

北勢地方の自噴井観測

平成29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26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。

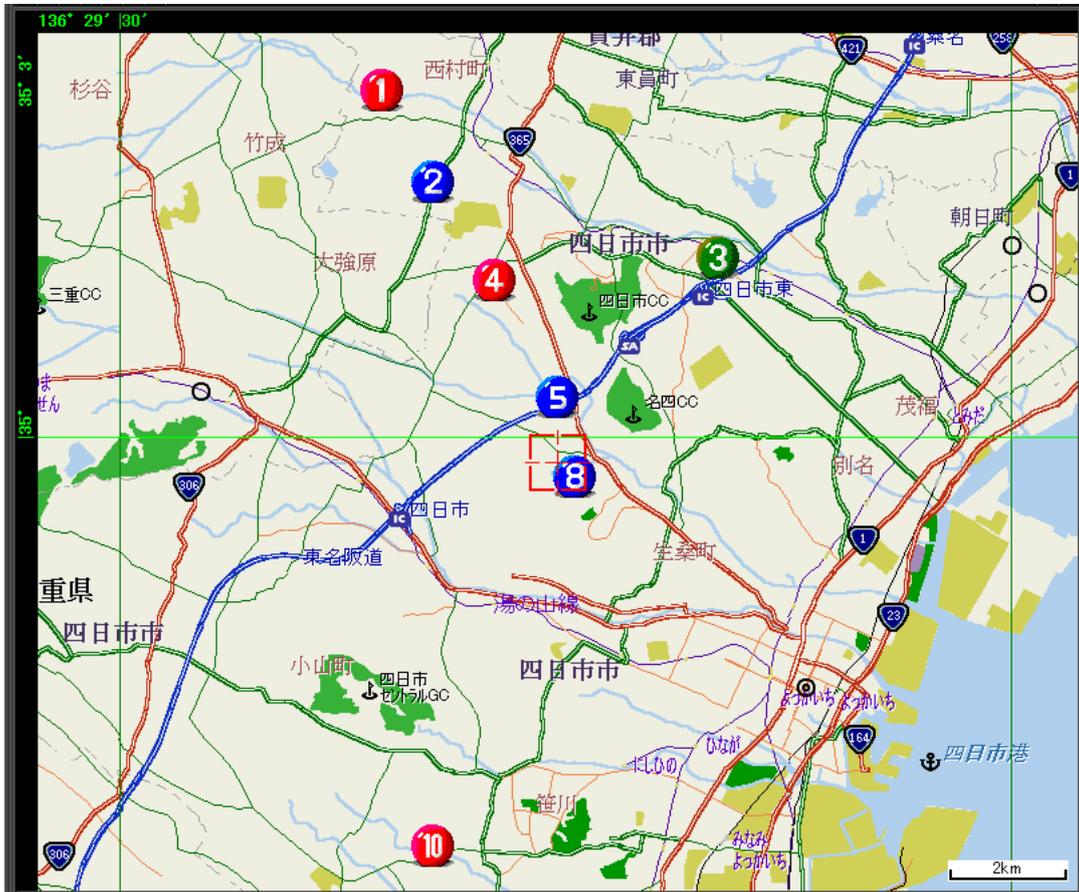


图 1 測定自噴井位置

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 2017 年 1 月までの自噴量の変化を示す。

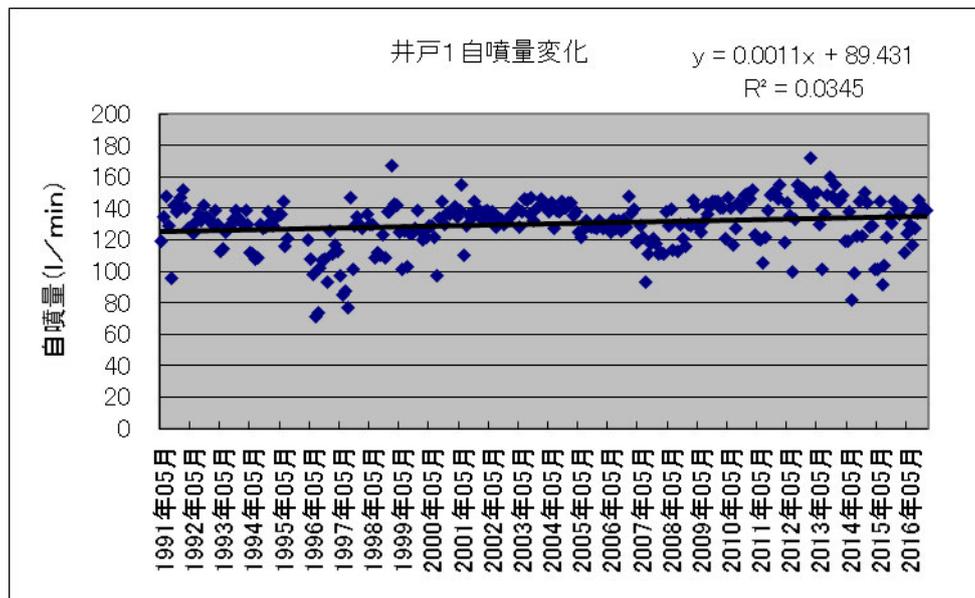


図 2-1 自噴井 1 の自噴量変化

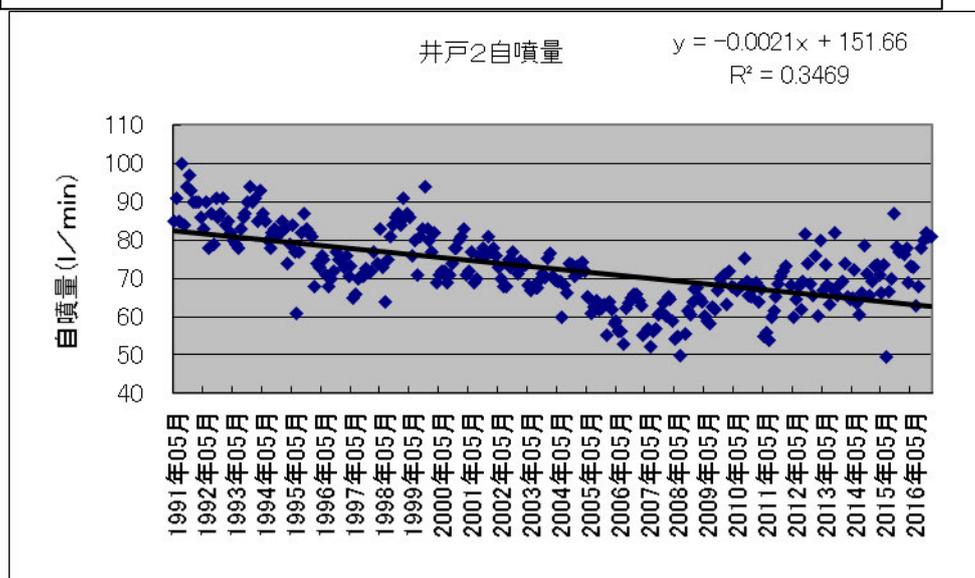


図 2-2 自噴井 2 の自噴量変化

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

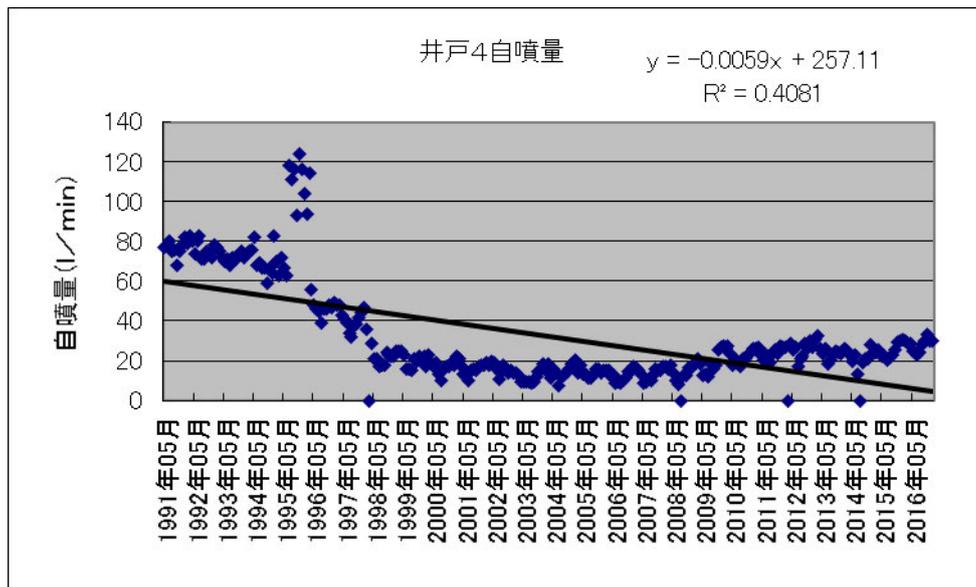


図 2-4 自噴井 4 の自噴量変化

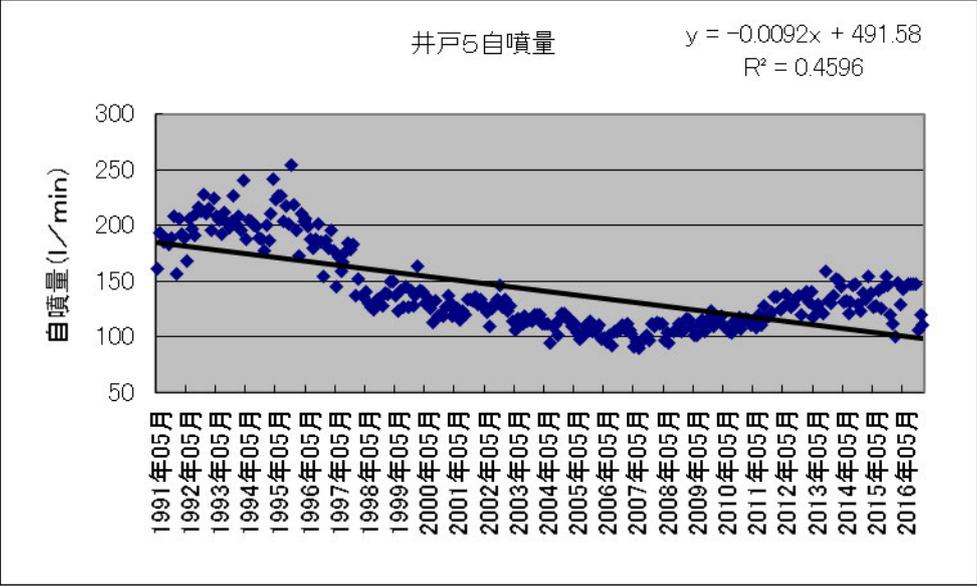


図 2-5 自噴井 5 の自噴量変化

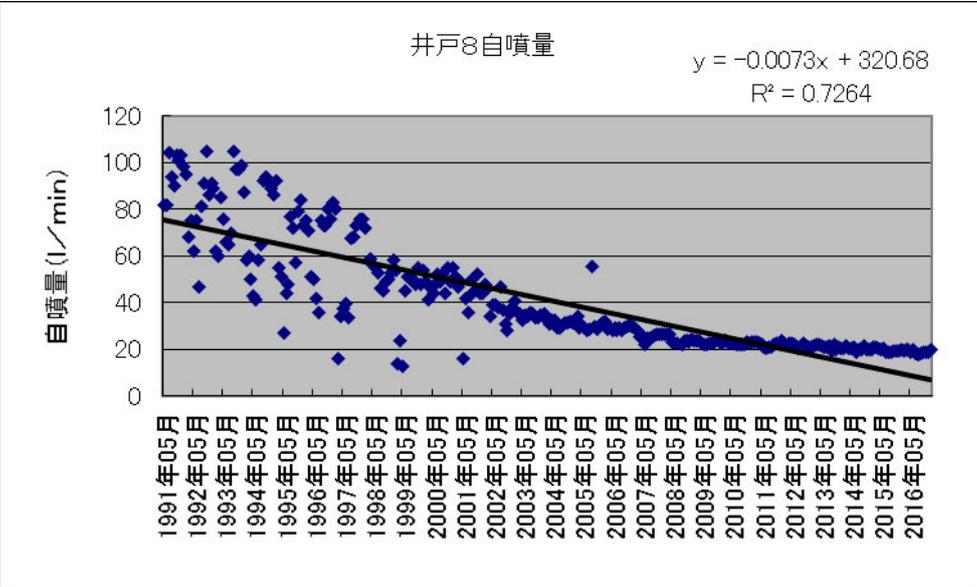


図 2-6 自噴井 8 の自噴量変化

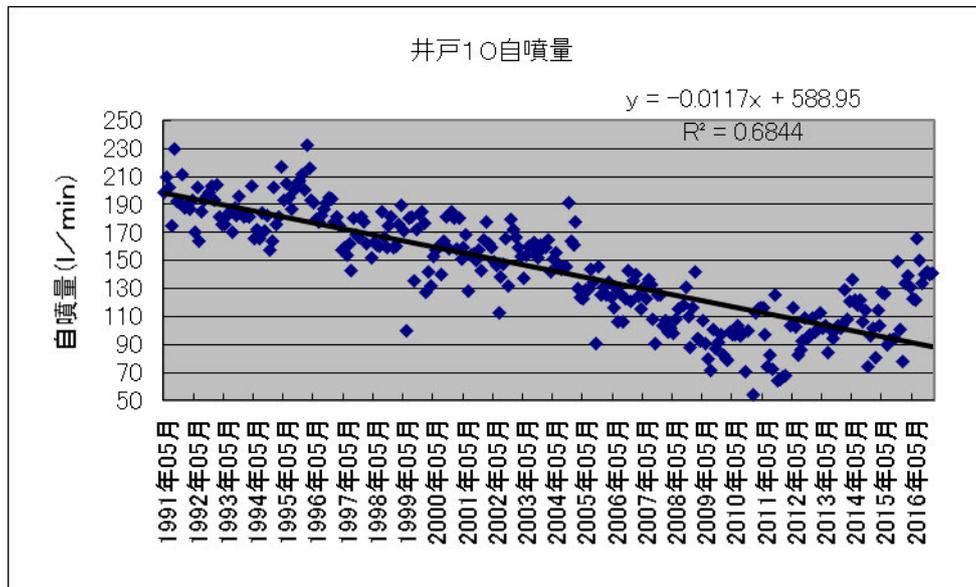


図 2-7 自噴井 10 の自噴量変化

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。

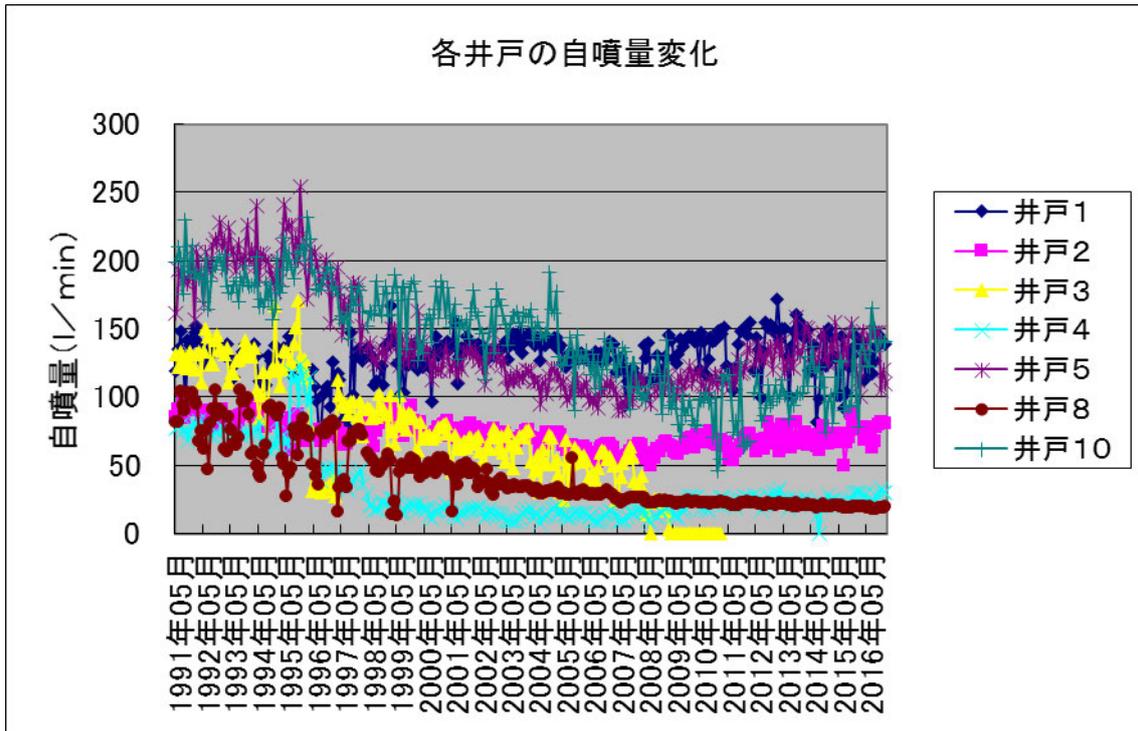


図 2-8 各井戸の自噴量変化

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、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ように思われる。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、これは健全な水循環に向かっていると思われる。

