

3 . 地下水の動態及び汚染動態の把握

3-1 . 調査内容

県事業では、本地域の地下水を、浅層地下水（上部伊那層に胚胎）及び深層地下水（下部伊那層に胚胎）に区分し、これまで浅層地下水のみと考えられていた硝酸性窒素による汚染が、深層地下水にも及んでいることを示した。また、家庭井戸調査により、高濃度に汚染されている区域は芦部川と虻川にはさまれた村中心部～東部にあることを明らかにした。

このように、県事業では地下水の硝酸性窒素汚染の実態が概略的に明らかにされたが、今後、対策を進める上で、地下水の動態や汚染動態を把握しておく必要がある。そこで、次の事項を把握するために行った各種の調査結果をまとめる。

地下水位・水質の変動特性・・・・・・・・井戸の水位・水質モニタリング

重点調査地域における地下水の水収支・・・・河川同時流量観測

硝酸性窒素汚染状況・・・・・・・・

地下水の硝酸性窒素濃度測定、地下水の電気伝導度測定、地下水の窒素同位体分析

データの項目を表-3.1.1に、調査位置を図-3.1.1に示す。なお、季節変化を把握するため、9～10月(夏季)、11～12月(秋季)及び2月(冬季)に調査した。

表-3.1.1 現地調査項目一覧

項目	目的・内容	数量(地点)			観測期間															備考					
					9～10月調査 (夏季)					11～12月調査 (秋季)					2月調査 (冬季)										
		9～10月	11～12月	2月	平成17年(2005年)																平成18年(2006年)				
					9/30	10/1	10/5	10/6	10/7	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1	12/2	2/5	2/6	2/7							
地下水・水質の変動特性	縦井戸 地下水位 モニタリング	地下水水位および電気伝導度の経年変化の把握を目的とする。自記式の測定器を設置し連続観測を行うことで、降雨に対する応答性もあわせて把握する。	3																						No.4孔(第二地下水) No.5孔(第二地下水) 996孔(宙水,第二地下水) 909孔(第二地下水) 926孔(第二地下水) 619孔, 888(横)孔 909孔, 926孔 (いずれも宙水)
	縦井戸 水質 モニタリング		3																						
	横井戸 流量 モニタリング	湧出する地下水の流量および電気伝導度の経年変化の把握を目的とする。自記式の測定器を設置し、連続観測を行うことで降雨に対する応答性もあわせて把握する。	2																						
	横井戸 水質 モニタリング		4																						
重点調査地域の地下水の水収支	芦部川		8/5	9/5	0/0	↔															↔			断面法/容器法	
	漆沢川	河川水の地下水涵養量を把握し、地下水流動解析の基礎資料とする。断面法あるいは容器法にて河川流量を同時観測する。	7/8	8/8	9/8	↔															↔	↔			
	虹川		7/0	9/0	0/0	↔															↔				
	合計		22/13	26/13	9/8																				
硝酸性窒素汚染状況	面的濃度分布	硝酸性窒素濃度の面的な拡がりの把握を目的とする。既存調査資料より取水帯水層の明確な井戸を抽出し、帯水層毎の地下水を測定する。あわせてpH,電気伝導度,水温を測定する。	26	25	24						↔				↔								↔	秋季：926孔井戸酒れ 冬季：926孔,996孔井戸酒れ 秋季25試料：公定法により硝酸性窒素濃度を分析	
	鉛直濃度分布	帯水層の鉛直方向の硝酸性窒素濃度変化の把握を目的とする。硝酸性窒素濃度と電気伝導度の相関性が良いことから、井戸に電気伝導度計を挿入しストレナ区間における電気伝導度変化を測定する。	3	3	3					↔		↔		↔							↔	↔		No.3孔 (第一地下水,第二地下水) W-12孔 (第一地下水,第二地下水) 708孔(第一地下水)	
	窒素安定同位体比	地下水汚染源を検討する基礎資料の収集を目的とする。取水帯水層の明確な井戸の地下水を用いて窒素同位体比を分析する。	26	-	-						↔													9～10月に実施した面的濃度分布調査箇所の採水試料にて実施	

地下水モニタリングは連続測定しており、上記期間に点検およびデータの回収を行っている。

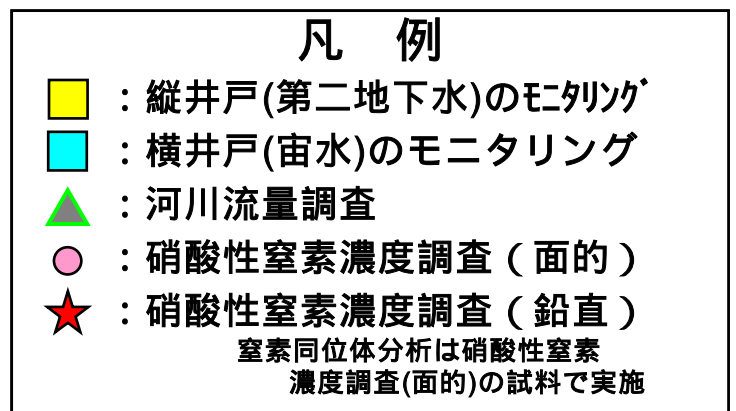
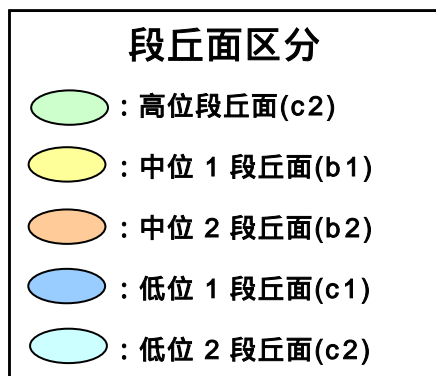
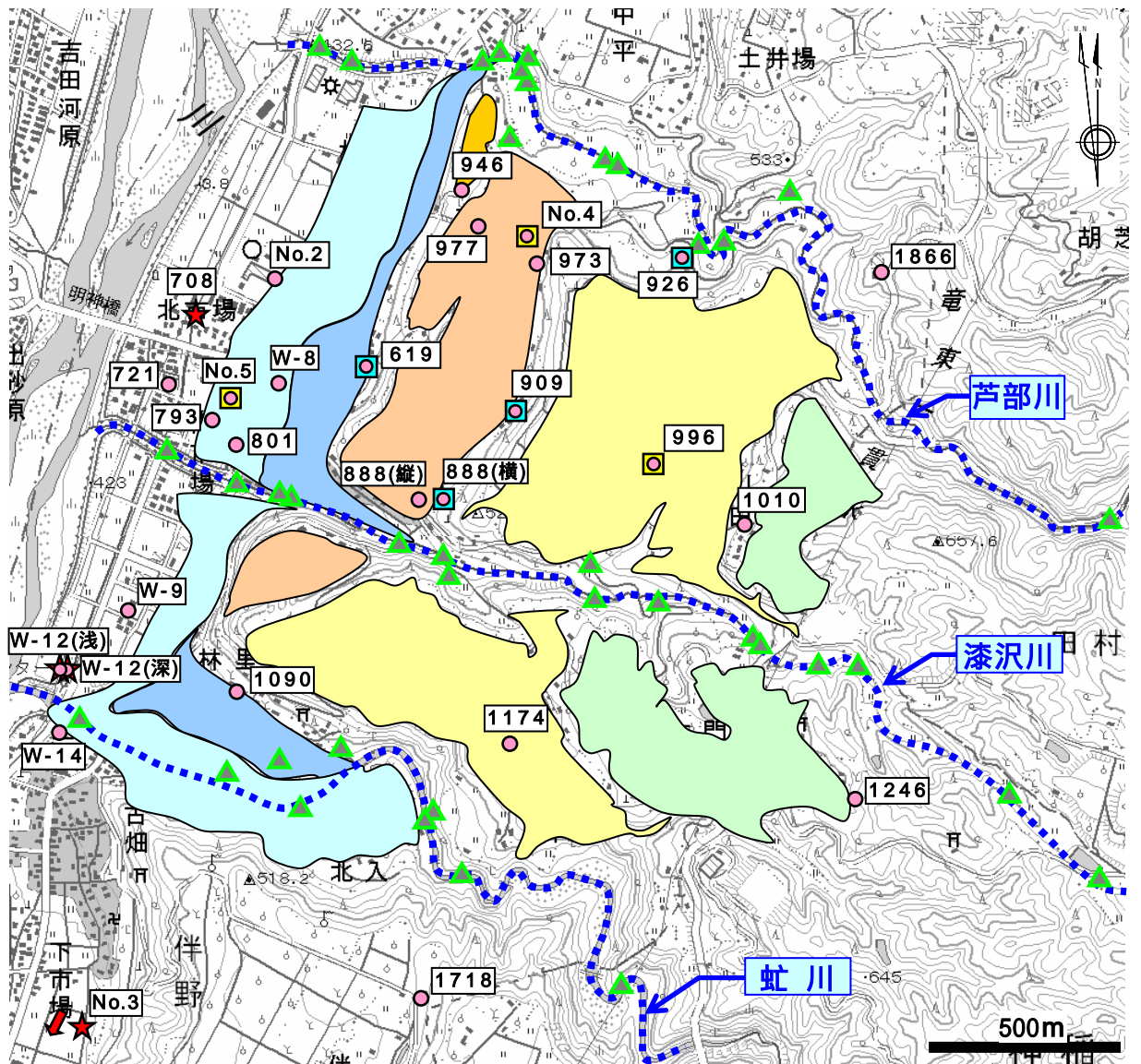


