

新宿区立おとめ山公園における 湧出量変動メカニズムの推定

Estimation of the mechanism of spring water fluctuation variation
in Otomoyama Park, Shinjuku City

海城高校 青山空弥・下河邊太智

1 - 1 . 研究の動機

東京都の湧水は過去 1 0 年間で **6 8 カ所** 減少

身近な水環境への興味

- ・ おとめ山公園で湧出量を **1 3 年間** に渡り観測
- ・ 都市における湧水の重要性を認識
- ・ 研究を通じて **保全に関わりたい**



毎日の湧出量観測の様子

1 - 2 . 先行研究

佐藤ほか(2012) : 湧水の水質及び周辺地質を分析した上で
雨水浸透施設による効果を検討

高野ほか(2015) : 水道漏水及び不透水面積率の検討を行い
タンクモデルから湧水が水道漏水を含むと指摘

清水・上村(2018) : タンクモデルによる地下水変動の再現
湧水の十分な時間帯水した水涵養域は従来より広いと指摘

鈴木ほか(2018) : ボーリングデータより地下水流動方向を図化
周辺地下水における特異な変動を示した

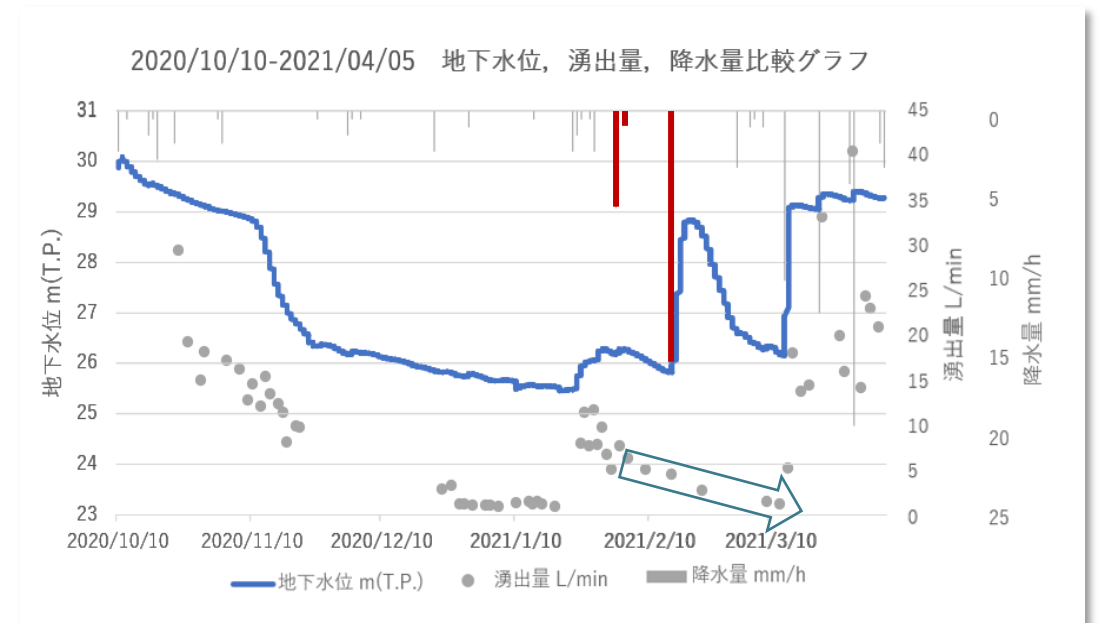
1-3.研究の背景

湧出量は基本的に降水量に対応して増減する

But...