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。

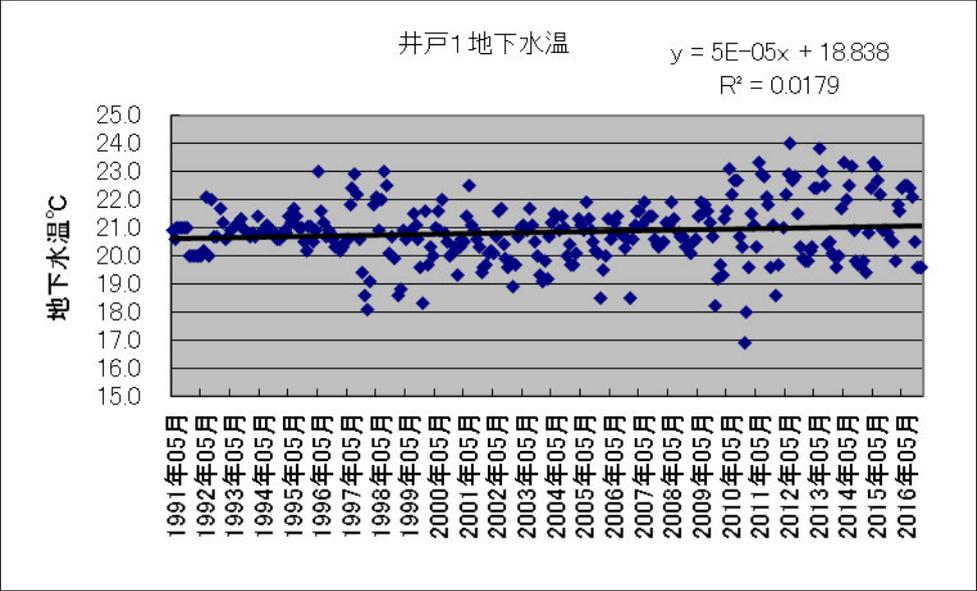


図 2-9 自噴井 1 の地下水温

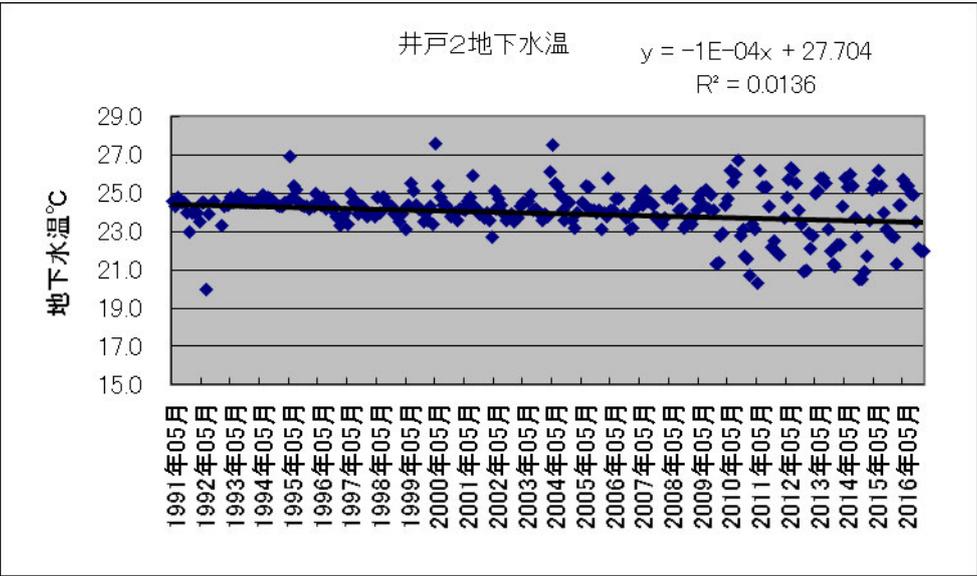


図 2-10 自噴井 2 の地下水温

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

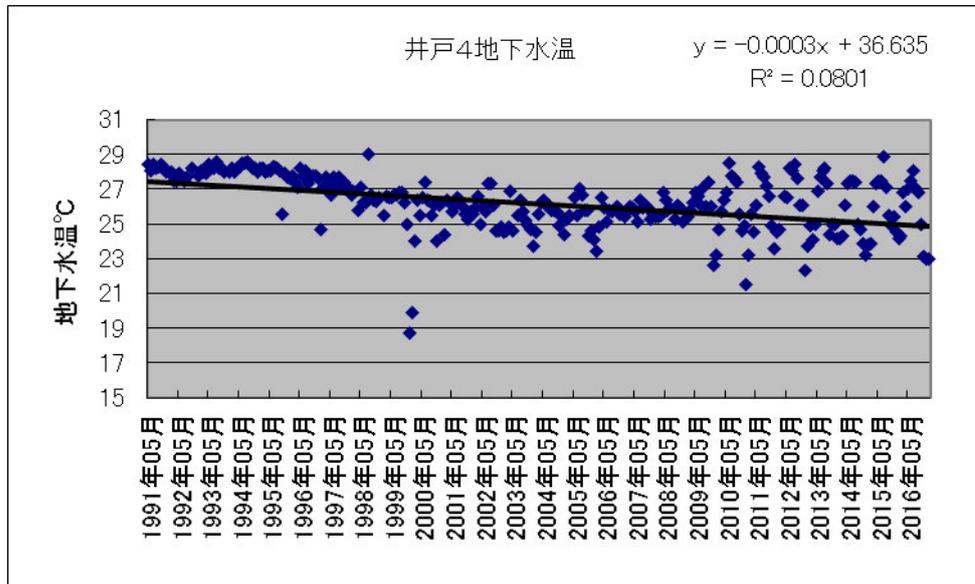


図 2-12 自噴井 4 の地下水温

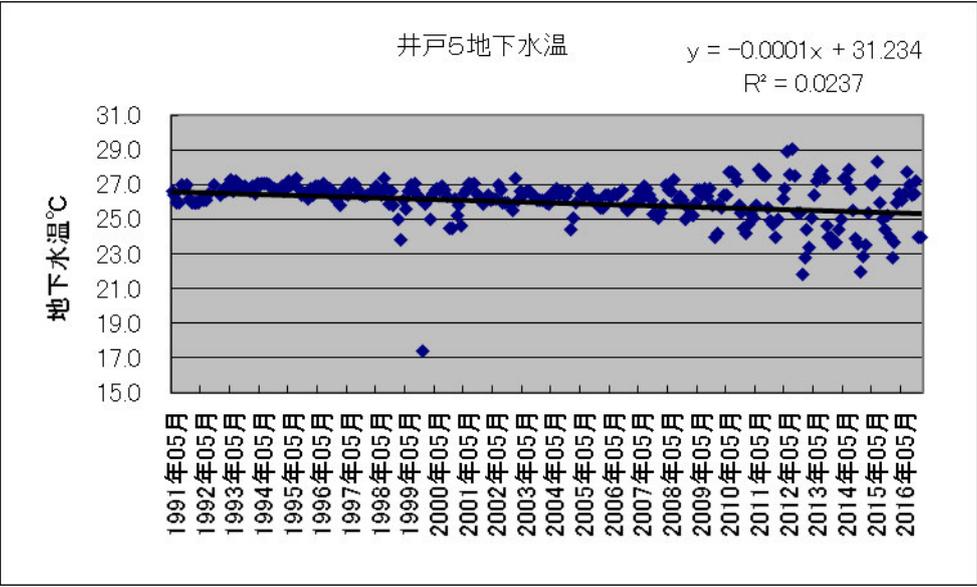


図 2-13 自噴井 5 の地下水温

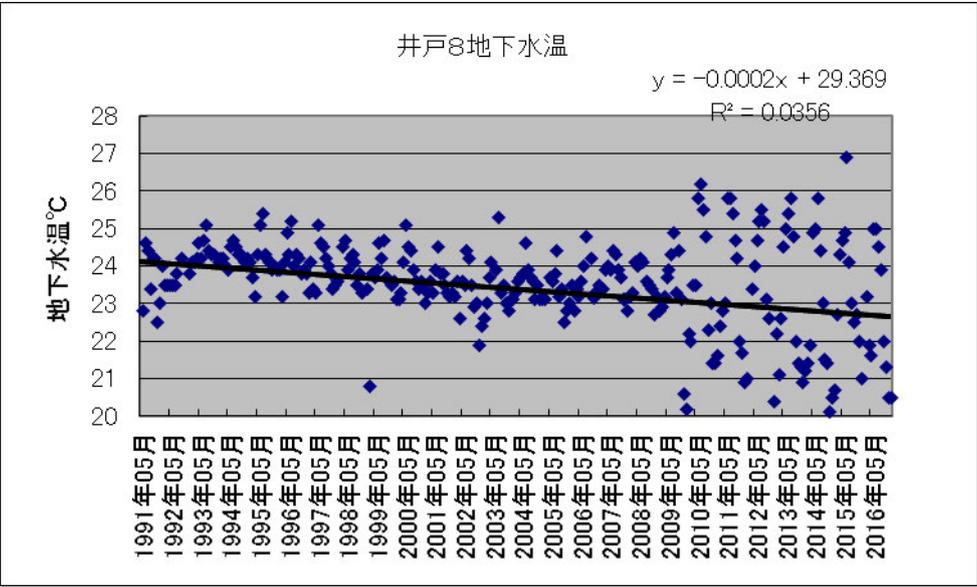


図 2-14 自噴井 8 の地下水温

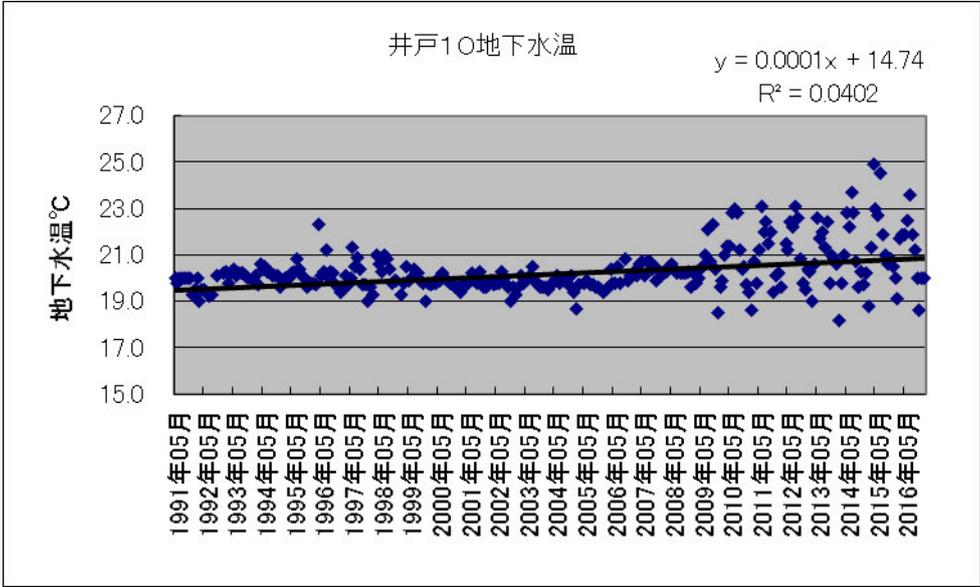


図 2-15 自噴井 10 の地下水温

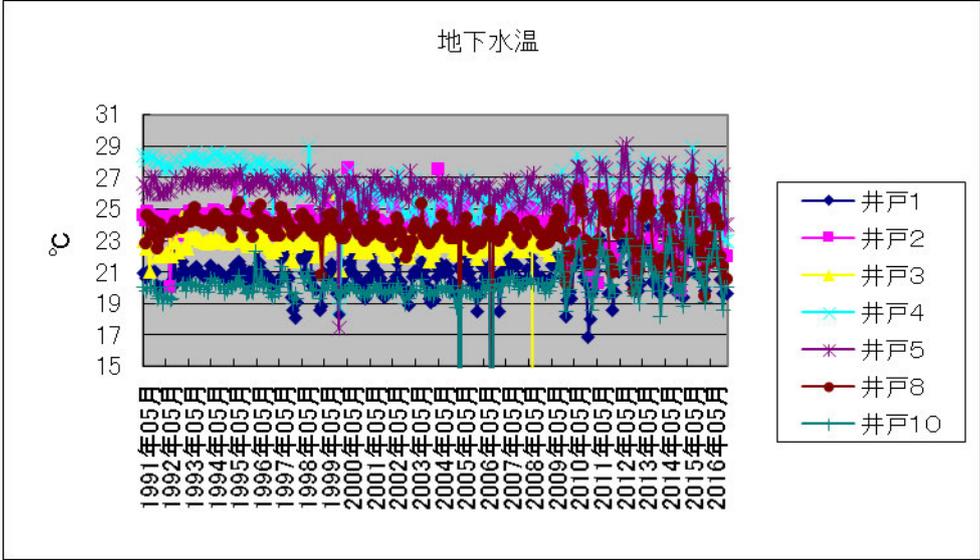


図 2-16 各井戸の地下水温変化

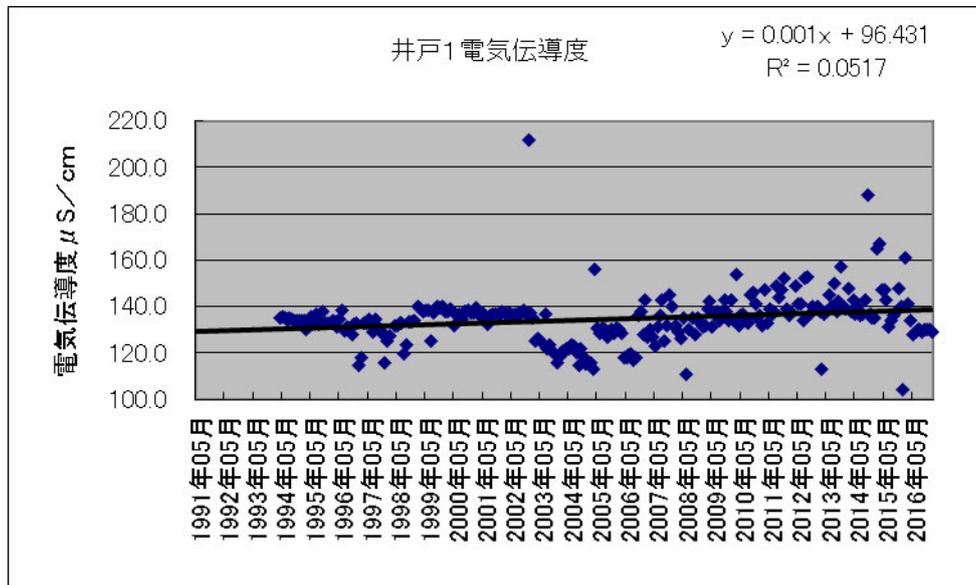


図 2-17 自噴井 1 の電気伝導度

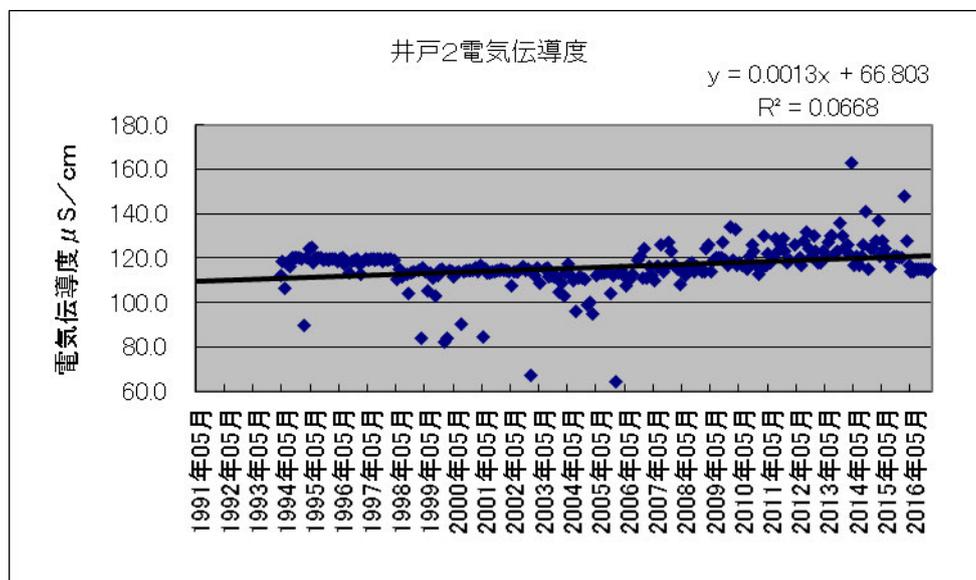


図 2-18 自噴井 2 の電気伝導度

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

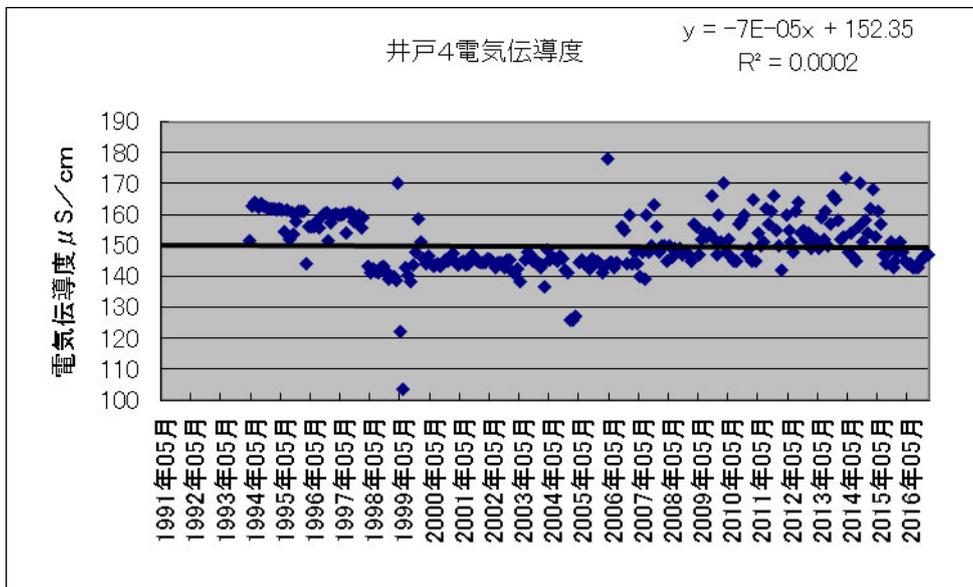


図 2-20 自噴井 4 の電気伝導度