図-3.1.1 現地調査位置(重点調査地域)

3-2 . 地下水位・水質の変動特性

地下水位・水質の季節変動や降雨による変動を把握するため、既存の井戸（縦井戸・横井戸）を用いて地下水位、水質等のモニタリングを行った。縦井戸では地下水位及び水質（電気伝導度・水温）を、横井戸では湧出量及び水質（電気伝導度・水温）を自記式計器を用いて連続的にモニタリングした（表-3.2.1及び図-3.2.1参照）。

縦井戸は主に第二地下水の、横井戸は主に宙水の動向を表していると考えられる。なお、第一地下水から揚水している井戸で地下水観測に適した井戸がなかったことから、第一地下水の観測は行っていない。

表-3.2.1 地下水モニタリング井戸一覧

孔名	井戸区分	孔口標高 ¹ (EL.m)	対象地下水	井戸所在	地下水位	湧出量	水質 (電気伝導度・水温)
No.4	縦井戸	483.82	第二地下水	中位2段丘			
No.5		427.68	第二地下水	低位2段丘			
996		531.4	宙水+第二 ²	中位1段丘			
619	横井戸	445	宙水	中位2段丘崖			
888(横)		485		中位1段丘崖			
909		495		中位1段丘崖			
926		500		中位1段丘崖			

1 孔口標高はNo.4、No.5孔は掘進時の孔口標高、その他は地形図読み取り値

2 996孔は下部伊那層と段丘堆積物からの地下水を取水している井戸。降雨の少ない時期は段丘堆積物からの宙水の付加が少なく、ほぼ下部伊那層の第二地下水を対象としていると見なせる



図-3.2.1 地下水モニタリング井戸の位置

概略の結果を以下に整理する(図-3.2.2参照)。

第二地下水：

秋季～冬季の降雨量の少ない時期を反映し地下水位は低下傾向を示す。

降雨に対する地下水位及び水質(電気伝導度・水温)の応答性は乏しい。

宙水：

横井戸で上位の段丘堆積物に胚胎する宙水を集水しており、秋季～冬季の降雨量の少ない時期だが、湧出水は涸渇しない。

降雨に対する湧出水の湧出量及び水質(電気伝導度・水温)の応答は、場所により異なる。

なお、調査期間は降水の少ない秋季～冬季にあたり、地下水の年間を通した変化を評価するにはデータが不足しているため、通年のデータ収集が必要である。

これら通年のデータを把握することで地下水の実情が明らかとなり、地下水シミュレーションの現況再現に用いる比較データ、汚染メカニズムを把握する際の基礎資料、中長期的指標の設定の際の現状値として利用される。

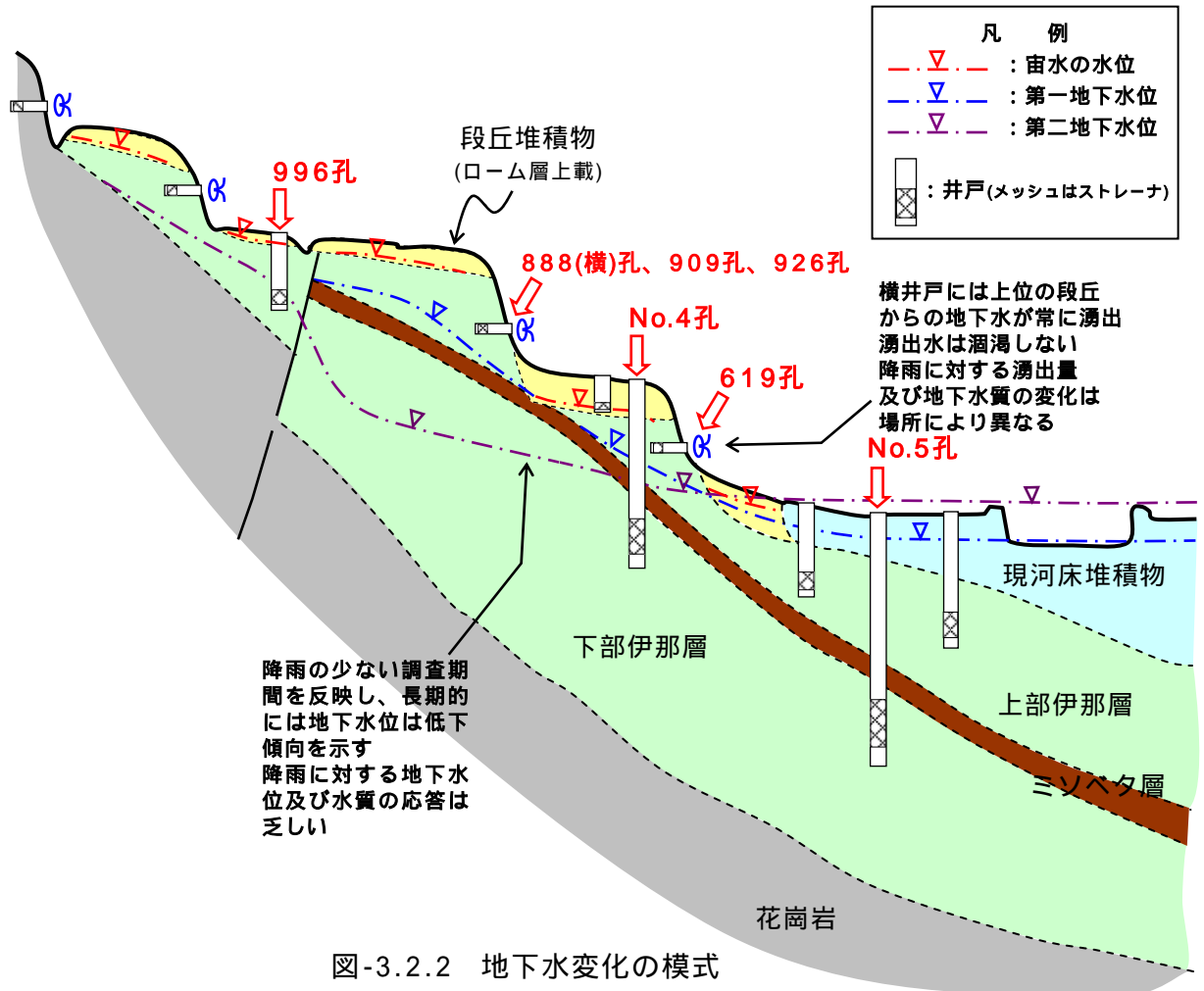


図-3.2.2 地下水変化の様式

以下に第二地下水と宙水の別に計測データを詳細に考察する。

(1) 第二地下水

1) 地下水位

〔長期変動特性〕

調査期間が秋季～冬季の降雨量の少ない時期であることを反映して、全体に低下傾向を示すが、2～3月にかけて横ばいあるいは上昇に転じる(図-3.2.3参照)。なお、996孔は宙水を混在する第二地下水であるが、調査期間中は降雨が少なく宙水からの付加が小さいため、長期的には他の第二地下水のみを対象とする観測井と同様に変動する。