降水量に対応しない湧出量変動も存在
→この変動メカニズムの推定を目的とした研究

地表からの湧出は地下水流動の一部である。
→**地下水位変動**と**湧出量変動**の要因を同時に考察



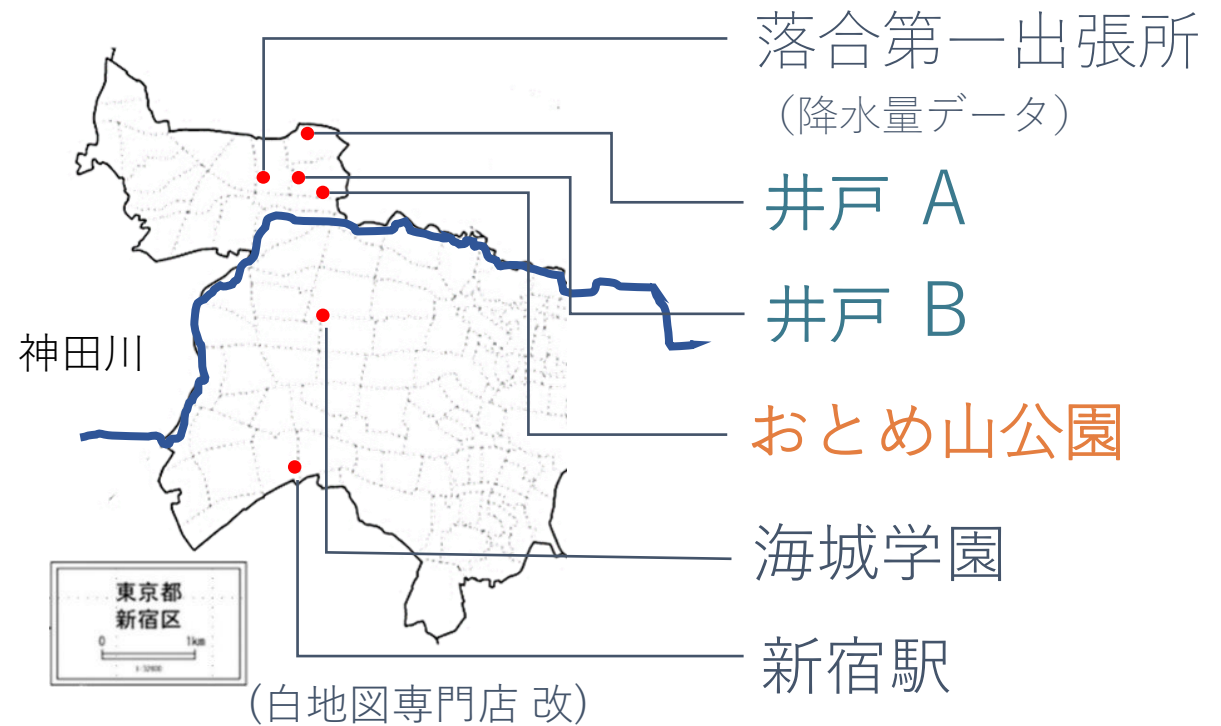
上図の矢印の期間には、降雨にもかかわらず湧出量が減少している

2-1. 調査地域概要

おとめ山公園は神田川によって浸食された
落合崖線に位置する

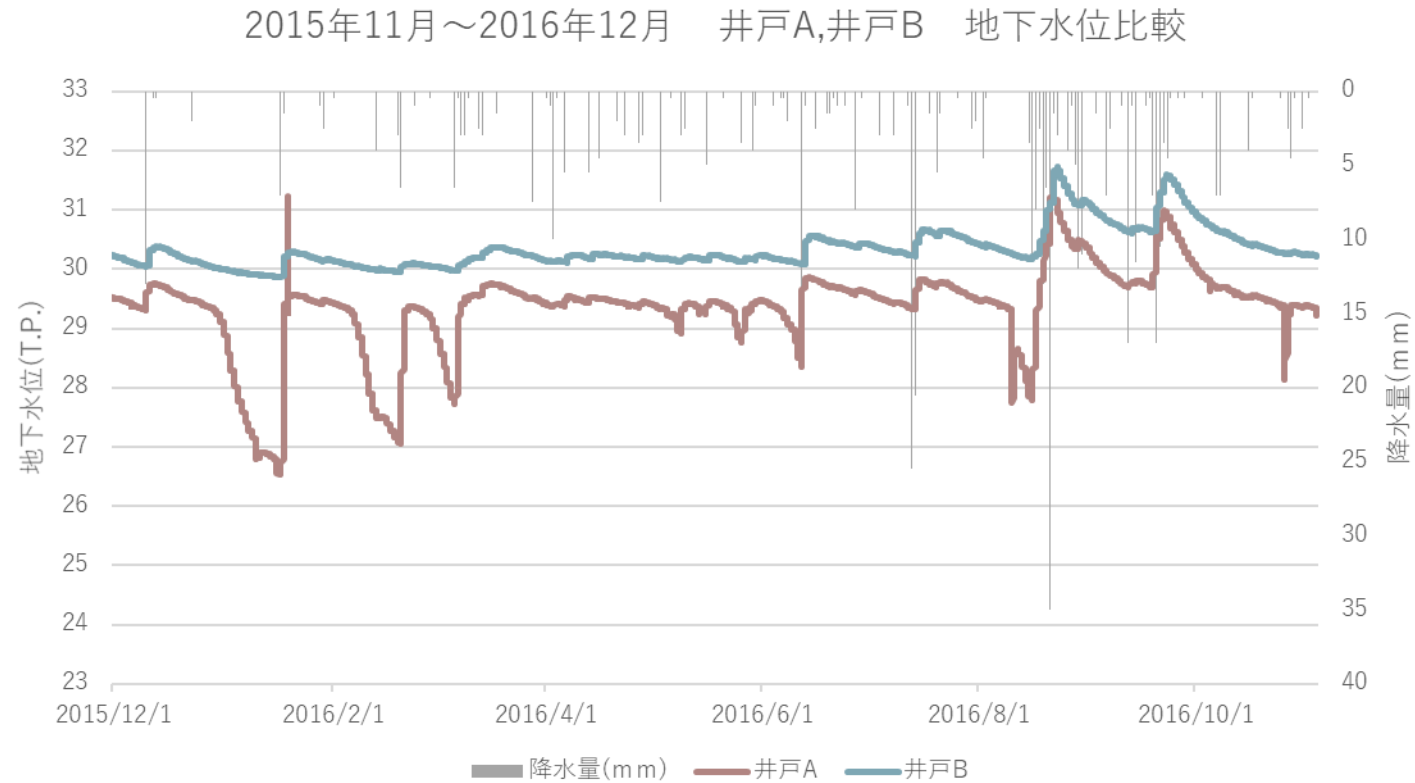
井戸A 井戸B おとめ山公園
は**全て同じ水系**にある

特異な変動は井戸Aにおいてのみ観測
→本研究では井戸Aの観測結果を利用

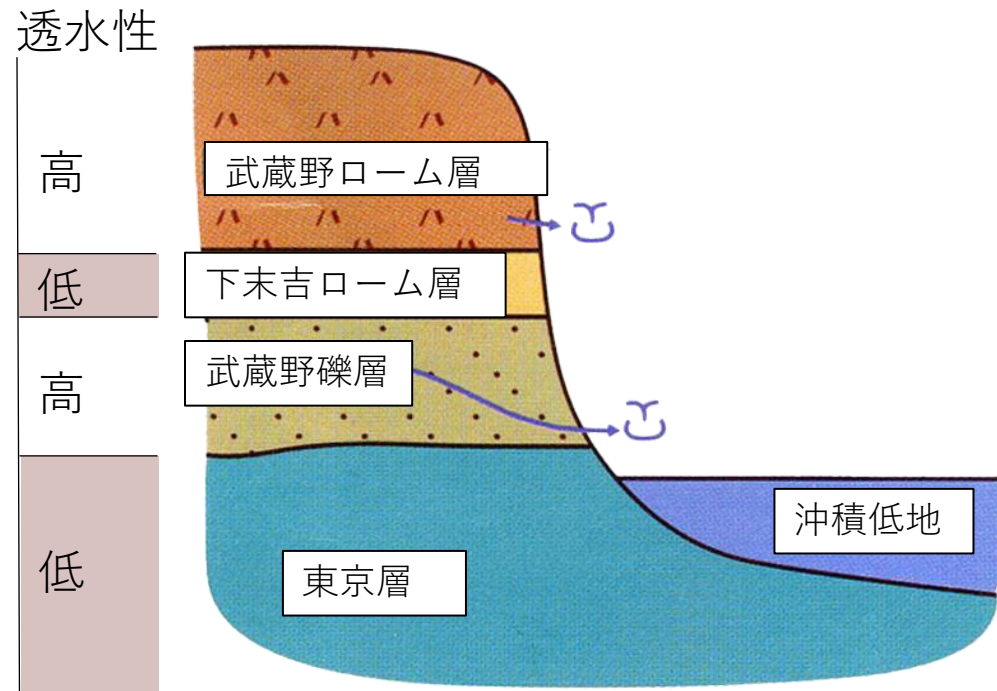


2-1. 調査地域概要

▼井戸Aと井戸Bの水位変動を比較
→井戸Aは地下水位の急激な低下が見られた



2-1. 調査地域の地質



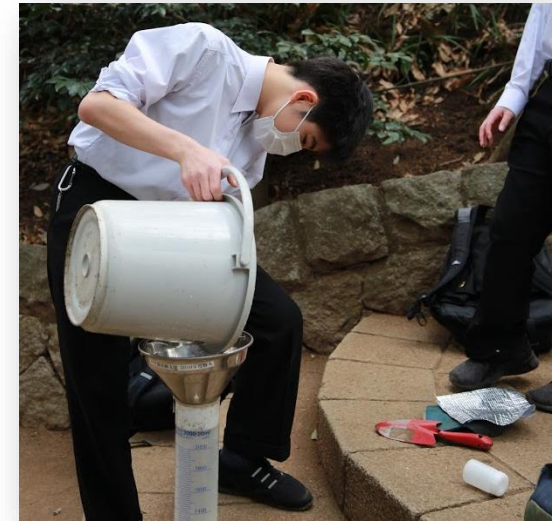
おとめ山公園の湧水は

武蔵野ローム層と武蔵野礫層からの
流出によって形成されている。

おとめ山公園の地質

2-2.調査項目

調査項目	地下水位	湧出量
調査地点	井戸A・井戸B	おとめ山公園
使用機器	Onset computer社 HOB0 U20	容器計量法による手動観測
計測頻度	30分毎	原則毎日

