

三重県地盤沈下調査研究会
平成24年度調査研究報告書

2013年2月

北勢地方の自噴井

平成 25 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、一昨年度までに 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と考えている。

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 は一昨年度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。

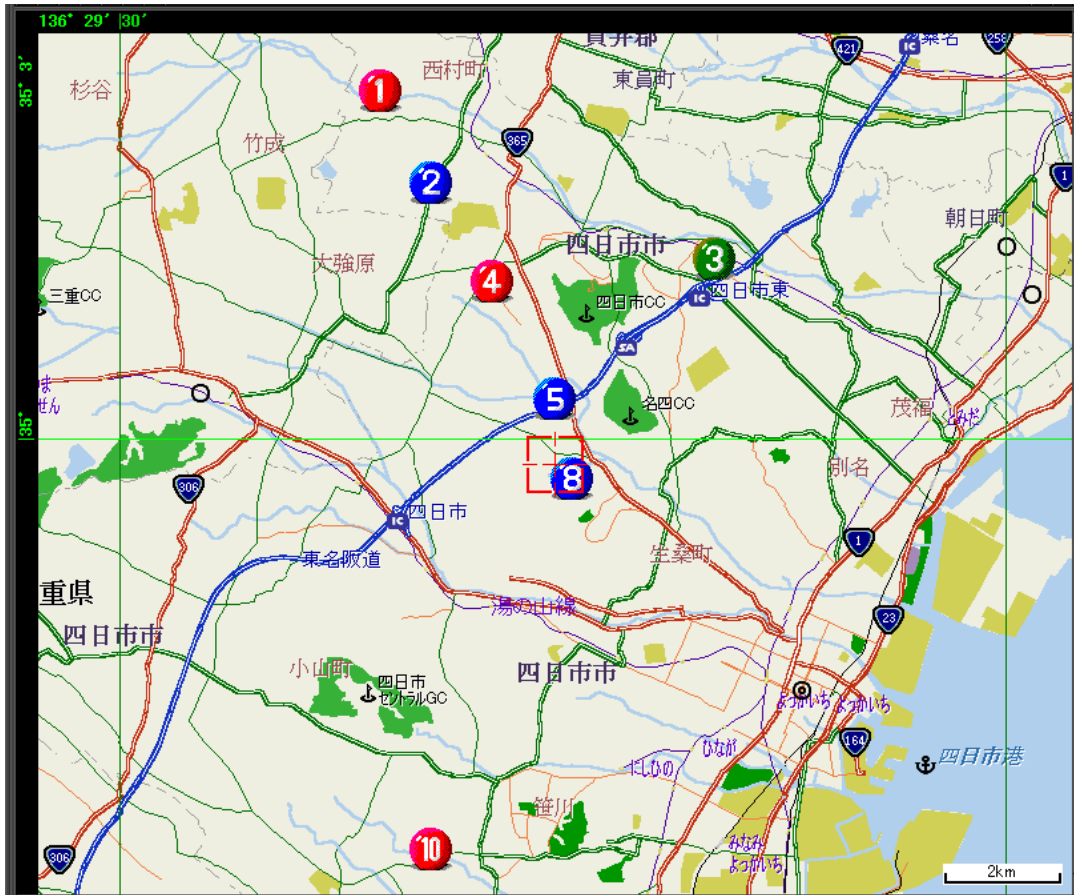


图 1 測定自噴井位置

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 2013 年 1 月までの自噴量の変化を示す。

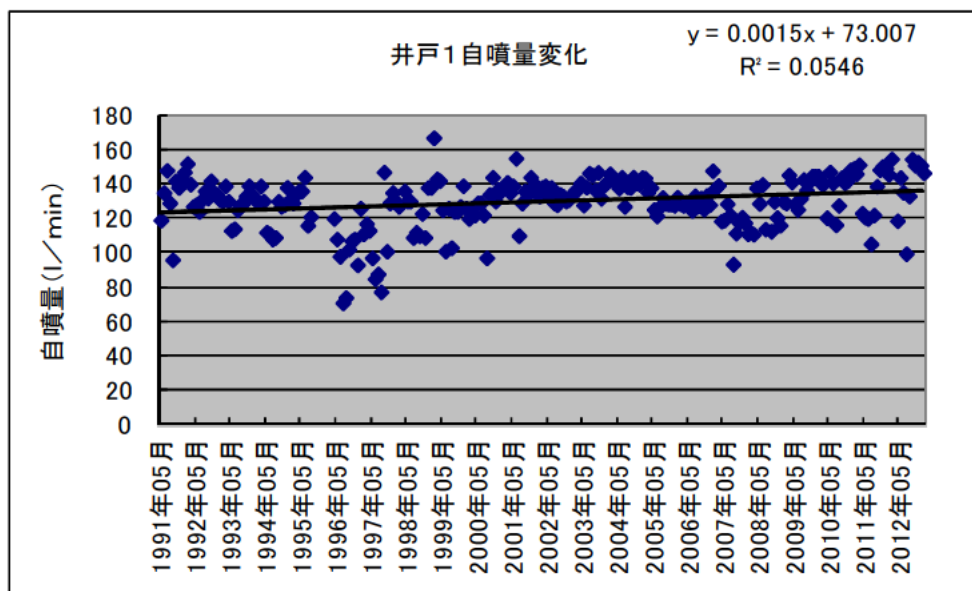


図 2-1 自噴井 1 の自噴量変化

