

北勢地方の自噴井観測

平成 30 年 2 月

三重大学

大野 研

0. 序章

1991年度に、北勢地方の自噴井10カ所の計測を開始し、本年度で27年間調査を続けている。しかし残念ながら2009年度までに、様々な理由から4カ所の自噴井の計測ができなくなった。したがって、現在は、北勢地方の6カ所の自噴井から、月に1回自噴量、水温、電気伝導度、pHを計測している。これらは、北勢地方の地下水の涵養、流動、流出をあらわしており、北勢地方の地盤環境の基本的なデータとなる。北勢地方の健全な地盤環境に必要な計測である。

1. 地下水調査の概要

- 調査地点：図1に7カ所の井戸の位置を示すが、井戸3は噴出しなくなっている。表1に地表地質、標高、井戸深度を示す。
- 調査項目：調査項目は、自噴量、水温、電気伝導度、pHである。

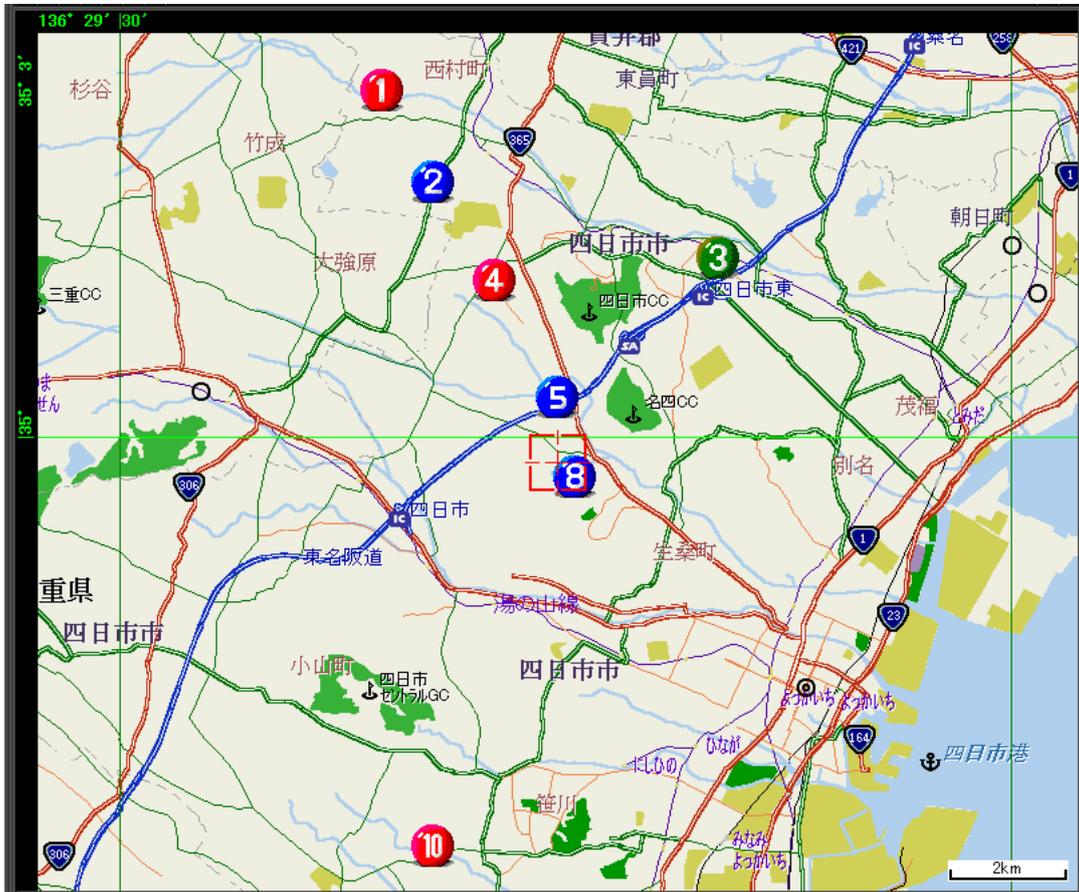


图 1 測定自噴井位置

表 1 調査井戸の深度・標高。地表地質

井戸番号	深度(m)	標高(m)	地表地質
NO.1	-178	43	河床・新期扇状地推積物
NO.2	-243	45	低位段丘・中位段丘推積物
NO.3	-41	22	河床・新期扇状地推積物
NO.4	-382	45	低位段丘・中位段丘推積物
NO.5	-276	39	低位段丘・中位段丘推積物
NO.8	-234	50	低位段丘・中位段丘推積物
NO.10	-108	32	低位段丘推積物

