870	0.227	5.748	5.893	9.366	66.173
E (H21L2-50)	2024/5/29	9:30	12.7	134.7	6.74	9.35	-12.85	-85.31	17.48	7.403	0.000	1.909	2.201	16.850	0.196	4.197	5.641	4.355	66.844
憩いの池湧水	2024/5/29	11:40	14.7	146.6	5.72	8.23	-11.84	-80.87	13.83	6.536	0.000	1.624	3.124	16.859	0.096	5.451	10.862	17.286	46.586
穂高神社安曇の銘水	2024/5/29	16:00	14.4	63.1	7.38	10.42	-12.19	-83.39	14.15	3.260	0.000	0.768	0.909	7.127	0.096	1.881	3.392	6.003	25.108
穂高川/乳房橋	2024/5/29	13:25	14.9	37.3	6.5	10.29	-13.08	-89.31	15.32	2.075	0.000	0.819	0.308	4.044	0.256	1.572	0.781	2.969	11.807
高瀬川/高瀬橋	2024/5/29	12:45	14.7	91.5	6.29	10.48	-13.58	-90.58	18.04	5.709	0.000	1.542	0.451	7.725	0.426	6.593	0.749	11.829	14.766
犀川/田澤橋	2024/5/29	18:15	13.8	73.4	6.88	10.58	-12.33	-81.94	16.68	3.391	0.090	0.980	1.532	8.232	0.108	2.518	1.538	7.975	29.837
烏川/ビューポイント	2024/5/29	15:10	13.4	36.2	6.81	10.71	-12.57	-84.90	15.67	2.151	0.002	0.598	0.555	3.885	0.089	0.922	1.161	3.438	14.186
万水川/憩い横	2024/5/29	11:50	17.9	118.3	6.12	9.68	-11.42	-79.92	11.41	8.318	0.042	2.036	1.915	11.023	0.143	10.324	4.922	11.146	33.681
拾ヶ堰/拾ヶ堰橋	2024/5/29	14:30	16.2	47.9	6.47	10.55	-12.12	-81.86	15.07	3.359	0.010	0.820	0.902	4.324	0.090	1.776	1.286	5.005	19.708
田面水1/エプソン(コメリ駐車場)	2024/5/29	17:50	23.6	40.8	7.24	9.71	-10.43	-77.94	5.51	2.111	0.000	1.483	0.707	3.663	0.180	2.103	0.061	3.108	14.949
田面水2/広喜裏	2024/5/29	16:35	26.8	35	8.05	9.58	-10.54	-78.62	5.66	2.122	0.071	1.249	0.478	2.506	0.217	2.907	0.283	4.770	5.614
田面水3/富田橋/ビューポイント	2024/5/29	15:40	27.2	47.3	9.53	16.2	-11.24	-84.07	5.86	1.552	0.070	2.257	0.621	4.213	0.186	2.005	0.319	1.898	18.122
憩いの池湧水	2024/6/10	14:30	14.7	145.6	5.61	7.92	-11.74	-80.23	13.66	6.421	0.000	1.593	3.083	16.644	0.096	5.503	11.712	17.384	43.322
万水川/憩い横	2024/6/10	14:40	19.5	122.7	6.04	9.29	-11.90	-80.12	15.11	7.146	0.025	1.442	2.248	12.488	0.111	7.887	5.696	12.037	36.305
A (1503) /ビレッジ	2024/7/5	9:15	14.4	139.6	6.11	8.82	-11.78	-80.61	13.60	6.596	0.000	1.561	2.672	15.624	0.121	5.513	9.042	17.757	39.936
B (H21L8-50) /腸詰屋	2024/7/5	8:50	14.3	119.2	6.66	6.93	-12.13	-82.31	14.72	5.195	0.000	3.314	2.160	13.207	0.118	3.978	4.087	12.190	44.268
C (1506) /大王	2024/7/4	9:50	13.7	80.7	5.88	7.22	-12.44	-85.39	14.10	4.643	0.000	0.919	1.188	9.059	0.089	2.562	5.161	7.823	28.068
C' サクセン (1505) /御法田西交	2024/7/4	9:40	14.5	86.1	6.16	6.52	-12.38	-84.35	14.67	4.890	0.021	1.032	1.261	9.319	0.091	3.524	5.390	8.754	26.542
D (H21L2-10)	2024/7/5	9:45	13.6	150.2	6.91	7.8	-12.66	-85.02	16.22	7.653	0.000	2.053	2.663	17.455	0.218	5.812	6.177	9.453	64.403
E (H21L2-50)	2024/7/5	10:00	13.4	135.1	6.9	8.38	-12.75	-85.16	16.87	7.394	0.000	1.807	2.205	16.826	0.195	4.131	5.629	4.387	66.173
穂高商業高校	2024/7/5	13:10	14.1	61.8	6.7	9.18	-12.72	-86.53	15.21	3.779	0.000	0.823	0.709	6.980	0.089	1.303	2.088	6.443	25.047
憩いの池湧水	2024/7/4	17:10	14.8	148.5	5.86	7.72	-11.69	-80.25	13.28	6.593	0.000	1.616	3.202	17.110	0.095	5.597	11.771	17.676	43.322