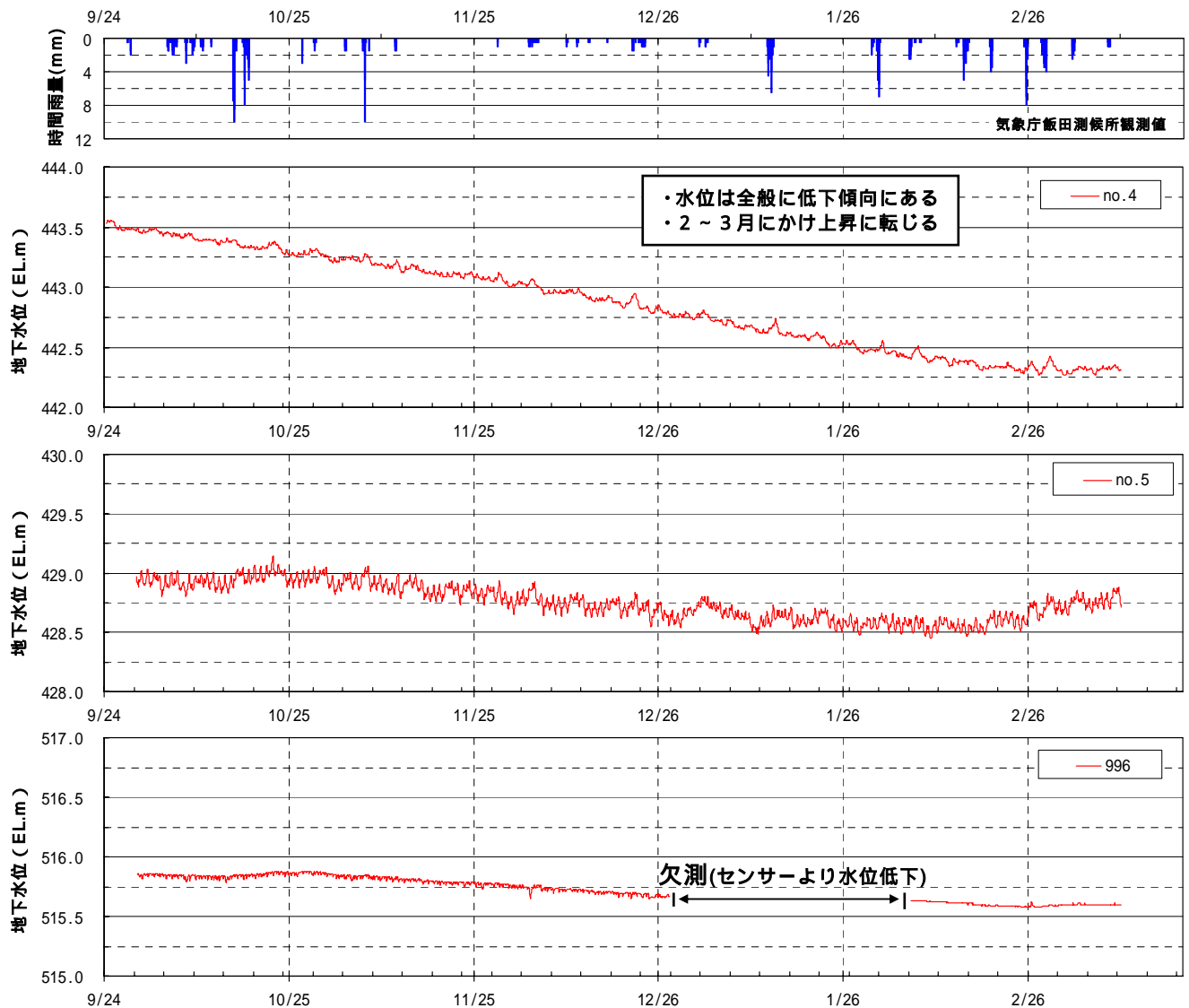


図-3.2.3 第二地下水位の長期変動

〔日変動特性〕

日変動は、No.5孔で夜間の上昇、昼間の低下が明瞭に見られる。No.5の北250mに村の水源井(田村水源)があり、調査期間中、14～18時間/日稼動しているため、これが影響していると考えられる(具体的な稼動時刻は不明)。No.4孔は昼間のわずかな上昇は認められるものの夜間に変動しない。996孔は雑用水として民家が利用しているため、昼間の井戸水の利用に伴う低下が明瞭である(図-3.2.4参照)。

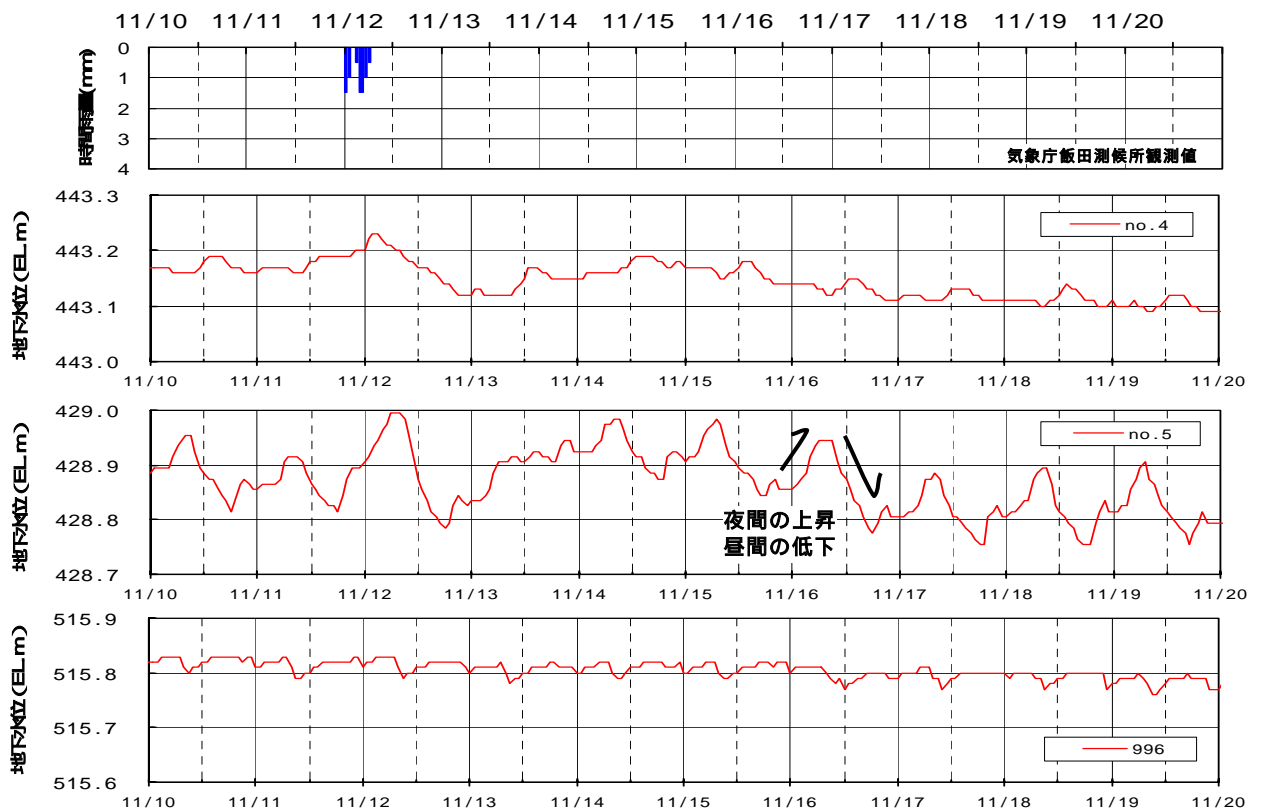


図-3.2.4 第二地下水位日変動

2) 地下水質（電気伝導度・水温）

〔長期変動特性〕

調査期間中、低下傾向にあったNo. 4孔の電気伝導度は、12月初旬を境に上昇に転じる（図-3.2.5参照）。10月中旬のまとまった降雨（79mm/4日間、飯田測候所観測値）以降、降雨量が少なく降雨による希釈効果が弱くなり上昇に転じたと判断される。No.5孔の電気伝導度は2月5日まで低下傾向を示す。2月5日に採水目的で蛇口を開放し自噴させ、採水したことを契機に、2月7日にかけて急激に電気伝導度が上昇した。これは、常時の状態では孔内の地下水の流動は小さいが、大量に自噴させることによって周辺から溶存成分の高い地下水が強制的に集まり孔内の水が置換されたと考えられる。996孔の電気伝導度は調査期間中、低下傾向を示している。このことは、降雨が少なく宙水の付加が小さくなり、電気伝導度が低下したと考えられる。

第二地下水を対象とするNo.4孔及びNo.5孔の水温は、調査期間中13.5 及び14.7 で安定している（図-3.2.5参照）。宙水と第二地下水の混合地下水を対象とする996孔は井戸の深さ16mと浅く、調査期間中の気温の変化に伴い、水温は低下あるいは上昇する。