2. 地下水調査の結果及び考察

2-1 自噴量

図 2-1 から図 2-7 に、1991 年 5 月から 2018 年 1 月までの自噴量の変化を示す。

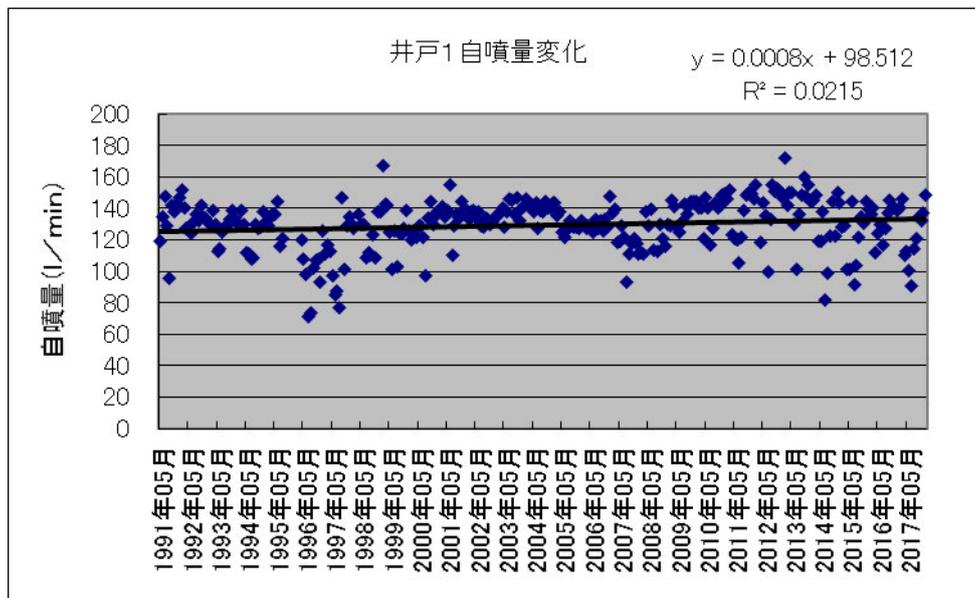


図 2-1 自噴井 1 の自噴量変化

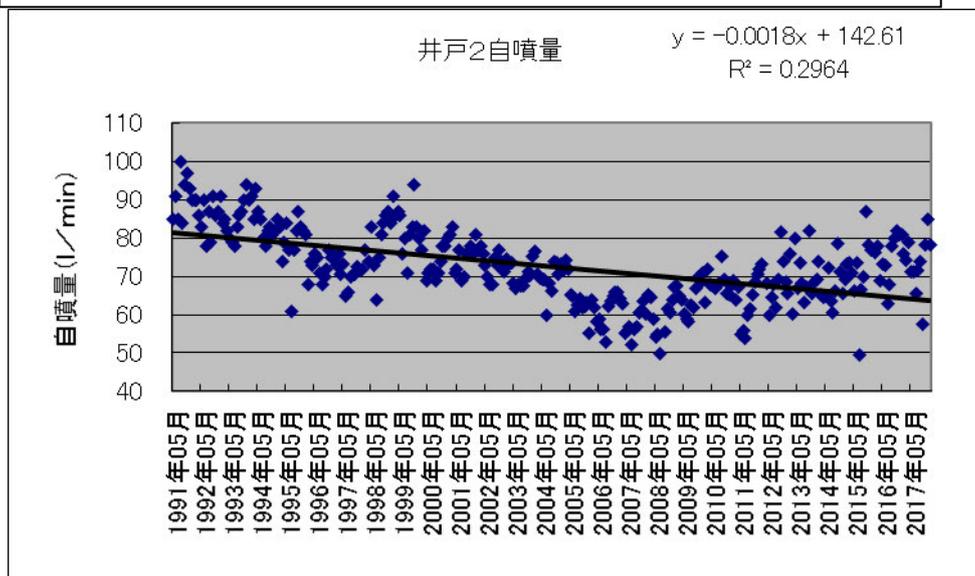


図 2-2 自噴井 2 の自噴量変化

2009 年度から計測出来なくなった。

図 2-3 自噴井 3 の自噴量変化

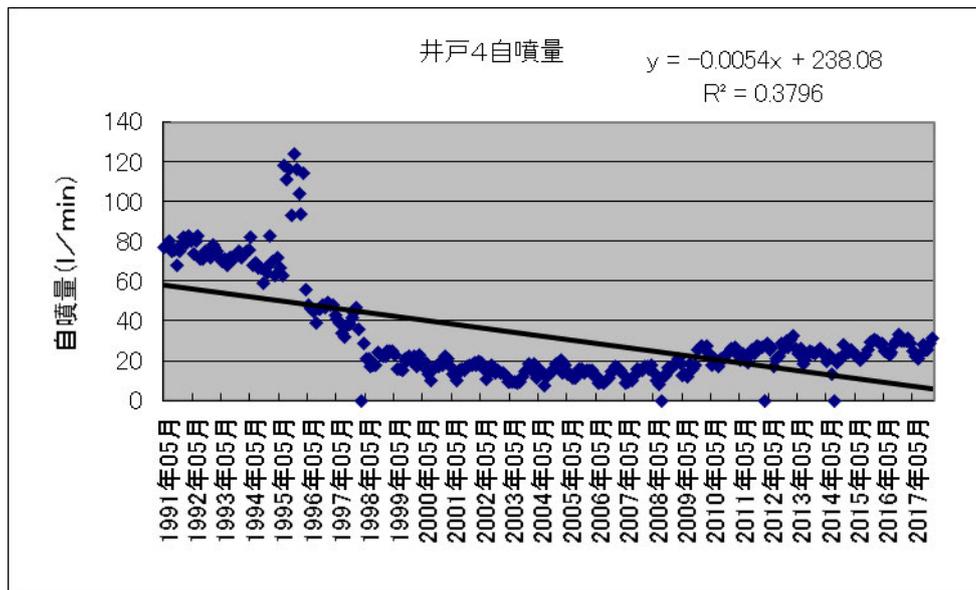


図 2-4 自噴井 4 の自噴量変化

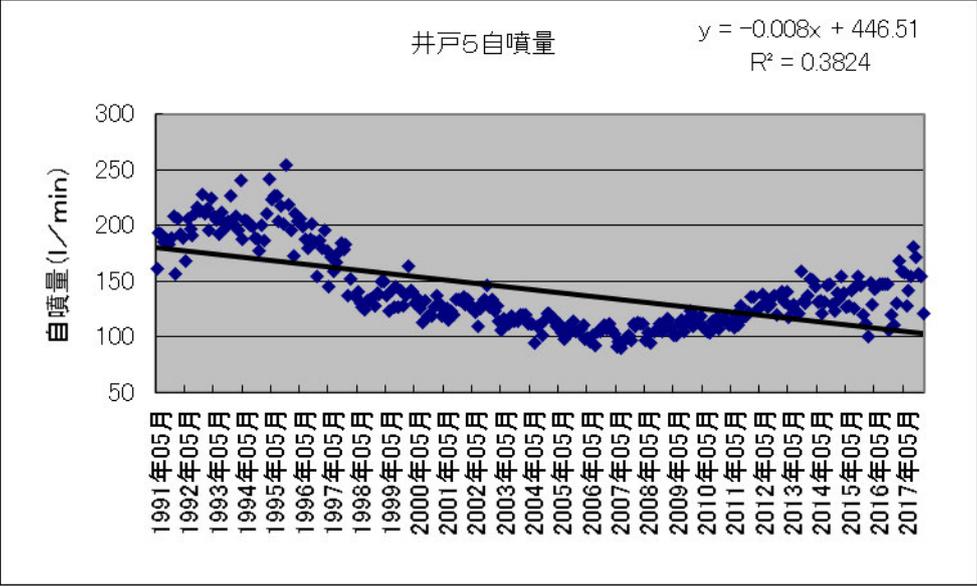


図 2-5 自噴井 5 の自噴量変化

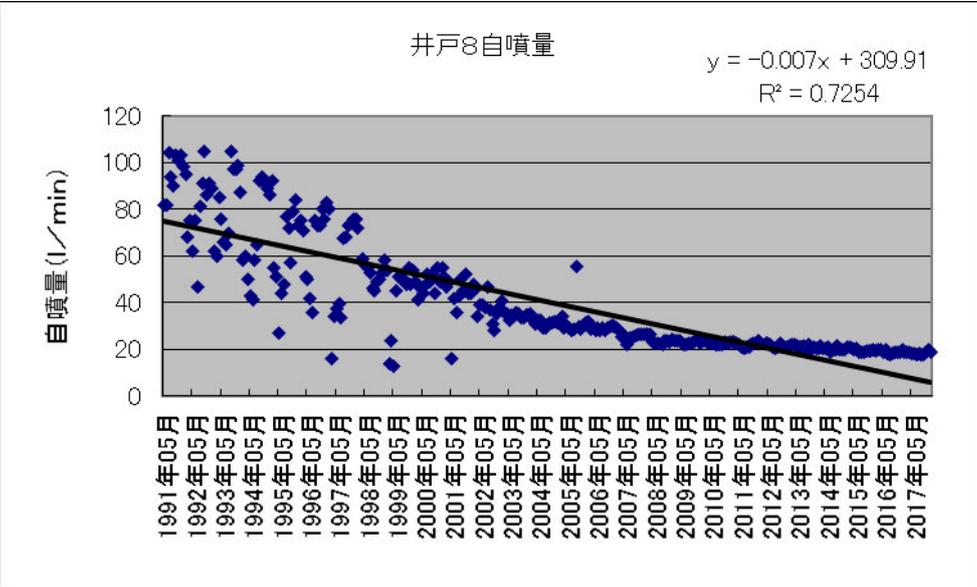


図 2-6 自噴井 8 の自噴量変化

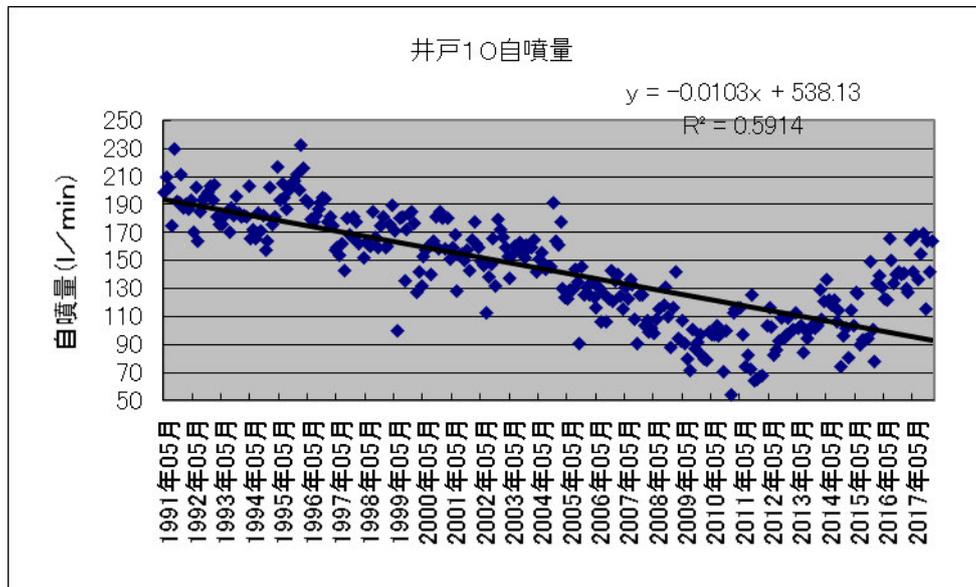


図 2-7 自噴井 10 の自噴量変化

1991 年から見ると、ほとんどの井戸の自噴量は、減少傾向にある。しかし、2006 年頃からほぼすべての井戸で増加傾向にある。

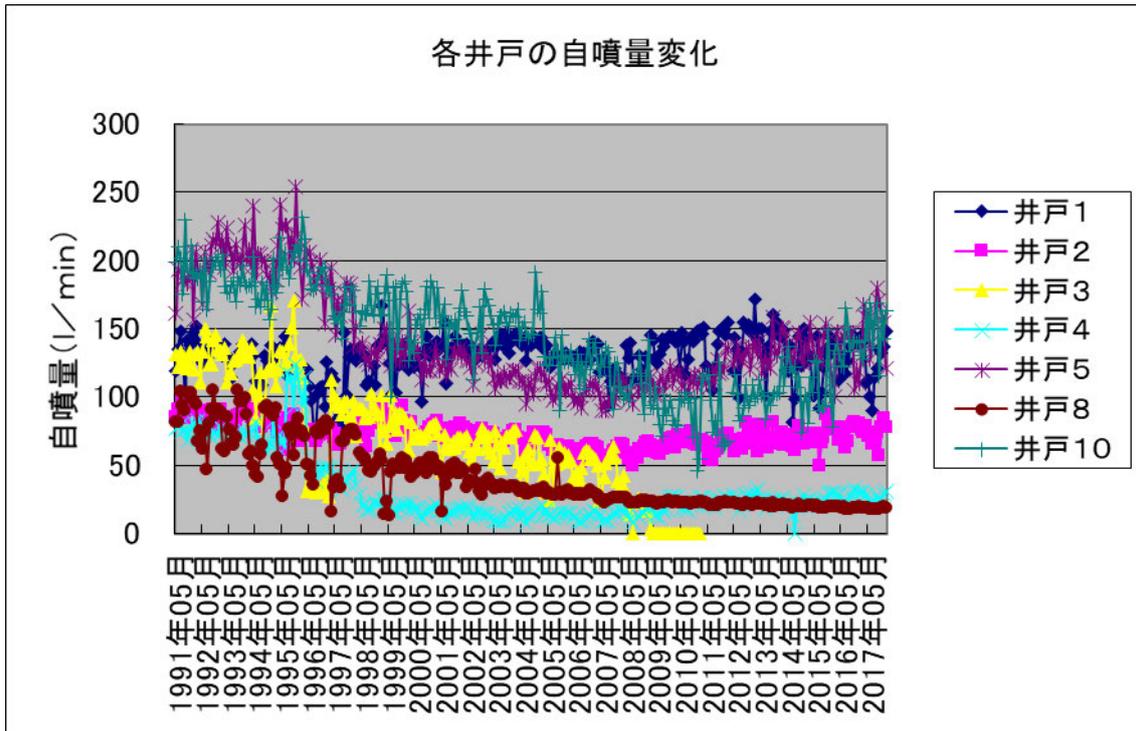


図 2-8 各井戸の自噴量変化

図 2-8 に全ての井戸の自噴量を示す。この図から見ても分かるように、調査の全期間を通すと、井戸 1 以外の自噴量は、1991 年から見ると減少傾向にある。しかし、2006 年頃からほぼすべての井戸で、減少傾向が止まり、安定または増加傾向に転じている。井戸の自噴量が地下水賦存量に比例すると仮定した場合、2006 年以降健全な水循環に向かっており、いずれは観測開始時の水準に戻る可能性が感じられる。

次に、図 2-9 から図 2-16 に各井戸の地下水温の変化を、図 2-17 から図 2-24 に電気伝導度の変化を、図 2-25 から図 2-32 に pH の変化を示す。ただし、pH の測定に関しては、2004 年度からのデータである。