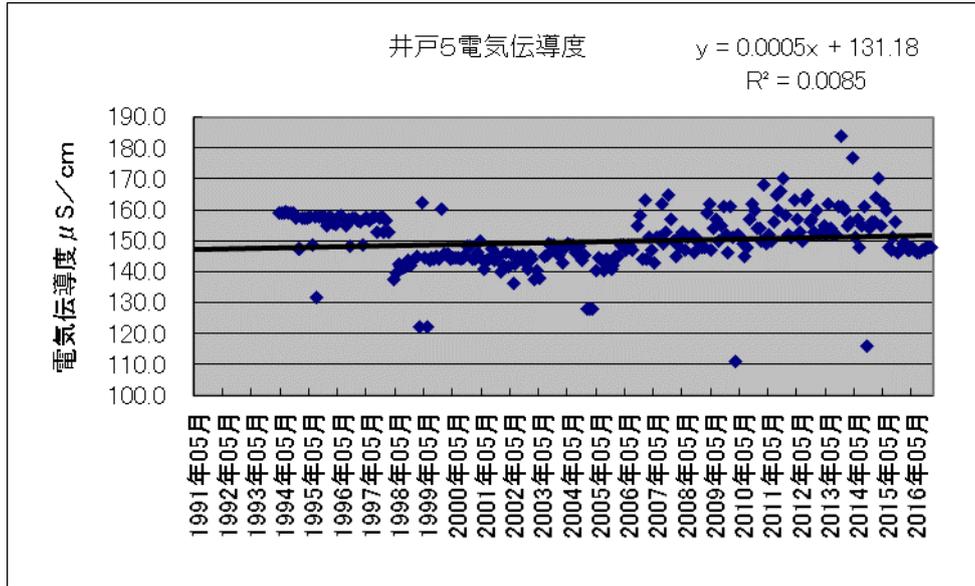


図 2-21 自噴井 5 の電気伝導度

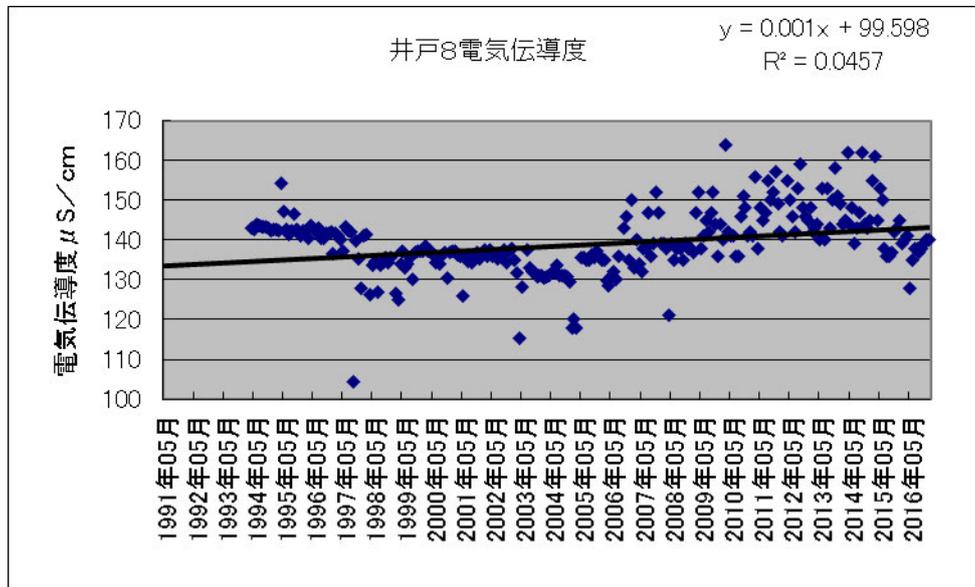


図 2-22 自噴井 8 の電気伝導度

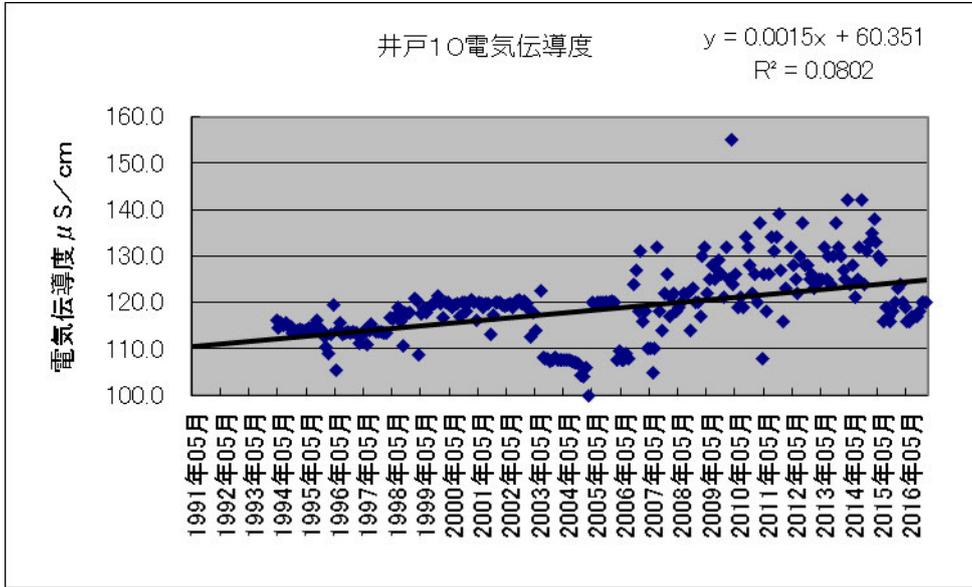


図 2-23 自噴井 10 の電気伝導度

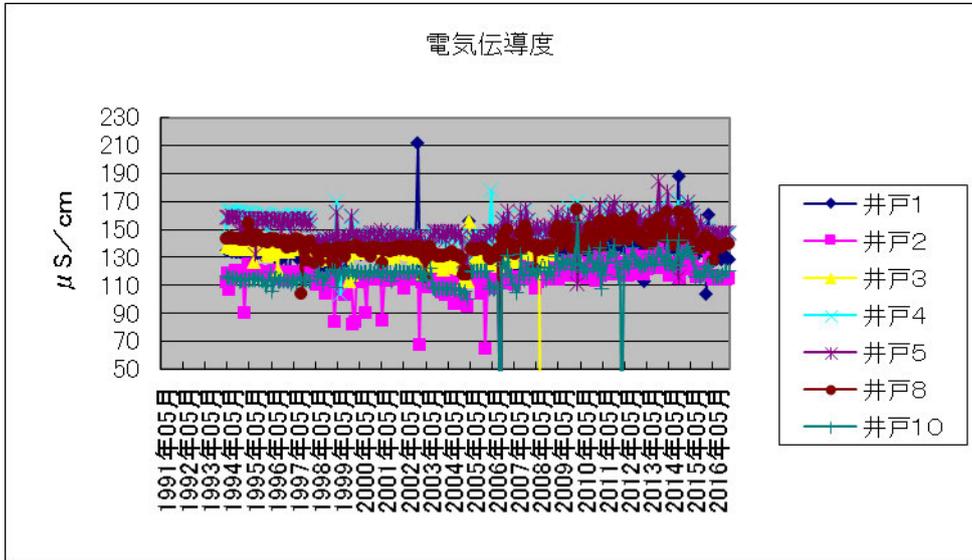


図 2-24 各井戸の電気伝導度変化

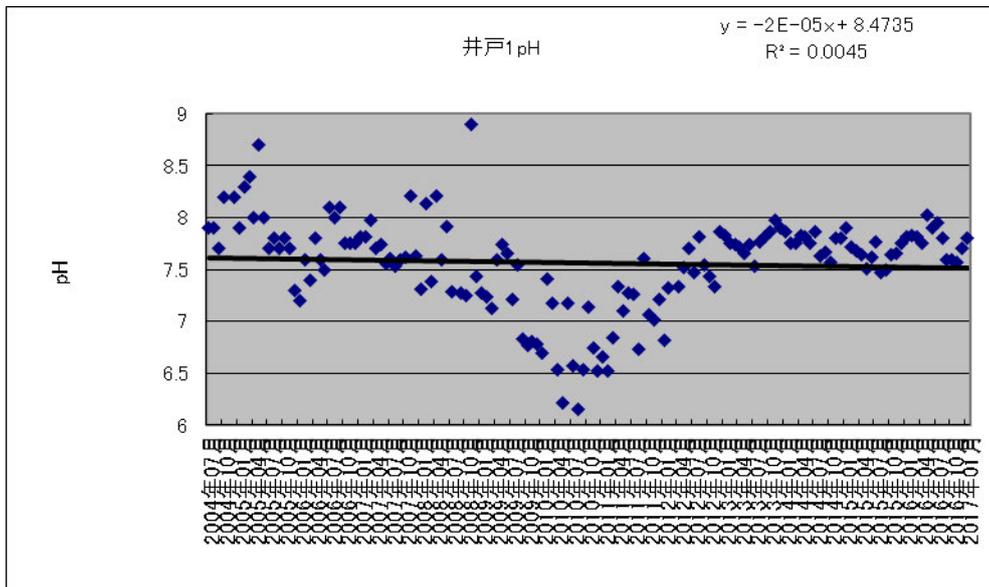


図 2-25 自噴井 1 の p H

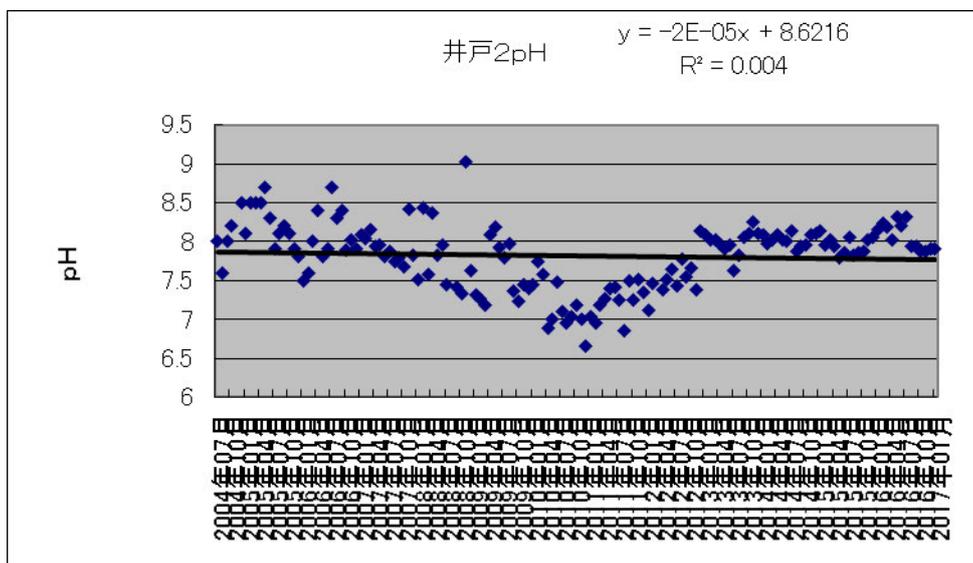


図 2-26 自噴井 2 の p H

2009 年度から計測出来なくなった。

図 2-27 自噴井 3 の pH

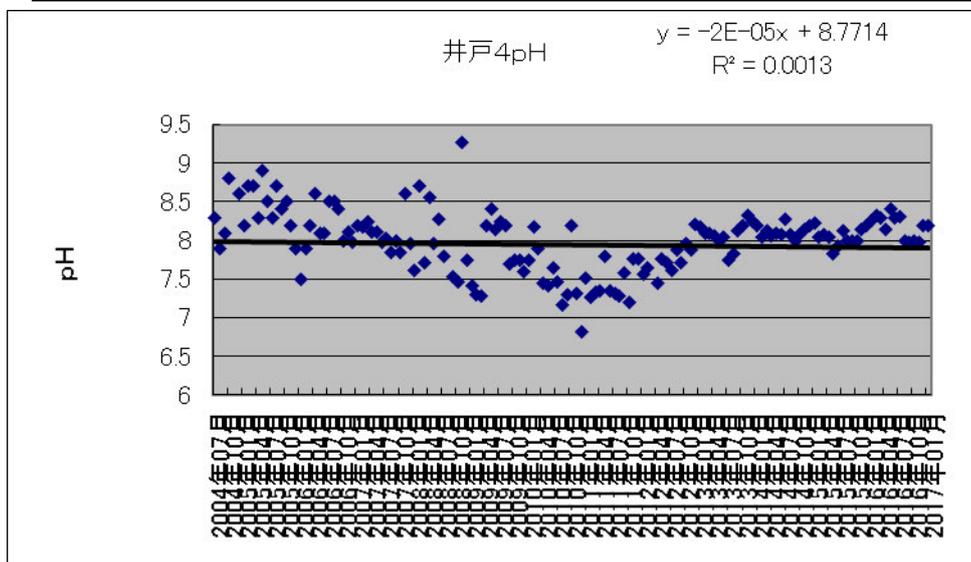


図 2-28 自噴井 4 の pH

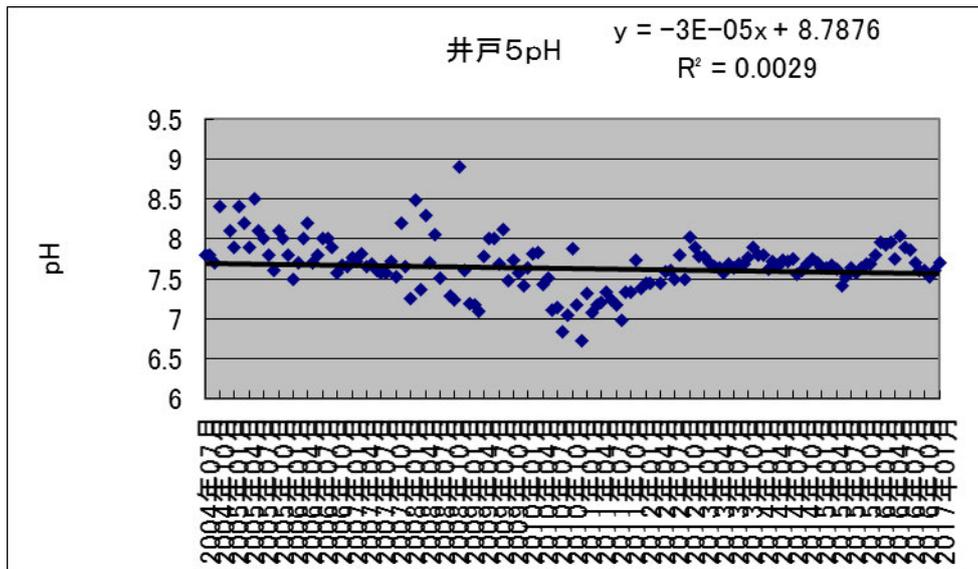


図 2-29 自噴井 5 の pH

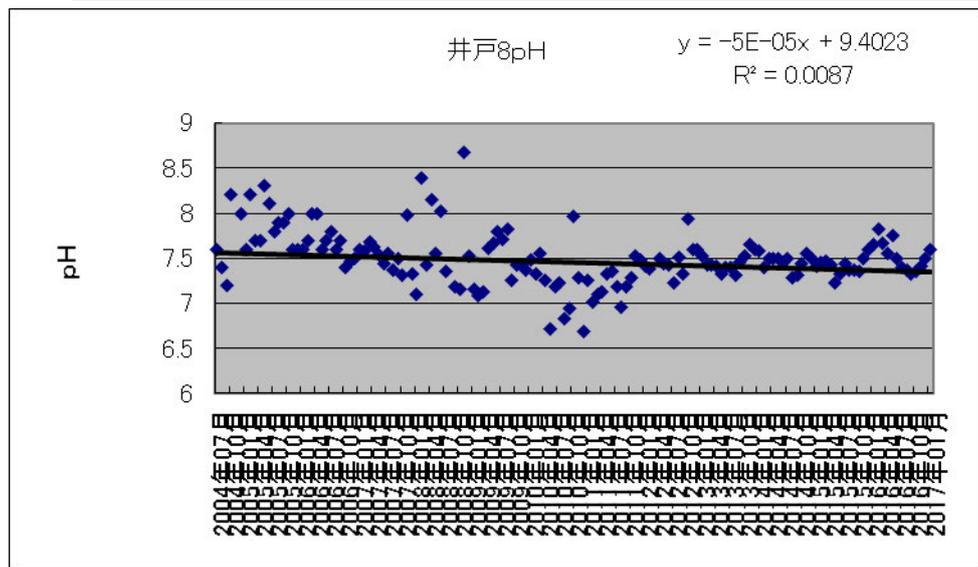


図 2-30 自噴井 8 の pH

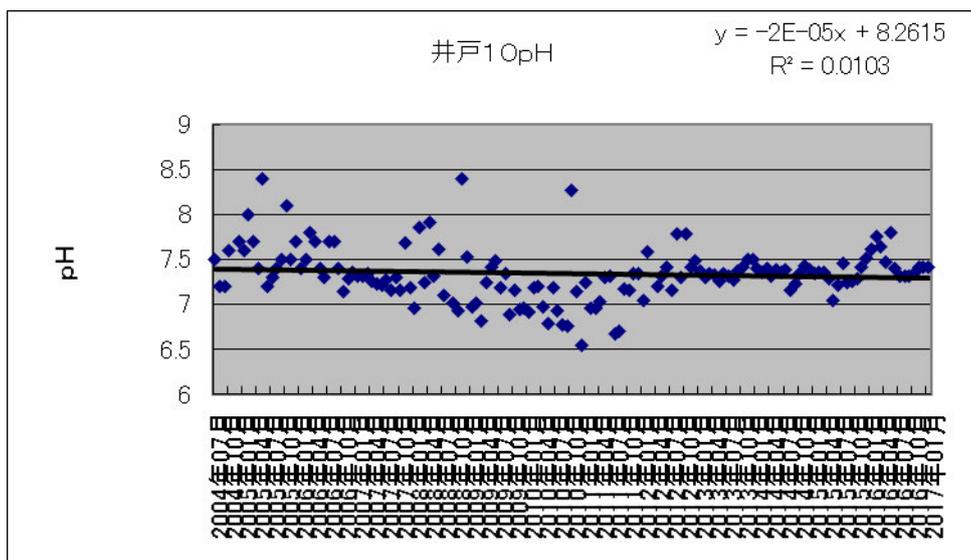


図 2-31 自噴井 10 の pH

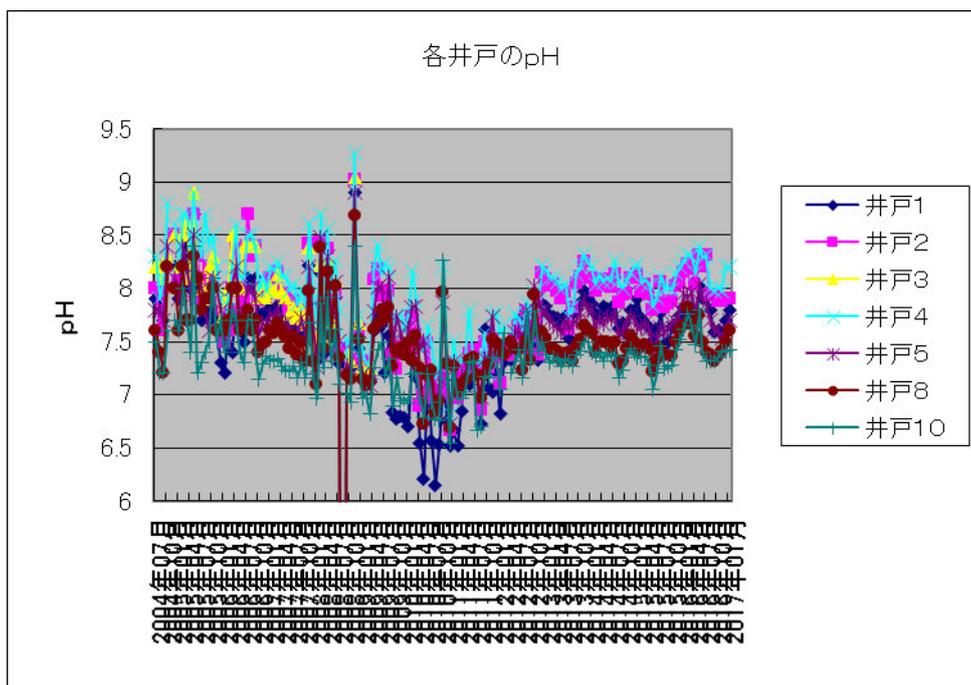


図 2-32 各井戸の pH 変化

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り、やや低下傾向がみられる。