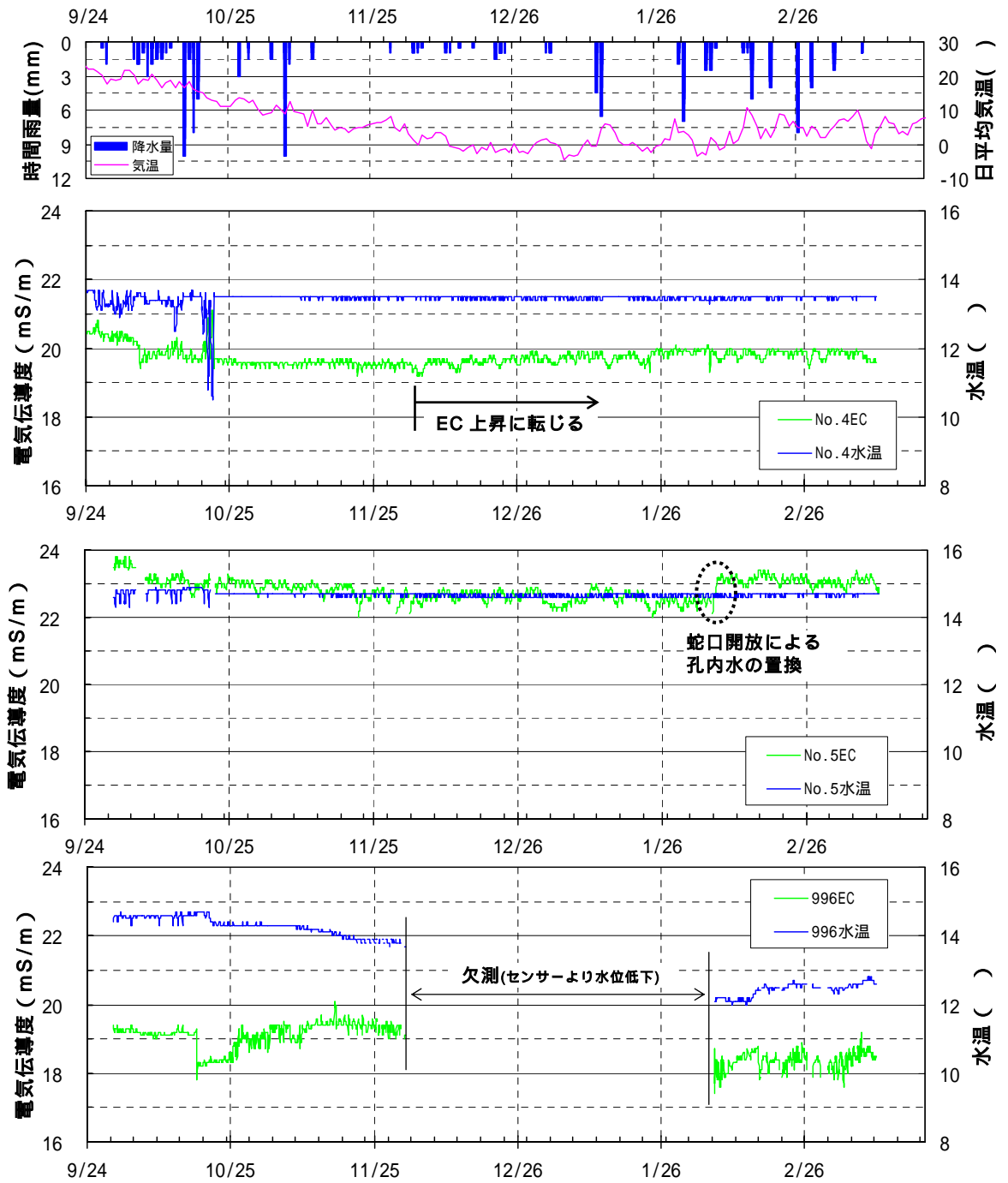


図-3.2.5 第二地下水の電気伝導度及び水温の変動

〔日変動特性〕

電気伝導度の日変動は、各孔とも日毎の微弱な上昇ピーク及び低下ピークが認められる。上昇ピークはNo.4孔及びNo.5孔で夜間に996孔で昼間に、低下ピークはNo.4孔及びNo.5孔で昼間に見られるが、996孔では認められない(図-3.2.6参照)。

水温は、日単位では各孔ともほぼ一定の値を示す。時折、低下あるいは上昇が見られるものの不規則である(図-3.2.6参照)。

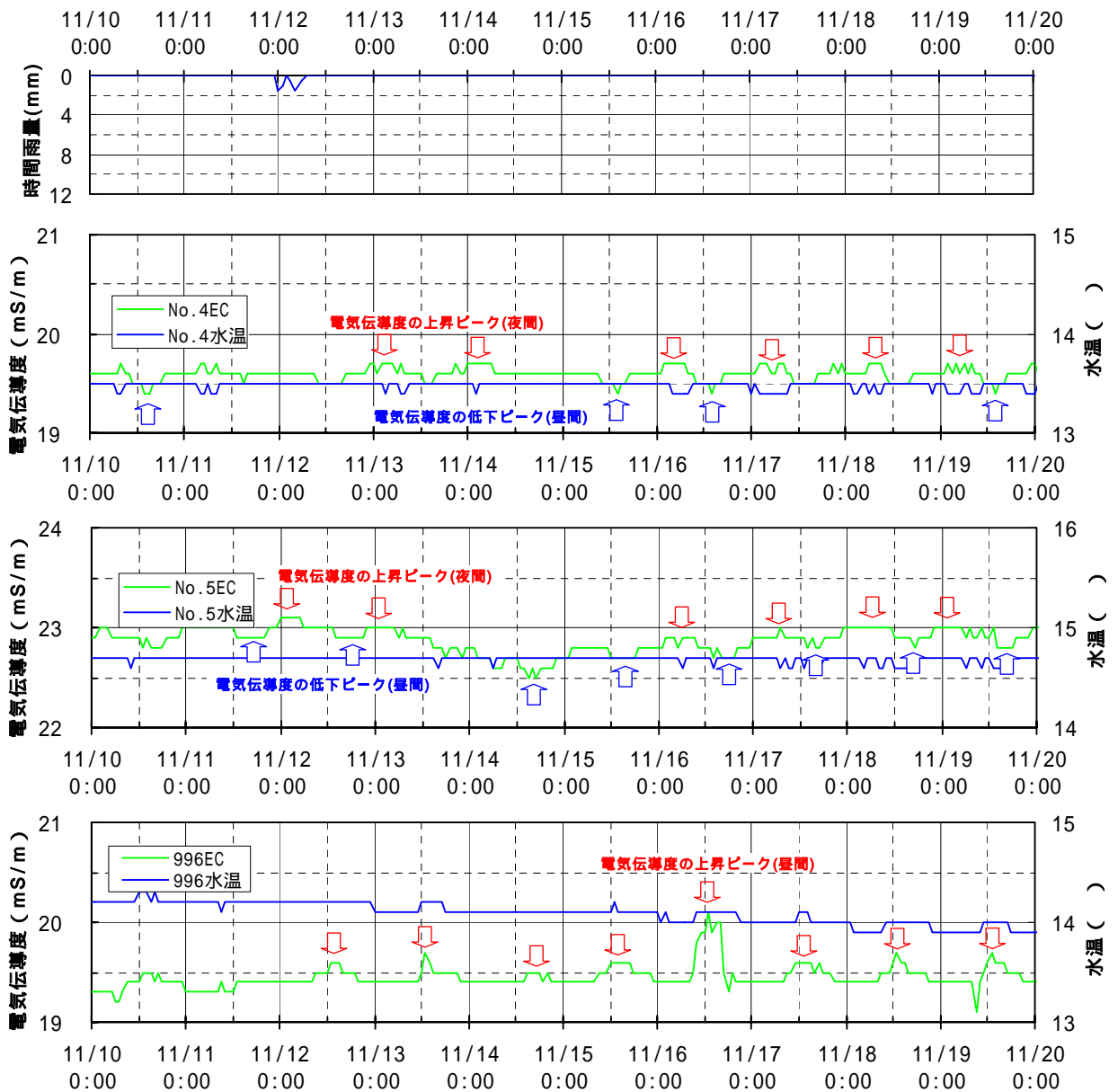


図-3.2.6 第二地下水の電気伝導度及び水温の日変動

3) 降雨に対する地下水位・水質応答特性

地下水位は、小規模な降雨には応答しないが、10月中旬のまとまった降雨(79mm/4日間、飯田測候所観測値)に対して、いずれの孔でも5～10日程度遅れでわずかに水位の上昇がみられる(図-3.2.7参照)。