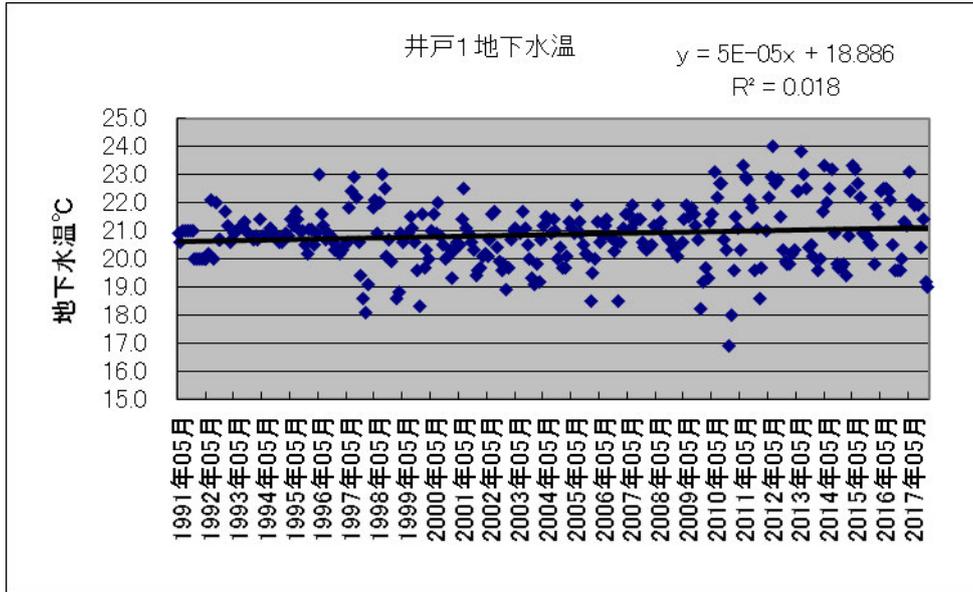


図 2-9 自噴井 1 の地下水温

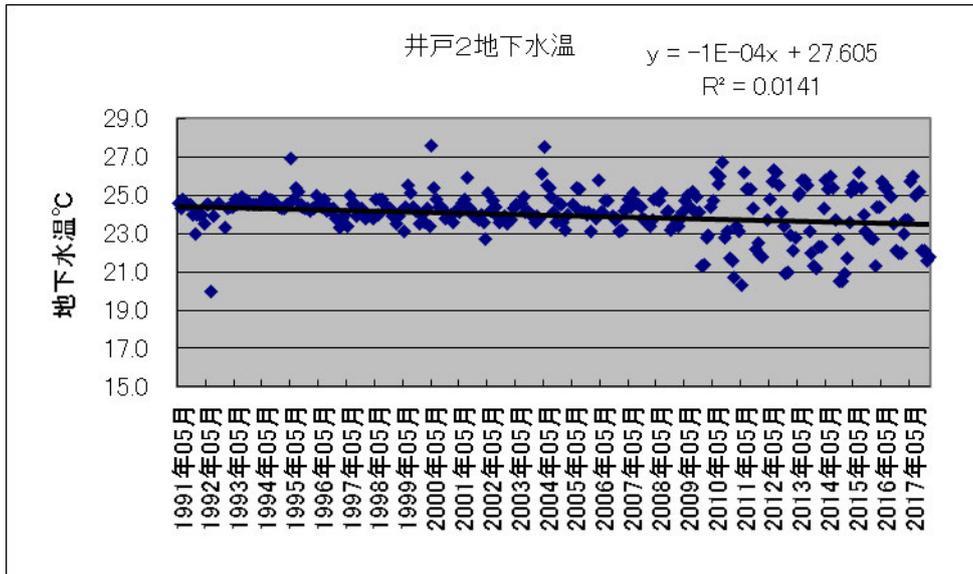


図 2-10 自噴井 2 の地下水温

2009年度から計測出来なくなった。

図 2-11 自噴井 3 の地下水温

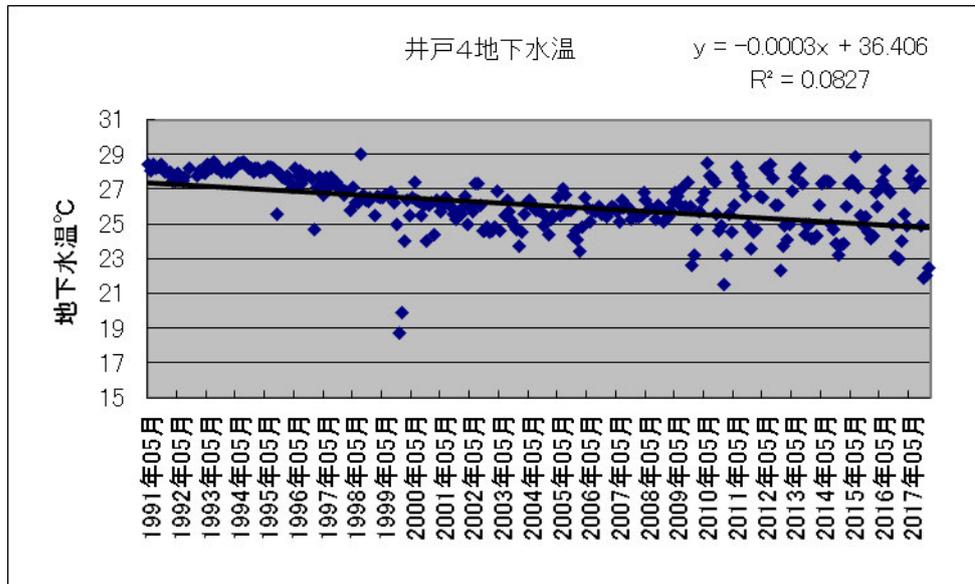


図 2-12 自噴井 4 の地下水温

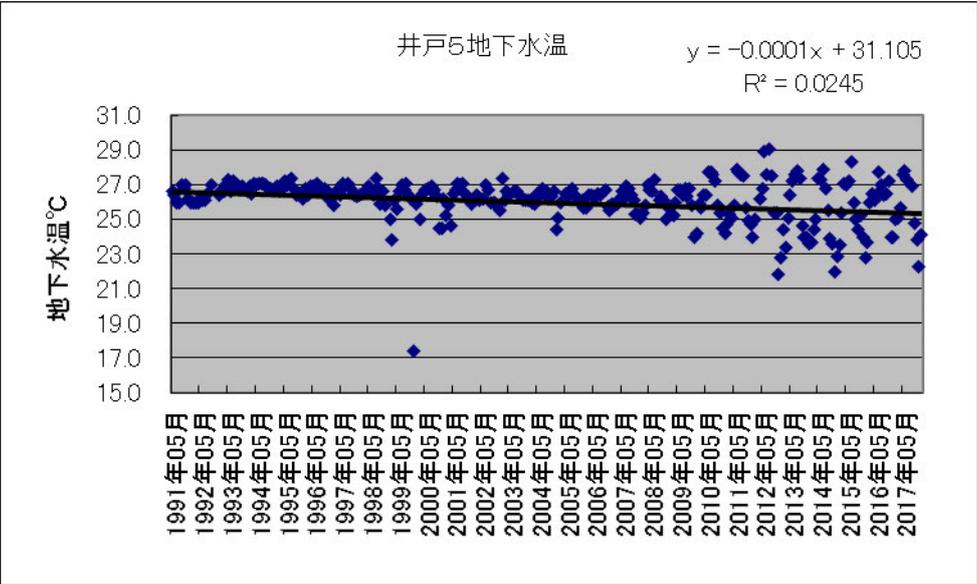


図 2-13 自噴井 5 の地下水温

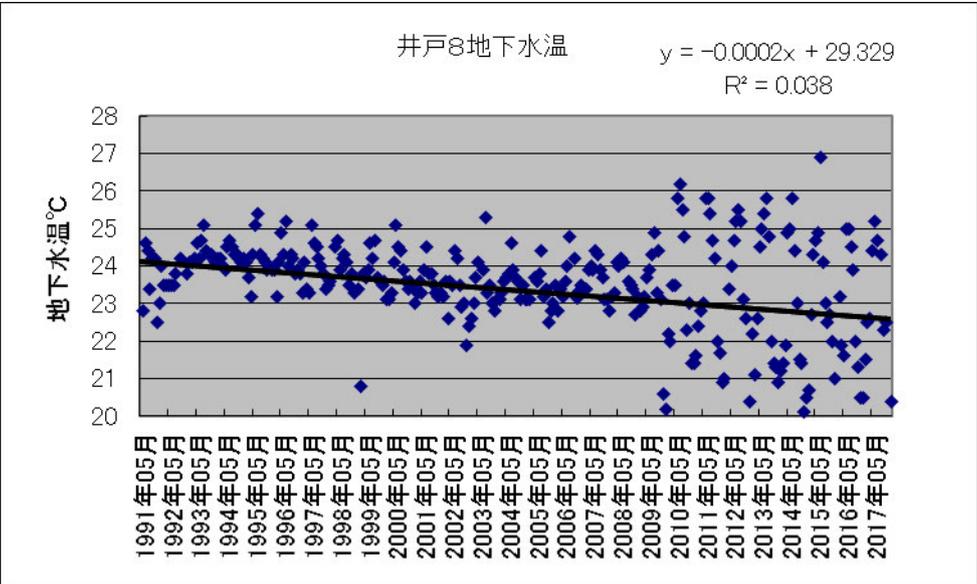


図 2-14 自噴井 8 の地下水温

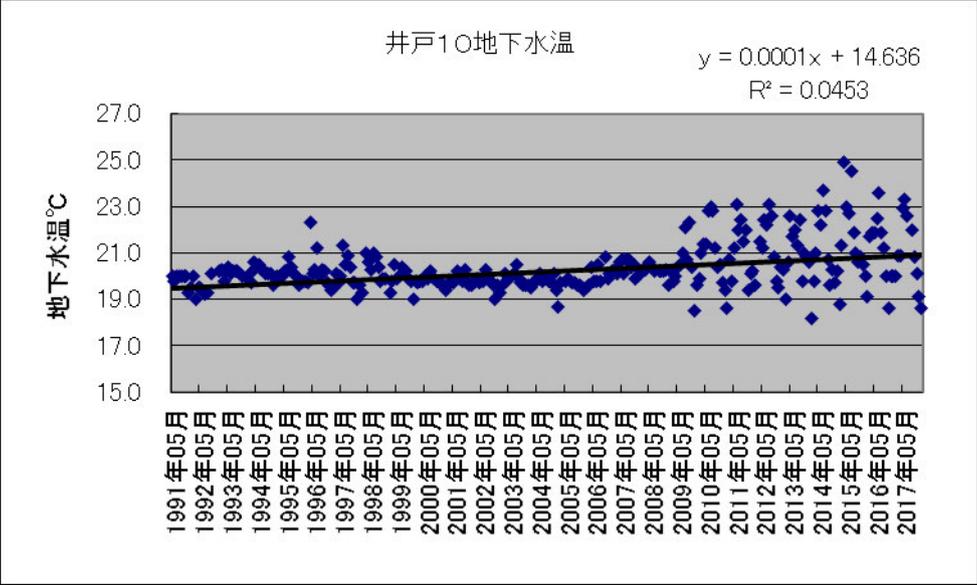


図 2-15 自噴井 10 の地下水温

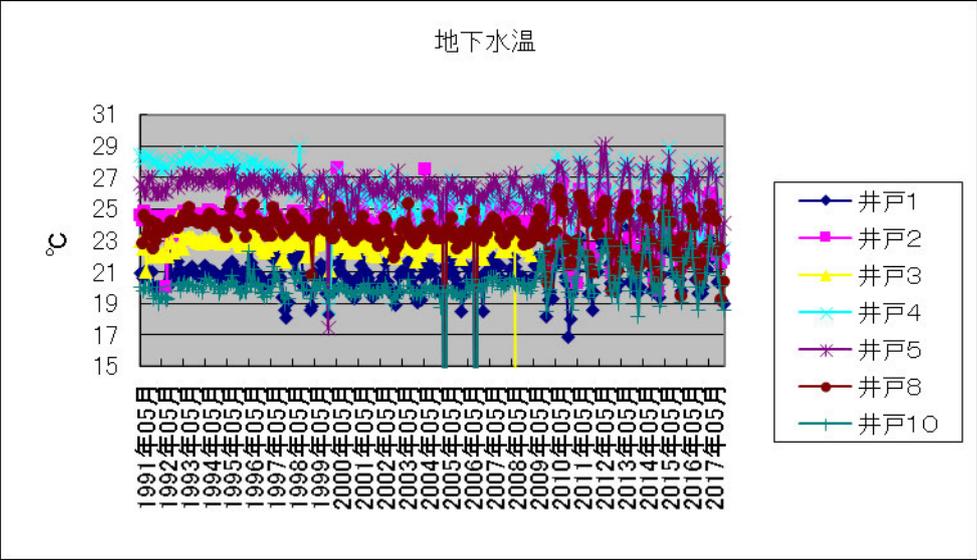


図 2-16 各井戸の地下水温変化

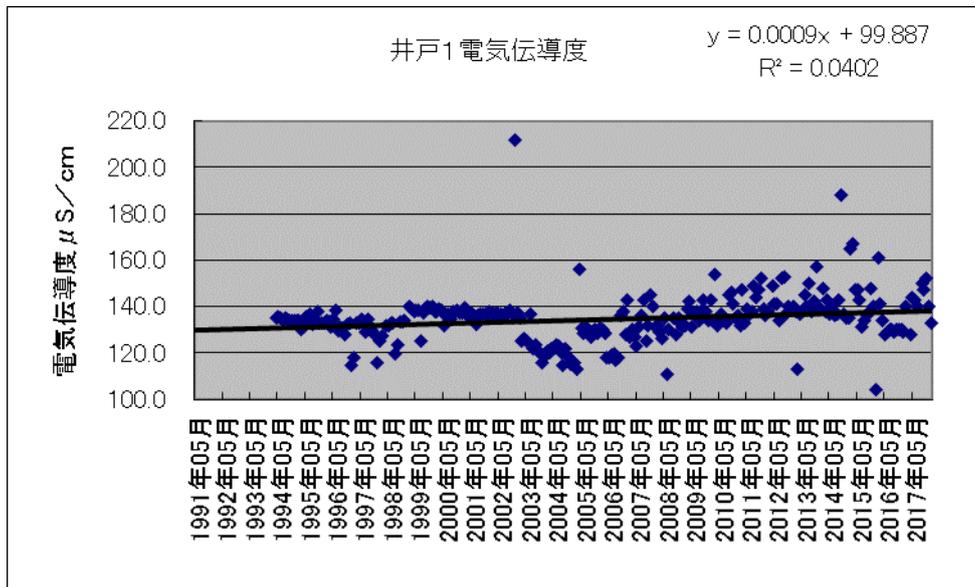


図 2-17 自噴井 1 の電気伝導度

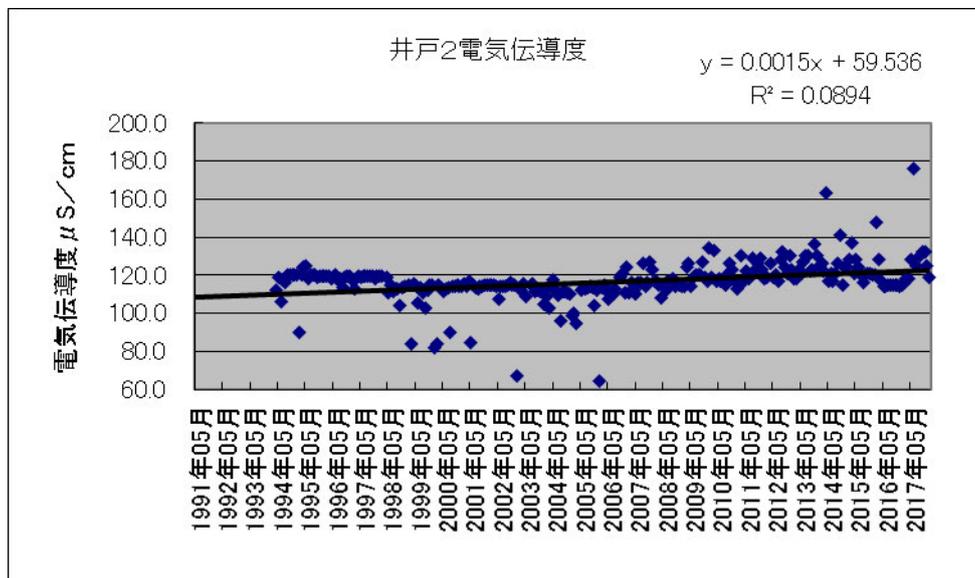


図 2-18 自噴井 2 の電気伝導度

2009年度から計測出来なくなった。

図 2-19 自噴井 3 の電気伝導度

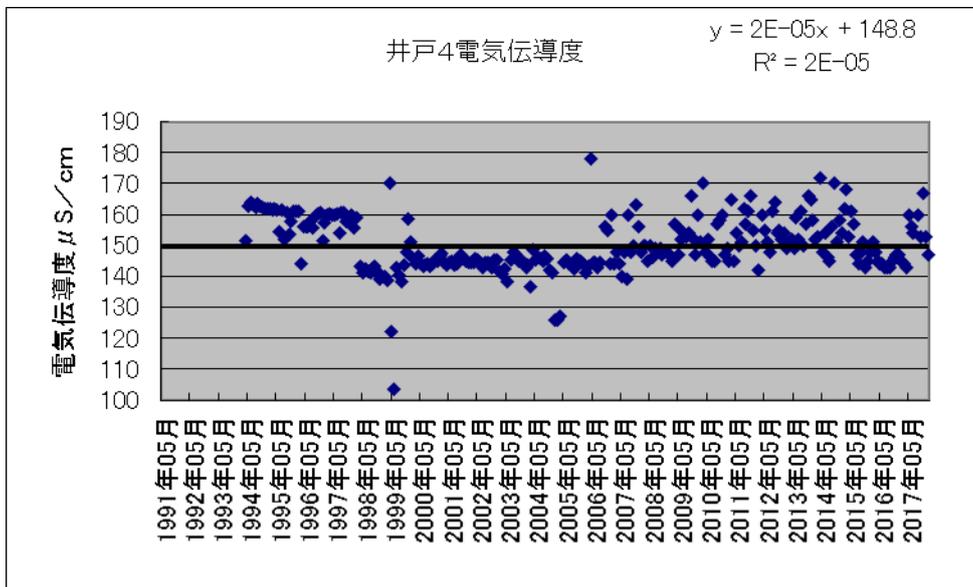


図 2-20 自噴井 4 の電気伝導度

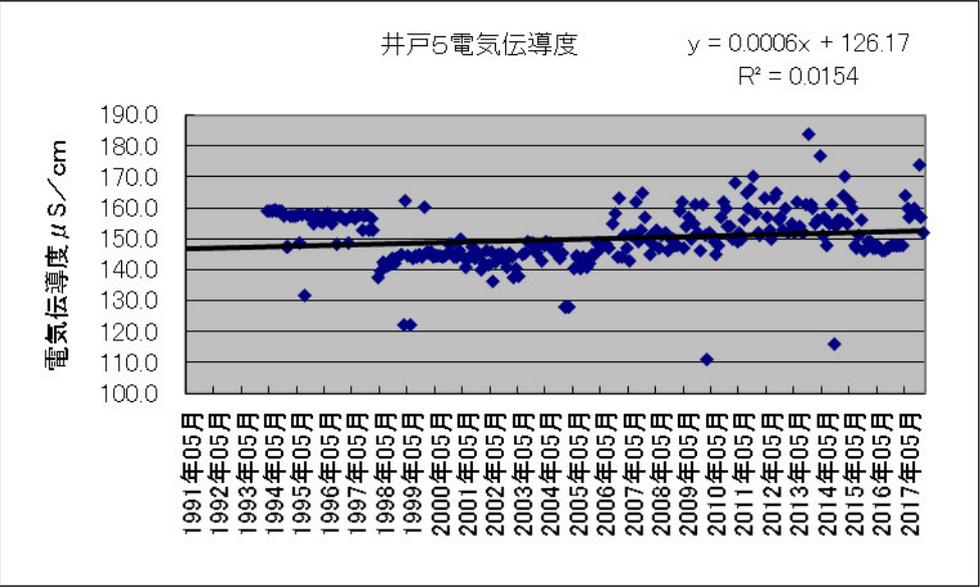


図 2-21 自噴井 5 の電気伝導度

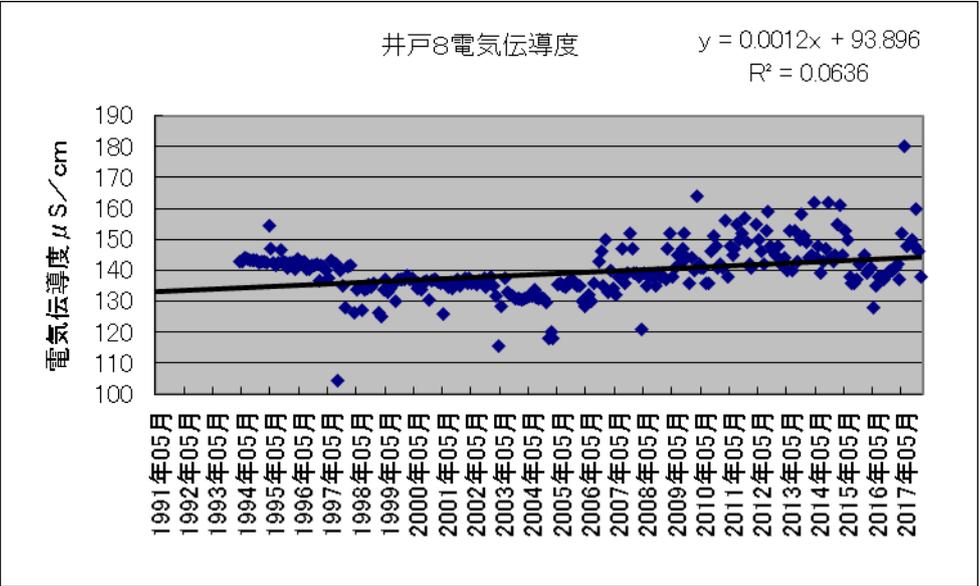


図 2-22 自噴井 8 の電気伝導度

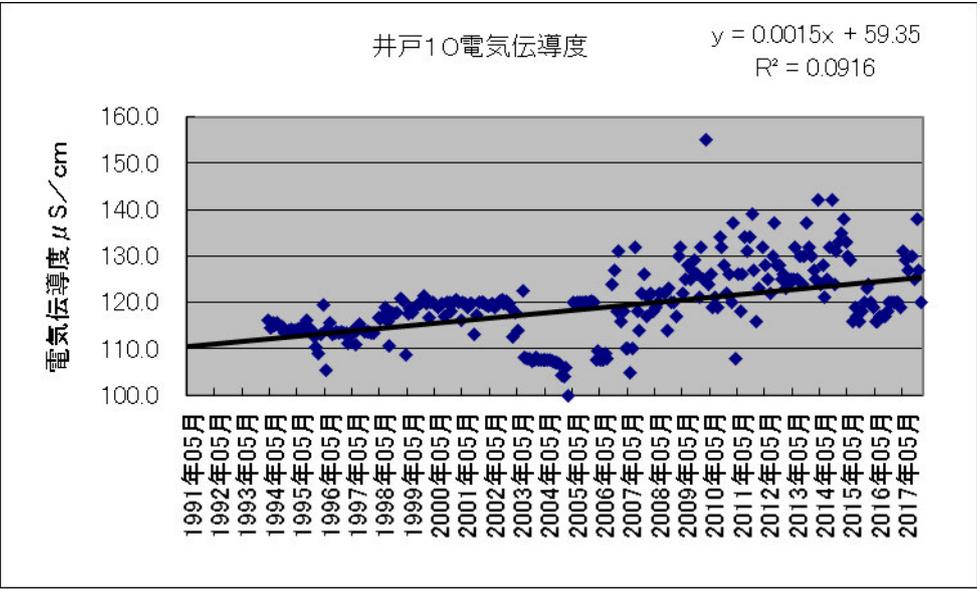


図 2-23 自噴井 10 の電気伝導度

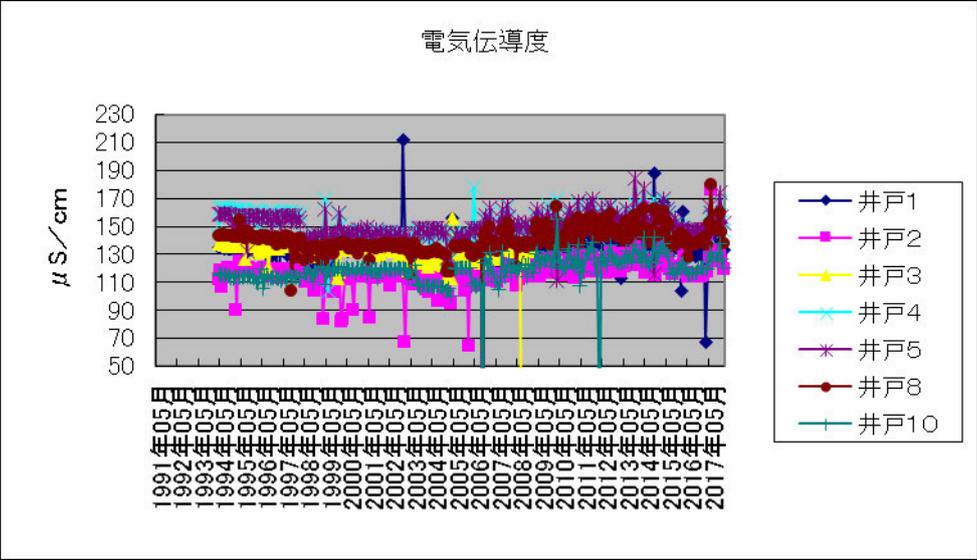


図 2-24 各井戸の電気伝導度変化

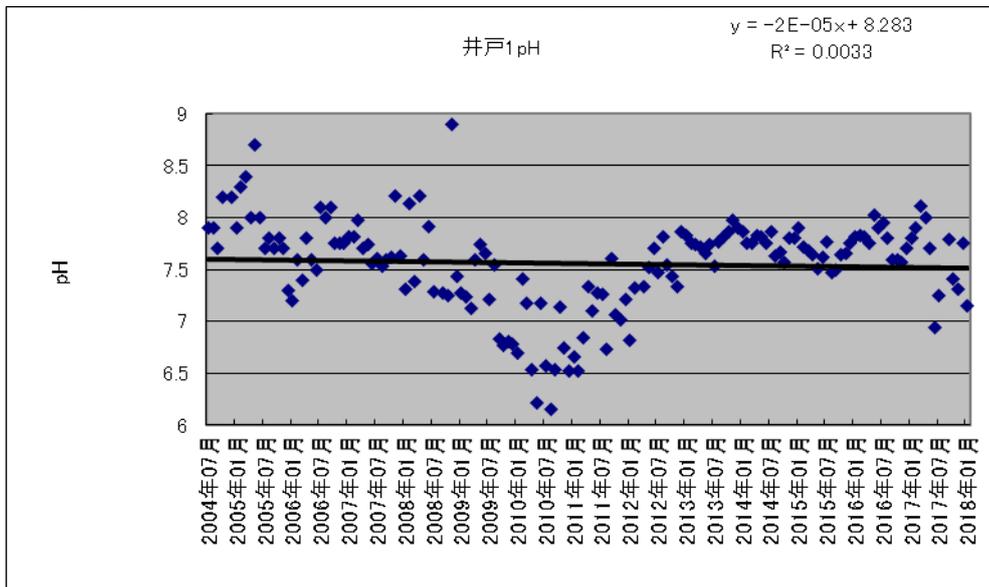


図 2-25 自噴井 1 の pH

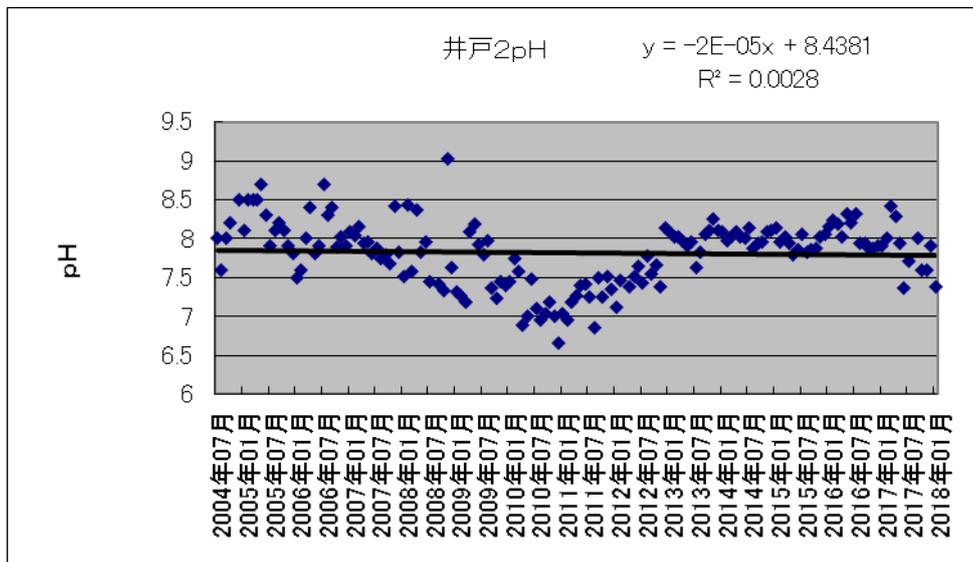


図 2-26 自噴井 2 の pH

2009 年度から計測出来なくなった。

図 2-27 自噴井 3 の pH

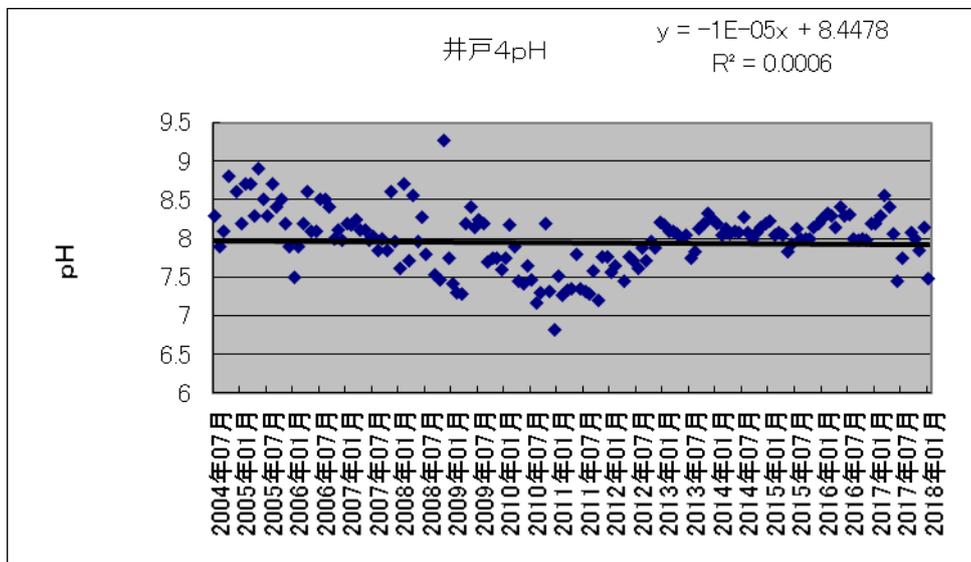