電気伝導度に関しても、長期的には安定している。しかし、近年は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。

地下水温や電気伝導度のばらつきが大きくなり、水温が低下傾向を示し、pHがアルカリ性から中性に近づいているということは、地表水の流入が考えられる。

3. 考察

26年間継続して観測している自噴井の観察状況を叙述した。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、地下水が単純に増加したとは結論付けられない。

今後も監視が必要であると思われる。

研究題目：地盤沈下エリアの地震活動についての基礎的研究

研究担当者：葛葉泰久

A. 研究内容：

年度当初に立てた研究計画は以下のようなものであった。

当該地域での地震活動について調べる。地震活動と地盤沈下の明確な関係は得られないかもしれないが、地盤の変化に多少とも影響のある地震活動について調べておくことで、有益な知見が得られると考えられる。気象庁の地震カタログを用いて、当該地域で過去に起こった地震データを収集する。

B. 研究結果

1. 序論

濃尾平野周辺の地盤沈下に関わるエリアにおいて、どのような地震活動が過去にあったかを調査した。地震が起きることによって、地盤沈下の状況が変わったり、地盤沈下そのものが起こる可能性がある。そこで、本研究では、当該エリアでの過去の地震活動について、その規模や震源を図に示すことを目的とする。

2. データ

基本的には、気象庁の地震カタログを用い、過去に遡って震源と地震の規模を調査した。なお、補助的に理科年表と故宇津氏によるデータを用いた（後述）。

3. ツール

描画には石川・中村（石川・中村, 1997; 中村・石川, 2005）の SEIS-PC というソフトウェアを用いた。