電気伝導度もこのまとまった降雨に対して、No.4孔でピークより2日～3日の遅れで上昇が見られる(図-3.2.8参照)。996孔で最初の降雨ピーク後、直ちに低下が見られる。No.5孔は明確な応答は認められない。一方、水温はこのまとまった降雨に対して、No.4孔で電気伝導度の応答と同様に2～3日遅れて低下する。No.5孔及び996孔では明確な応答は認められない。電気伝導度の変化があった996孔で水温の変化が認められないのは、996孔の水温15程度に対して気温も15程度と同じであったためと考えられる。

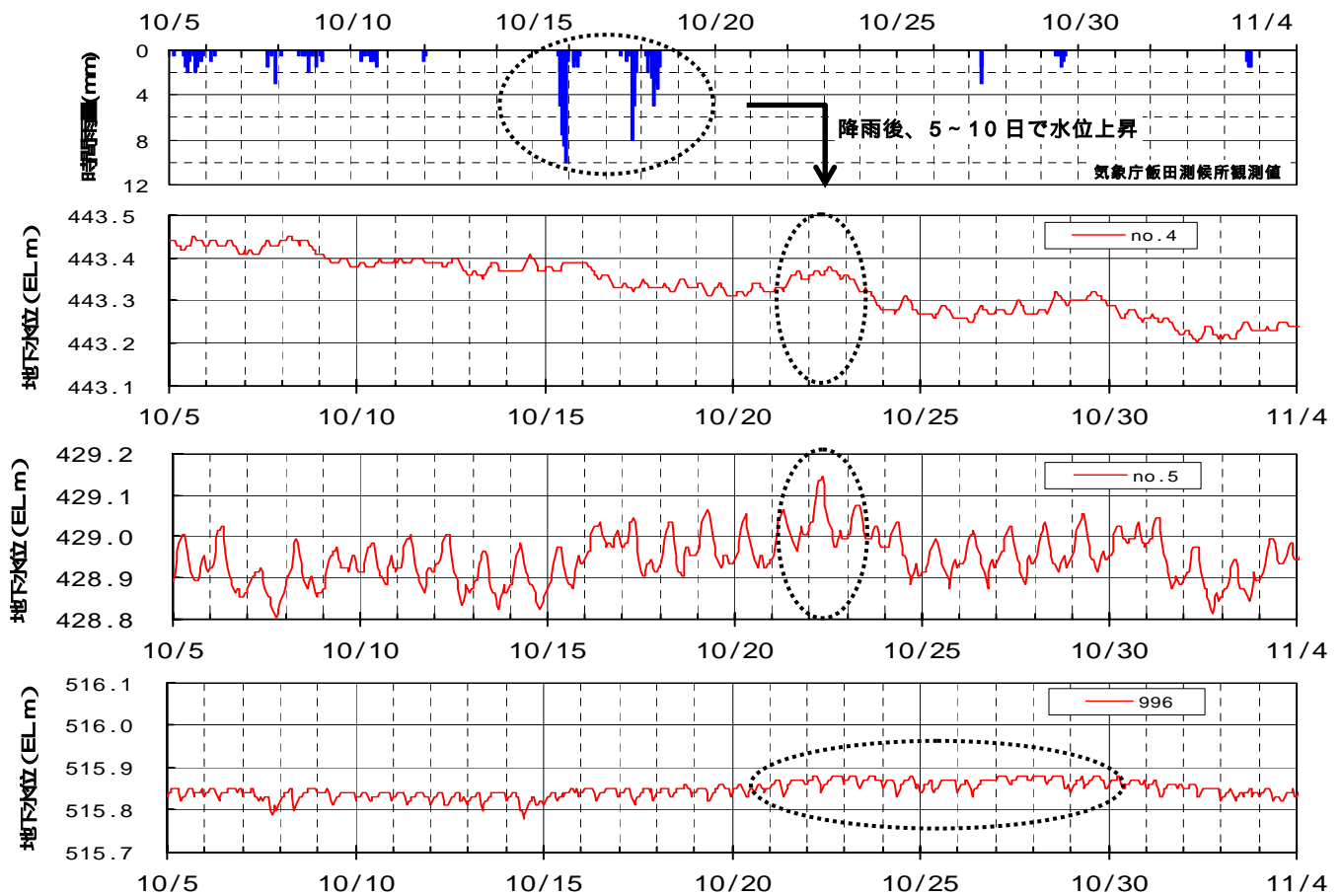


図-3.2.7 降雨に対する第二地下水位応答

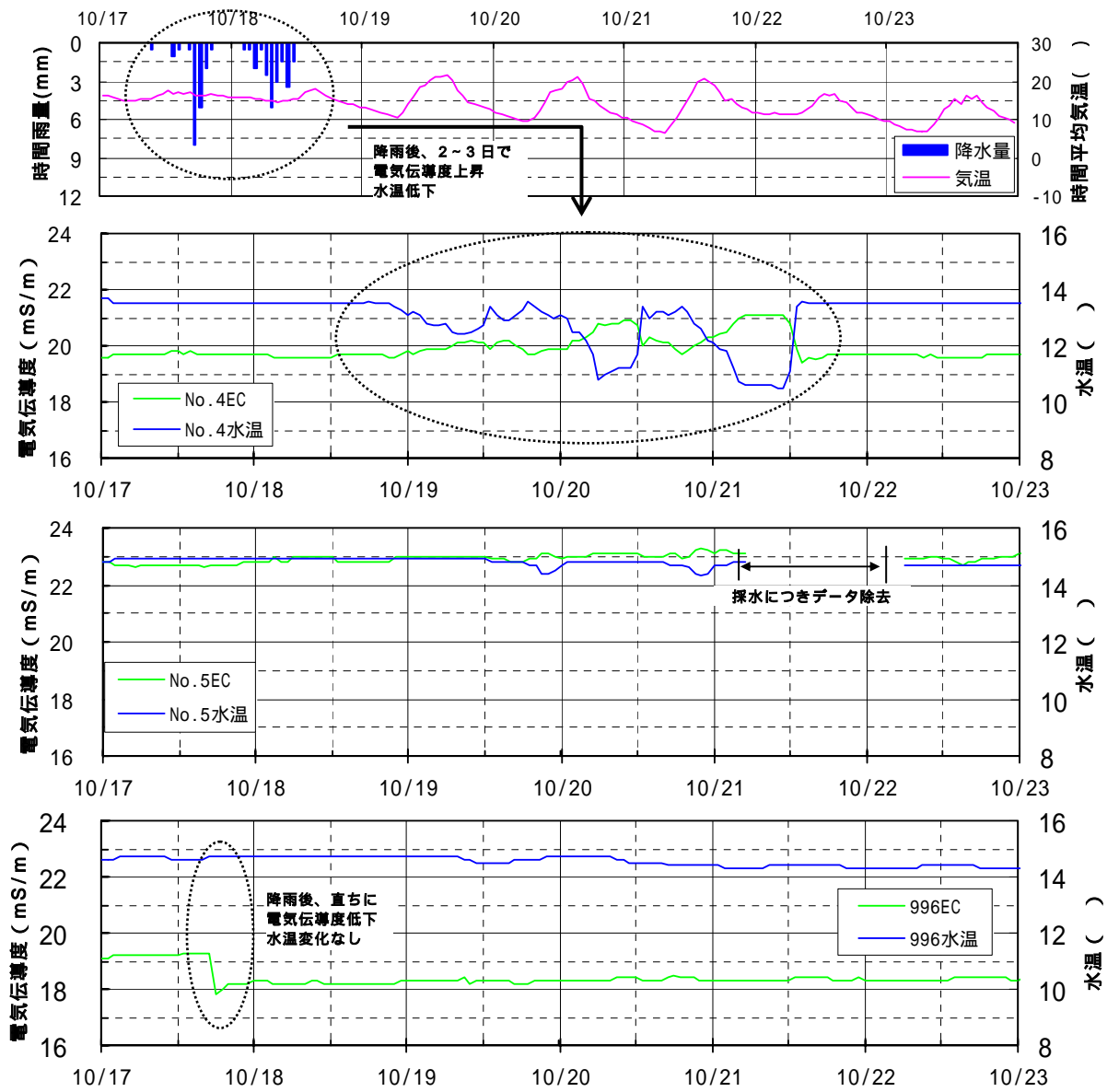


図-3.2.8 降雨に対する第二地下水の電気伝導度及び水温応答

(2) 宙水

1) 湧出量

〔長期変動特性〕

909孔と926孔の長期湧出量変動特性は異なる(図-3.2.9参照)。909孔では調査期間中、約3L/分の湧出量で安定しており、926孔は秋季～冬季の降雨量の減少を受け、初めは常時、湧出があったものの、11月で井戸涸れした。なお、926孔の一時的な湧出量の低下は井戸の雑用水利用によるものである。