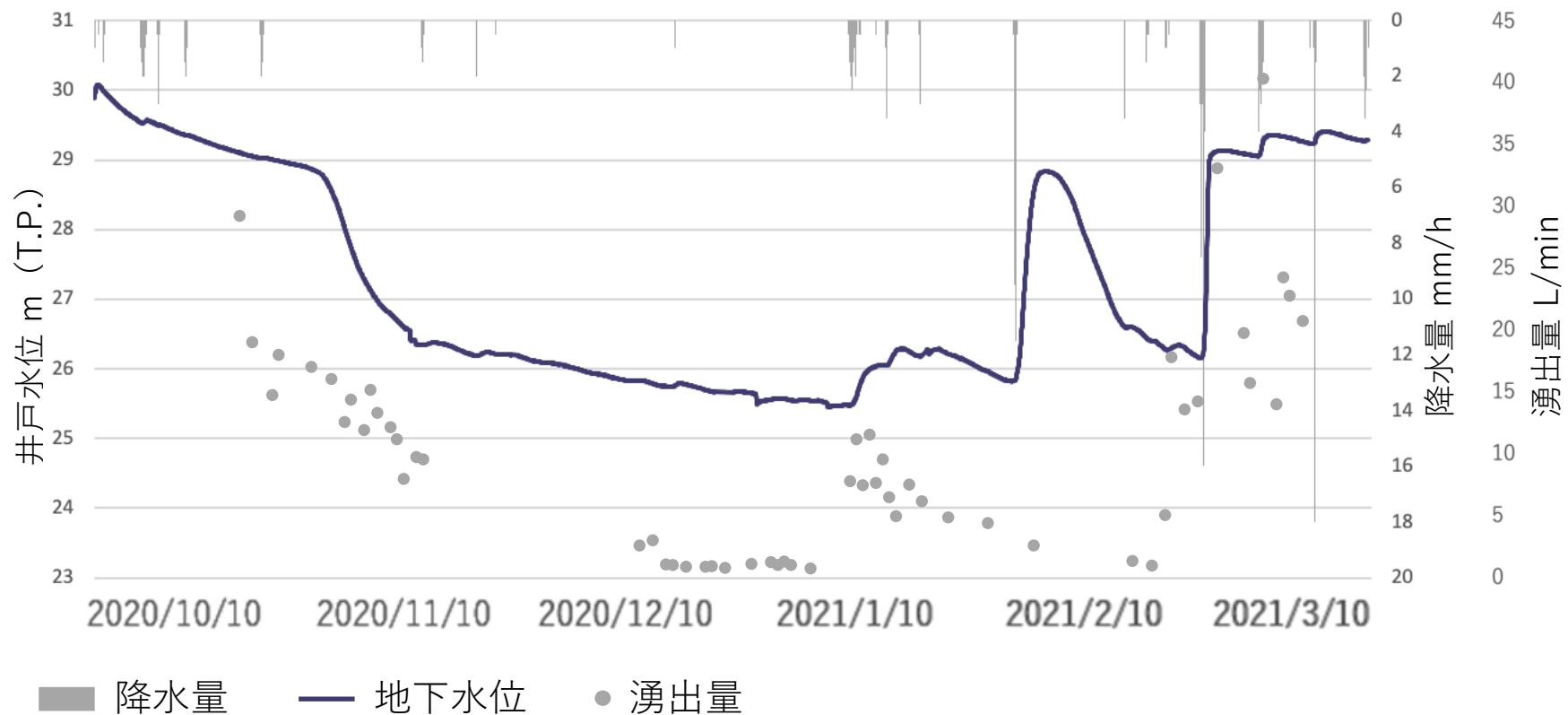


おとめ山公園での湧出量観測

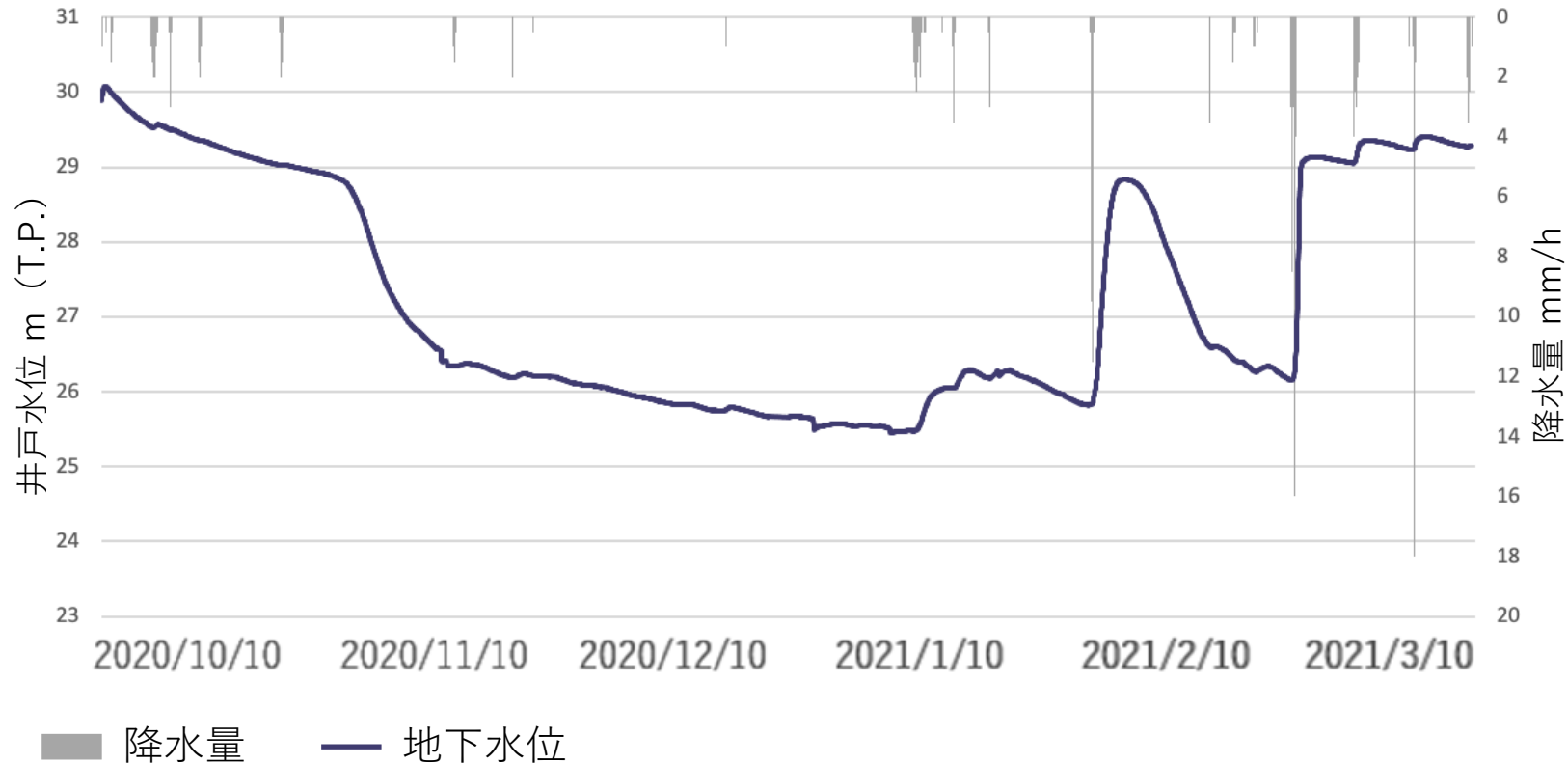


井戸Aでのデータ回収

3-1. 觀測結果

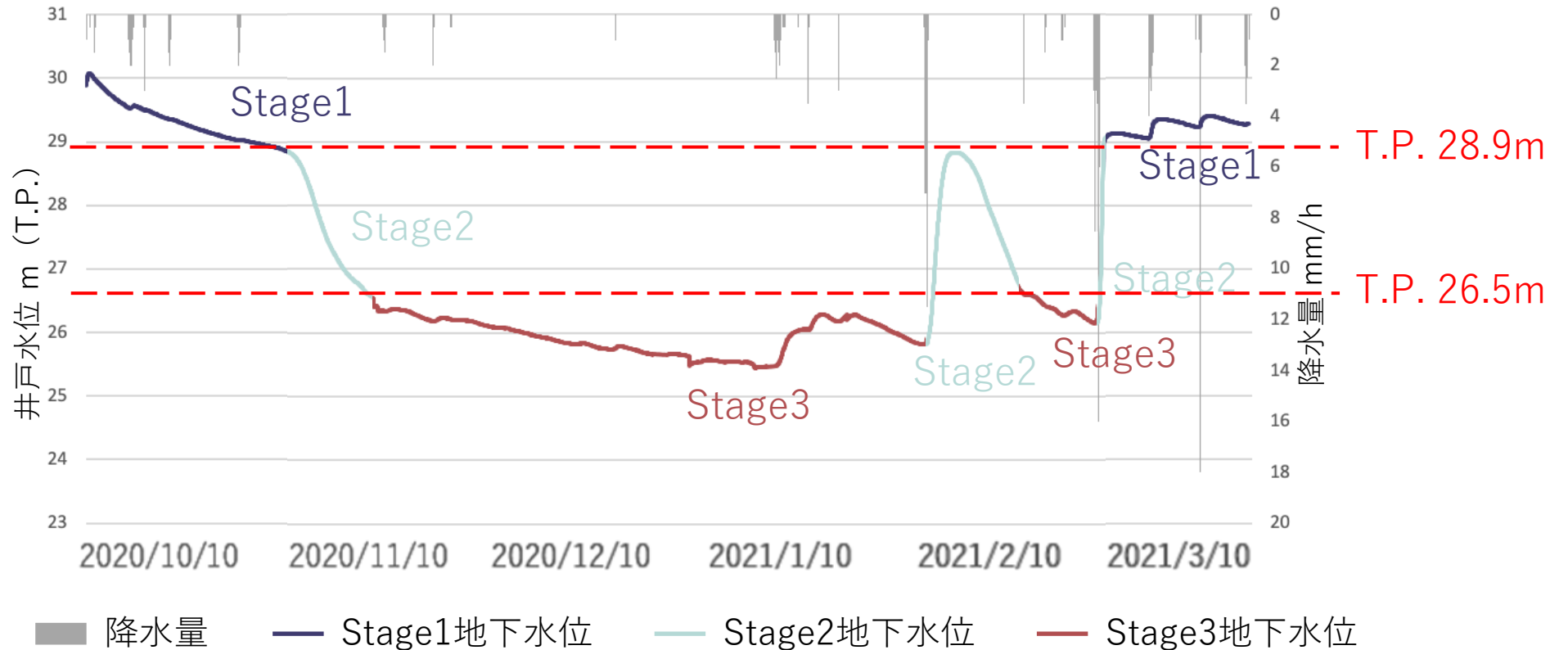


3-2. 注目点 I 段階的な水位変動



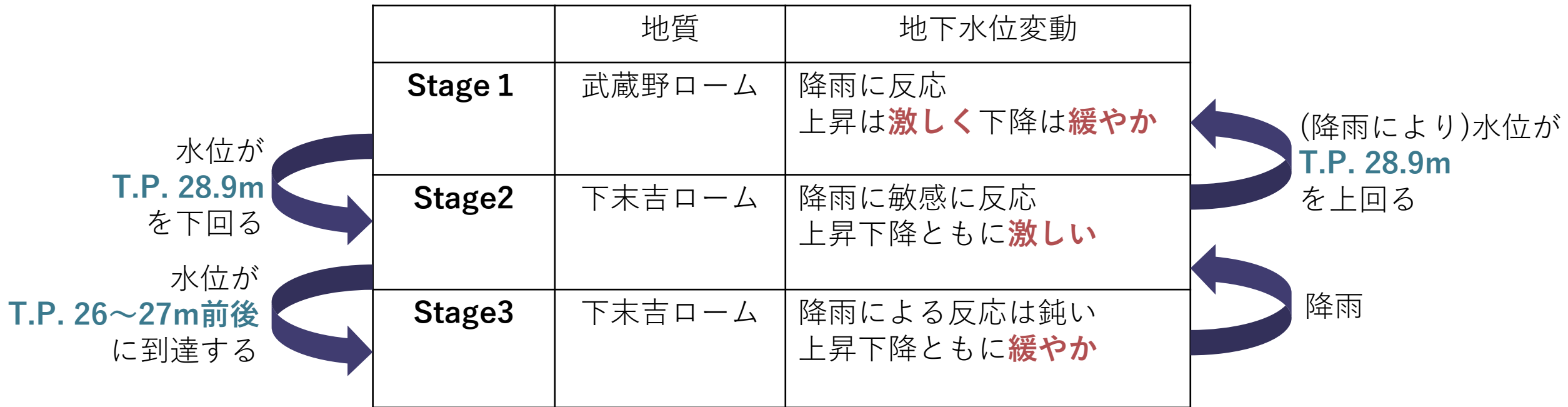
地下水水位の変動が激しい時と緩やかな時がある