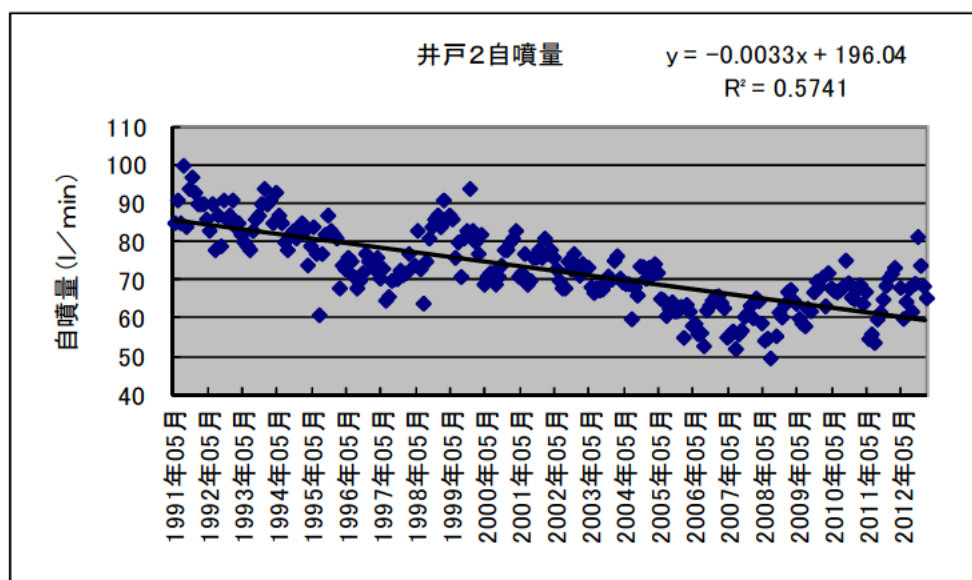


図 2-2 自噴井 2 の自噴量変化

一作年度計測出来なくなった。

図 2-3 自噴井 3 の自噴量変化

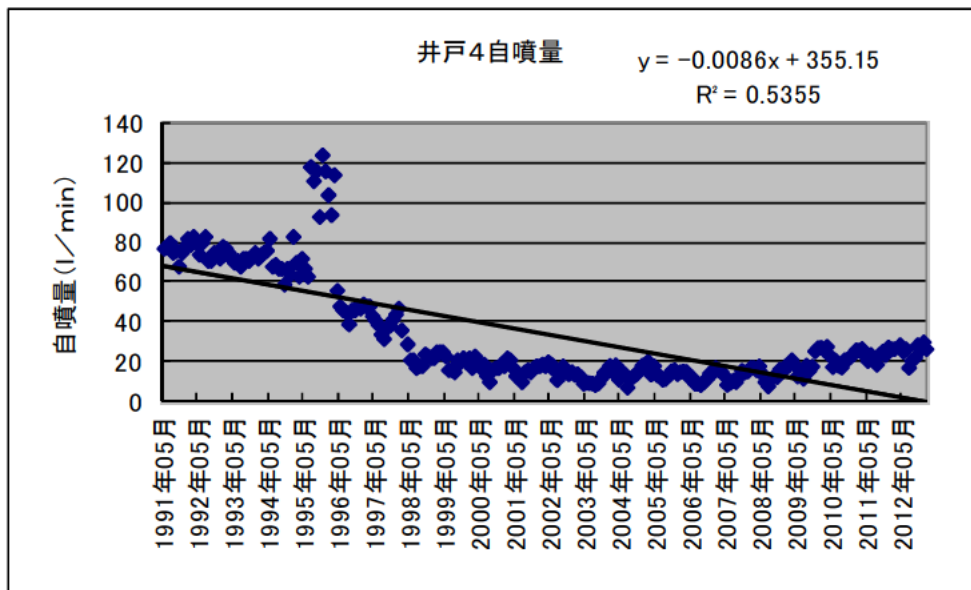


図 2-4 自噴井 4 の自噴量変化

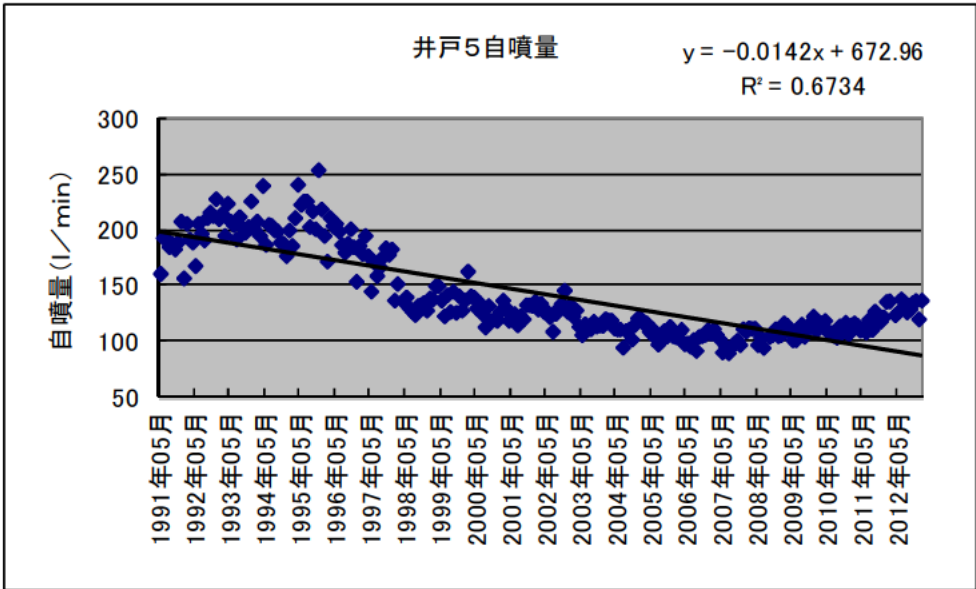


図 2-5 自噴井 5 の自噴量変化

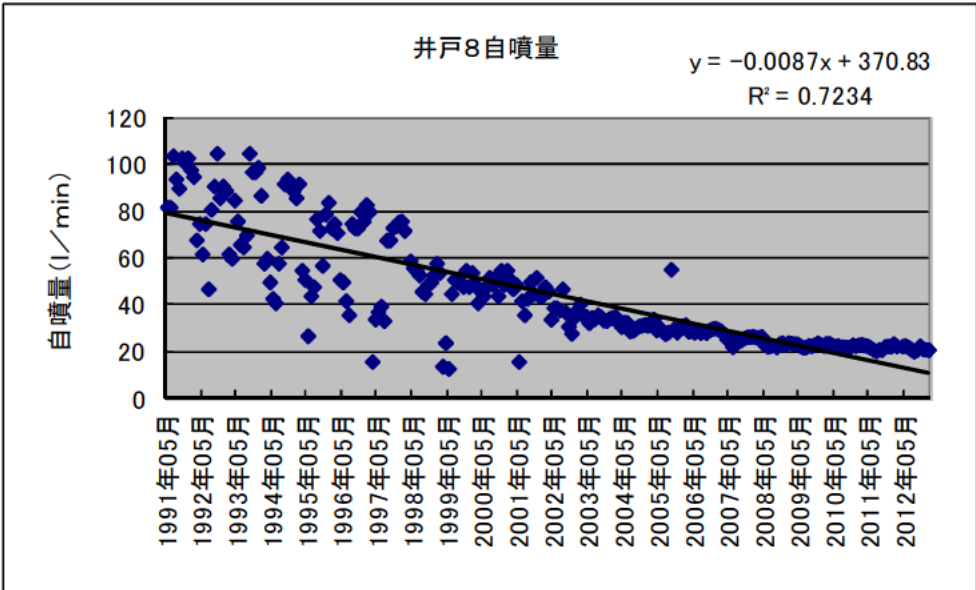


図 2-6 自噴井 8 の自噴量変化

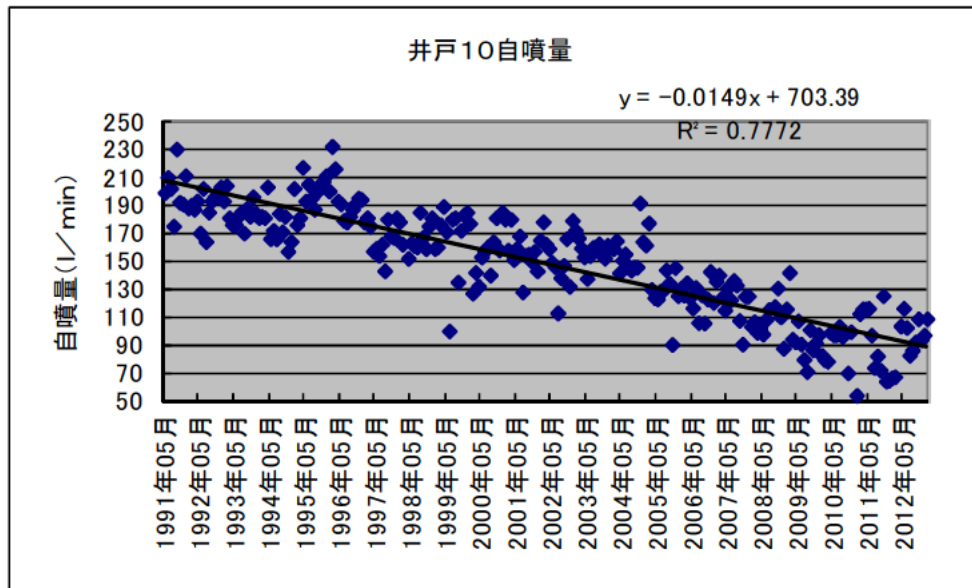


図 2-7 自噴井 10 の自噴量変化

これらの図から、井戸 1 を除いて、いずれの井戸の自噴量も 20 年単位で見ると減少傾向を示しているが、最近の 10 単位で見ると、逆に、井戸 10 を除いて増加傾向にあることが分かる。全ての井戸の自噴量を同じグラフに示した図 2-8 を示す。