図 2-28 自噴井 4 の pH

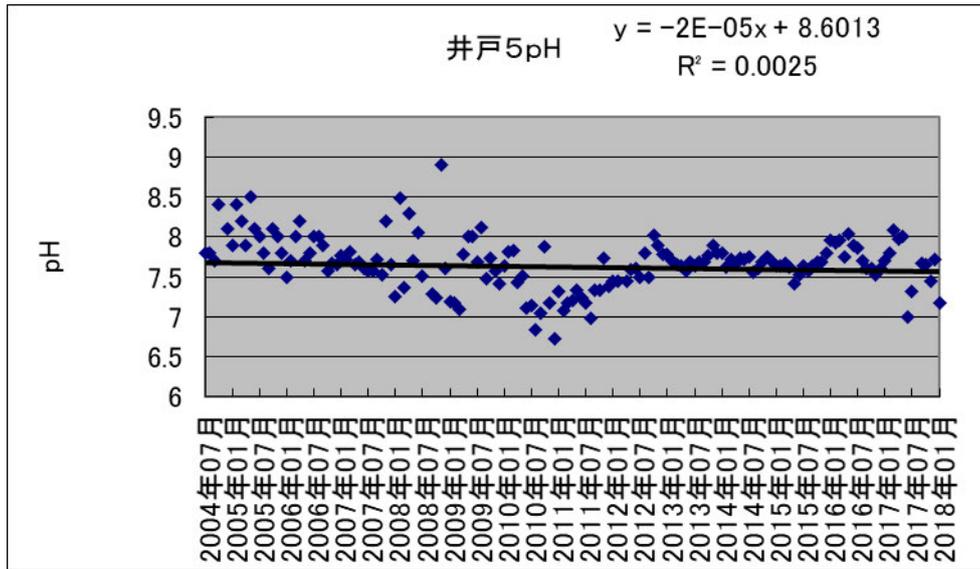


図 2-29 自噴井 5 の pH

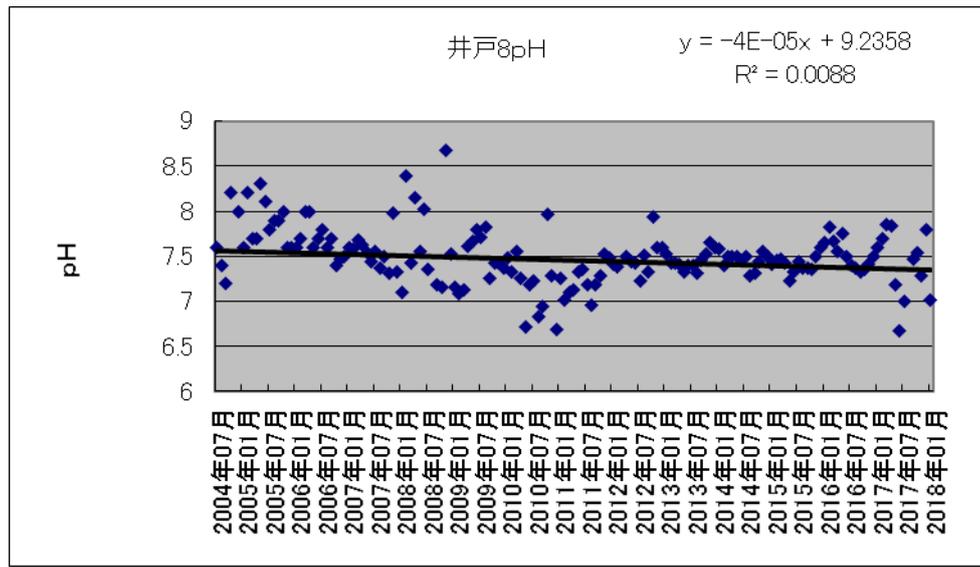


図 2-30 自噴井 8 の pH

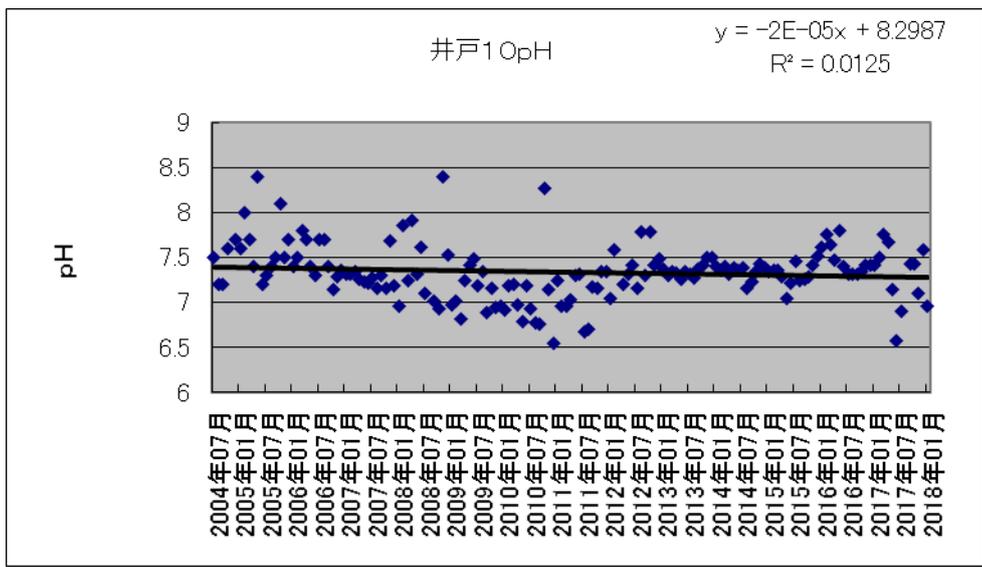


図 2-31 自噴井 10 の pH

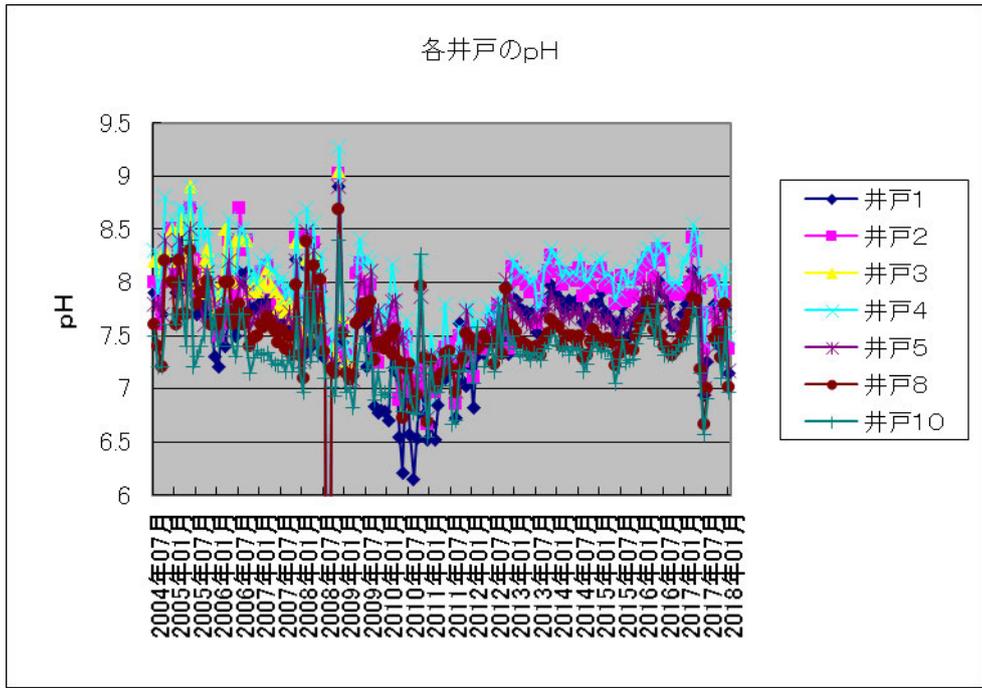


図 2-32 各井戸の pH 変化

地下水温に関しては、長期的には安定している。しかし、近年はばらつきが大きくなっていることが注目される。

電気伝導度に関しても、長期的には安定している。しかし、地下水温と同様に、近年ばらつきが大きくなり、やや増加傾向がみられる

pHに関しても、長期的には安定している。ややアルカリ性から中性に近づいている傾向が見られる。

上で述べた水温、電気伝導度、pHの傾向からは、これらの地下水への地表水の影響があるのではという疑いが生じる。流量観測のみからは、健全な地下水循環に近づいている可能性が感じられたが、これらの観測値からは循環構造が変わった可能性が感じられる。

3. 考察

27年間継続して観測している自噴井の観測状況を叙述した。これらのデータは、北勢地方の健全な地盤環境の監視には重要である。観測開始から2006年頃まで続いていた自噴量の減少が、増加傾向に変化しつつあることは、一般的には良好な傾向と考えられる。

しかし、地下水温、電気伝導度、pHのデータからは、地表水の影響が考えられ、過去の水循環構造に戻りつつあるという結論にはならない。観測地周辺は近年開発が進められている地域であり、今後も監視が重要であると思われる。

研究題目： 北勢地方の地下水の水質調査

担当者： 三重大学 教授 葛葉泰久

三重大学 教授 大野研

三重大学 4年生 浅野匠

A. 年度当初の研究計画は、以下のようなものであった。

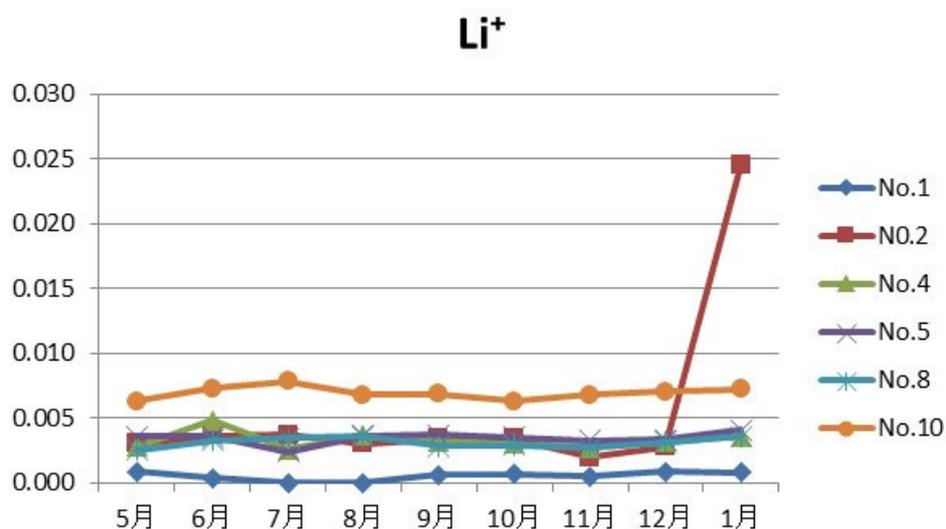
研究内容：

従来から、大野が北勢地方の自噴井（現在は6カ所）で、井戸水の水温、電気伝導度、pHを計測している。これらは、北勢地方の地下水の涵養、流動、流出をあらわしており、北勢地方の地盤環境の基本的なデータとなる。本研究では、同じ自噴井で井戸水の水質を計測し、水質の時間分布（季節変化）を明らかにする。特に、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素などの窒素について、時間分布とその原因を明らかにする。