➡ 変動の仕方をいくつかの段階に分類する

3-2. 注目点 I 段階的な水位変動



➡ この分類について、**地質条件**と合わせて整理する

3-2. 注目点 I 段階的な水位変動

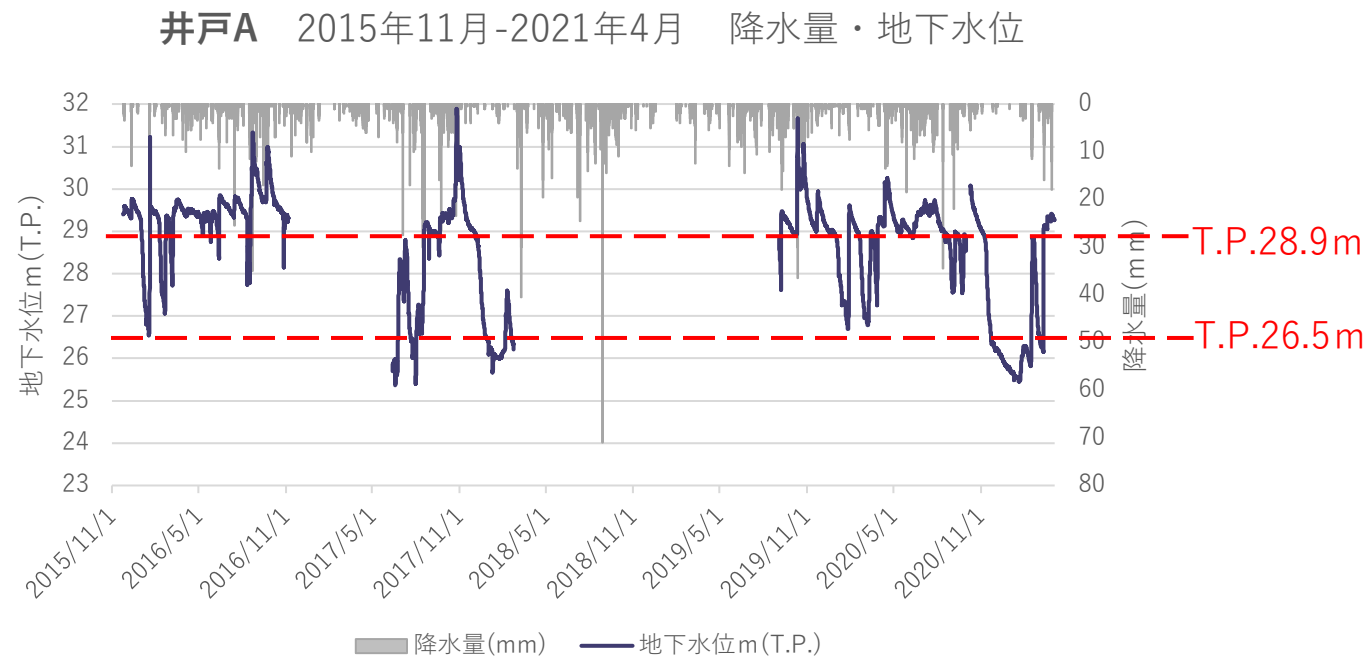


注目点 I : Stage1(緩やか)⇔Stage2(急激)⇔Stage3(緩やか)

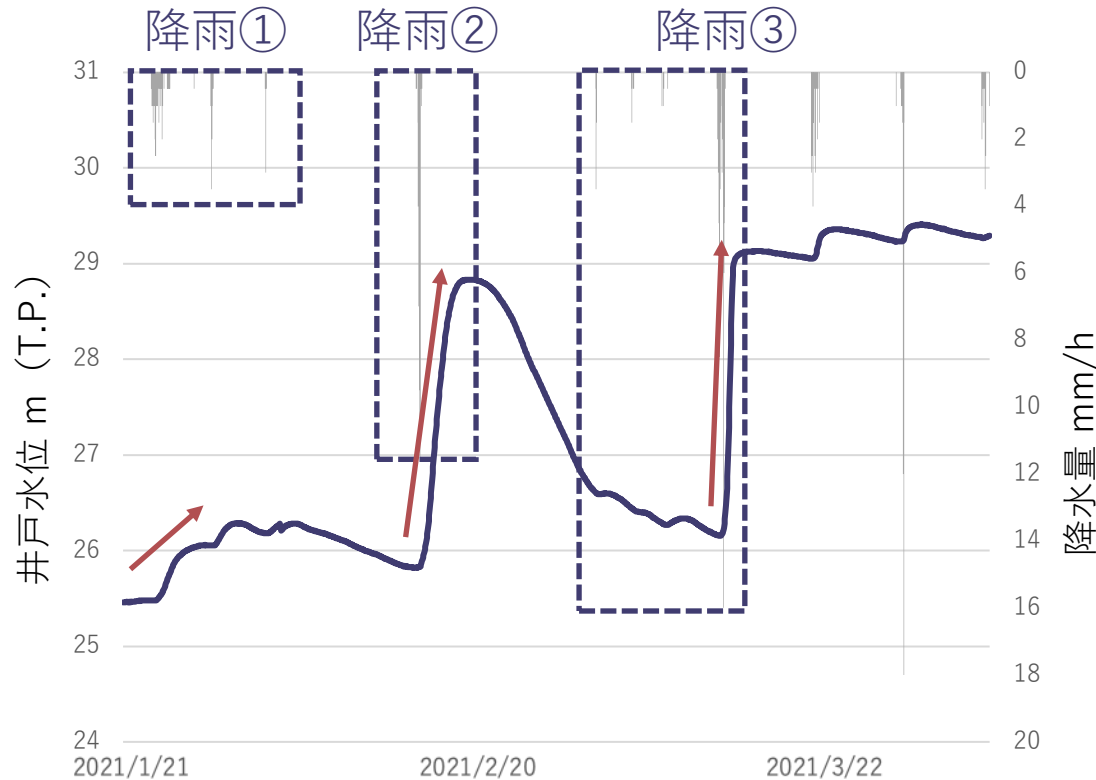
3-2.注目点 I 段階的な水位変動

地下水位変動の分類を長期間データに当てはめて検討すると...