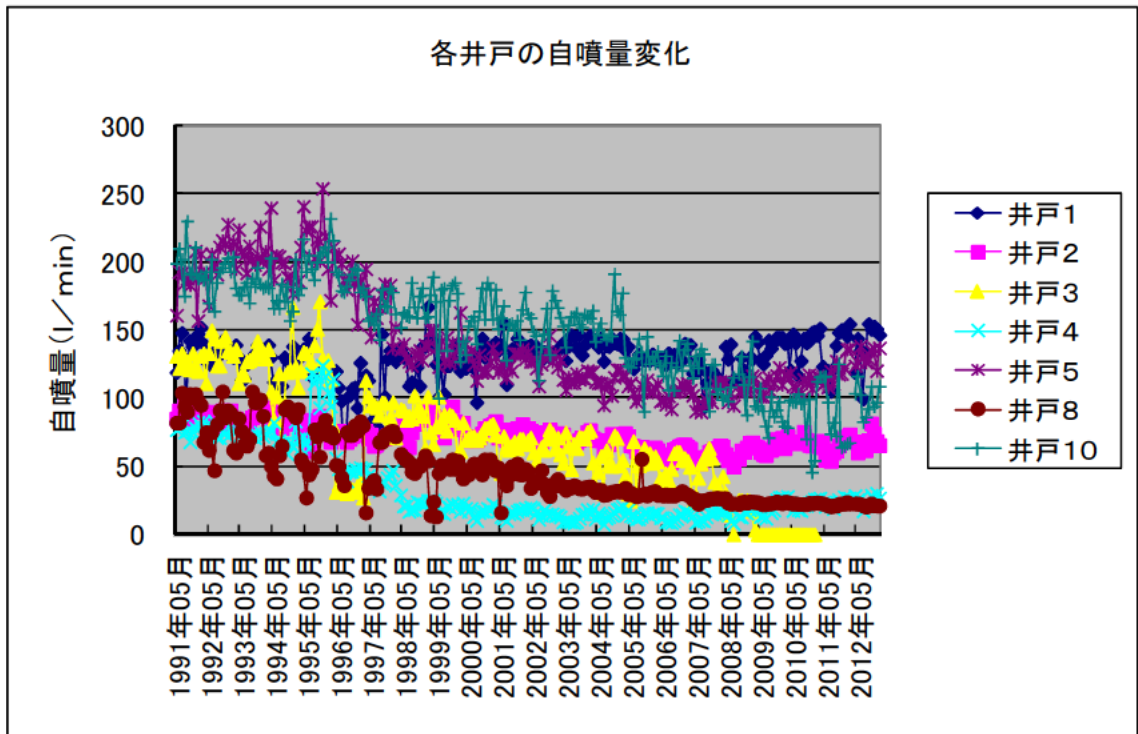


図 2-8 各井戸の自噴量変化

この図から見ても分かるように、自噴量の長期的な減少傾向は深刻であるが、多くの井戸で減少傾向が止まり、安定から増加傾向に転じている。地下水資源の保護という意味では、これは好ましい傾向である。この原因としては、地下水涵養限の増加、地下水利用量の減少等が考えられる。その他の計測値から、その原因を探る。

そこで、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示し、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 年度からしか行われていない。