909孔は段丘の西側崖下に位置し、段丘堆積物に胚胎する宙水が絶えず流下しているところを掘削し集水している。このため、秋季～冬季にかけた降雨量の少ない時期でも湧出水が途絶えることはない(図-3.2.10参照)。926孔は中位1段丘の北側崖下に位置し、宙水の流下が乏しいため、降雨の少ない時期には井戸涸れすると考えられる。なお、水質のみ観測している619孔及び888(横)孔でも湧出量は減少するものの、期間中、井戸は涸れなかった。

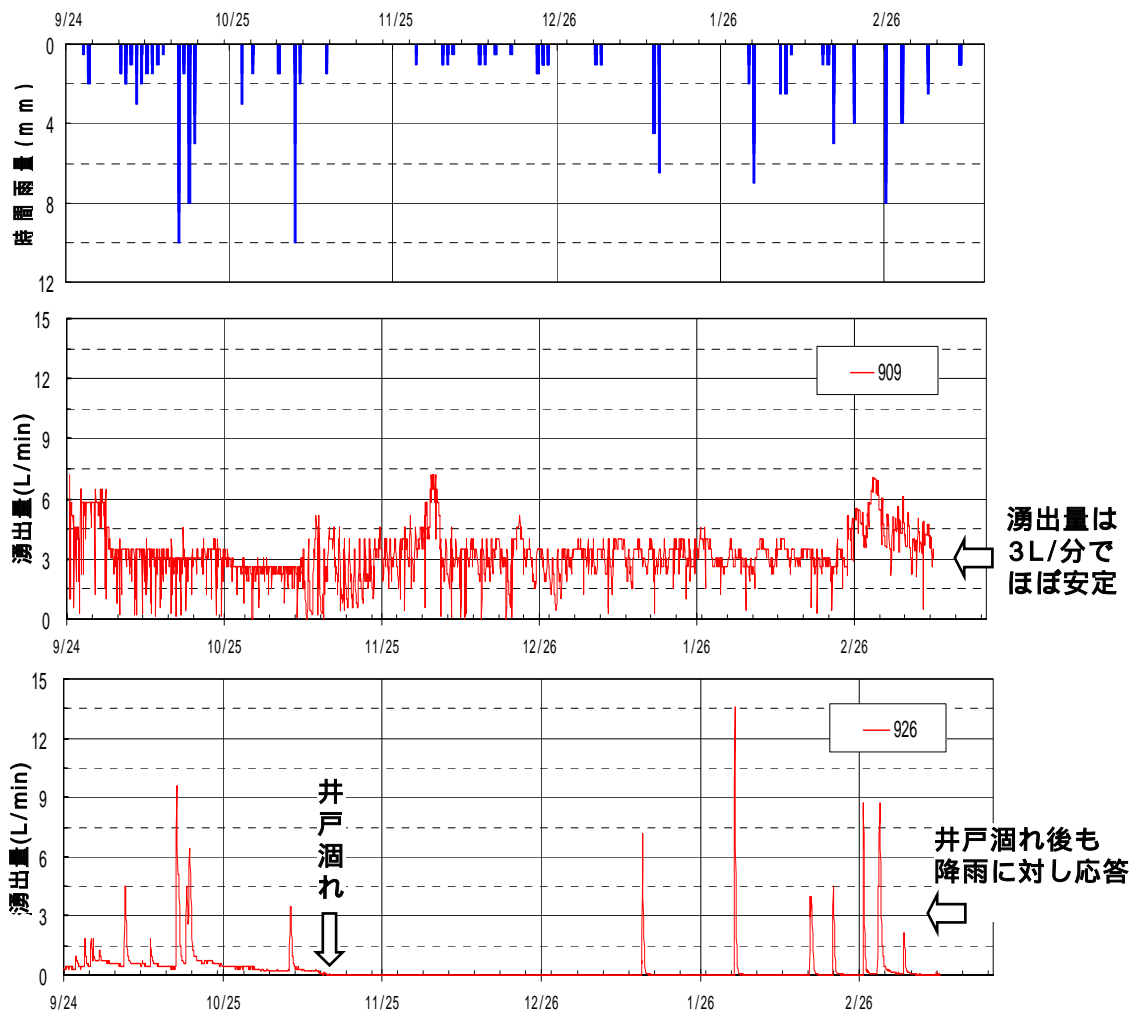


図-3.2.9 宙水の湧出量変動

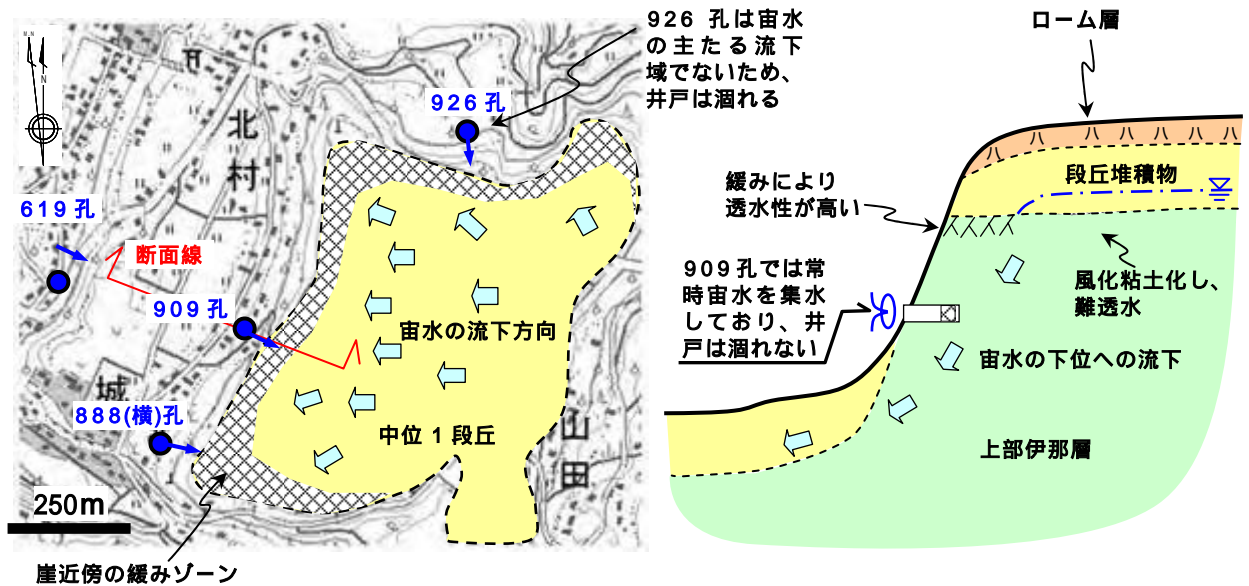


図-3.2.10 横井戸の位置により宙水の湧出量が異なる原因

〔日変動特性〕

909孔の湧出水は、一旦、枡に貯水され、ここからポンプで吸い上げ家庭で雑用水として利用されている。測定は枡から余剰した水を対象としており、利用による一時的な貯水枡の水量減少に応じ、昼間あるいは夜間に湧出量が減少する(図-3.2.11参照)。926孔は段丘崖下に掘られた横井戸の内部に三角堰を設置し、ここを越流する水量を湧出量として測定している。人為的影響はなく顕著な日変動は認められない。