4. 結果の概要

まず、図1は、西暦715年から2015年の当該地域での震源分布をプロットした図である。ただし、マグニチュード3以上の地震の震源のみをプロットしている。図のマークの大きさは地震の規模（マグニチュード）を表しており、マークの種類は震源の深さ（水色の震源は深く、赤色は浅い）を表している。当該地域の中では、知多半島～渥美半島のあたり（西三河南部）に多くの震源がみられるが、三重県の伊勢湾岸エリアは、それに比べると震源の数は若干少ないようである。西三河南部に震源が多くみられる理由については

後述する。

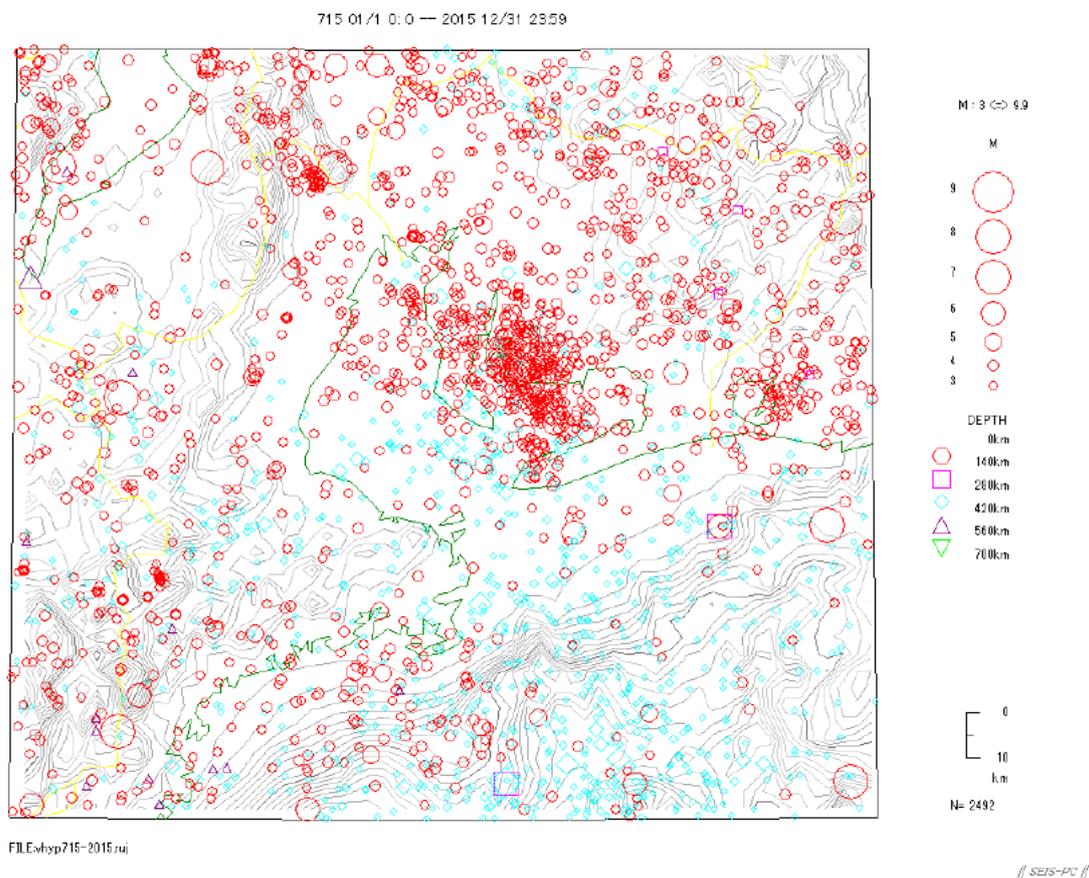


図1 西暦715年～2015年の震源分布

この図の震源のうち、紀元715年から1884年については「理科年表の被害地震の表」、1885年～1922年は故宇津徳治氏によるもので（石川，中村(1)），それ以降と性格が異なる。そこで，それぞれの期間についての同様の図（図2）を挙げておく。

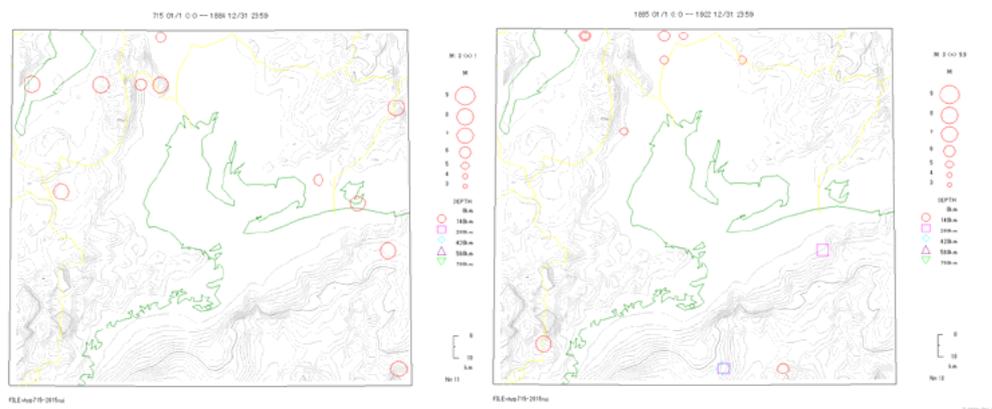


図2 715年～1884年の震源分布（左図）と1885年～1922年の震源分布（右図）

図2に示した震源の数が、それ以降と比較してかなり少ないが、地震の数が少なかったわけではなく、わかっているものだけをプロットしたためである。

次に、これらの2つの時代を除いた1923年以降について、10年ずつ区切った震源分布を挙げる。つまり、

1. 1923年～1932年
2. 1933年～1942年
3. 1943年～1952年
4. 1953年～1962年
5. 1963年～1972年
6. 1973年～1982年
7. 1983年～1992年
8. 1993年～2002年
9. 2003年～2012年
10. 2013年～2015年