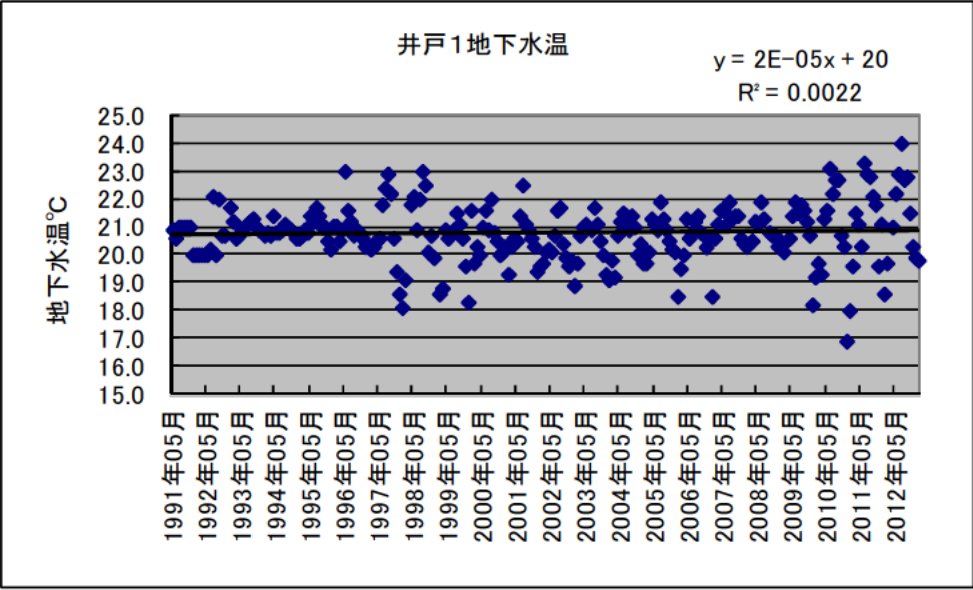


図 2-9 自噴井 1 の地下水温

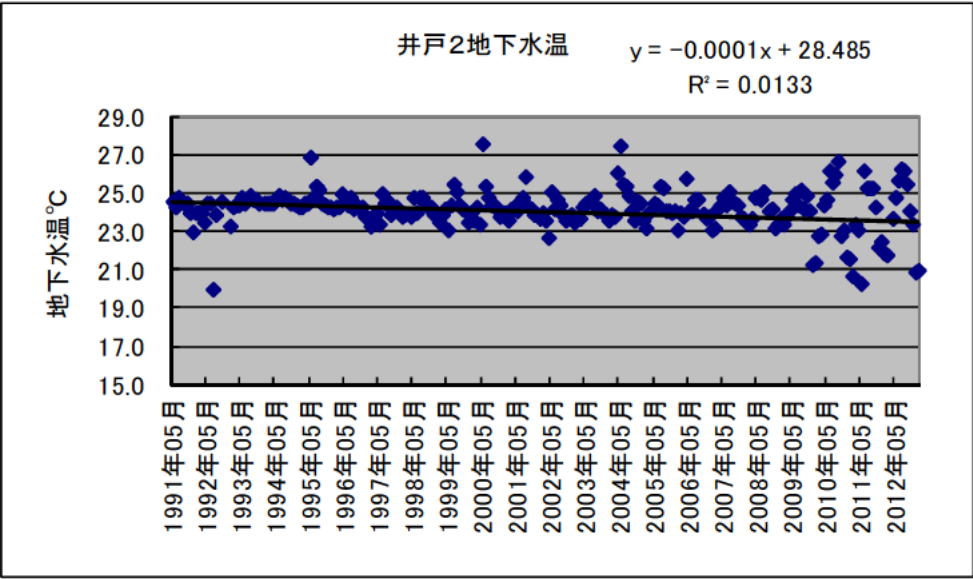


図 2-10 自噴井 2 の地下水温

一作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

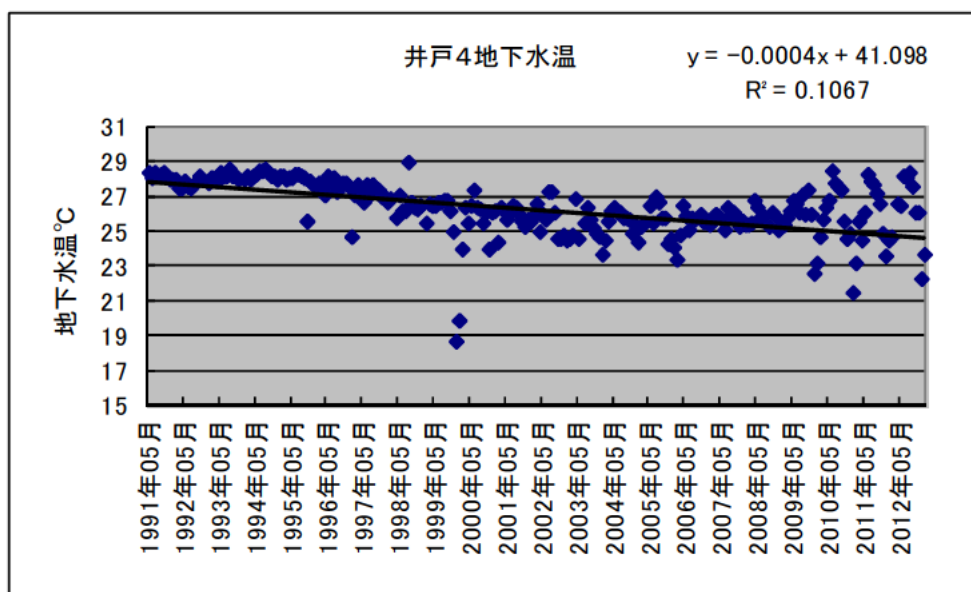


図 2-12 自噴井 4 の地下水温

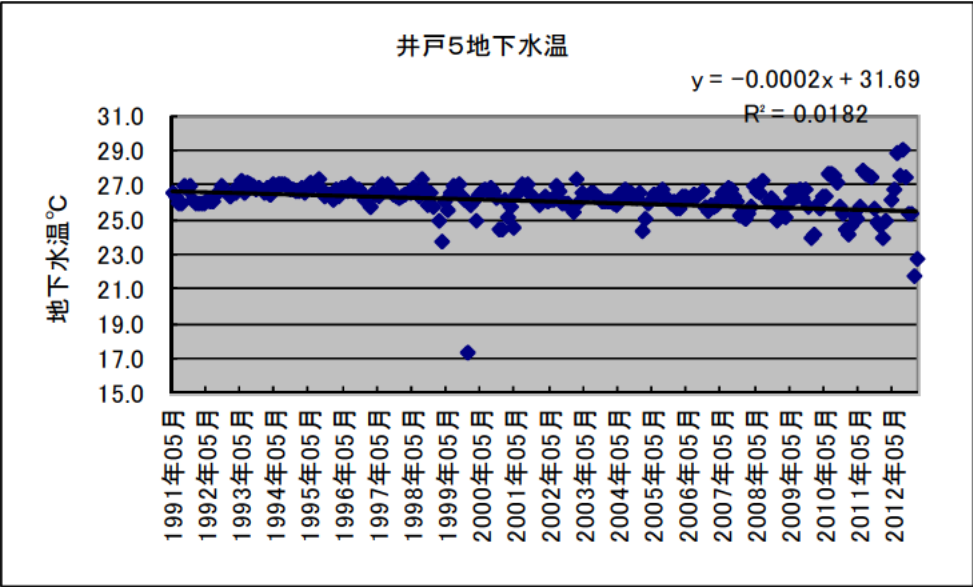


図 2-13 自噴井 5 の地下水温

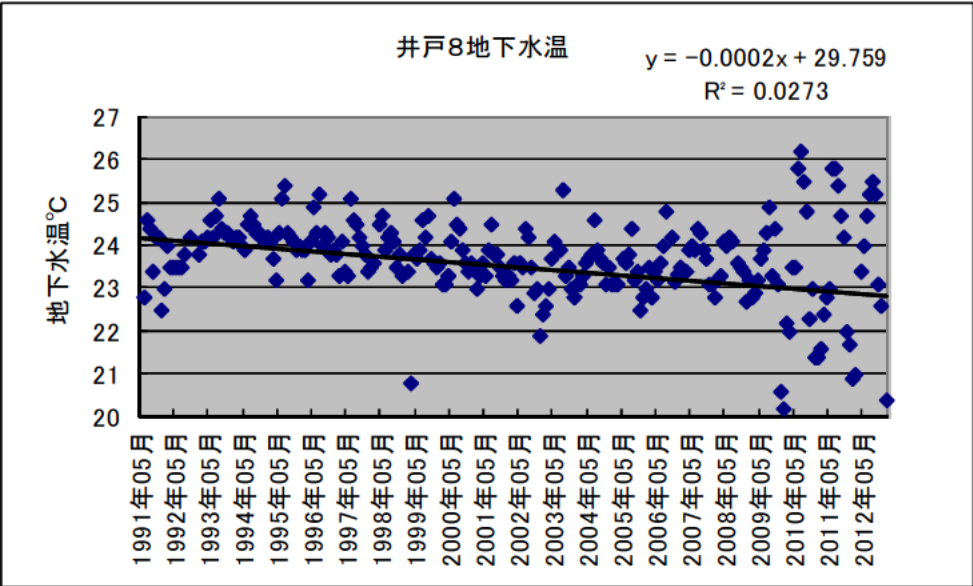


図 2-14 自噴井 8 の地下水温

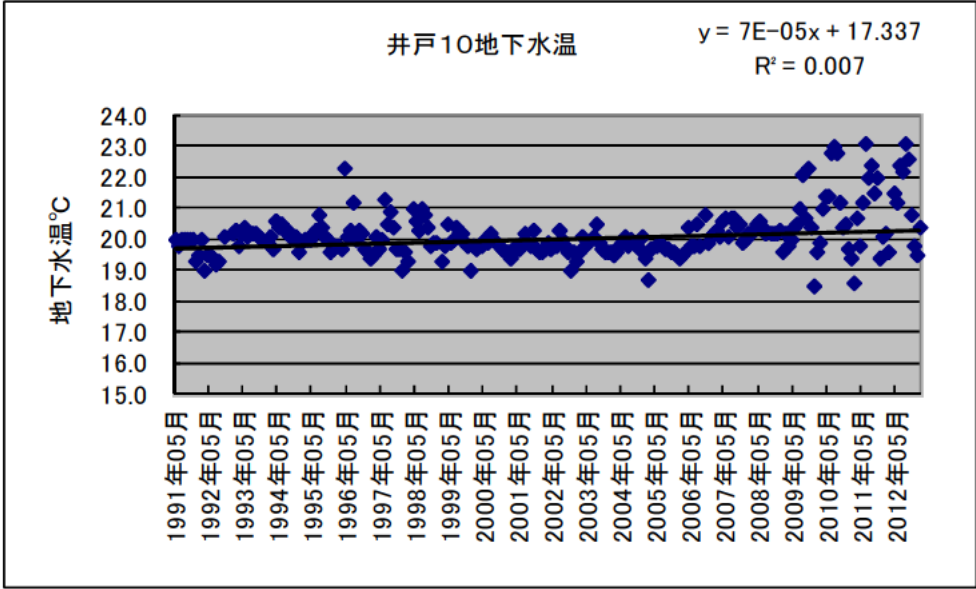


図 2-15 自噴井 10 の地下水温

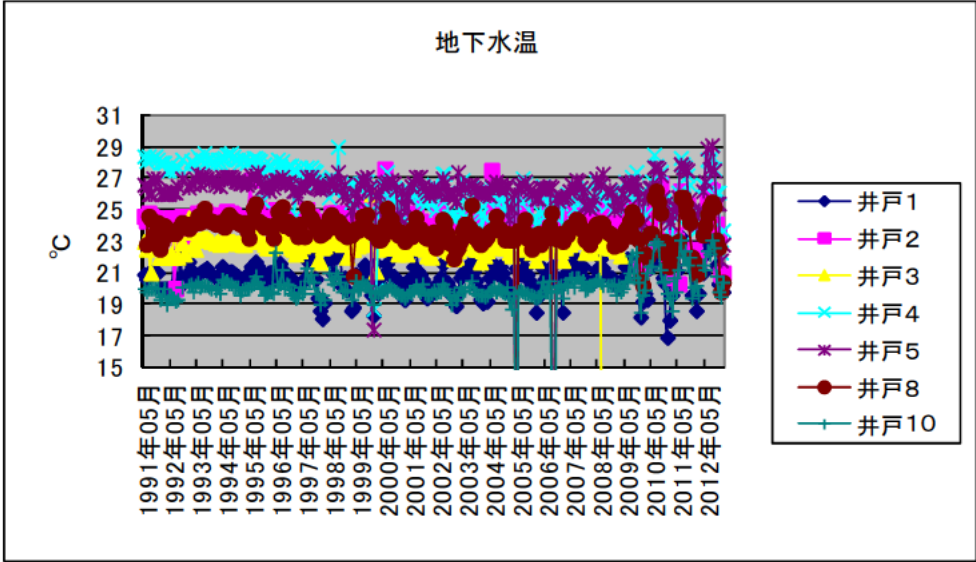


図 2-16 各井戸の地下水温変化

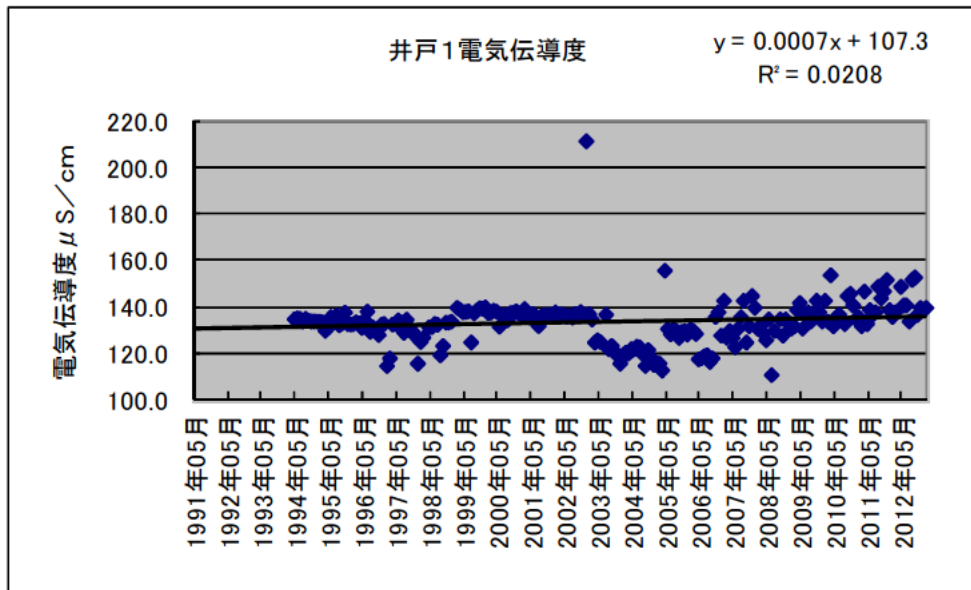


図 2-17 自噴井 1 の電気伝導度

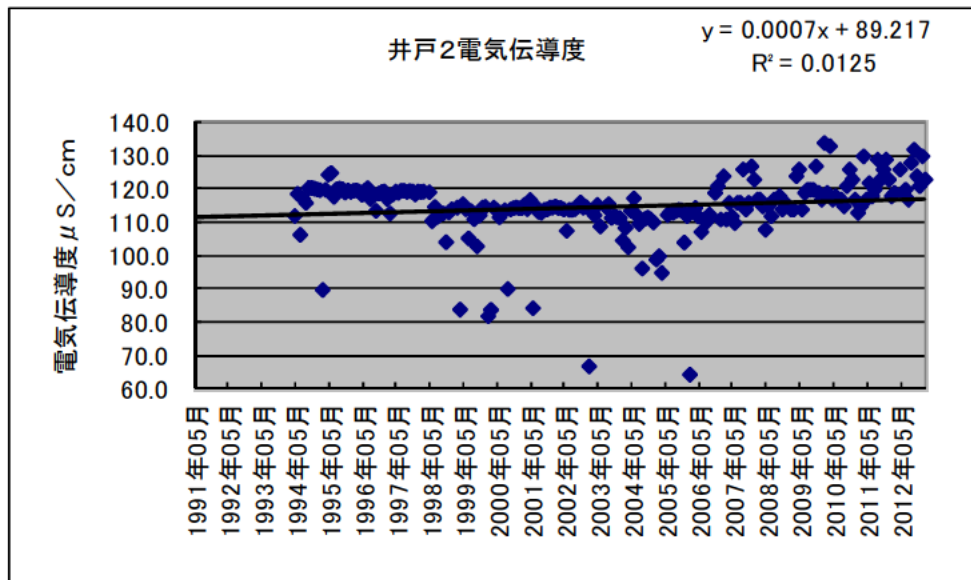


図 2-18 自噴井 2 の電気伝導度

一作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

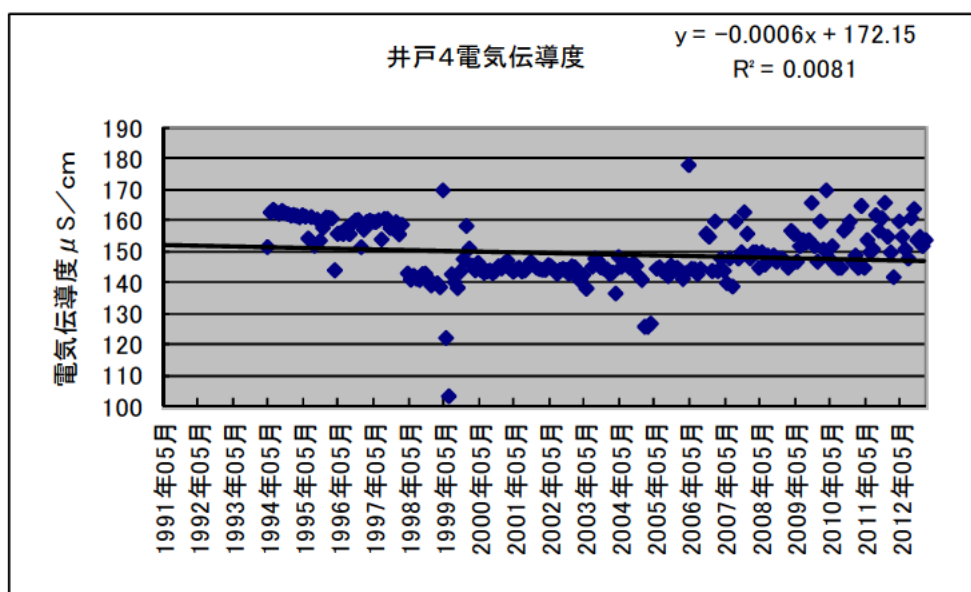


図 2-20 自噴井 4 の電気伝導度

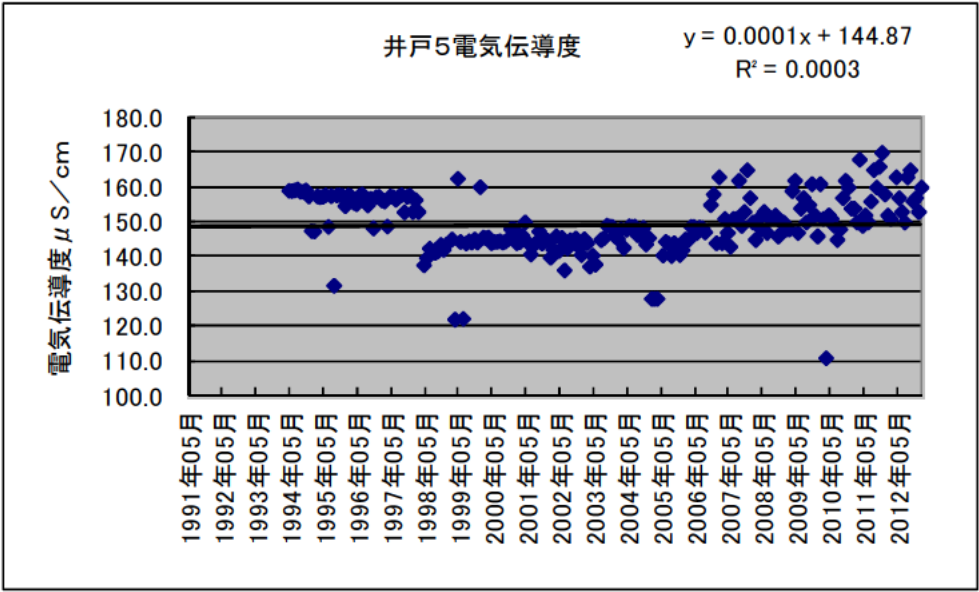


図 2-21 自噴井 5 の電気伝導度