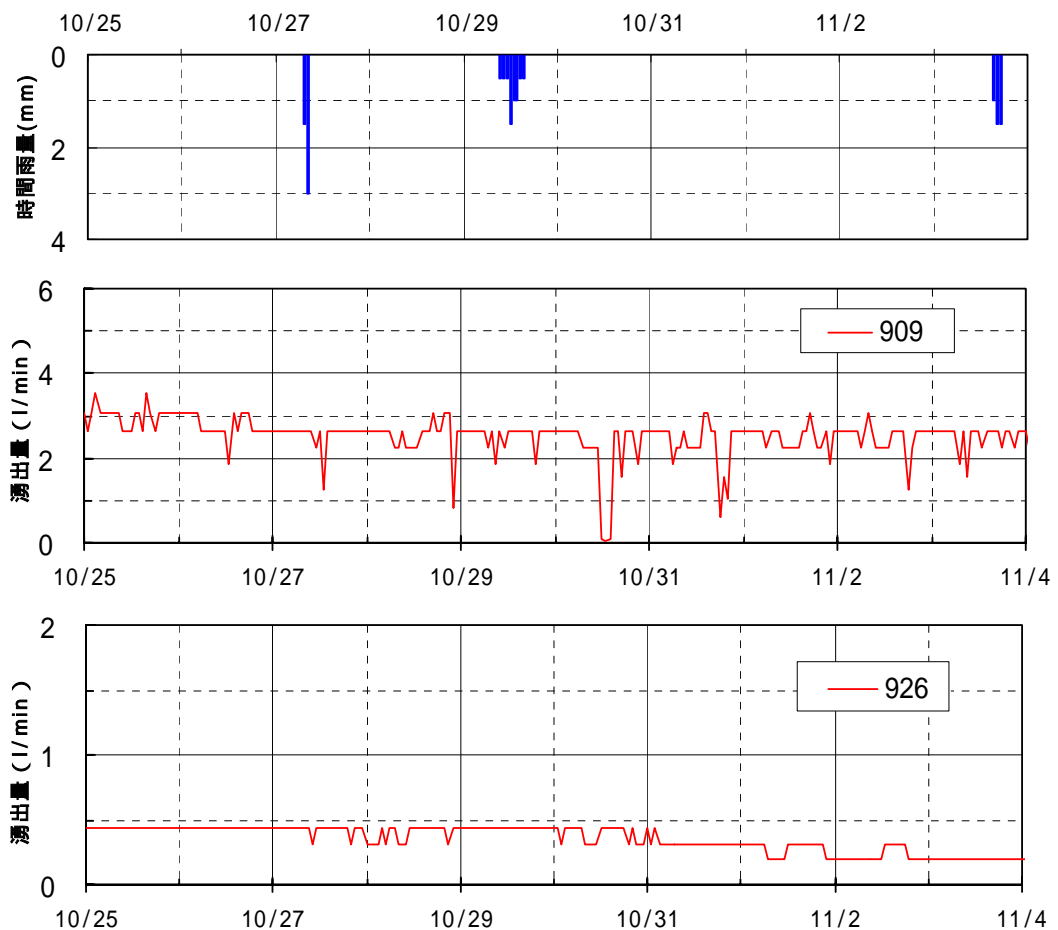


図-3.2.11 宙水の湧出量の日変動

2) 地下水質（電気伝導度・水温）

〔長期変動特性〕

619孔の電気伝導度は降雨の多い時期に高く、少ない時期に低い傾向が認められる。909孔の電気伝導度は、調査期間中ほぼ一定値(22mS/m)で推移する。その他の孔の電気伝導度の長期変動特性は不明瞭である(図-3.2.12参照)。

水温は、いずれの孔も調査期間の気温の低下に伴い、低下する傾向にある(図-3.2.12参照)。特に湧出水を一旦貯水柵に貯めている619孔、888(横)孔及び909孔で水温の低下が目立つ。926孔の水温は横井戸内から湧出する地下水を井戸内で直接測定しているため、低下量は小さい。

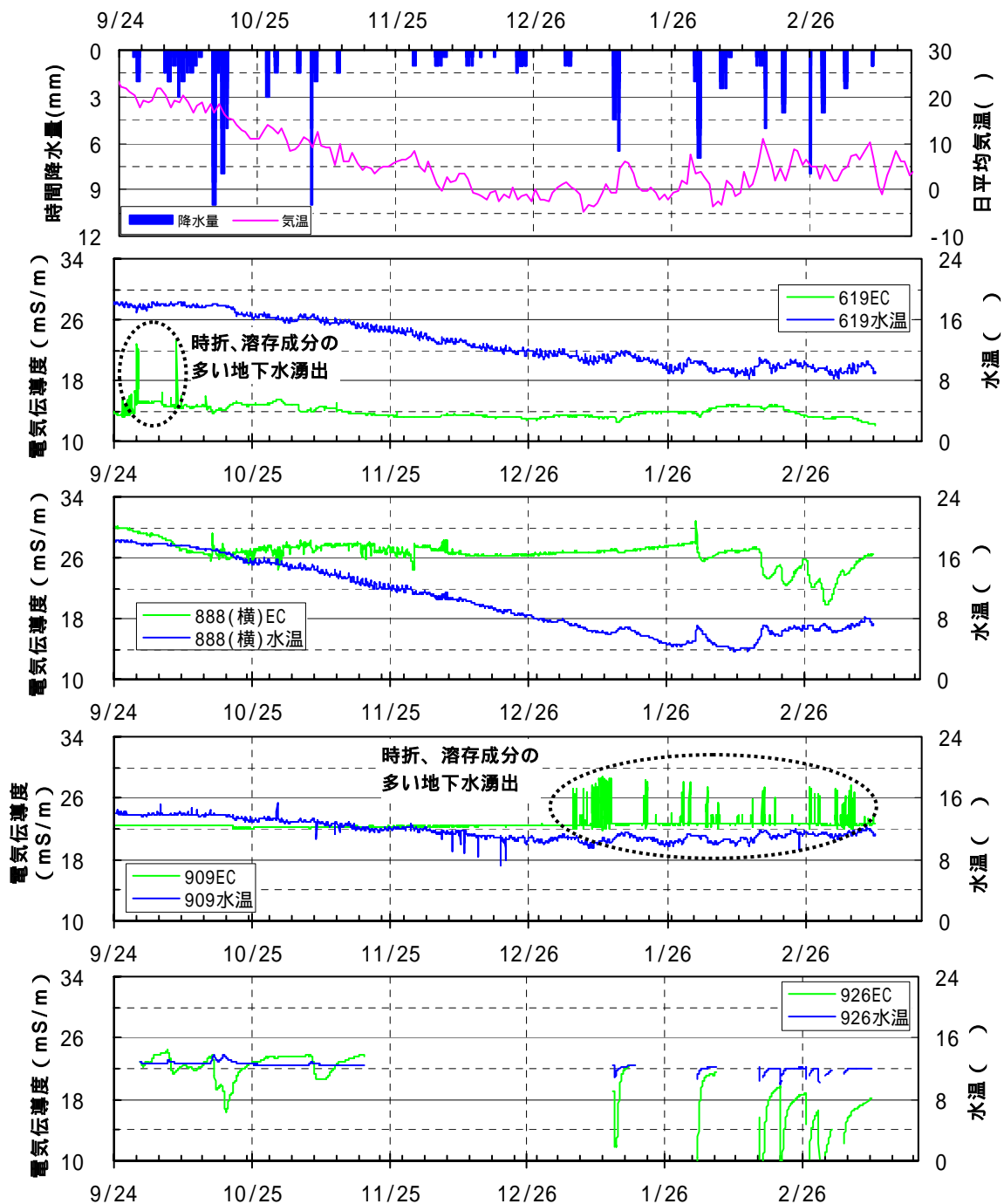


図-3.2.12 宙水の電気伝導度・水温変動

〔日変動特性〕

電気伝導度の日変動は、いずれの孔も不明確である(図-3.2.13参照)。なお、619孔及び909孔の電気伝導度は数時間～数日間、明確な上昇ピークを示すことがある(前出図-3.2.12参照)。いずれも普段通り井戸利用しており、期間前に目立った降雨は認められない。湧出量にも変化が見られないことから、原因は不明だが、溶存成分の多い地下水が一時的に湧出する可能性があることが示唆される。

水温の日変動は、気温の日変動に合わせた変動が、619孔、888(横)孔及び909孔で認められる(図-3.2.13参照)。なお、926孔では水温の日変動は認められない。これは926孔が横井戸内から湧出する地下水を井戸内で直接測定しており、気温の変動を受けないためである。