- Stage1⇔Stage2(境界は28.9m)
→長期間データでも該当している
- Stage2⇔Stage3
→事例が少なく不明



3-3. 注目点Ⅱ 降雨による水位の反応の違い



	降雨①	降雨②	降雨③
最大降雨強度	3.5mm/h	11.5mm/h	16mm/h
総雨量	44.5mm	47.5mm	82.5mm
水位の反応	約1m上昇	約3m上昇	約3m上昇

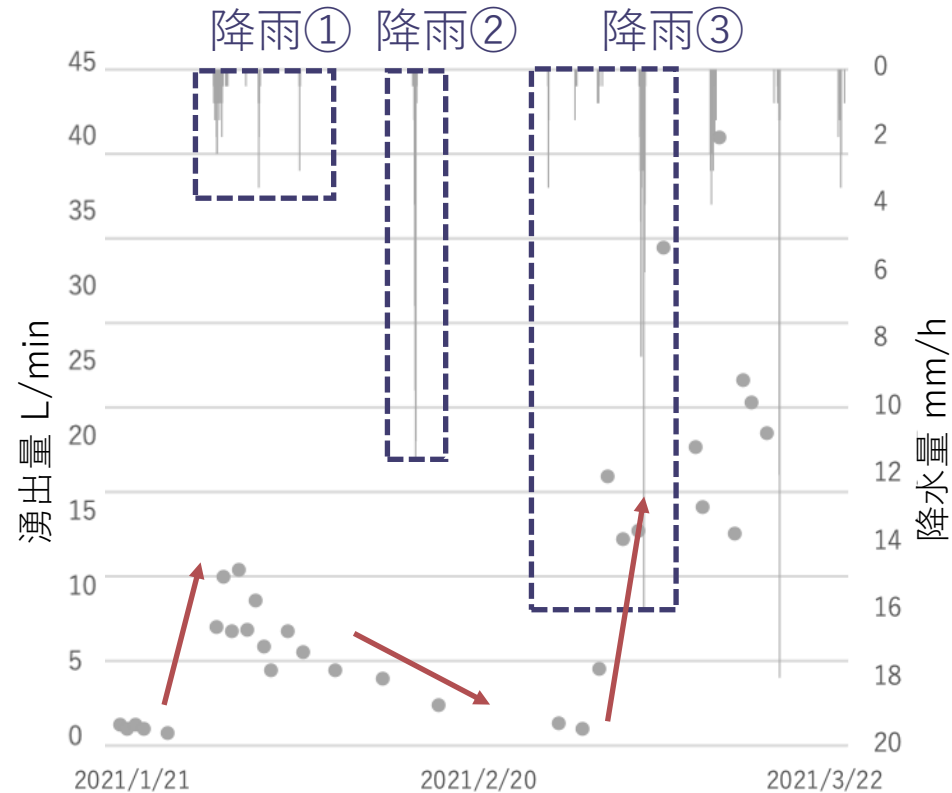
降雨①（弱く持続する）での水位上昇



降雨②（強く持続しない）での水位上昇

注目点Ⅱ：降雨①よりも降雨②で大きく水位が上昇

3-4. 注目点Ⅲ 降雨による湧出量の反応の違い



	降雨①	降雨②	降雨③
最大降雨強度	3.5mm/h	11.5mm/h	16mm/h
総雨量	44.5mm	47.5mm	82.5mm
湧出量の反応	増加	反応せず	増加

降雨①（弱く持続する）での水位上昇



降雨②（強く持続しない）での水位上昇

注目点Ⅲ：降雨②よりも降雨①で大きく湧出量が上昇

3-5. 注目点の整理

- ・ 地下水位

注目点Ⅰ： 段階的な地下水位変動

Stage1(緩やか) ↔ Stage2(急激) ↔ Stage3(緩やか)

注目点Ⅱ： 降雨①よりも降雨②で大きく水位が上昇

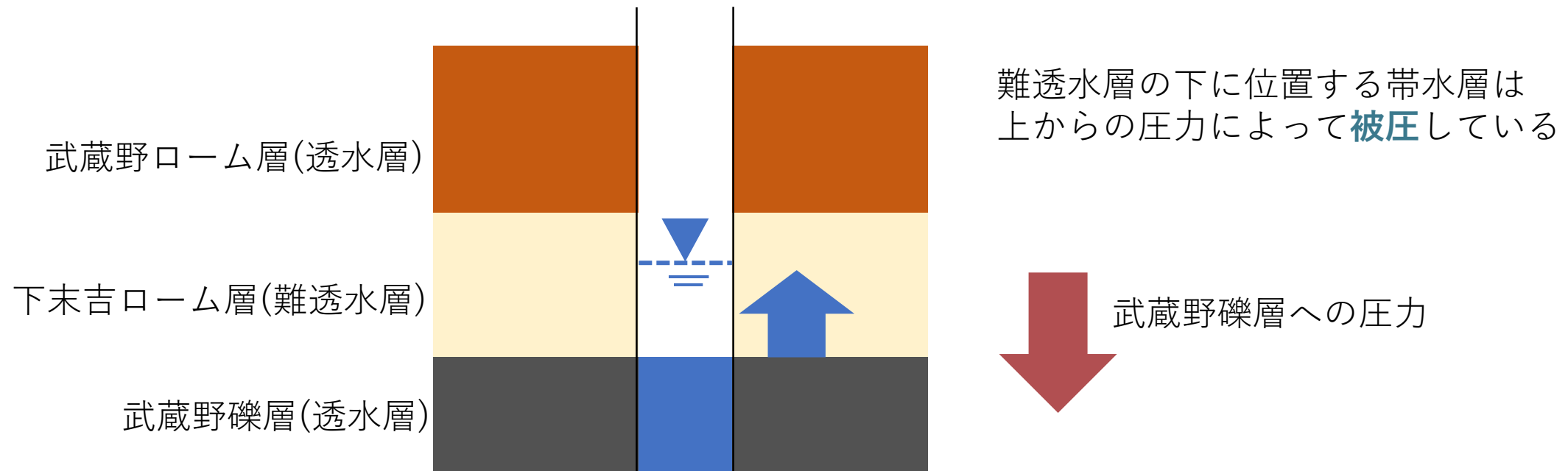
↑
↓
反応しやすい降水が異なる

- ・ 湧出量

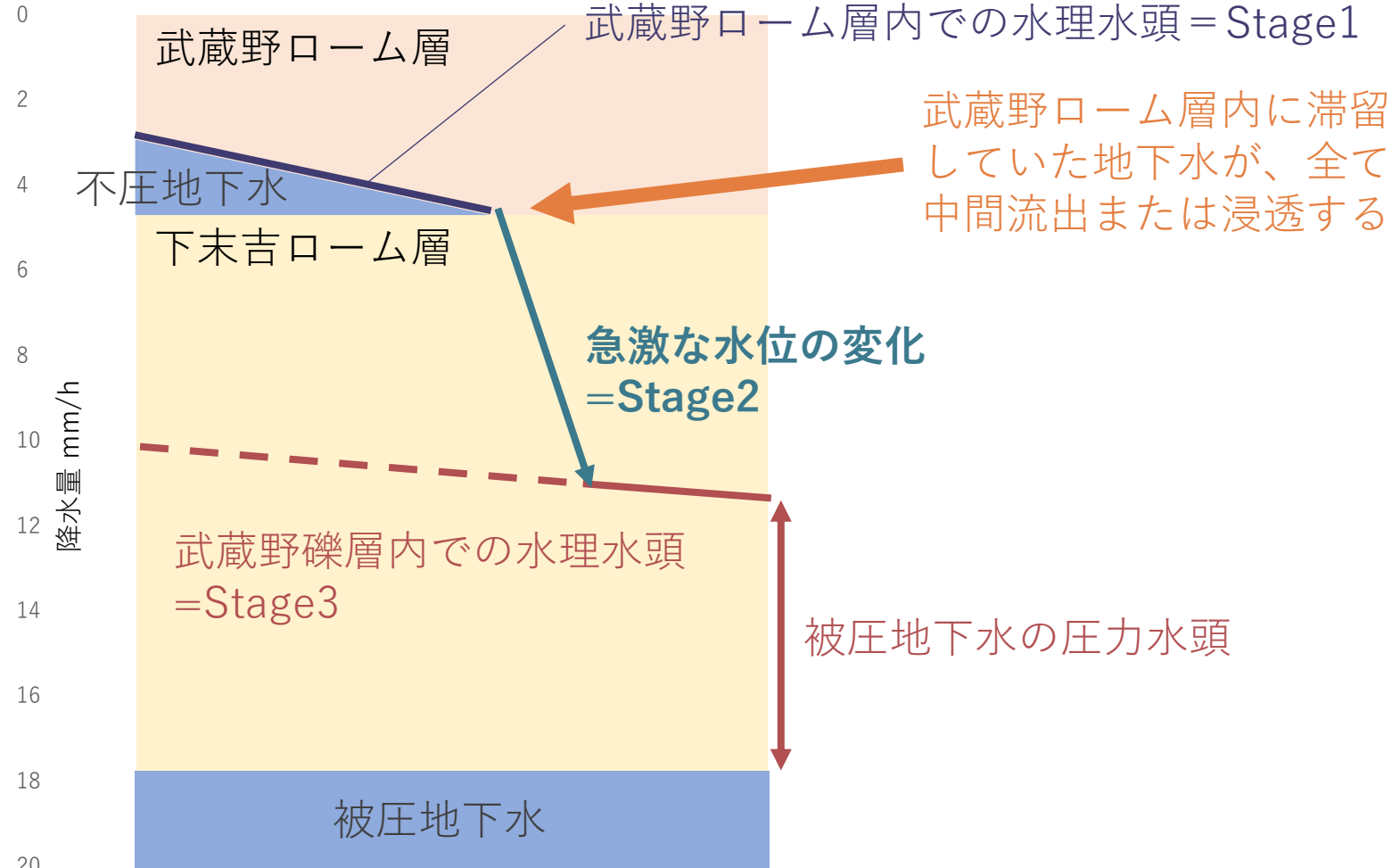
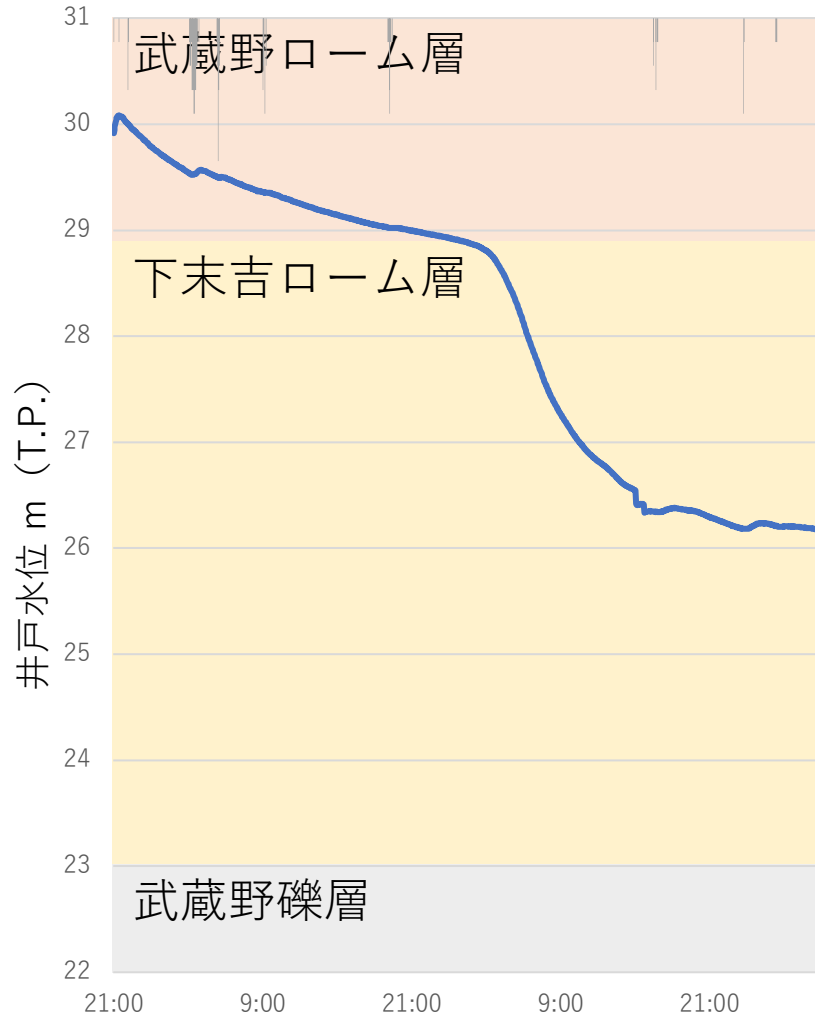
注目点Ⅲ： 降雨②よりも降雨①で湧出量が増加