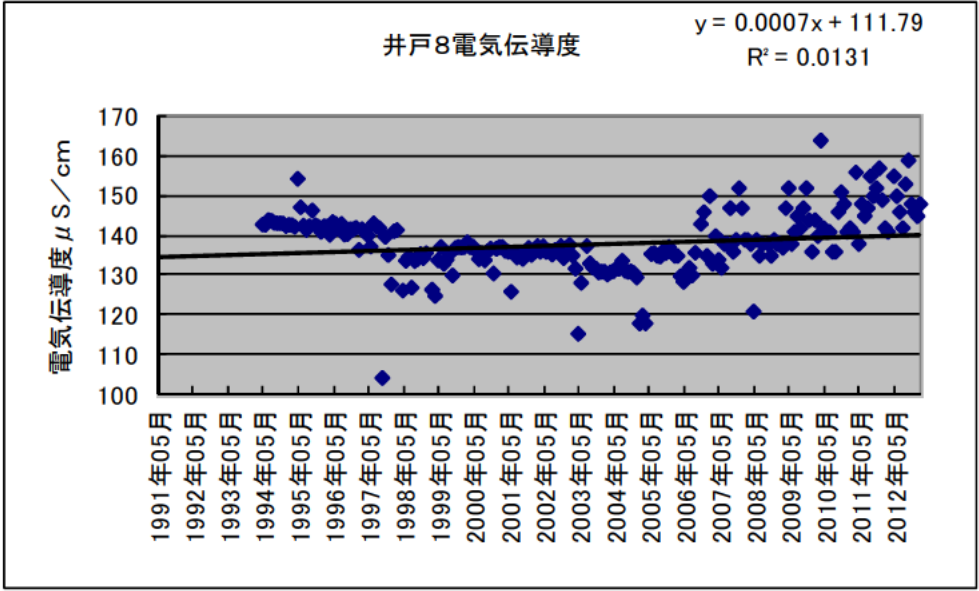


図 2-22 自噴井 8 の電気伝導度

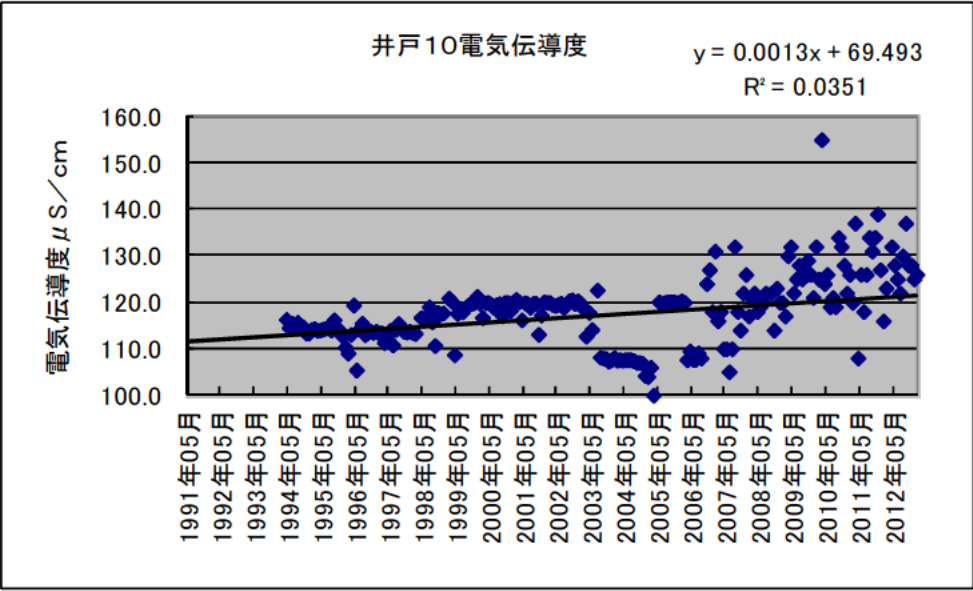


図 2-23 自噴井 10 の電気伝導度

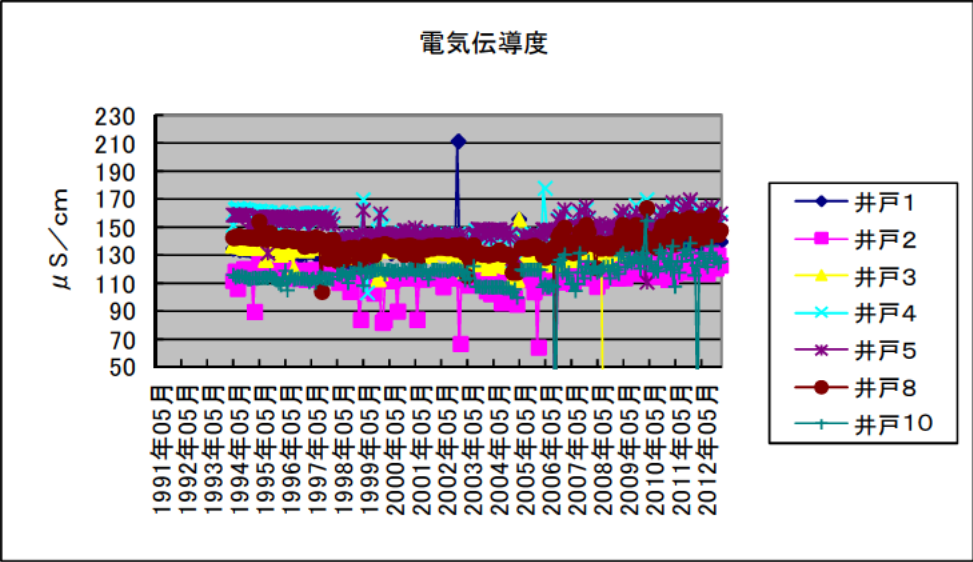


図 2-24 各井戸の電気伝導度変化

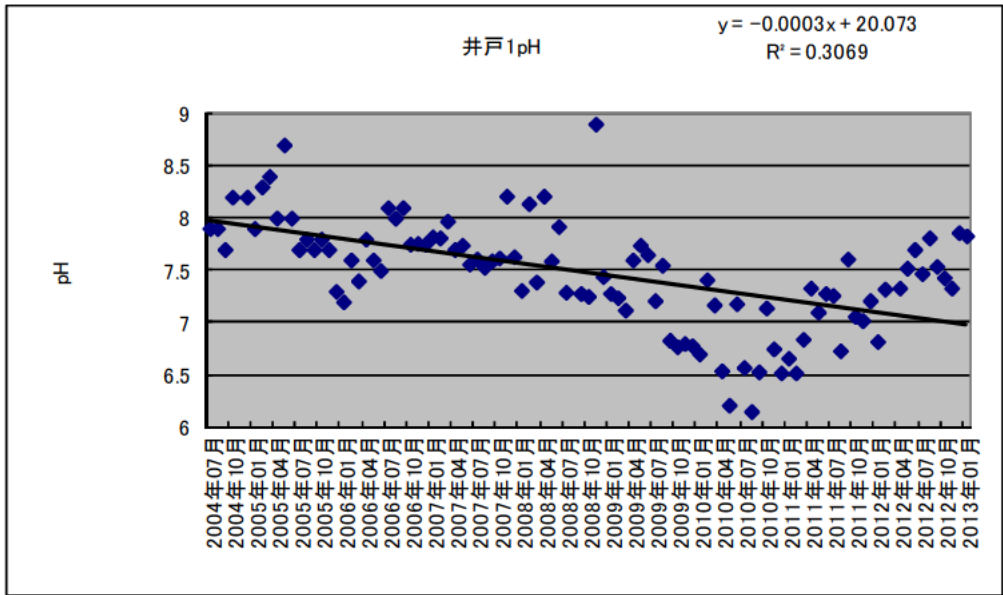


図 2-25 自噴井 1 の pH

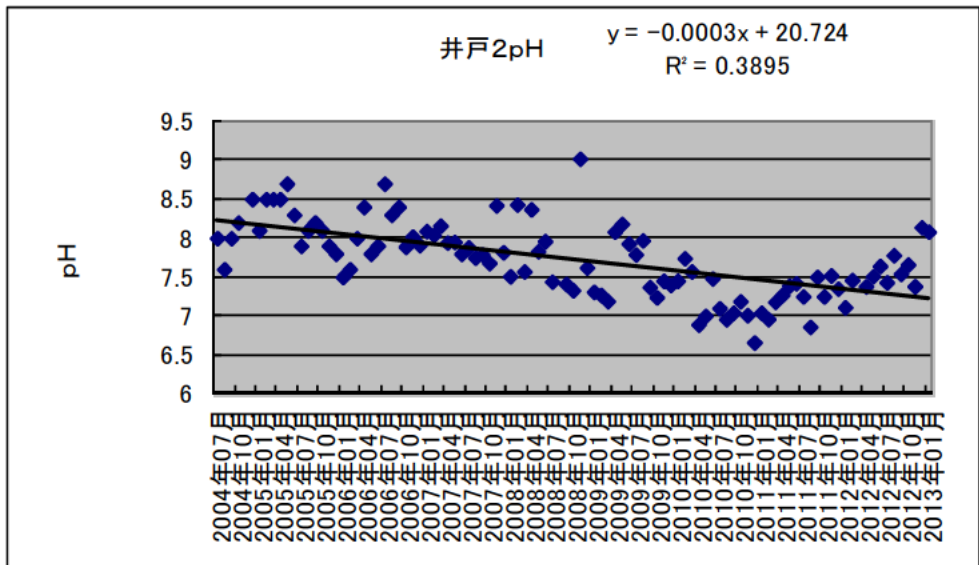


図 2-26 自噴井 2 の pH

一作年度から計測出来なくなった。

図 2-27 自噴井 3 の pH

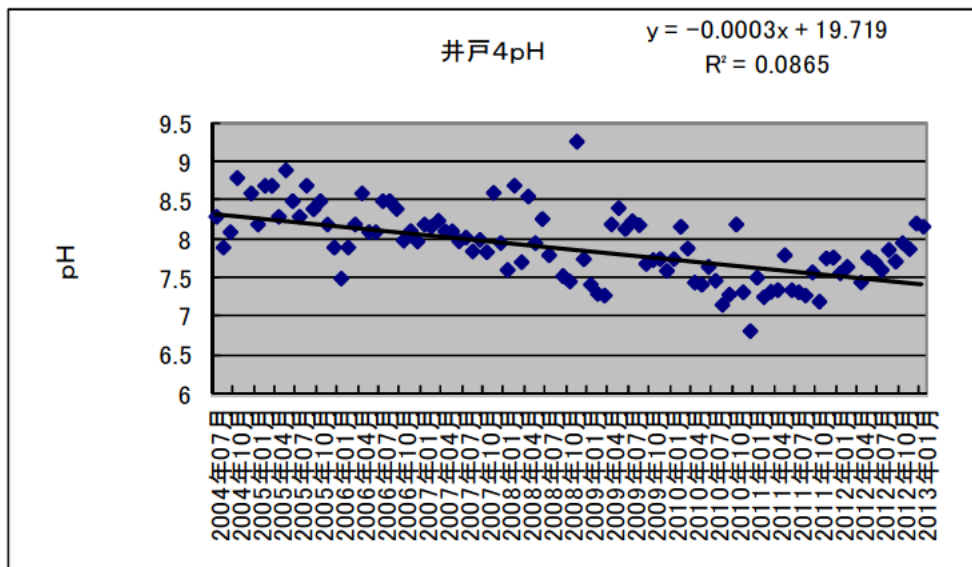


図 2-28 自噴井 4 の pH

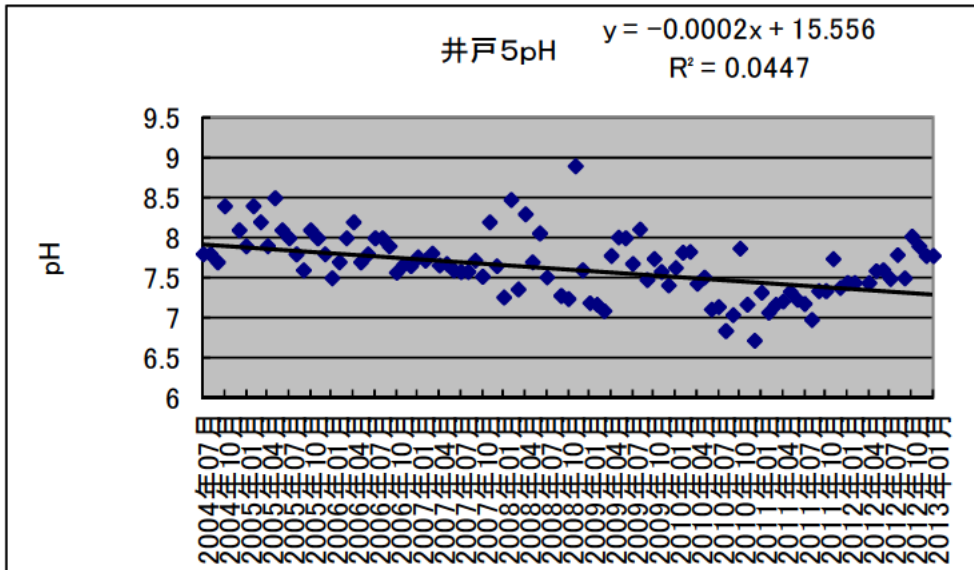


図 2-29 自噴井 5 の pH

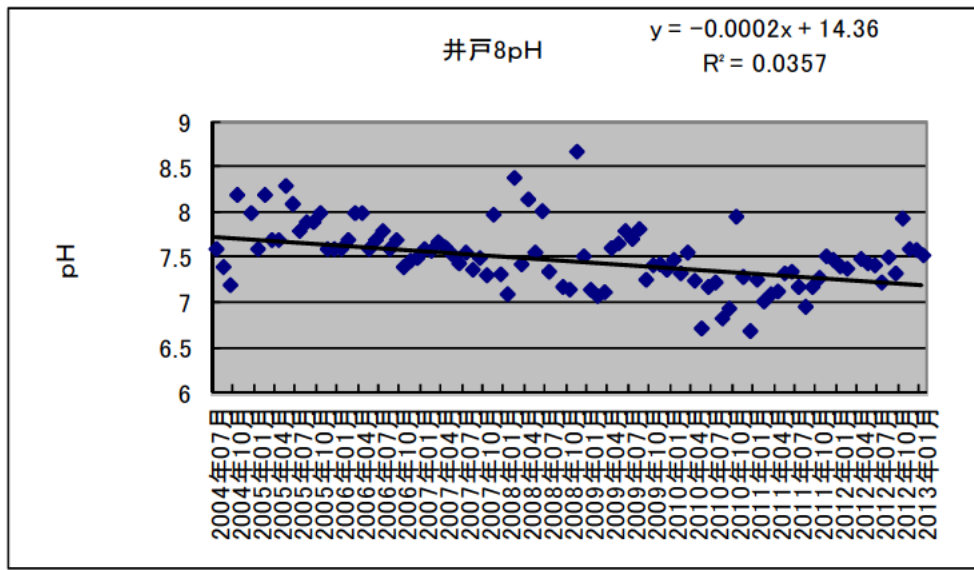


図 2-30 自噴井 8 の pH

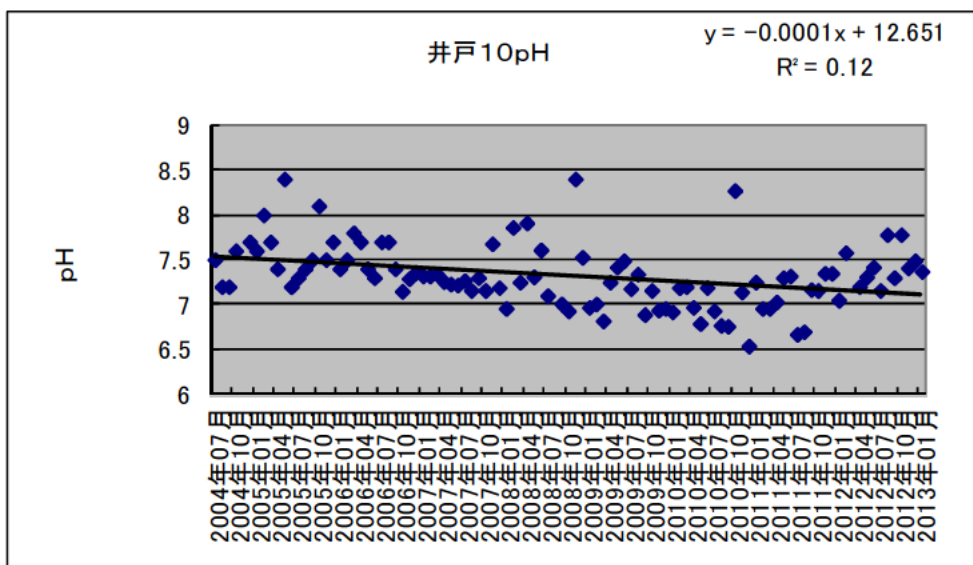


図 2-31 自噴井 10 の pH

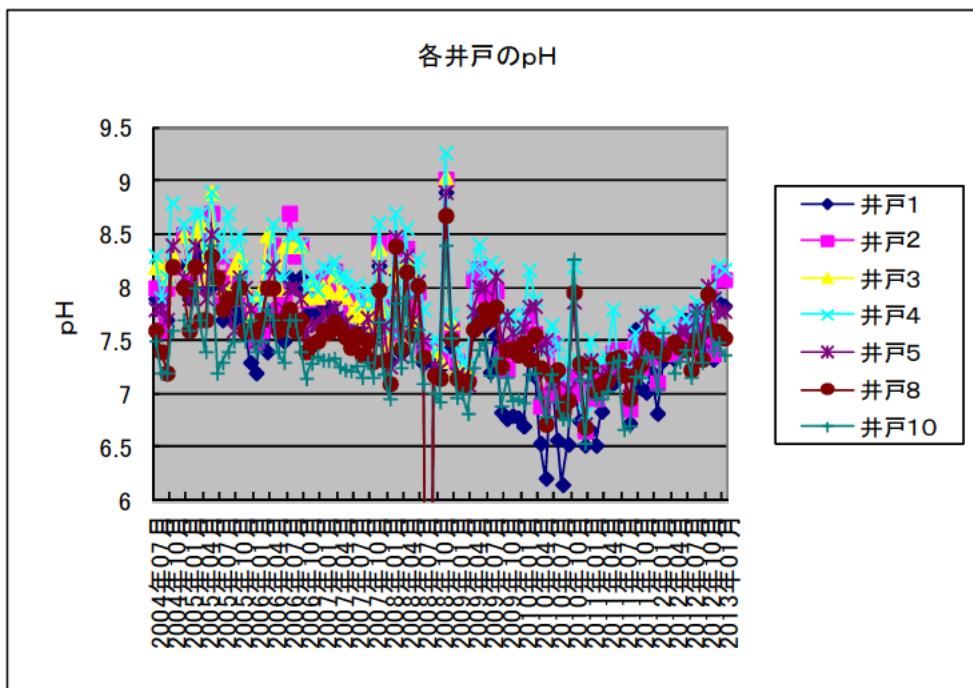


図 2-32 各井戸の pH 変化

地下水温に関しては、総ての井戸で長期的には概ね安定していることが分かる。むしろ上昇傾向が見受けられる。それよりも、年間を通しての水温のバラツキが大きくなってきていることが。このことから、各帯水層への地表水の影響が考えられる。