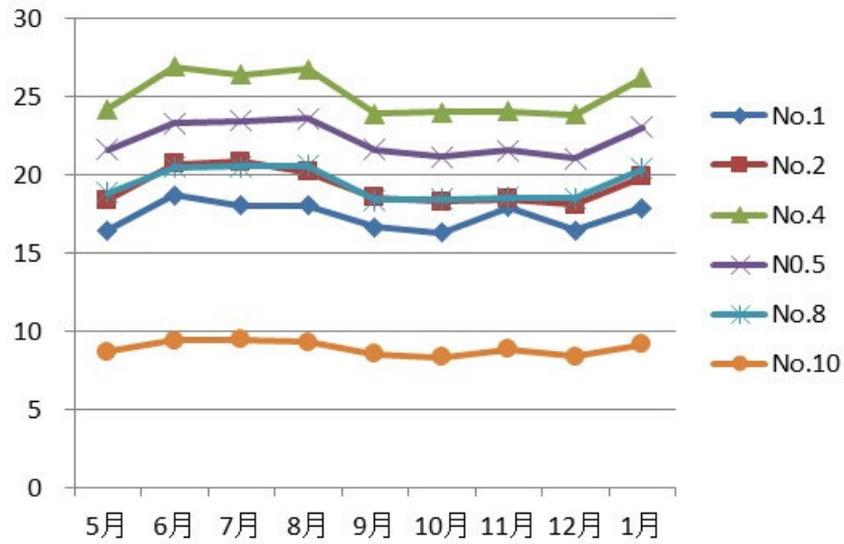
B. 研究報告

1. 水質の測定結果

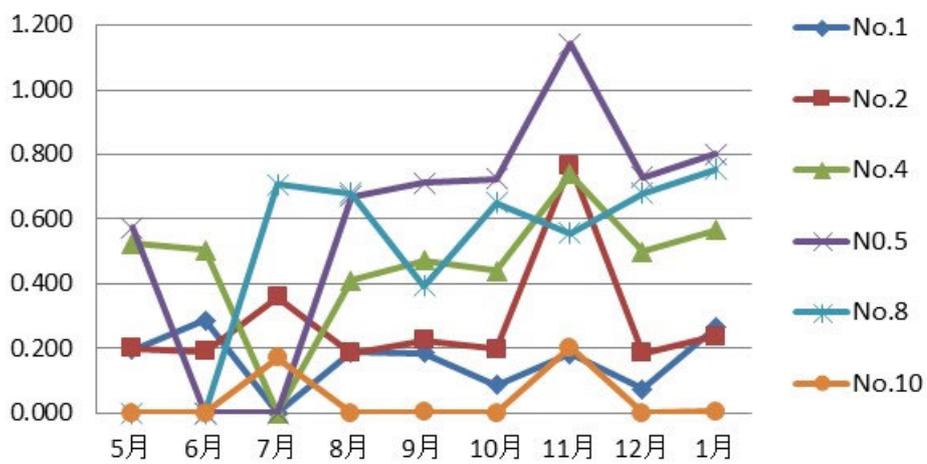
以下に、測定したイオン濃度の時系列変化を示す。単位はすべて、mg/Lである。



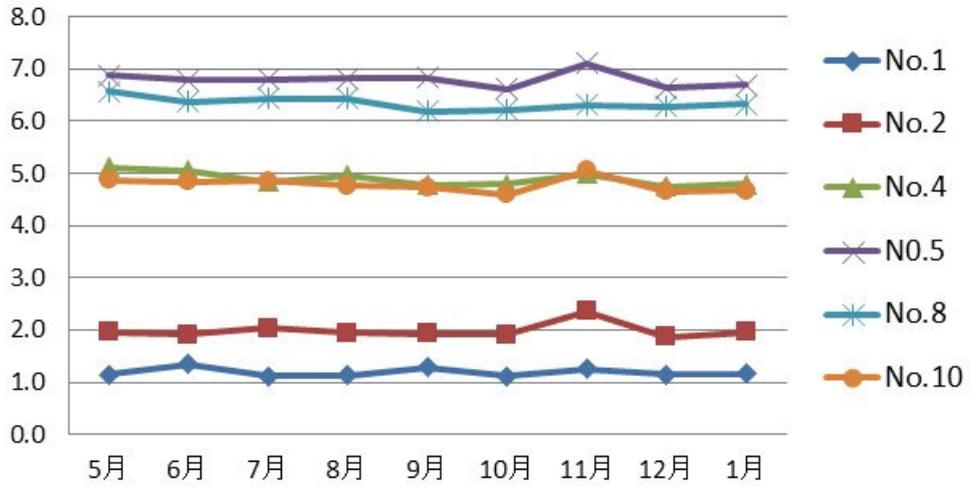
Na⁺



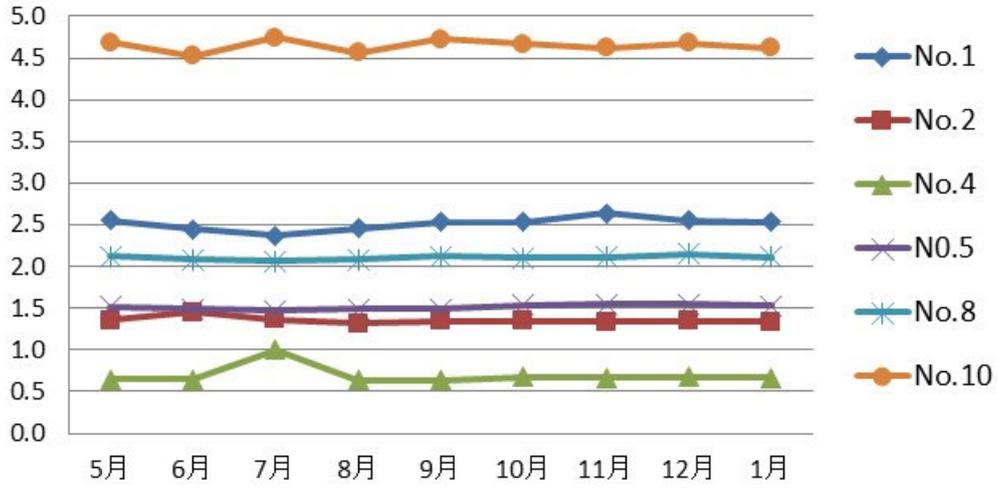
NH₄⁺



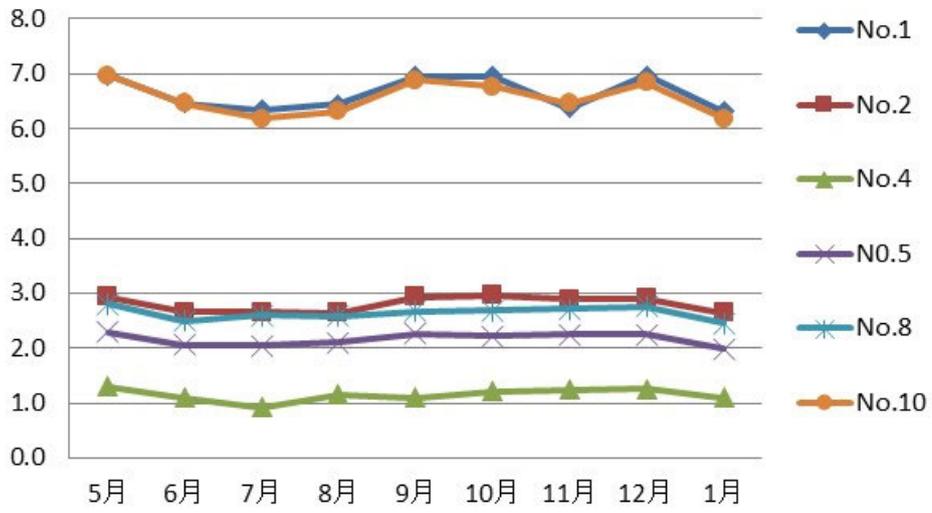
K⁺



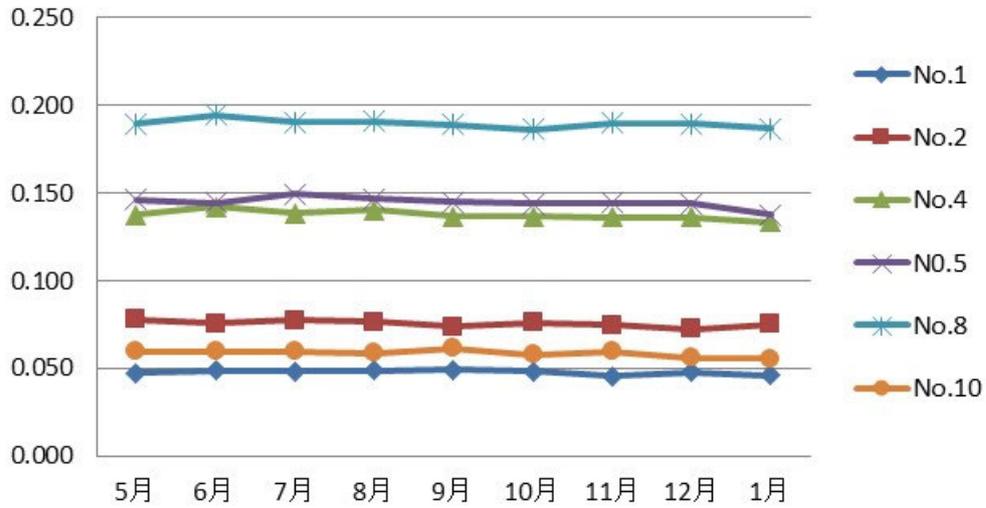
Mg²⁺



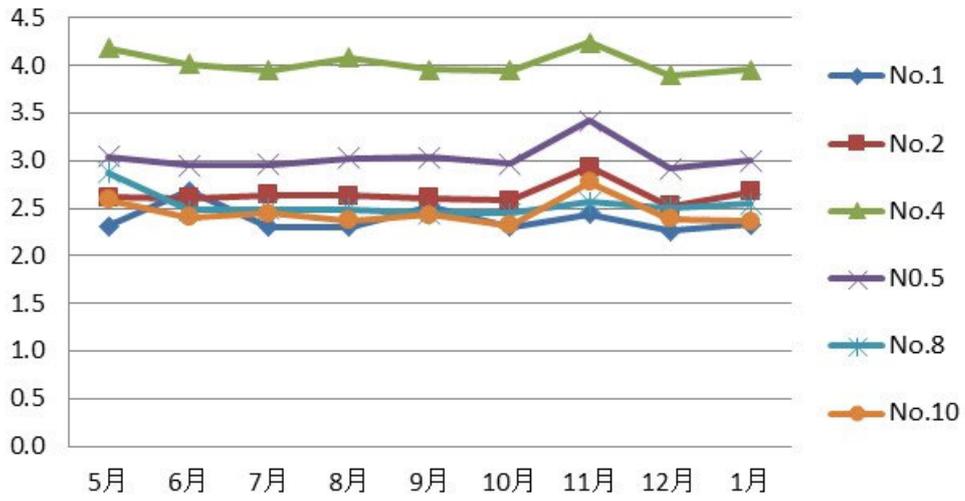
Ca²⁺



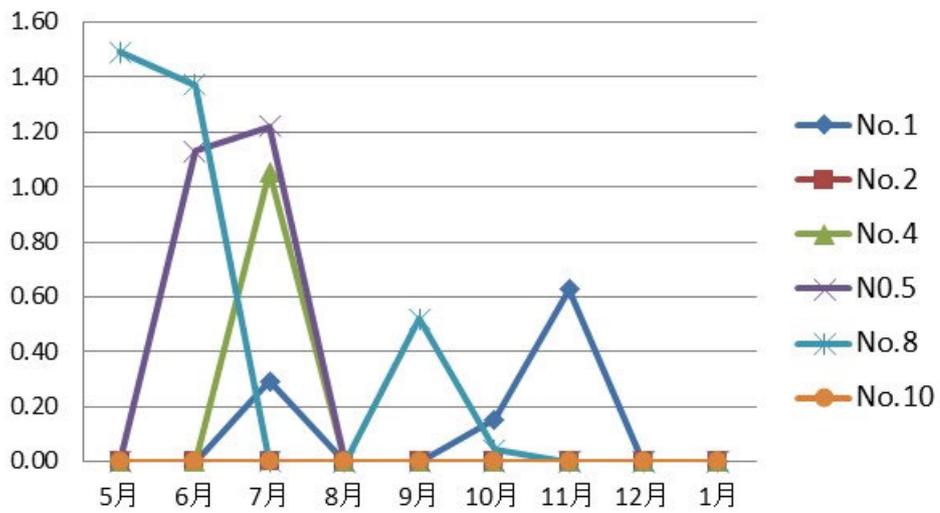
F⁻



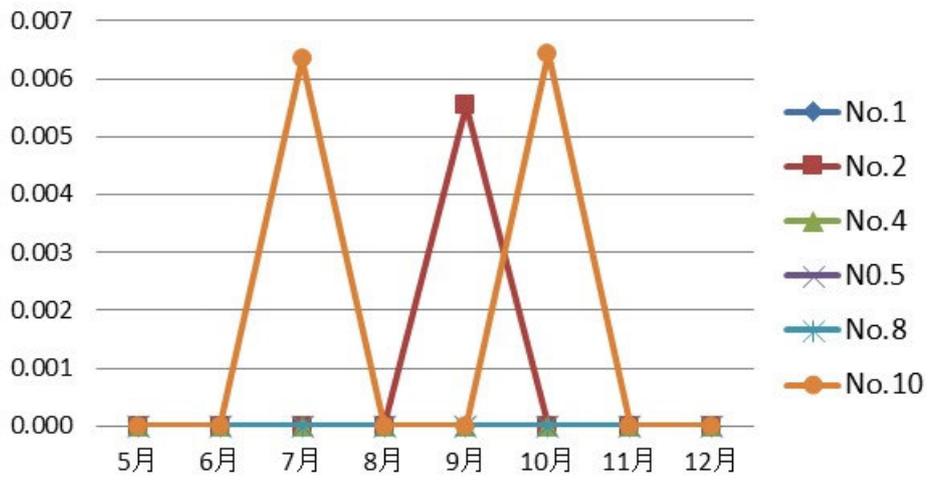
Cl⁻



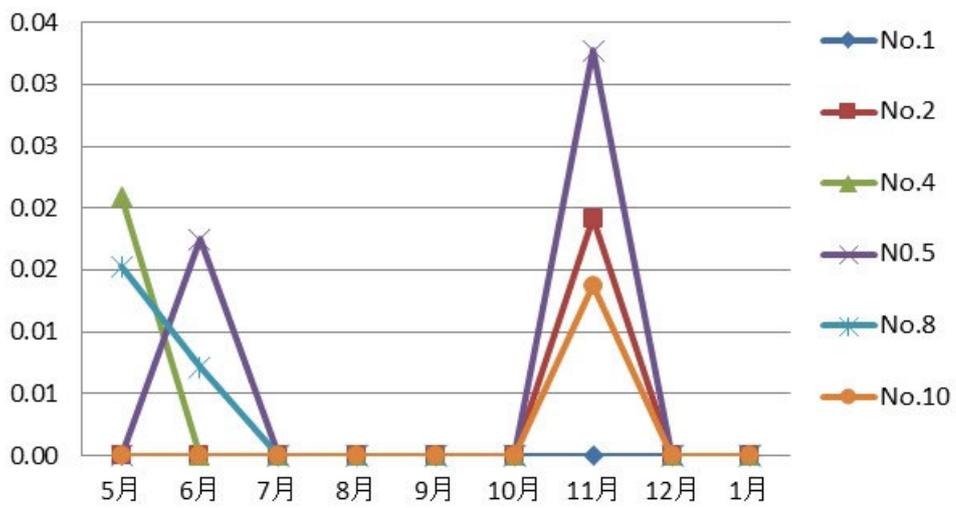
NO₂⁻

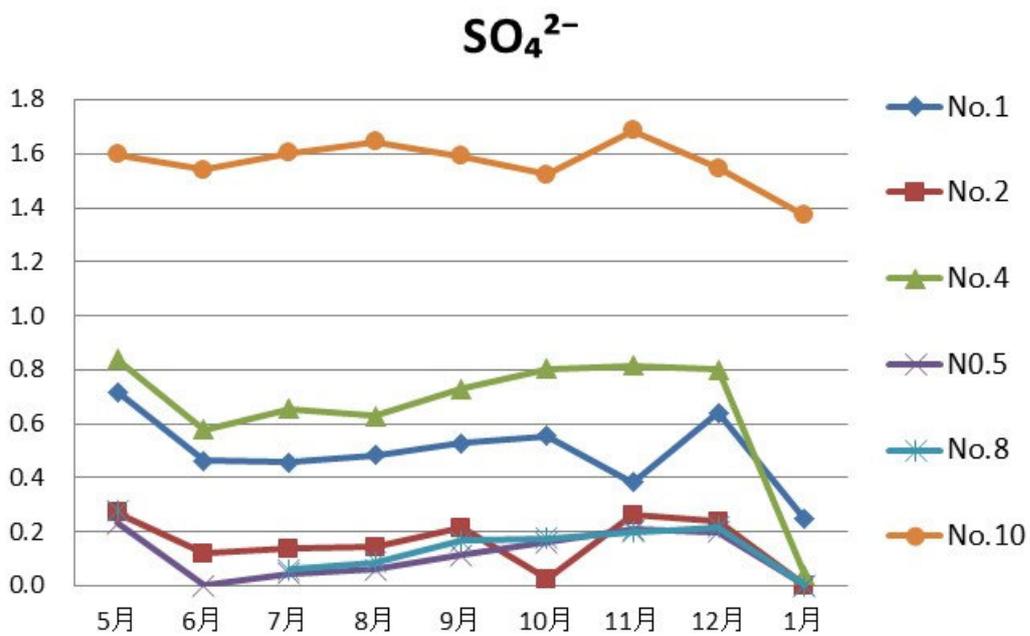
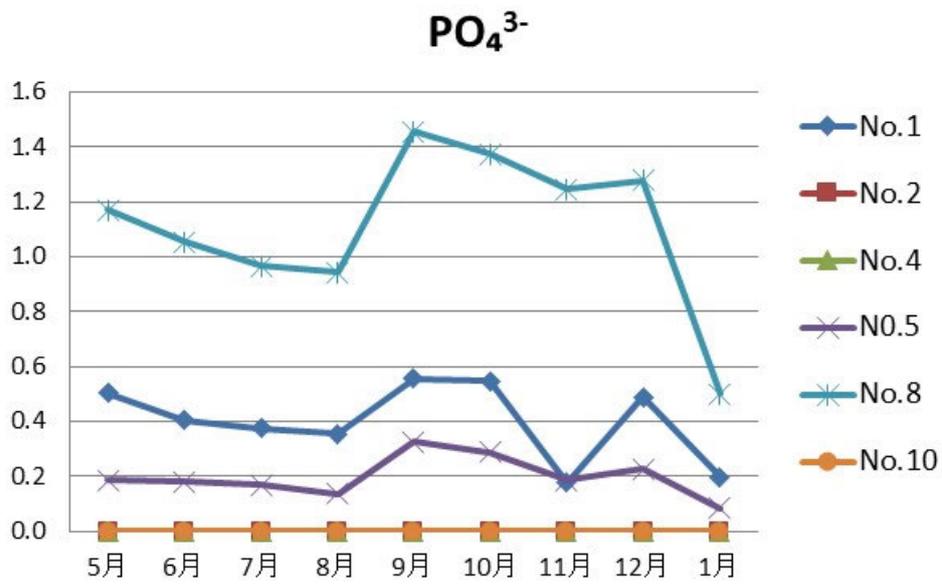