である。

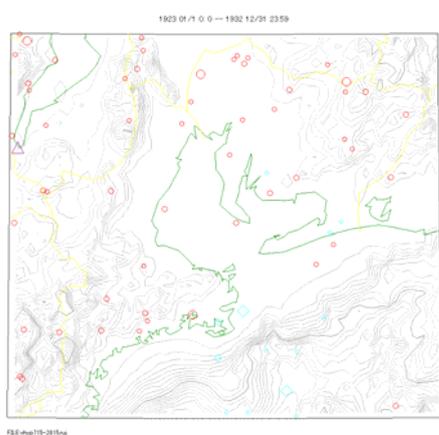


図3 1923年～1932年

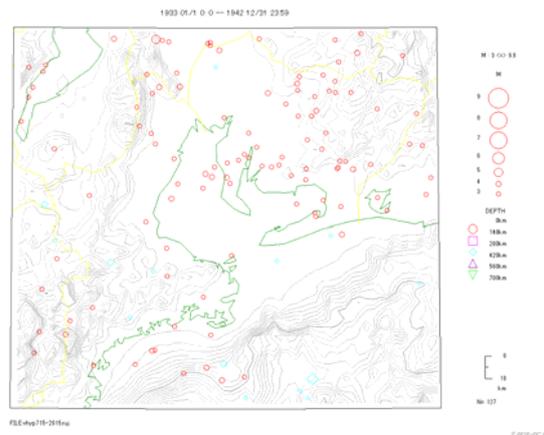


図4 1933年～1942年

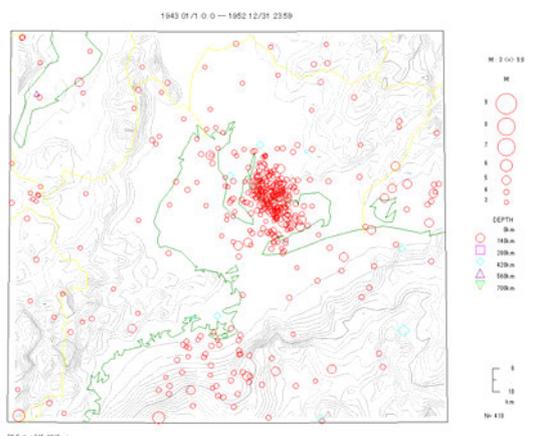


図5 1943年～1952年

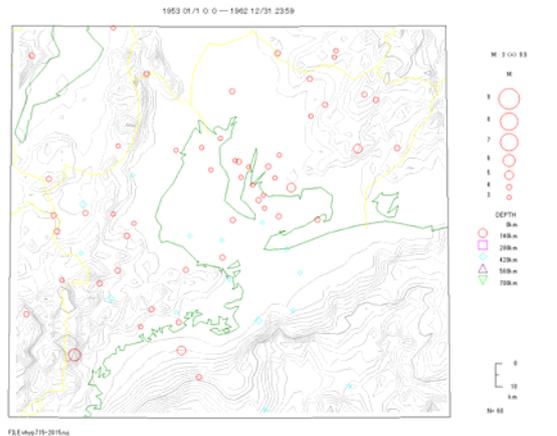


図6 1953年～1962年

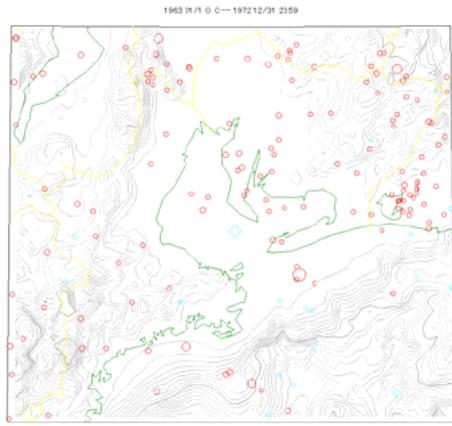


图 7 1963 年~1972 年

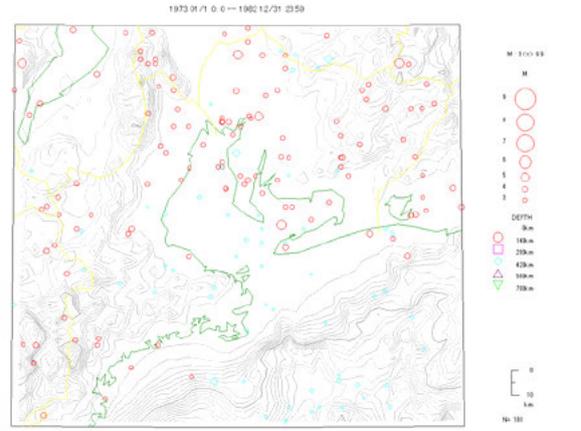


图 8 1973 年~1982 年

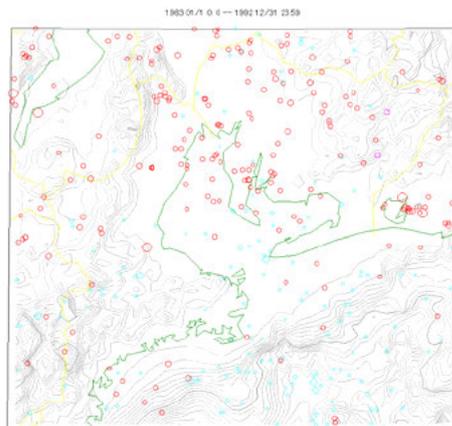


图 9 1983 年~1992 年

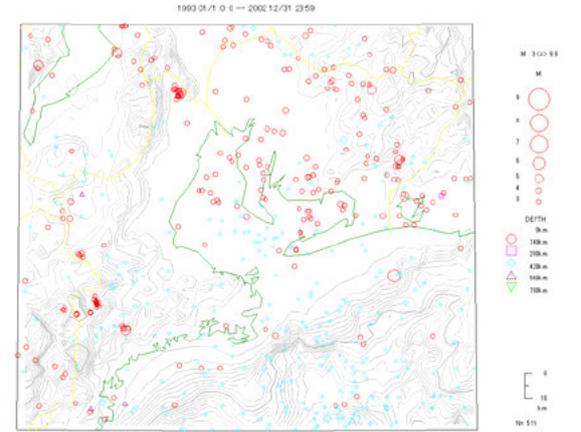


图 10 1993 年~2002 年

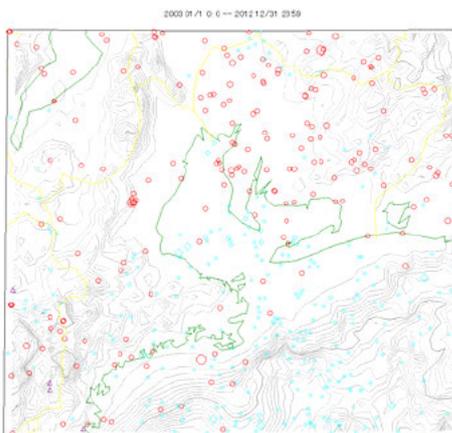


图 11 2003 年~2012 年

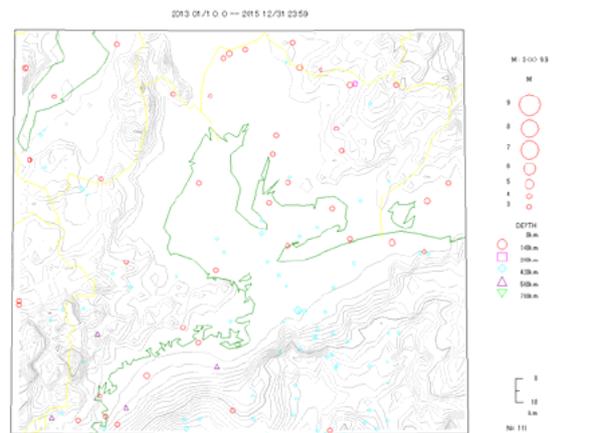


图 12 2013 年~2015 年

以上のうち、1943年～1952年に西三河南部～三河湾あたりで震源が多数存在するのが目立っているが、これは、1945年1月13日に直下型の三河地震が生じたことによる。1945年1月13日～1945年1月31日の同様の図を挙げると図13のようになる。また、1月13日～1945年1月14日の同様の図を挙げると図14のようになる。

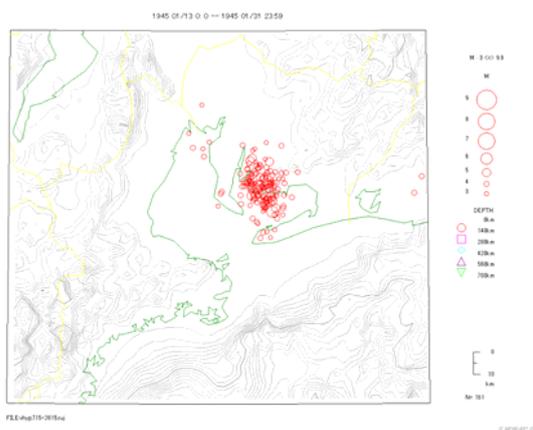


図13 1945年1月13日～
1945年1月31日

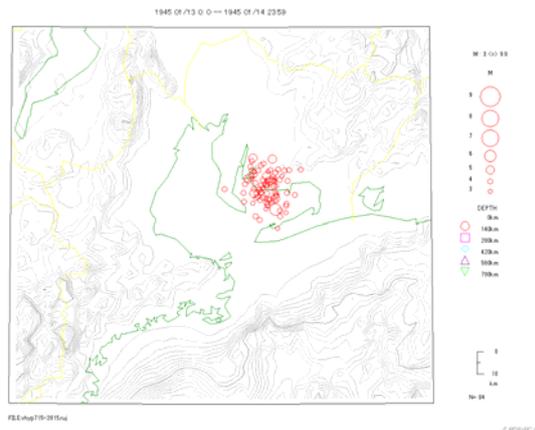


図14 1945年1月13日～
1945年1月14日

次に、1945年1月13日～1945年1月14日の震源分布の断面を見てみる。

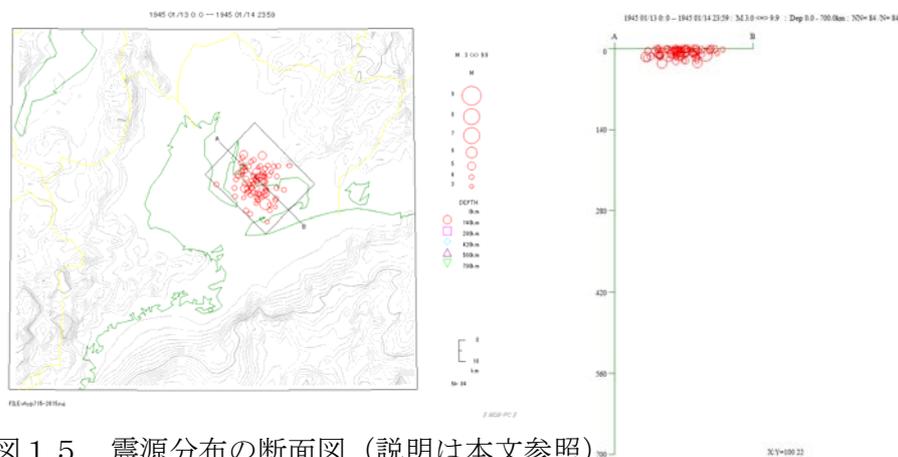


図15 震源分布の断面図（説明は本文参照）

図15は、震源分布の断面図を示した図である。図15の左図中の四角形の範囲内にある震源を、A-B断面に投影したのが右図である。

次に、1945年1月13日～1945年1月14日、本震の後に多くの余震が生じたが、それらのマグニチュードの時系列を示したのが図16である。

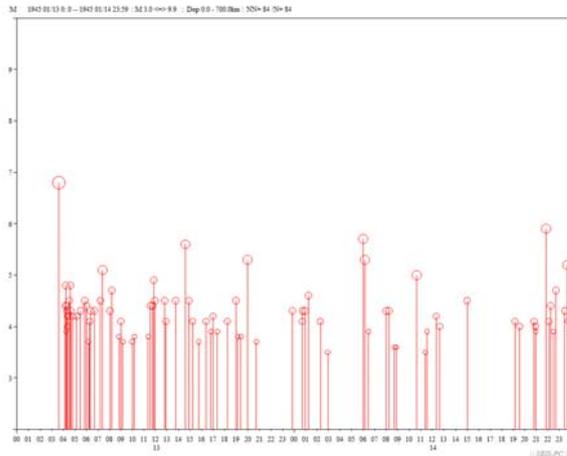


図 1 6 本震後の余震のマグニチュード時系列

さらに、それを、A-B 断面のどの位置で生じたかを示したのが図 1 7 である。

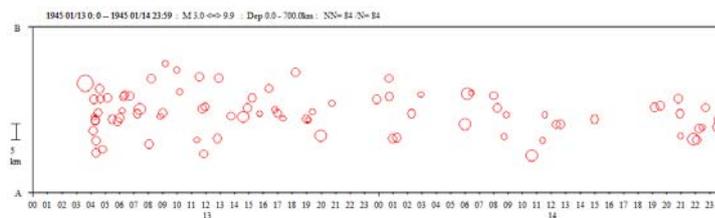


図 1 7 余震の震源を A-B 断面に投影した図

5. 結果のまとめ

おもに気象庁の地震カタログを用いて、濃尾平野を中心としたエリアで過去に起こった地震に関し、震源分布をプロットした。三河地方で震源がかたまって多く見られたが、これは、1945 年の三河地震の余震が多く生じたためである。それを除けば、(対象とした期間において) 当該地域で目立って地震が多く生じたところはなかった。

6. 参考文献

石川有三・中村浩二(1),SEIS-PC for Windows 取扱説明書.

石川有三・中村浩二(2),SEIS-PC for Windows95,地球惑星科学関連学会 1 9 9 7 年合同大会予稿集,P.78,1997.

中村浩二・石川有三(3),卓上の地震活動解析 SEIS-PC for Windows のこの 8 年,日本地震学会秋季大会講演予稿集,P153,2005/09/20.