電気伝導度に関しては、安定傾向からやや増加傾向を示している。絶対値としては、非常に小さい値でもないし、非常に大きい値でもない。河川上流の清浄な水と比較すると、大きいのが、概ね清浄な河川下流の水と同程度であり、水道水よりもやや小さい。地盤に含まれるミネラル分が地下水に涌出した結果電気伝導度が高いのか、地下水が汚染されているのか判断が困難である。

pHは、数年前まで減少傾向にあったのが、ここ数年は上昇傾向にある。これからも地盤に含まれるミネラル分が地下水に涌出した結果なのか、地下水が汚染されているのか判断が困難である。

まとめ

継続して観測している自噴井の観察状況を叙述した。序でも述べたように、健全な水循環システムを構築するためには、これらのメカニズムの解明が必要である。近年自噴量の減少が落ち着いてきたにもかかわらず、水質の変化が観測されている。水質の季節変動などをもっと詳細に検討すると、北勢地方の水循環のメカニズムが解明出来る可能性がある。このメカニズム解明のためにも、地盤環境変化の監視のためにも、これらの調査の継続が必要である。

報告：数値計算による三重大学構内の津波浸水予測

三重大学

大学院生物資源学研究科 共生環境学専攻

自然システム学講座

葛葉泰久・田野上紬

要旨

本研究では、(株)環境シミュレーション社製の WindPerfectDX (3次元熱流体解析ソフトウェア) を用いて三重大学附属病院を含む、三重大学構内の津波浸水被害予測と学内避難場所の安全性を検証し、被害削減を目的として行った。まず、GoogleSketchUp8 を利用して三重大学全域の地形を作成し、地形上に三重大学と附属病院のモデルを立てていった。作成したモデルを WindPerfectDX に取り込み、三重大学に隣接する町屋海岸の地形作成を行った。初期条件として、フルード数は 0.8、格子間隔は最小のもので 3m×3m×1m、津波の高さは 7m、解析領域の境界は流れ場とし解析を行った。