Br⁻



NO₃⁻





2. 考察

以上の測定結果をふまえた、四日市の自噴井戸に関する考察を、次ページ以降にまとめる。

四日市の自噴井戸の水質調査

1. 序論

日本の河川は流れが急なため、ダム以外で水を溜めることが難しい。このため日本では渇水が生じることがしばしばあり¹⁾、渇水による水不足が農業に大きな被害をもたらす²⁾。古くから井戸は地下から水を得る手段の1つとして、生活用水や農業用水、工業用水として我々の生活を支えている³⁾。井戸の種類の一つである自噴井戸は、自然に地下から湧き出る井戸である。比較的安価で利用ができ、農業用水など水源としての価値があることから、その水質を観察する必要がある。

そこで四日市にある6つの自噴井戸の水質の特徴と季節変動を確認することを目的とし、月ごとに自噴井戸を観測した。

2. 調査方法および解析方法

本研究では三重県北勢地方の四日市にある6つの自噴井戸を対象とした。自噴井戸の観測は、2017年5月～2018年1月の期間で月1回行った。本研究の調査地点をFig.1に示す。どの自噴井戸も100m以上の深度をもつ深井戸である(Tab.1)。

採水した井戸水は冷暗所に保存し、その後 Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} の各イオン濃度を測定(イオンクロマトグラフィー, (株)島津製作所製, 型式CBM-20)した。 HCO_3^- のイオン濃度については滴定法のドロップテスト((株)共立理化学研究所製, 型式WAD-ALM)を用いて測定した。また、自噴井戸の深度、噴出量、pH、水温、電気伝導度については大野教授からデータをいただいた。また四日市の降水量は気象庁のデータ⁴⁾を使用した。気象データからは前回の採水日の翌日から採水日までの期間と採水日までの二ヶ月間の合計降水量をそれぞれ求めた。

次に6つの自噴井戸の観測結果においてパイパーダイアグラムを用いて水質の分類を行った。さらに調査期間の8月を除いた月別での、全23調査項目で相関係数マトリクス分析、主成分分析、クラスター分析を行った。

3. 結果および考察

3-1. 観測結果



Fig.1 観測地点⁴⁾

Tab.1 調査井戸の深度・標高・地表地質 (大野, 2017)⁵⁾。

井戸番号	深度(m)	地表地質
NO.1	-178	河床・新規扇状地堆積物
NO.2	-243	低位段丘・中位段丘堆積物
NO.4	-382	低位段丘・中位段丘堆積物
NO.5	-276	低位段丘・中位段丘堆積物
NO.8	-234	低位段丘・中位段丘堆積物
NO.10	-108	低位段丘堆積物

I型:炭酸塩硬度型

Ca(HCO_3)₂タイプ

II型:炭酸塩アルカリ型

NaHCO₃タイプ

III型:非炭酸塩硬度型

CaCl₂またはCaSO₄タイプ

IV型:非炭酸塩アルカリ型

NaClまたはNaSO₄タイプ

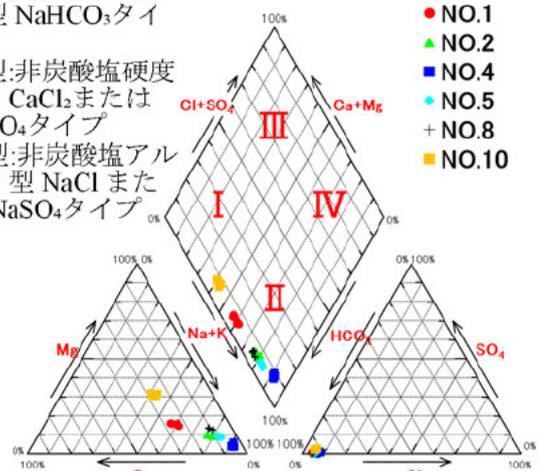


Fig.2 パイパーダイアグラム

イオンバランスチェックを行い、全サンプル数54のうち、4つの結果でしか合格がなかったが、不合格のものも参考地として解析に用いた。

Fig.2に6つの自噴井戸をプロットしたパイパーダイアグラムを示す⁷⁾。本研究の自噴井戸は概ね、図中のII型の“NaHCO₃タイプ”に分類された。このタイプはナトリウムイオン(Na⁺)と炭酸水素イオン(HCO₃⁻)の占める割合が多い、深層地下水・停滞型地下水の成分タイプである。6つの自噴井戸全て

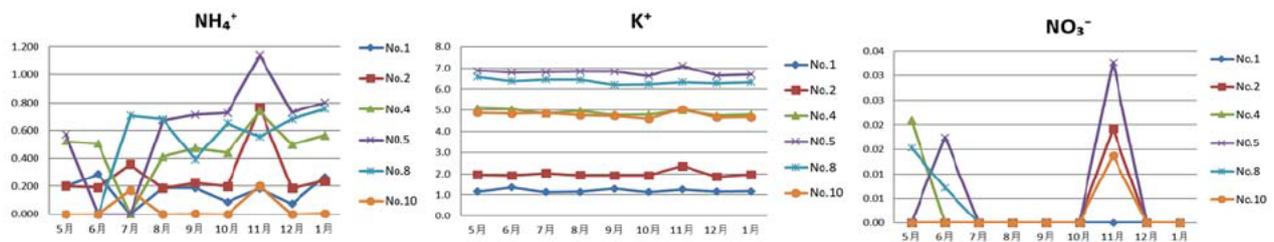


Fig.3 イオン濃度(mg/L)の季節変動

HCO₃⁻の割合が高い。深度が大きいNo.4はI型の範囲から一番遠くにプロットされている。逆に深度が比較的小さいNo.10はII型に近いI型、境界線、No.1はII型でもI型に近い位置にプロットされた。I型の水は浅層地下水や河川水に多く、これらの水がNo.10やNo.1に混入していると考えられる。

次にイオン濃度の季節変動をFig.3に示す。月ごとのイオン濃度のばらつきを変動係数により比較した。アンモニウムイオン(NH₄⁺)の変動係数は0.4以上あった。深い井戸水は嫌気状態であるため、硝酸イオンの還元によりNH₄⁺が増えたと示唆される。硝酸イオン(NO₃⁻)もNH₄⁺も11月に濃度が高くなったが、これは10月の降水イベントの影響が関与したのではないかと推測される。また、その他のイオンは、Fig.3のカリウムイオン(K⁺)のように、陽イオンも陰イオンも月ごとの変動は小さく、その変動係数は0.1~0.01の間に収まった。この傾向はどの自噴井戸でも見ることができた。

3-2. 濃度と相関について

濃度相関マトリクスからNa⁺はマグネシウムイオン(Mg²⁺)とカルシウムイオン(Ca²⁺)と相互に有意($r = -0.958 \sim -0.846$, 有意水準 = 0.01)な強い負の相関があることが分かった。

pHはNa⁺とCl⁻と弱い正の相関($r > 0.42$)を示したが、Mg²⁺とは負の相関($r = -0.567$)があった。

自噴井戸の深度の大きさは、Na⁺やCl⁻で強い負の相関($r = -0.923 \sim -0.857$)、Mg²⁺やCa²⁺とは強い正の相関($r = 0.903 \sim 0.878$)を示した。また、自噴井戸の深度の大きさは、TDS(Total Dissolved Solid)とも負の相関($r = -0.599$)があり、以上から自噴井戸の深度が、水質に大きな影響を与えていることを示している。

3-3. 噴出量と降水量

Fig.4に各自噴井戸の噴出量と四日市の降水量を示す。降水量が増えた10月、11月以降噴出量に大きな変化はなく、No.8では逆に降水量が減少していることから、降水量と噴出量の関連は薄いと考えられる。

3-4. 主成分分析とクラスター分析

次に主成分分析を行った。第2主成分までの累積寄与率は0.500である。つまり、第2主成分までで全体の約50%の情報を占める。主成分係数の値から、第1主成分軸の負の方向に行くほど深度が小さくなると解釈した。一方第2主成分軸の正の方向に

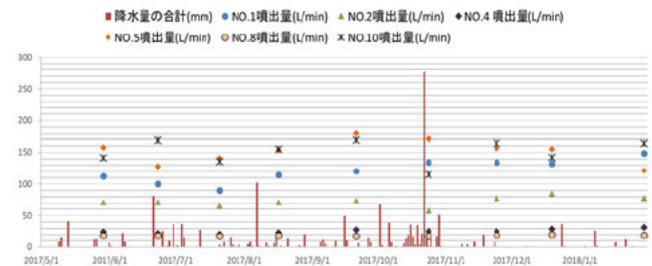


Fig.4 各井戸の噴出量と降水量

行くほどTDSが高くなると解釈した。このことから、深度とTDSが水質に与える影響は大きいことが分かる。クラスター分析では、まず「採水日までの二ヶ月間の降水量」で2つに分類できた。降水量が少ないグループは「自噴井戸の深度」でさらに2つに分類できた。深度の小さいグループは、ほかのグループよりNa⁺、Mg²⁺、Ca²⁺の濃度が高い。降水量が多いグループは、さらに「10月の結果と11月の結果」にグループ分けされた。特に二か月前に降水量が増加した11月はNH₄⁺とNO₃⁻の濃度が他のグループよりも高かった。

4. まとめ

四日市自噴井戸は、無機態窒素イオン(NH₄⁺、NO₃⁻、NO₂⁻)を除き大きな季節変動はなかった。NH₄⁺とNO₃⁻に関しては10月の降水イベントの影響が関与したのではないかと推測される。濃度相関マトリクスにより、自噴井戸の深度は、多くのイオンと相関があることが分かった。パイパーダイアグラムと主成分分析、クラスター分析からも、水質に自噴井戸の深度が深く関わっていることが確認された。

参考文献

- 1) 国土交通省地方整備局(2018/2/5 参照)http://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/river_bousai/00000059.html
- 2) 安田・村上(2015) 湯水における水利用状況 平成25年湯水に豊川用農業用水受益者実態調査
- 3) 国土交通省“地下水利用の現状”(2018/2/2 参照)
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizusei/mizukokudo_mizusei_tk1_000062.html
- 4) 地理院地図 (電子国土Web)
<http://maps.gsi.go.jp/#12/34.974736/136.744251/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0i0u0t0z0r0f1>
- 5) 大野(2017) 北勢地方の自噴井戸観測
- 6) 気象庁 AMeDAS(2018/2/参照)<http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>
- 7) 濱田(2011) ダイアグラム自動作成 Excel プック Ver 1.0, CatchMyEarth.com.
- 8) 高木(2011) 降水に含まれる微量金属に関する観測的研究

表面被覆の変化が地下水に与える影響について（その3） 表面被覆がコンクリートの場合（変化後）

三重大学大学院生物資源学専攻

伊藤 良栄

1 はじめに

三重大学上浜キャンパス内には浅井戸があり、農業土木学系学生対象に開講される「水理実験」で永らく「揚水試験」の実験が行われてきた。井戸の周りは芝生が植えられ、10本程度の植木もある。この場所が某教員の資料保管用コンテナ置き場となることが決まり、2016年初めから基礎工事が始まり、植木は伐採され、浅井戸周辺はコンクリートで覆われた。昨年度、コンクリートで被覆される前の実測データと被覆後の2016年度のデータを比較することにより、工事の表面被覆の変化が地下水に与える影響の検討を試みたが、3回分しか計測できなかった。そこで、今年度も計測を継続し、データ数を増やした上で表面被覆の変化が地下水に与える影響の評価を行った。

2 用いたデータ

残念ながらこの浅井戸の水位変化を長期的に観測したデータはない。前述の「水理実験」では前期と後期にそれぞれ2班ずつが「揚水試験」を行っているので、年間に4回分の揚水試験データがある。昨年度は日程の都合上、後期日程では1回分の実験しか行われなかった。今年度は実験メニューの見直しにより「揚水試験」は前期と後期に各1回のみを開講となり、計2回分のデータが追加された。以下の解析では、コンクリートで被覆される前の2年分のデータ（計8回分）とコンクリートに被覆された後の2年分のデータ（計5回分）の揚水実験データを用いた。

3 揚水試験の概要

3.1 浅井戸および地下水揚水の理論

井戸の揚水試験は帯水層の水理学的定数（透水係数、貯留係数など）を求めるものである。透水係数の測定法にはいろいろあるが、現地の平均的な透水係数を求める方法として、もっとも信頼することのできる方法である。貯留係数は揚水試験を行う以外には求める方法がない。

- (1) 試験井および試験の方法試験井としては深井戸（さく井を含む）と浅井戸があり、試験の方法としては、揚水量および井水位が一定に達し定常状態における数値を測定する方法と、井水変動が進行しているままの非定常状態における数値測定によって試験を行う方法がある。それぞれ特徴と欠点があるが、平野部、特に伏流水の多い河川に接近して掘削する井戸、集水暗渠などの場合は浅井戸による場合が多い。
- (2) 浅井戸における水位低下式 Forchheimer の浅井戸における非平衡式は、以下のようになる。

$$y_0 = \frac{Q}{4rk} \left(1 - e^{-\frac{t}{n}}\right) \quad (1)$$

ここで、 y_0 :地下水面を基準とする水位低下量、 Q :揚水量、 r :井戸の半径、 k :透水係数、 t :時間、 $n = \frac{\pi r}{4k}$ 。

ただし、 $n = \frac{\pi r}{4k}$ において、 $t \rightarrow \infty$ にすると、

$$Y = \frac{Q}{4rk} \quad (2)$$

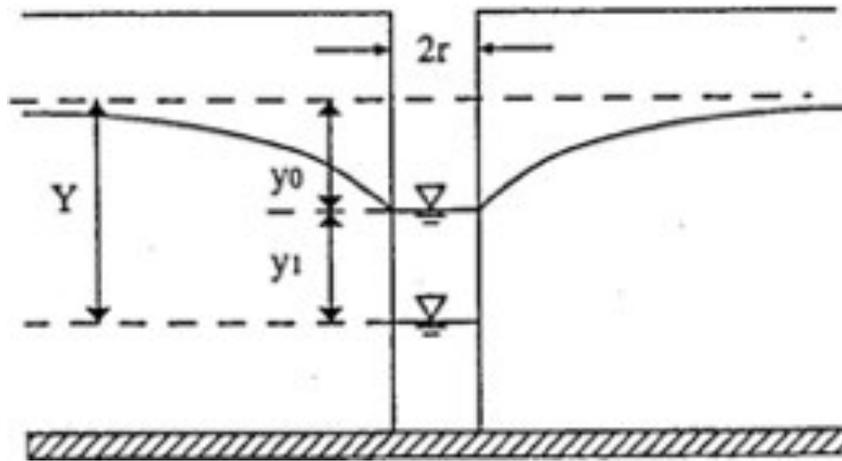


図1 水位低下

(3) 浅井戸における水位回復式

$$y_1 = Y e^{-\frac{t_1}{n}} \tag{3}$$

ただし、 $n = \frac{\pi r^2}{4k}$ 。

$y_1 = Y - h_1$ から $y_2 = Y - h_2$ までに水位を回復するのに必要な時間を t_* ($t_* = t_2 - t_1$) とすれば、

$$k = \frac{\pi r^2}{4t_*} \log e \frac{y_1}{y_2} \text{ もしくは } k = \frac{2.3\pi r^2}{4t_*} \log_{10} \frac{y_1}{y_2}。$$