4-1. 注目点 I 水理水頭の補足説明

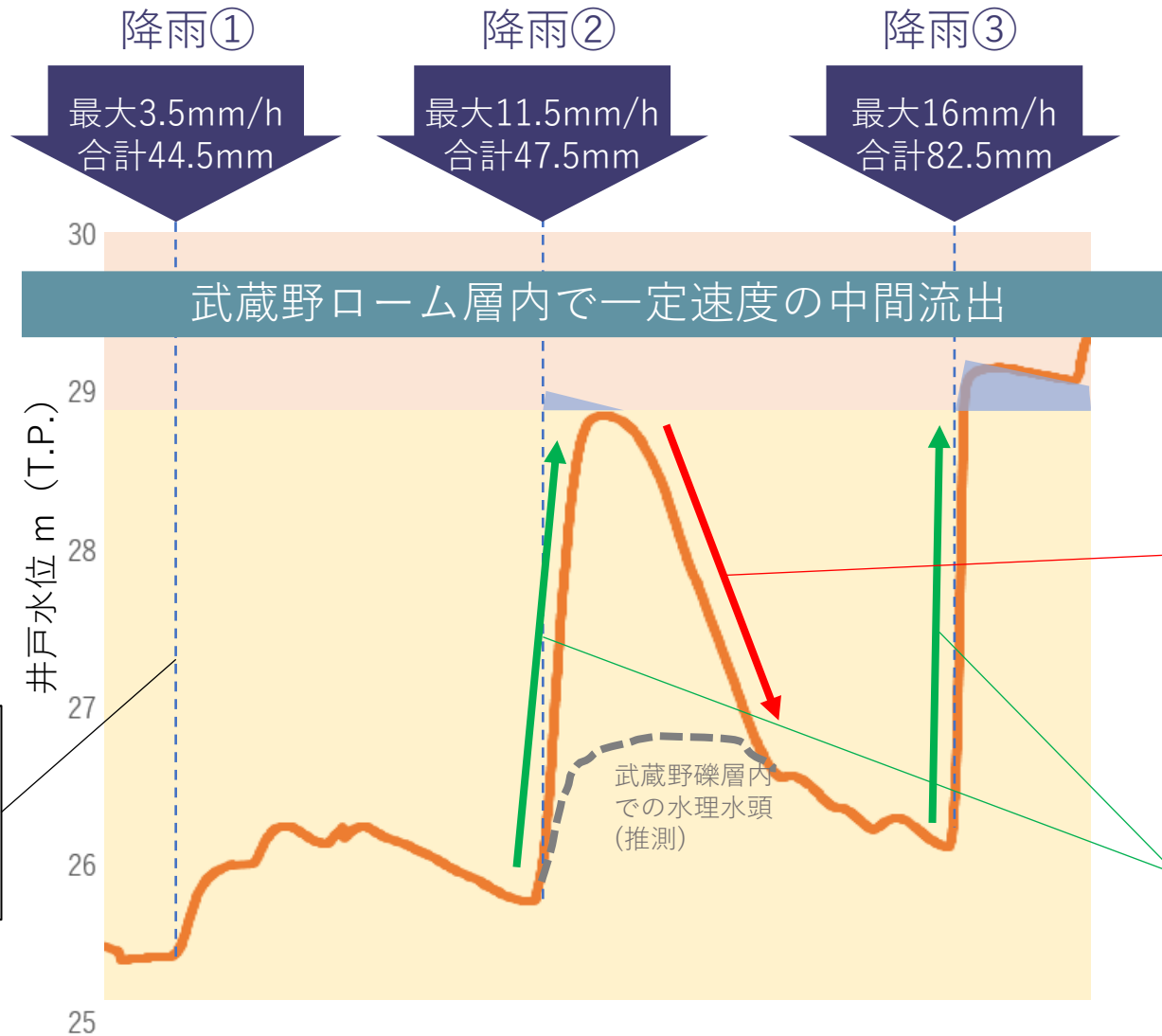
水理水頭とは・・・水のエネルギー状態を水柱の高さとして表したもの
→被圧地下水の場合、帯水層の上端よりも高い位置(=**水理水頭**)に地下水面ができる