表面被覆の変化が地下水に与える影響について（その2） 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。今年度のデータと昨年度までのデータを比較することにより表面被覆の変化が地下水に与える影響を調査した。

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。今回は過去2年分のデータと今年度の揚水実験データを用いた。ただし、今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。

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、 $n = \frac{\pi r^2}{4k}$ 。

ただし、 $n = \frac{\pi r^2}{4k}$ において、 $t \rightarrow \infty$ にすると、

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

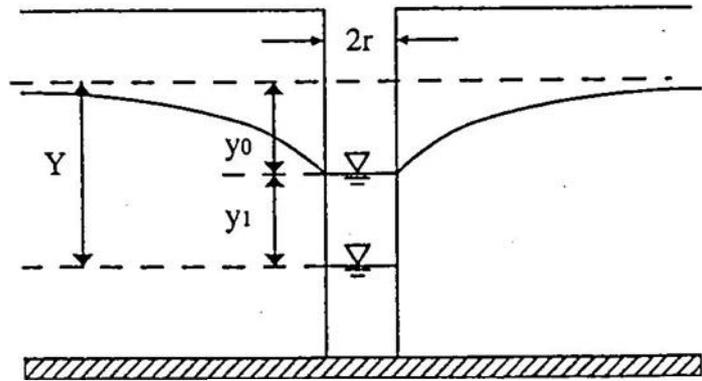


Fig. 1 水位低下式

(3) 浅井戸における水位回復式

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

$k = \frac{\pi r^2}{4t^*} \log_e \frac{y_1}{y_2} \dots$ もしくは $k = \frac{2.3\pi r^2}{4t^*} \log_{10} \frac{y_1}{y_2} \dots$

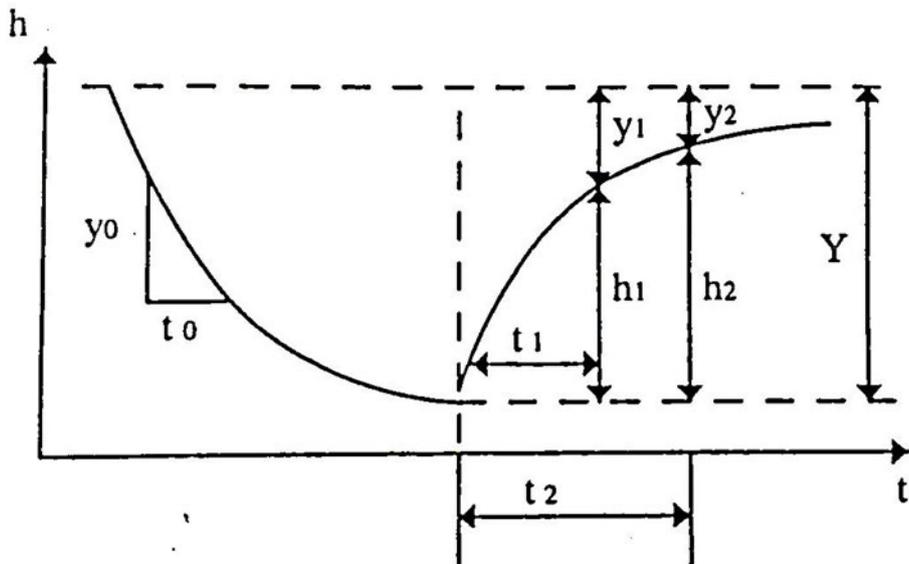


Fig. 2 水位回復式

これらによって浸透係数 K は決定できる。

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 2016年度

観測は、6月3日、6月10日、11月1日に行われた。

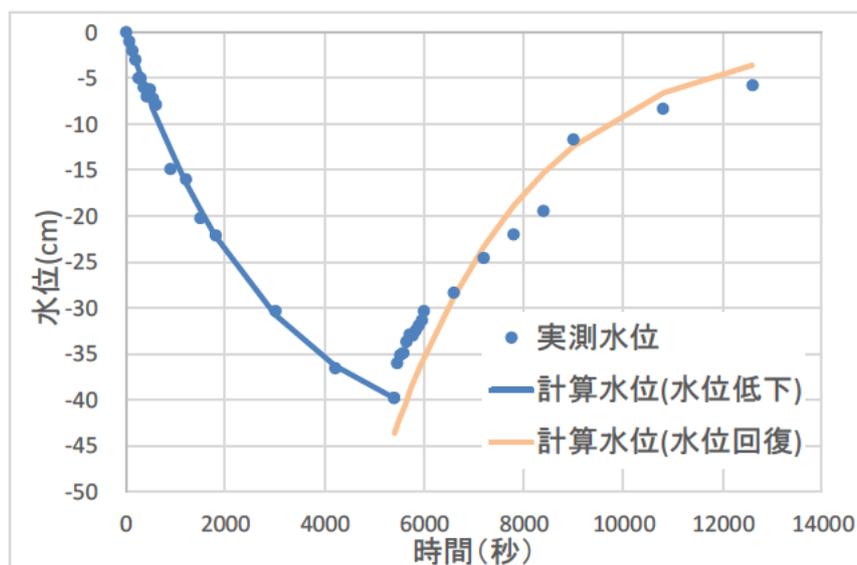


Fig. 3 2016年6月3日の観測

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)

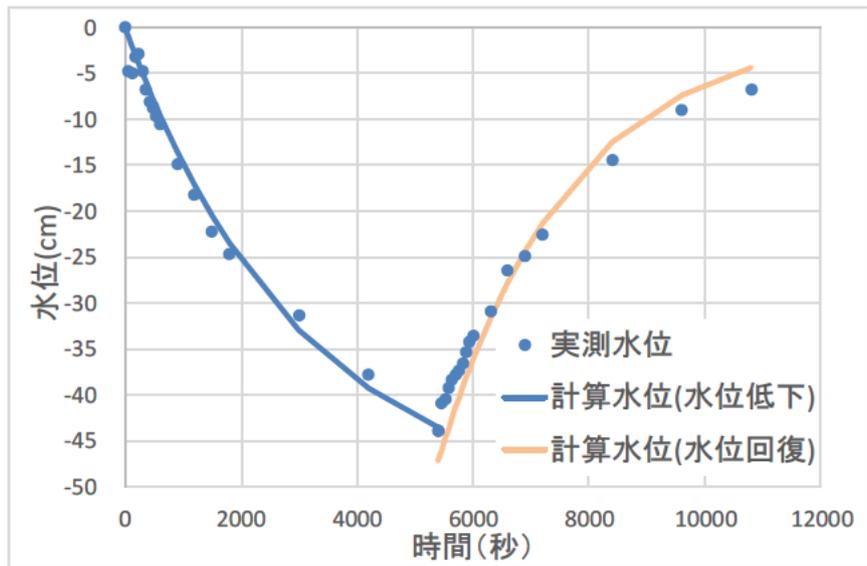


Fig. 4 2016年6月10日の観測

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)

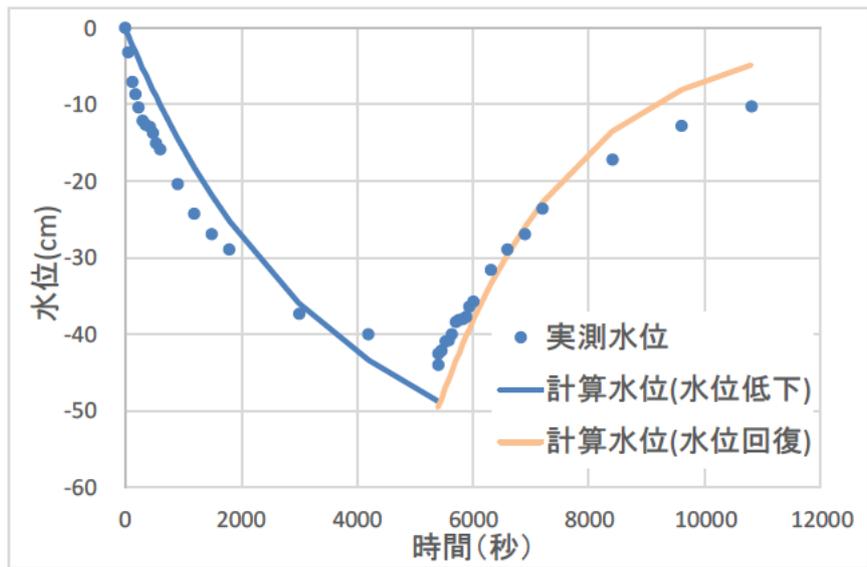


Fig. 5 2016年11月11日の観測

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. 2 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。

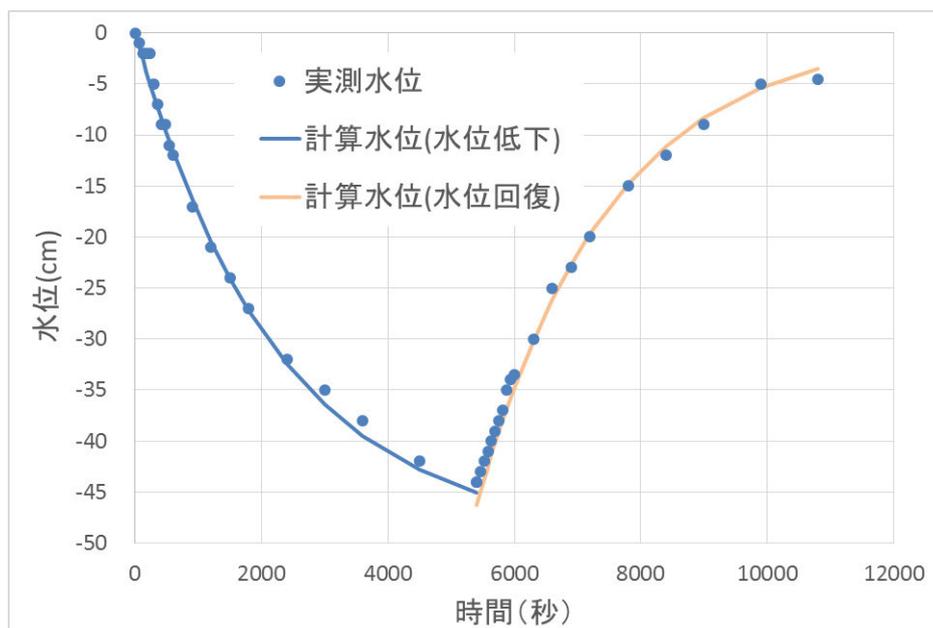


Fig. 6 2014年5月16日の観測

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)

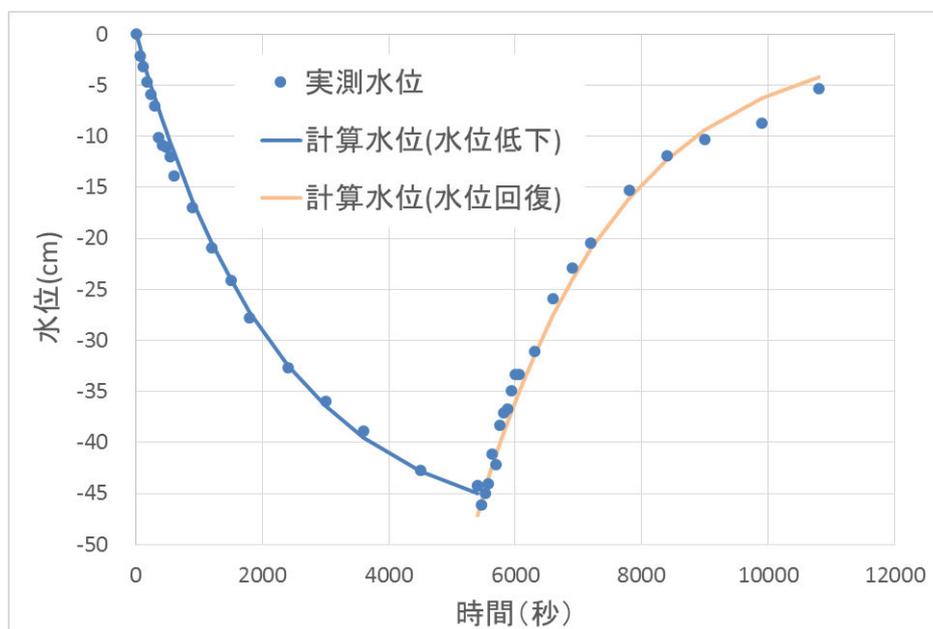


Fig. 7 2014年5月23日の観測

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)