これらによって浸透係数 k は決定できる。

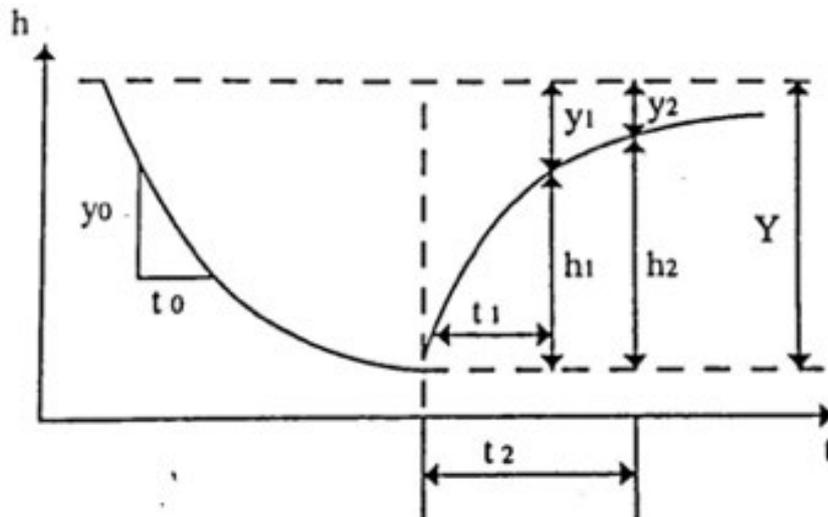


図2 水位回復

3.2 実験方法

揚水量の測定者、時計係、水位観測係の3組に分かれ、他に水温の測定を実験中に行う。まずポンプを始動し、揚水準備をする。揚水と同時に流量計の読みを記録する。時計係はその時ストップウォッチを動かす。水位測定係はその前に最初の井内水位を測定しておく。初めは1分毎に測定を行い、時計係の合図にしたがって、流量、水位、水温を測定する。

10分経過したら、測定を5分毎とする。30分後からは10分毎に測定を行う。以下、適宜の時間毎に測定して、井内水位が一定に達するまで測定を継続する。井内水位が一定に達したならば、時計係の合図によってポンプの運転を停止する。

以下、水位回復曲線の観測を行うが、最初は1分毎に水位上昇を測定し、逐次5分毎、10分毎に記録を取り、元の地下水位まで回復させる。

3.3 透水係数の算定

水位低下および水位回復ステージにおける水位データおよび流量データから、それぞれのステージにおける透水係数が求められる。

水位低下式は (1) 式で与えられるが、揚水量 Q を一定として実測データの平均値を採用する。透水係数 k を変化させて、 χ^2 誤差が最小となる値を採用する。

揚水を停止した水位を Y として採用すると、実際には揚水量 Q に対応する収束水位に達していない可能性がある。上で水位低下ステージでの透水係数 k が求められたので、(2) 式より Y の値が計算できる。この値と水位回復実験を始めた時の水位 y_1 として (3) 式に代入し、水位が Y から y_1 に達するのに要する時間 Δt を求めて、水位回復式 (3) の時間 t に Δt を加えた値を経過時間として採用する。最後に水位低下ステージ同様、透水係数 k を変化させて、 χ^2 誤差が最小となる値を採用する。

4 観測結果

4.1 2017年度

観測は、5月26日、10月31日に行われた。

(1) 2017年5月26日

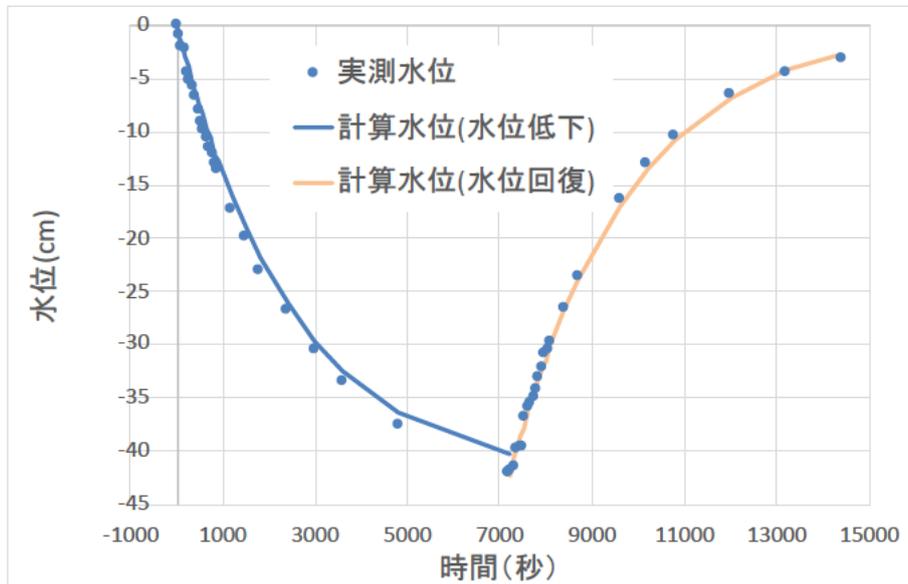


図3 2017年5月26日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0156(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0150(cm/s)

(2) 2017年10月31日

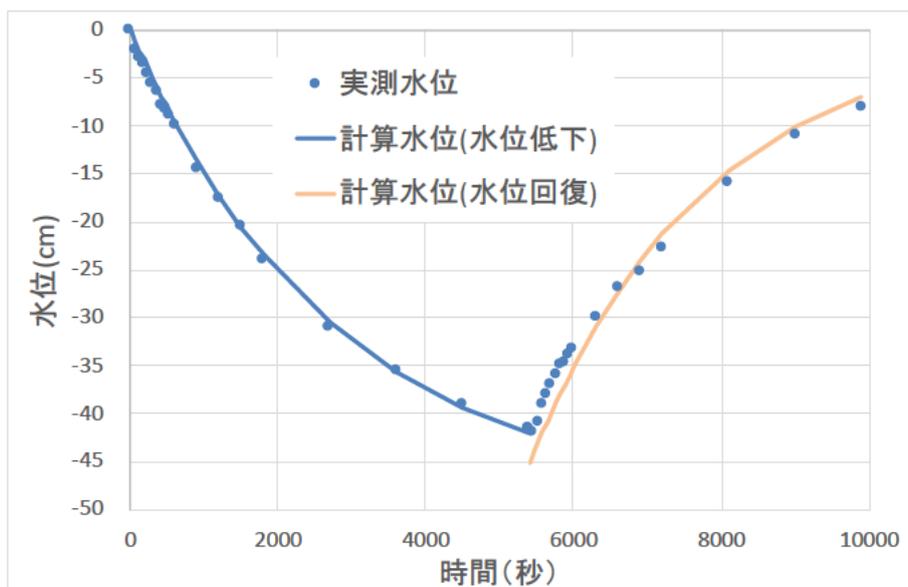


図4 2017年10月31日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0142(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0164(cm/s)

4.2 2016年度

観測は、6月3日、6月10日、11月1日に行われた。

(1) 2016年6月3日

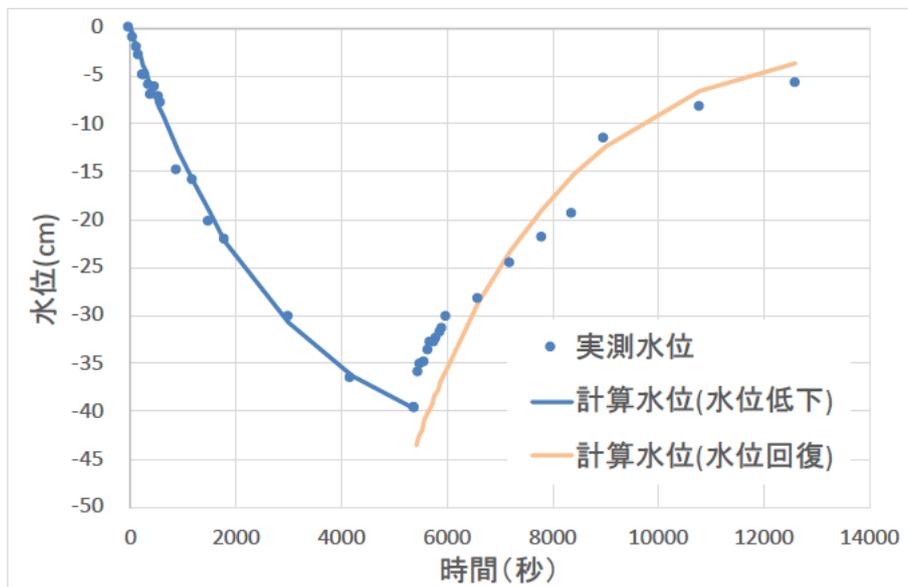


図5 2016年6月3日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0141(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0137(cm/s)

(2) 2016年6月10日

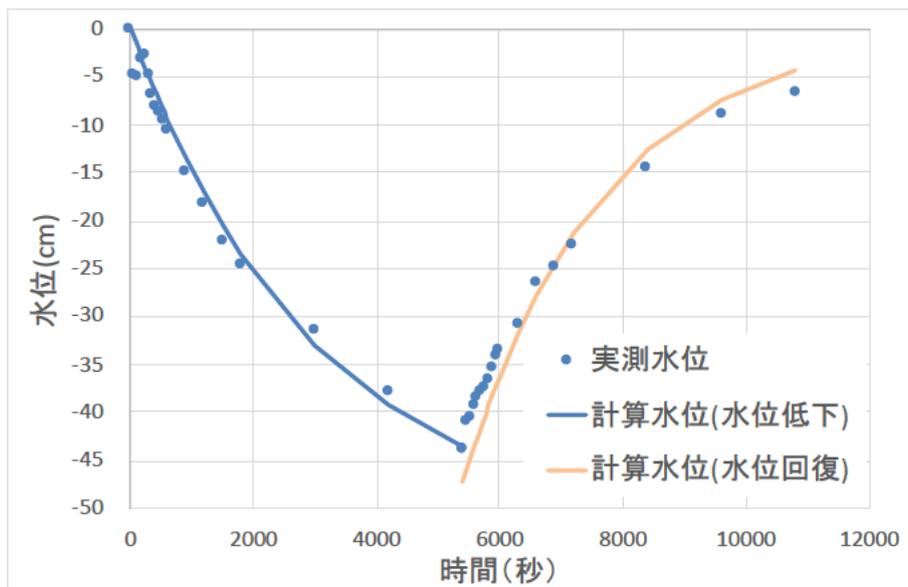


図6 2016年6月10日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0130(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0174(cm/s)

(3) 2016年11月11日

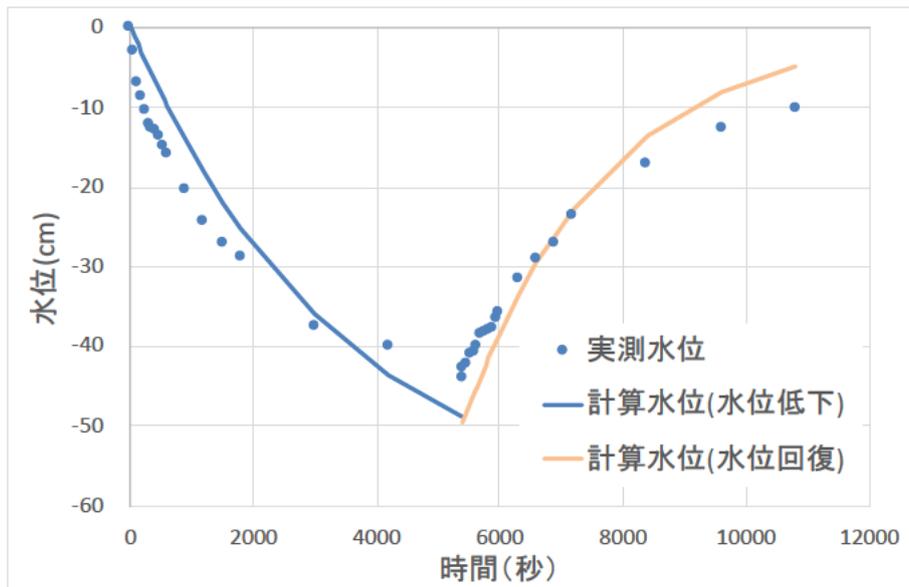


図7 2016年11月11日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0116(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0170(cm/s)

4.3 2014年

観測は、5月16日、5月23日、10月21日、10月28日に行われた。

(1) 2014年5月16日

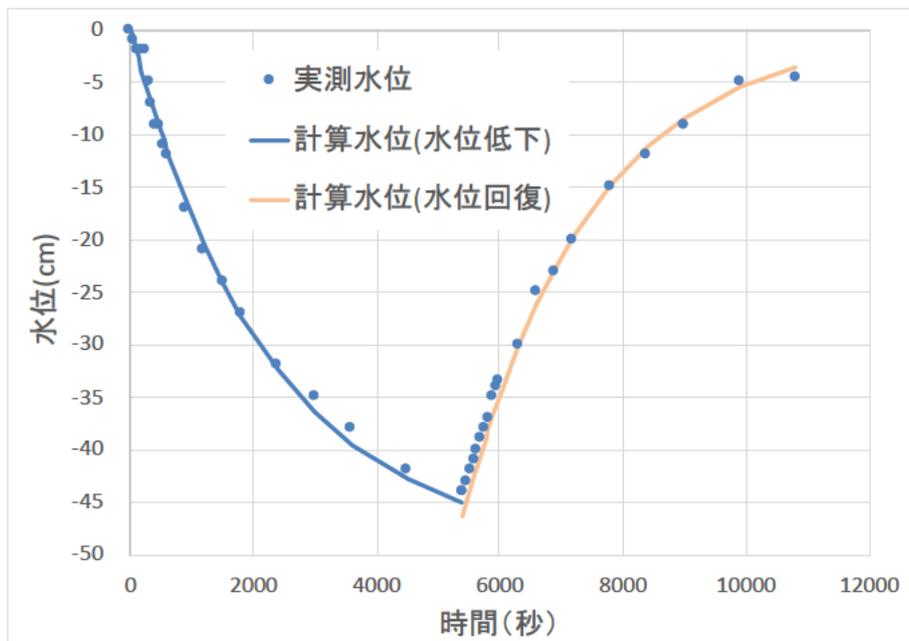


図8 2014年5月16日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0173(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0187(cm/s)

(2) 2014年5月23日

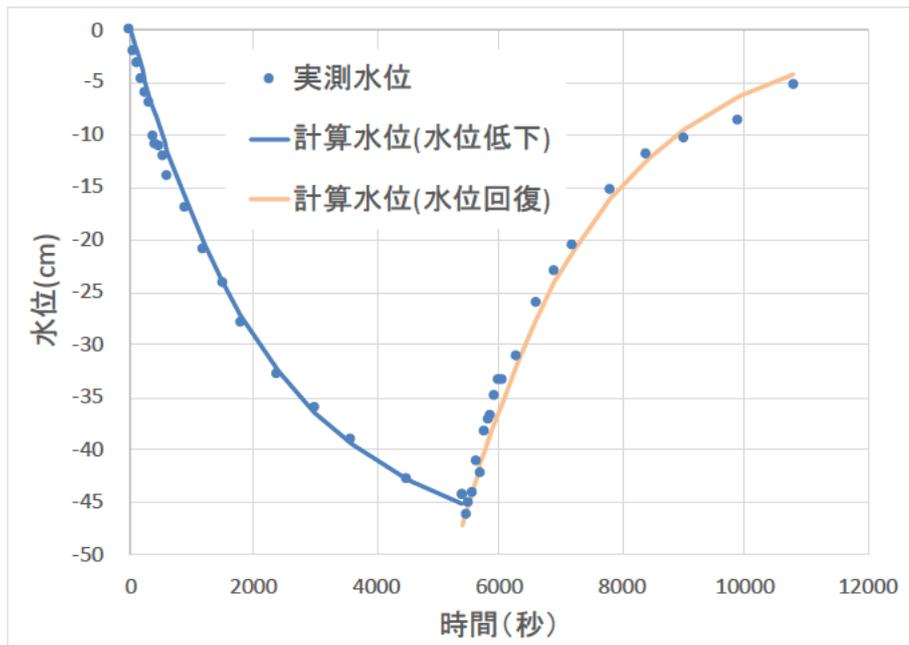


図9 2014年5月23日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0174(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0176(cm/s)