その結果、4m の堤防は波が海岸付近に到達し、36 秒後に越えられ、初め工学部に 48 秒で到達し、88 秒で三翠ホール、人文学部棟に到達した。その後工学部棟を超えた波が 108 秒で附属病院に到達し、またメインストリートを超えた波が 166 秒で到達した。最終的に 240 秒後は工学部棟、三翠ホール、人文学部棟は 4 階でも人的被害が出る危険性があると考えられ、附属病院には 3 階付近まで波が押し寄せた事から 2 階以下に被害が出る危険性があると考えられる。生物資源棟には 10m 程の波が来たことから 4 階でも安全性は確保出来ると考えられる。

ただし、このシミュレーションは、新しいソフトウェアを導入後、地盤の低い地域での津波浸水被害を計算できるか否かを試験的に検討したもので、現在のところは、設定条件等が現実的ではないため、結果に信頼性はない。今後、信頼できる結果を得るために、設定条件の見直し等を行う予定である。

1. 解析対象エリア

研究対象となる区域は三重大学医学部附属病院を含む三重大学全域(上浜キャンパス)である。三重大学は「sea side キャンパス」と言われており、伊勢湾の町屋海岸に面している。敷地面積が約 526,000m² で工学部、生物資源学部、医学部、生物資源学部、教育学部と 5 つの学部が集中している総合大学である。

2. 解析に用いた計算ソフト

2.1. Google SketchUp

米 Google Inc.が開発・提供しているパソコン用の三次元モデリング・ソフトウェアである。元々は米@Last Software 社が開発と販売を行なっていたが Google が買収し 2007 年に日本でフリーソフトとして公開された。主として水平・垂直線で構成される建築設計などにおいて、プッシュ/プルツールにより感覚的な 3D モデリングを容易に出来るが、数値による正確なモデリングを可能とする。