4-1. 注目点 I (段階的な地下水位変動) の考察



4-2. 注目点Ⅱ (各降雨の水位上昇の違い) の考察-1



中間流出速度の方が速かったために武蔵野ローム層に地下水が滞留せず

関東ローム層内の地下水が再びすべて中間流出、急激な水位降下

関東ローム層内に地下水が滞留して地下水面ができたことに応じて急激な水位上昇

4-2. 注目点Ⅱ (各降雨の水位上昇の違い) の考察-2

降雨①

無降雨が続いたことにより土壌が乾燥していた
→降水の多くが**土壌水分**となったために地下水位に
影響を与える成分が少なかった

降雨②

降雨①により土壌が湿っていた
→①よりも多くの降水が地下水位に影響を与えた

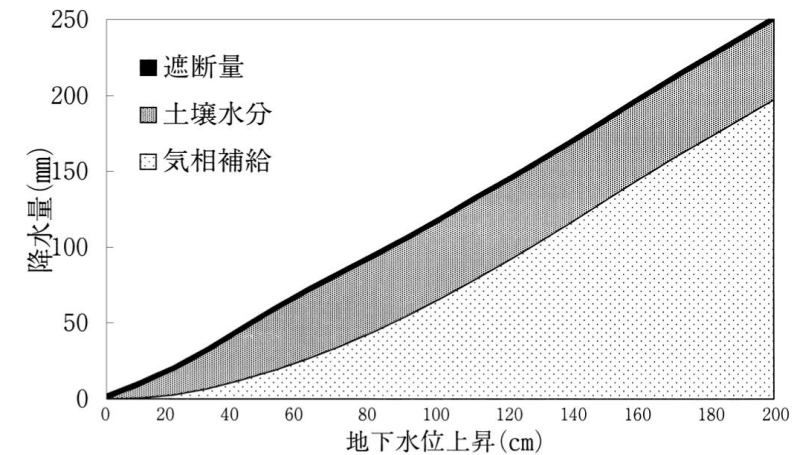
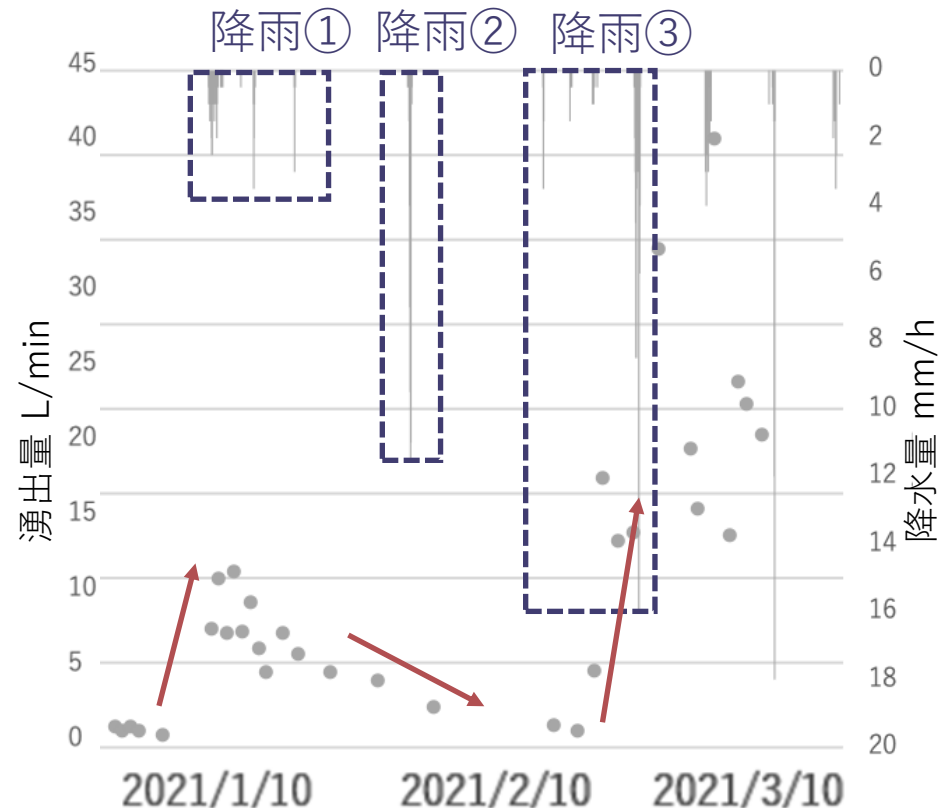


図-12 降水量と地下水位上昇・土壌水分増加の関係

出典： 地下水位変動と地下水涵養機構 - 東京都世田谷区大場代官屋敷の例 -

4-3. 注目点Ⅲ (各降雨の湧出量増加量の違い) の考察



降雨①(持続する弱い雨)

雨水が下末吉ローム層に浸透し、武蔵野礫層内の地下水を押し出して**武蔵野礫層**から湧出
→少量だが継続的な流出による湧出量の増加

降雨②(持続しない強い雨)

武蔵野ローム層中に地下水が滞留し
湧出は少なかった
→流出時間が短く、目に見えた湧出量の増加は無し

降雨③(持続する強い雨)

上記2つの作用が同時に発生したため
武蔵野礫層・武蔵野ローム層から湧出
→継続的な流出により湧出量の増加、安定

※普段の降雨では③ (=①+②) の湧出が見られている

4-4. 考察のまとめ

- 地下水位

注目点Ⅰ (段階的な水位変動)

武蔵野ローム層の水理水頭 \leftrightarrow 武蔵野礫層の水理水頭

注目点Ⅱ (水位の上昇が降雨① $<$ 降雨②)

武蔵野ローム層内での流出が要因と推察

- 湧出量

注目点Ⅲ (水位の上昇が降雨① $>$ 降雨②)

降雨①では浸透を通じた武蔵野礫層からの湧出

降雨②では多くが滞留したために湧出は少ない

5.まとめー1

1. 井戸Aでの地下水位変動メカニズム

- 武蔵野ローム層内に地下水があるとき (=Stage1)
地下水位は**武蔵野ローム層**における水理水頭を反映する

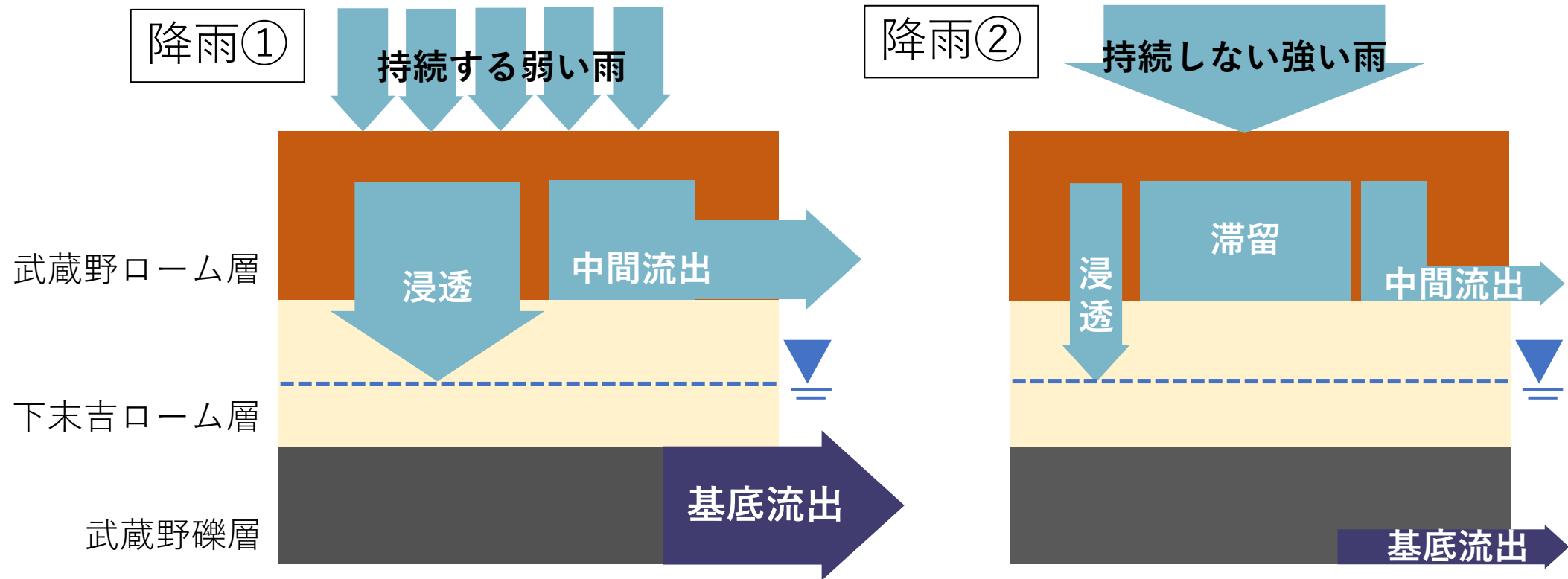


移行しつつあるとき (=Stage2)
地下水位は**急激に増減**する

- 武蔵野ローム層内が不飽和であるとき (=Stage3)
地下水位は**武蔵野礫層**における水理水頭を反映する

5.まとめ-2

2. 降雨が地下水位・湧出量に影響するメカニズム



※降雨③では①→②の現象が見られている

6. 今後の展望

- 今回の研究では、湧出量と地下水位の情報から、降水が基底・中間流出と滞留にどう分配されるのかを考察した。今後は基底流出と中間流出の配分のされ方について、湧出量観測や水質をトレーサーとして湧水での水質観測を行うことで調査していきたい。
- 今回の研究では、地下水位の観測地点と湧出量の観測地点が離れているため、湧出地点における地下水位変動が不透明だった。そのため、おとめ山公園内の井戸でも水位の観測を行い、湧出プロセスに関する理解をより深めたい。