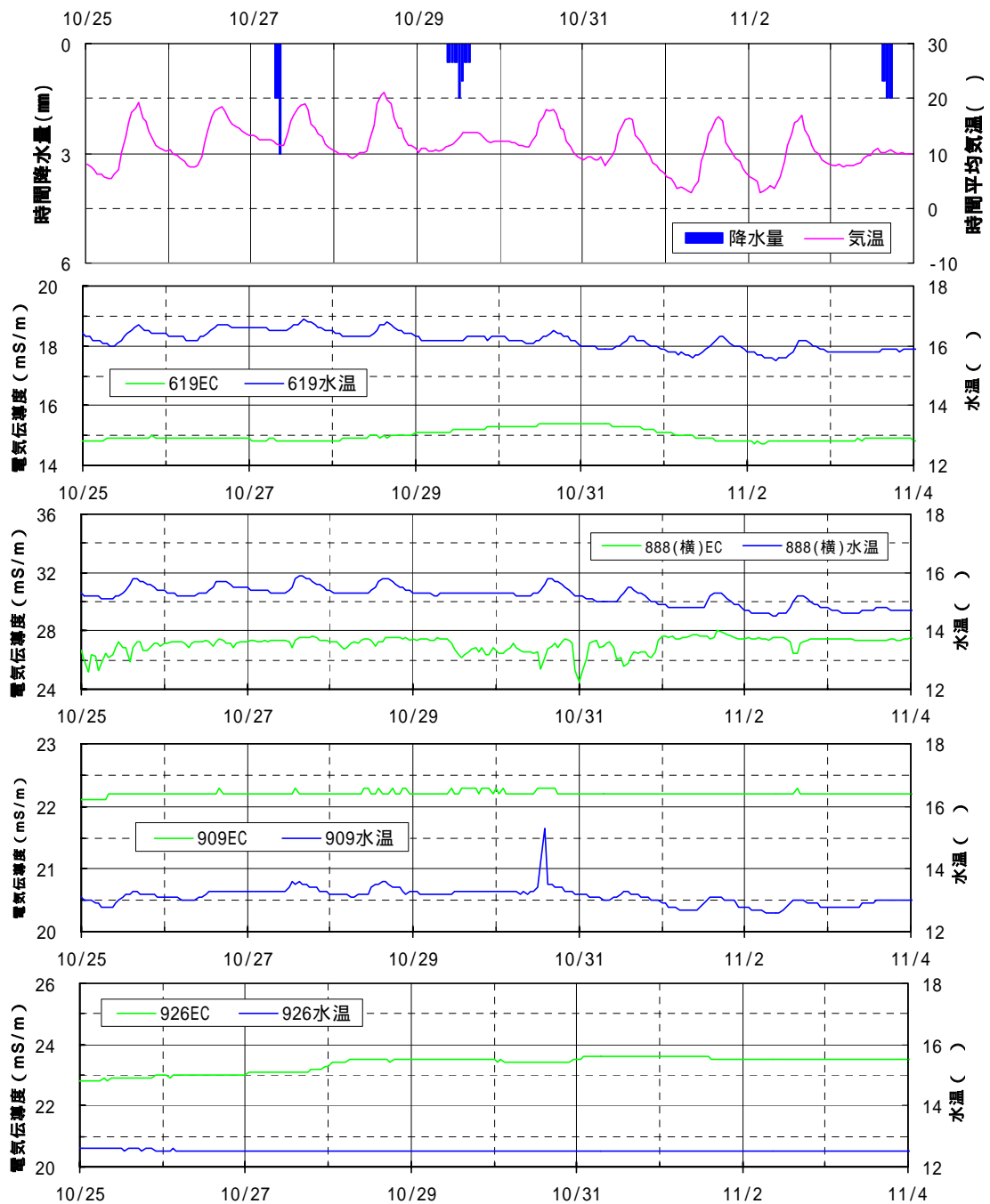


図-3.2.13 宙水の水質(電気伝導度・水温)の日変動

3) 降雨に対する湧出量・水質応答特性

909孔と926孔の降雨に対する湧出量の応答特性は異なる(図-3.2.14参照)。909孔では降雨に対する応答は明確でない。ただし、ある程度まとまった降雨(35.5mm/1日間、飯田測候所観測値)に対して応答するようである。926孔は降雨に対する応答が非常に良く、降雨ピークに対して2～9時間遅れのピークを示す湧出が生じている。909孔は段丘堆積物の宙水を常に集水しており、降雨が一旦宙水に涵養された後、時間をおいて流下してくるため、応答が明確でないと考えられる。926孔は段丘堆積物の宙水を主たる水源としておらず、段丘崖で浸透した降水を集水するため、降雨に対する応答が鋭敏であると考えられる。

電気伝導度の降雨に対する応答は、888(横)孔及び926孔で明確である(図-3.2.15参照)。888(横)孔では降雨に対し上昇あるいは低下するが、926孔では低下するのみである。

888(横)孔は井戸近傍に果樹があるため、溶存成分の多い浸透水が付加し電気伝導度が上昇すると考えられる。ただし、2～3月にかけての降雨のように断続的に浸透水が付加すると、希釈効果が働き電気伝導度が低下する(前出図-3.2.12参照)。926孔は雑木林からなる段丘崖での降雨浸透により維持されている井戸で、電気伝導度の低い降雨を反映し低下するものと考えられる。

水温の降雨に対する応答は、888(横)孔及び926孔で認められる(前出図-3.2.12及び図-3.2.15参照)。ただし、降雨時の気温の違いを受け、全ての降雨で同じように応答するわけではない。降雨時の気温と観測孔毎の水温の差や浸透経路による浸透水の温度変化等を反映し、湧出水の温度が変化すると考えられる。

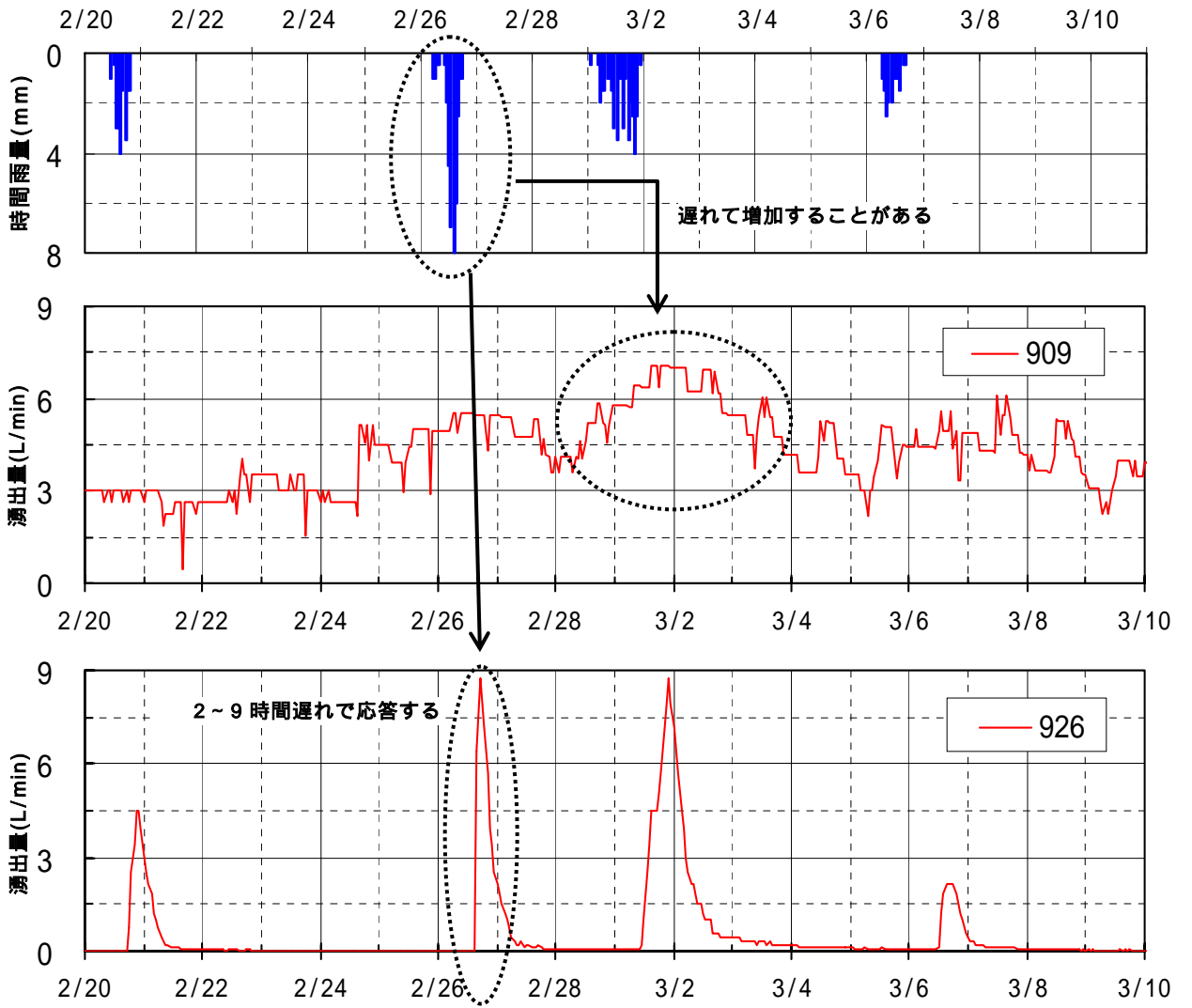


図-3.2.14 横井戸湧出地下水の降雨に対する湧出量変化