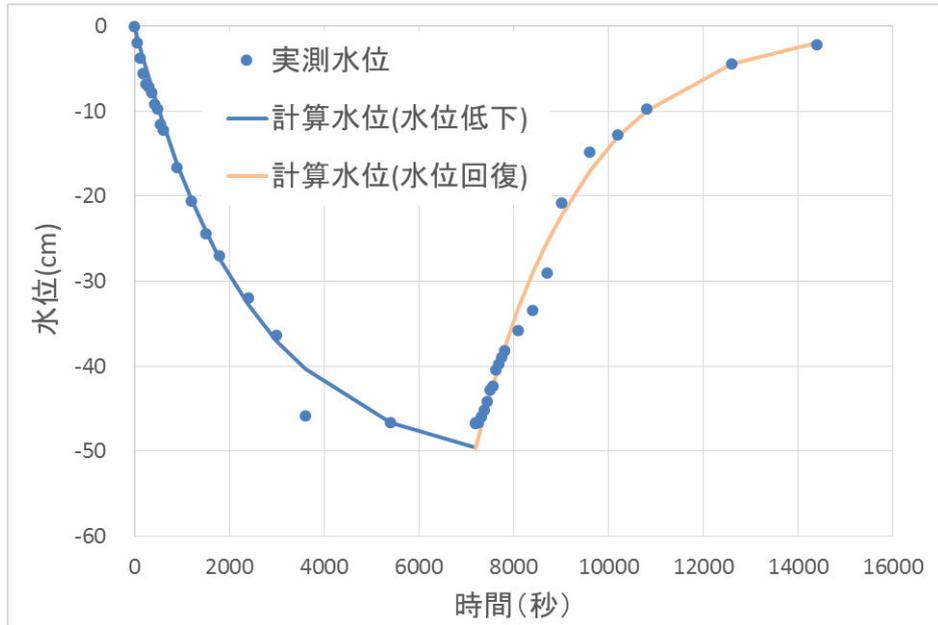


Fig. 8 2014年10月21日の観測

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)

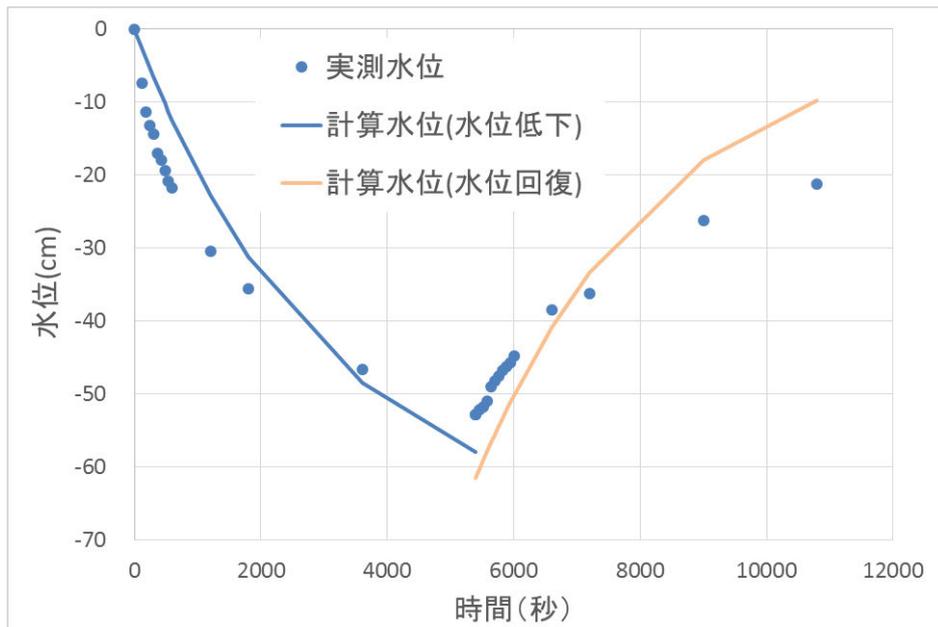


Fig. 9 2014年10月28日の観測

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. 3 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。

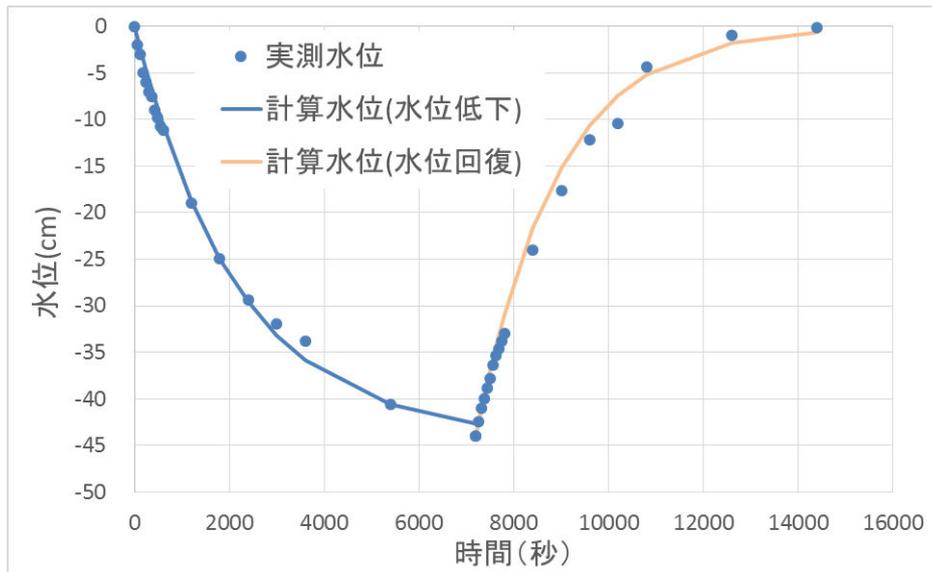


Fig. 10 2015年5月22日の観測

水位低下時の透水係数 : 0.0181 (cm/s)

水位回復時の透水係数 : 0.0233 (cm/s)

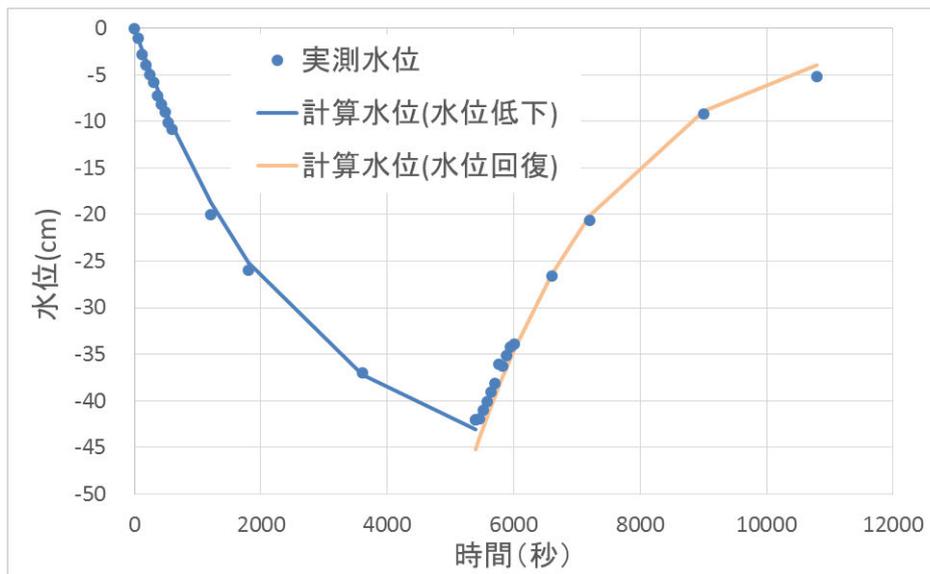


Fig. 11 2015年5月29日の観測

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)

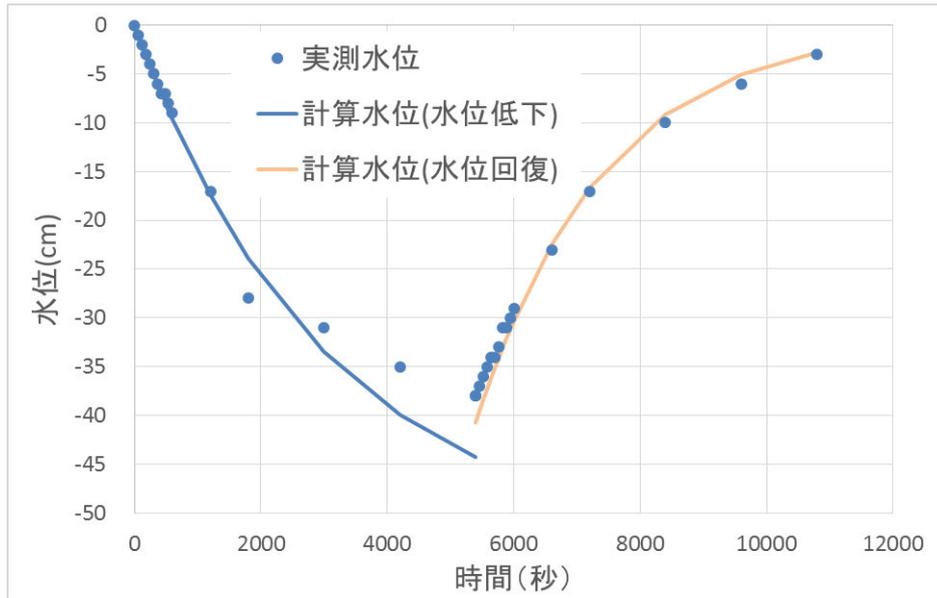


Fig. 12 2015年11月10日の観測

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)

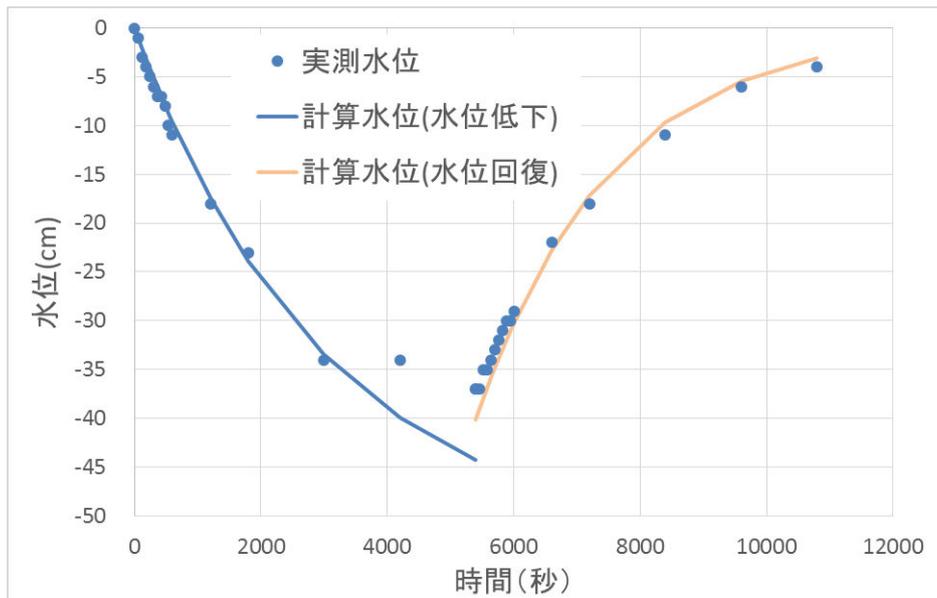


Fig. 13 2015年11月24日の観測

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

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 年のデータを Fig. 14 に示す。

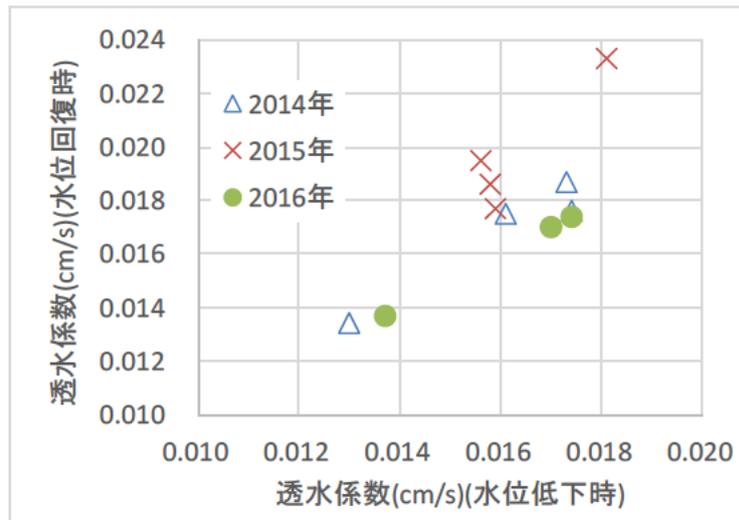


Fig. 24 被覆状態の変化による透水係数の変化

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年と比べて水位回復時の透水係数が低下している。

6. まとめ

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った浅井戸の揚水実験から透水係数を求めた。昨年度までの観測から求めた透水係数と比較すると、井戸の周辺が芝生や植木で被覆されていた2014,2015年と比べて水位回復時の透水係数が低下していることが分かった。これは土壤の構造が変化したのではなく、表面がコンクリートで覆われたことにより地下への浸透量が減少し、水位回復時に必要な周辺の土壤から流れ込む水量が減少したためと推測される。

今年度は後期日程で1回しか観測できなかったこともあり、以上の推測を結論付けるにはデータが不足している。次年度も引き続き同様の観測を続け、コンクリートで被覆されたことが地下水にどの程度影響を与えるのかを検証したい。