(3) 2014年10月21日

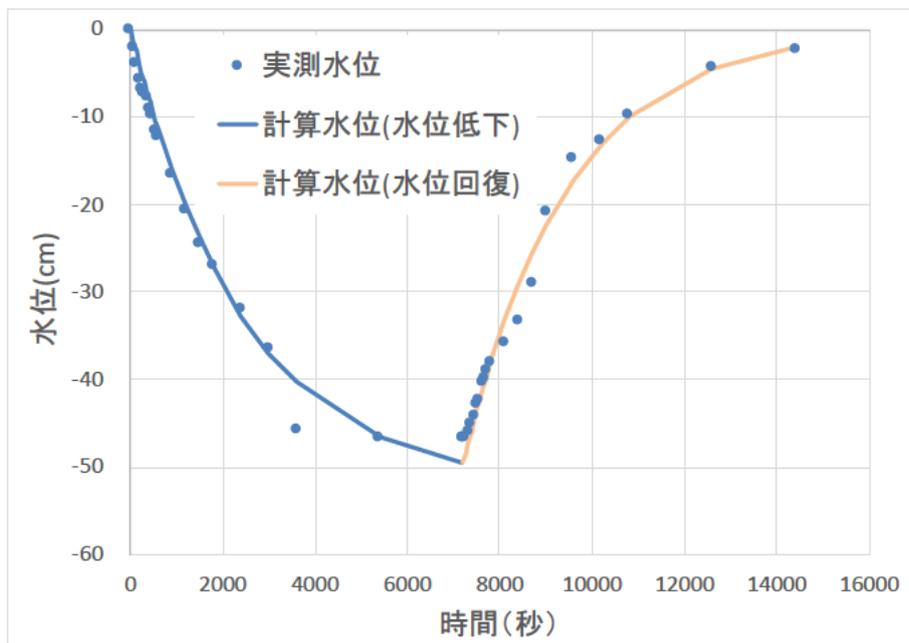


図10 2014年10月21日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0161(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0175(cm/s)

(4) 2014年10月28日

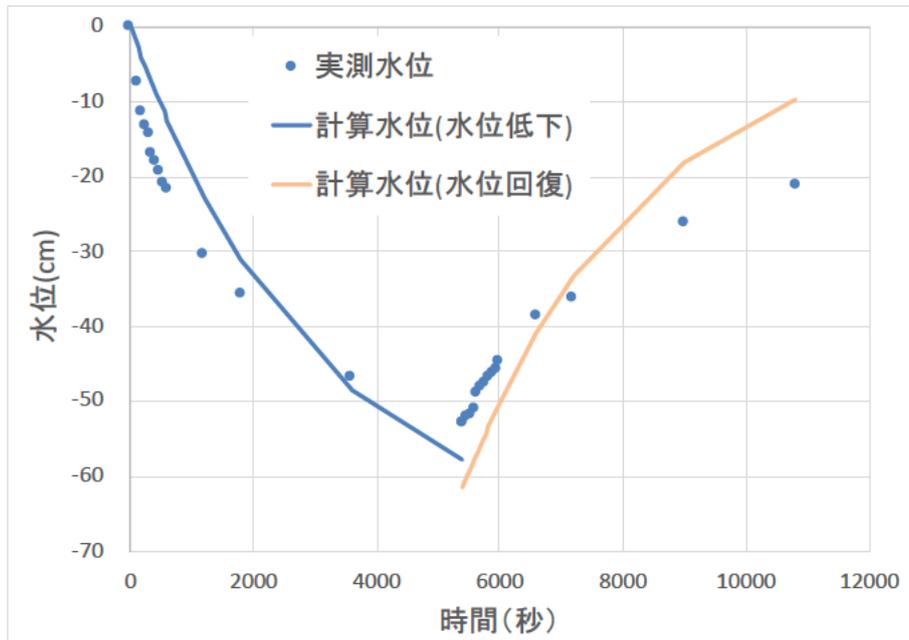


図11 2014年10月28日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0130(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0134(cm/s)

4.4 2015年

観測は、5月22日、5月29日、11月10日、11月24日に行われた。

(1) 2015年5月22日

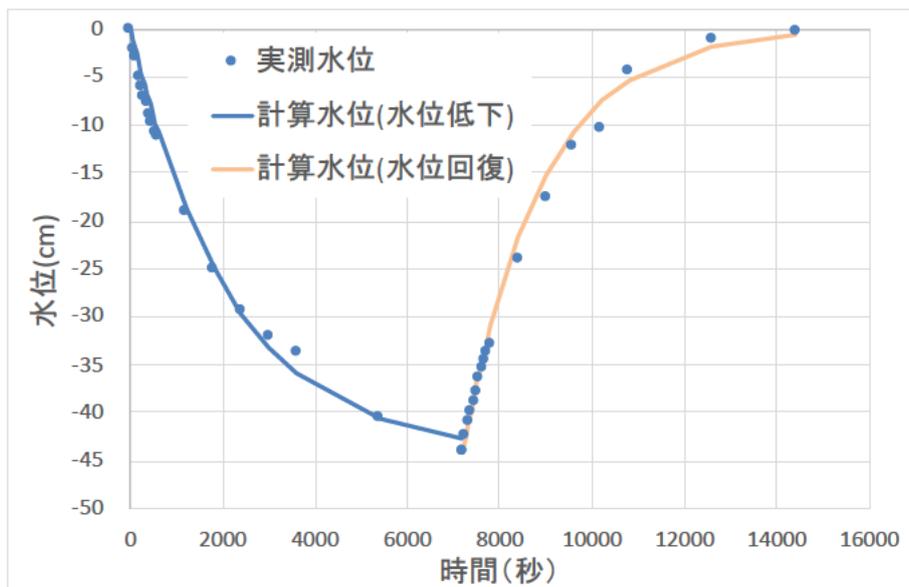


図12 2015年5月22日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0181(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.023(cm/s)

(2) 2015年5月29日

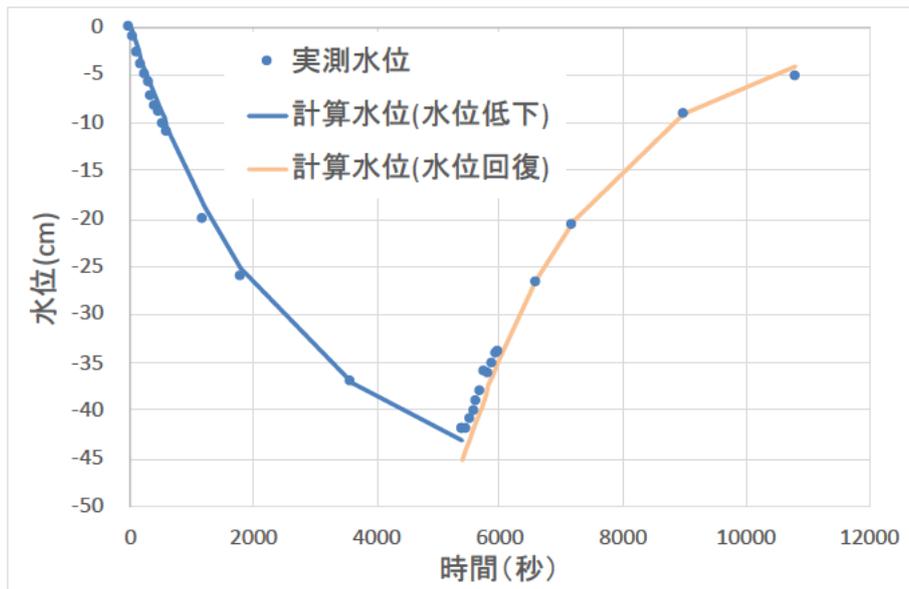


図13 2015年5月29日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0159(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0177(cm/s)

(3) 2015年11月10日

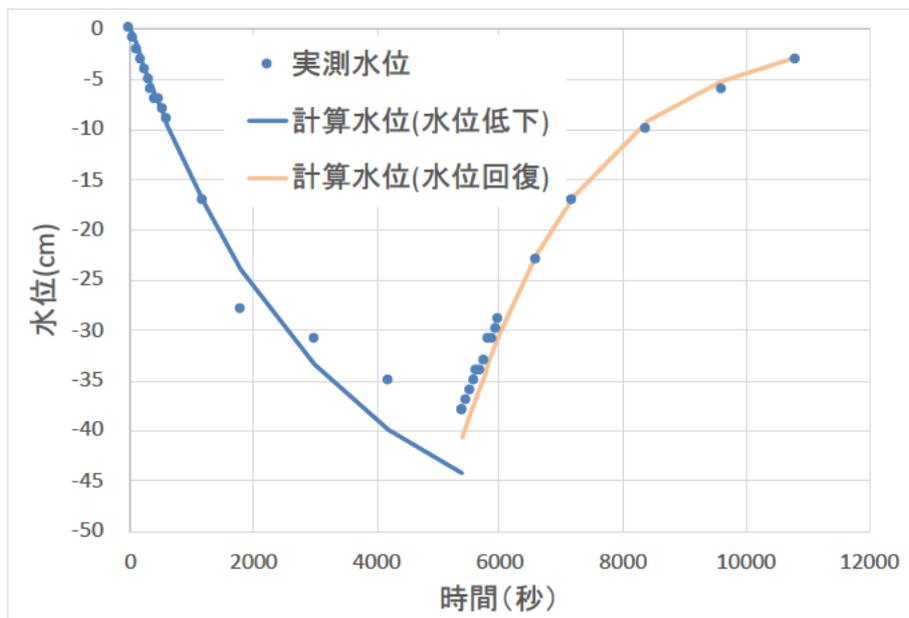


図14 2015年11月10日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0156(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0195(cm/s)

(4) 2015年11月24日

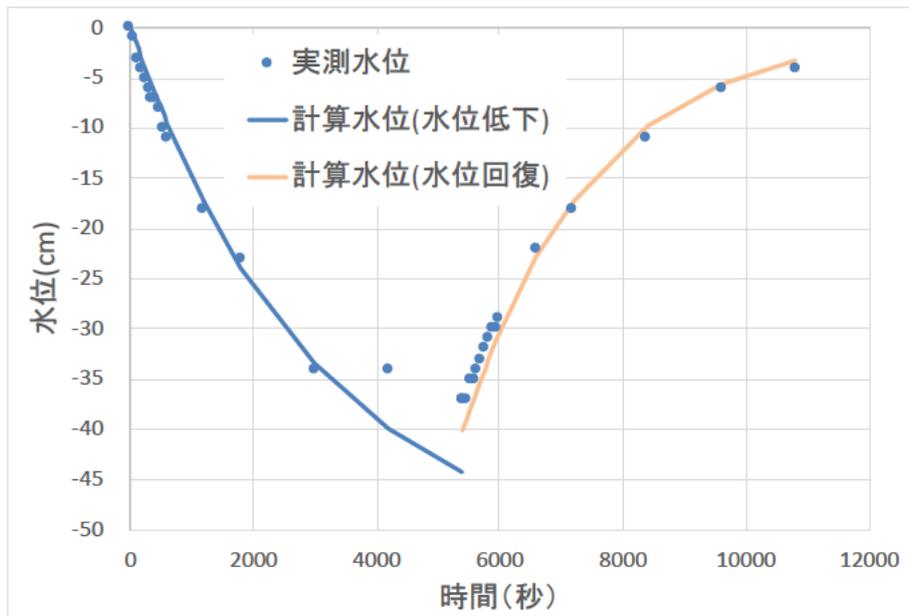


図15 2015年11月24日の観測結果

- 水位低下時の透水係数：0.0158(cm/s)
- 水位回復時の透水係数：0.0186(cm/s)

5 表面被覆の変化による透水係数の変化

昨年度の報告書では2016年のデータを両方 x 軸の値でプロットしていたので、今年度のデータを加えて書き直した。井戸の周辺が芝生や植木で被覆されていた2014,2015年とコンクリートで表面が覆われた2016年以降のデータを図16に示す。

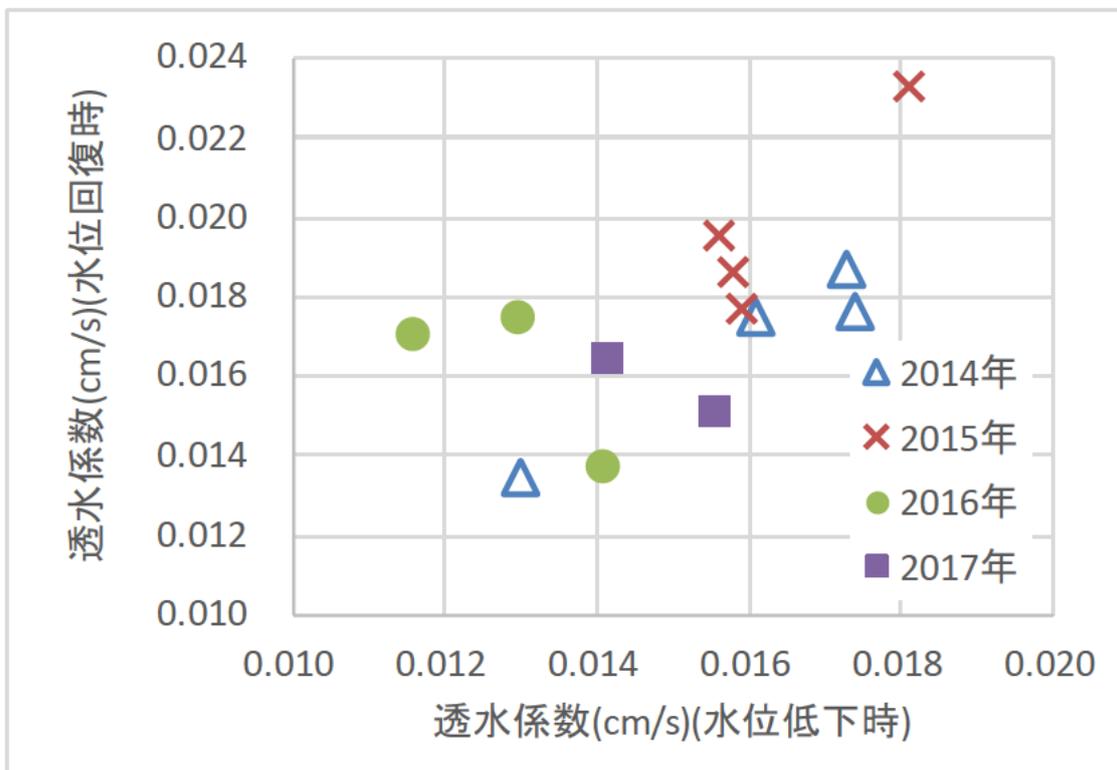


図16 透水係数の変化

グラフを見ると、井戸の周辺が芝生や植木で被覆されていた2014,2015年と比べて、表面がコンクリートで覆われた2016年以降は透水係数が低下している。昨年度は、水位回復時に比べて水位低下時の透水係数が小さくなっていたが、今年度は両者はほぼ同じ、もしくは回復時の透水係数が小さくなっている。

透水係数は、昨年度と比較して徐々に大きくなり、コンクリートに被覆される前の状態に戻りつつある。

6 まとめ

学生実験で使用されている浅井戸を使った揚水実験のデータを用いて、透水係数を求めた。資料保管用コンテナ置き場となるために表面被覆が芝からコンクリートに変わる前の2014年および2015年と、コンクリートに変わった後の2016年および2017年の透水係数を比較した。

井戸の周辺が芝生や植木で被覆されていた2014,2015年と比べて透水係数が低下していることが分かった。昨年度は、水位回復時に比べて水位低下時の透水係数が小さくなっていたが、今年度は両者はほぼ同じ、もしくは回復時の透水係数が小さくなっていた。昨年度は、透水係数が減少した原因は表面がコンクリートで覆われたことによる地下への浸透量の減少でないかと推測したが、今年度は僅かに透水係数が増加したためする傾向が見られたことから、工事の影響が徐々に薄れてきて従前の状態に戻りつつある可能性もある。

実験メニューの見直しにより今年度から揚水実験の回数が年2回と減少したが、今後も継続的にデータ収集を行い、ある程度長期的なデータを集積した後に再検討していきたい。