7. 謝辞・参考文献

本研究は下記の方々に様々なアドバイスを頂きました。
この場を借りて感謝申し上げます。

- ・ 鈴木泰我氏
(筑波大学生命環境学群地球学類 学士3年)
- ・ 吉川綾乃氏
(麻布大学院 環境保健学研究科)
- ・ 滝野翔大氏
(株式会社リバネス)
- ・ 山田直樹先生
(私立海城中学高等学校)
- ・ 佐々木勇人先生
(私立海城中学高等学校)

本研究は下記のプログラムに採択され、支援を受けました。
この場を借りて感謝申し上げます。

公益財団法人日本財団/一般社団法人日本先端科学技術
教育人材開発機構/株式会社リバネス
『マリンチャレンジプログラム』

参考文献

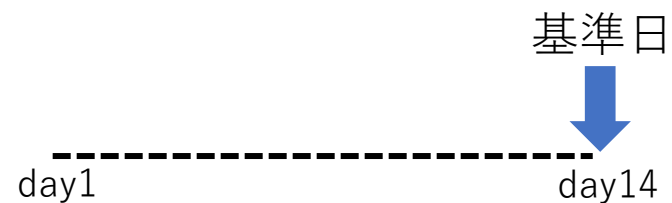
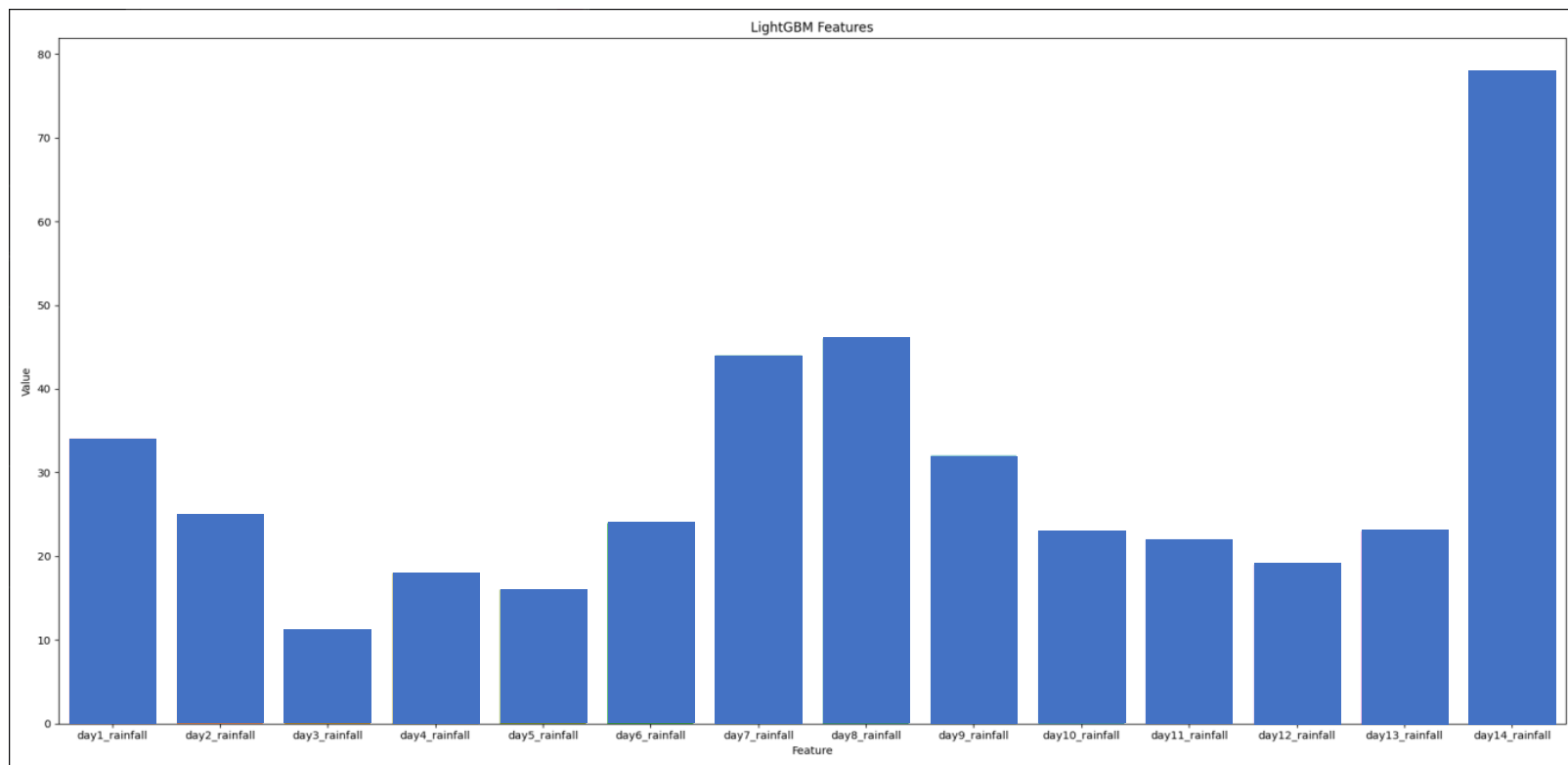
- ・ 佐藤良介(2012),新宿区おとめ山公園湧水の実態調査と浸透施設導入効果の検討 (未公刊)
- ・ 高野雄紀(2015),新宿区おとめ山公園湧水の湧出量の経年変化とその要因の推定 地下水学会誌
- ・ 清水彬光(in press),解析雨量を用いた自然湧水の涵養域に関わる考察 -新宿区立おとめ山公園を例にして- 水文科学会誌
- ・ 駒村正治・増野途斗・成岡市,地下水位変動と地下水涵養機構 -東京都世田谷区大場代官屋敷の例-
- ・ 『水文科学』(筑波大学水文科学研究室,2009年)

資料1 降雨における湧出量変動への影響度

過去7年の湧出量・降水量をもとに機械学習を用いて解析

➡前日の降雨は湧出量への影響が大きい。

単純に遡るほど影響度が小さくなるのではなく、一週間前の降雨による影響が大きい。

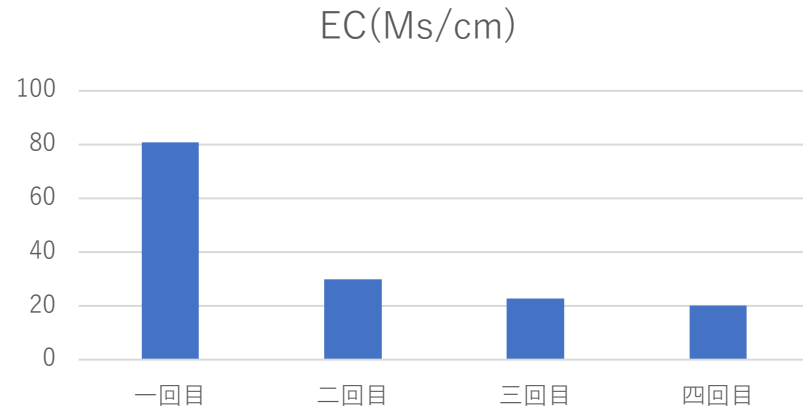


基準日の14日前をday1とし
各日の降水の基準日における
湧出量への影響度を図示

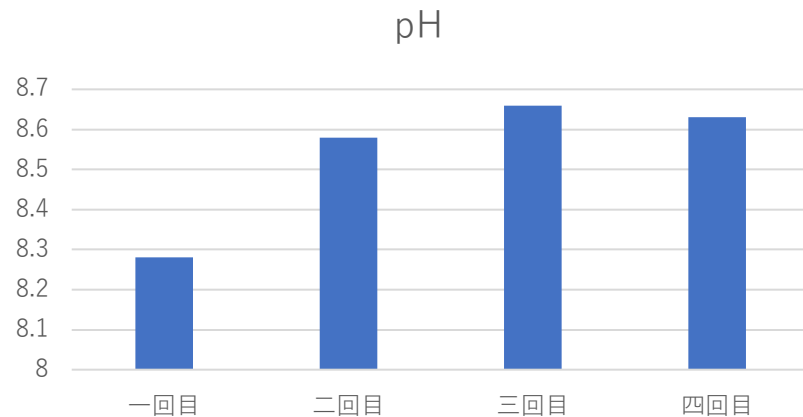
アルゴリズム：LightGBM
コード：Python
可視化：Seaborn

資料 2 透水実験による水質の変化

下末吉ローム層における透水実験の結果



下末吉ローム層における透水実験の結果



本校校舎建設工事の際に頂いた土を使用
各層の透水による水質による変化を計測

資料3 今後の展望 水質計の設置

おとめ山公園に水質計を設置

⇒ pH(水素イオン濃度)
EC(電気伝導度)
DO(溶存酸素)

水質の変動を解析
湧出成分の分離を行う