また、モデルの種類はサーフェスモデルのポリゴンモデルであるが、レンダリングにより擬似局面のモデリングも可能である。SketchUp では機能の追加などのためにプラグインを開発できるようになっており、STL 形式などで保存できるようになっている。開発にはスクリプト言語の Ruby を用いられている。

2.2. WindPerfectDX/ e-flowDX

WindPerfectDX は日本で初めて BIM (Building Information Modeling) に特化して開発された 3 次元熱流体解析ソフトウェアである。設計検討の際重要となる風環境・外部熱環境(ヒートアイランド)・風荷重・空調・換気などの各解析機能を備えており、さらに 3 次元オブジェクト CAD システムとのデータ連携、多くの解析・可視化機能がある。

e-flowDX は、優れたマンマシン・インターフェースと多彩な機能を持つ構造格子系 3 次元熱流体解析の移動境界問題・自由表面問題シミュレーションを専門としたプログラムである。非構造格子では本質的に不可能であった移動境界問題の解析を容易に可能している。

3. 解析結果の概要

3.1 工学部棟の浸水被害結果

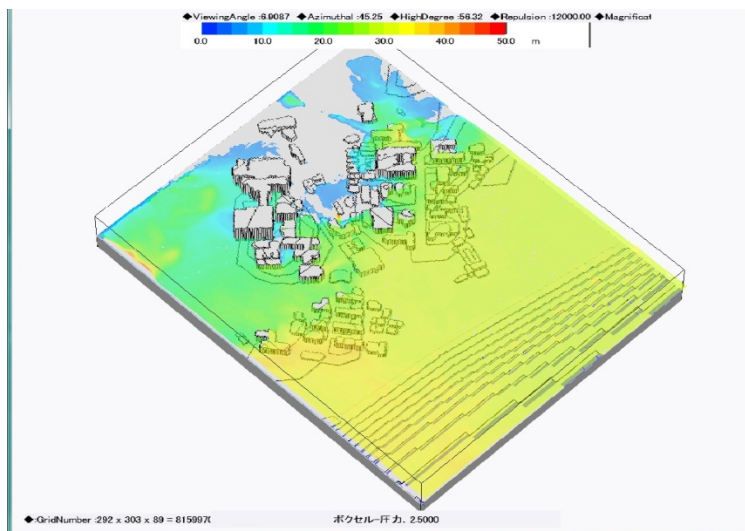


図 240 秒後の浸水被害

工学部棟は三重大学の中で最も早く津波の被害を受け、津波が押し寄せてから 60 秒程で直撃していることが確認できた。その後、波に飲み込まれ 240 秒後の状態としては 30m 程の波があることから、完全に水没しているのが上記の図からも確認できる。この事から工学部棟は屋上まで避難しても人的被害が多く出る危険性があると考えられる。

3.2 人文棟と三翠ホールへの浸水被害結果

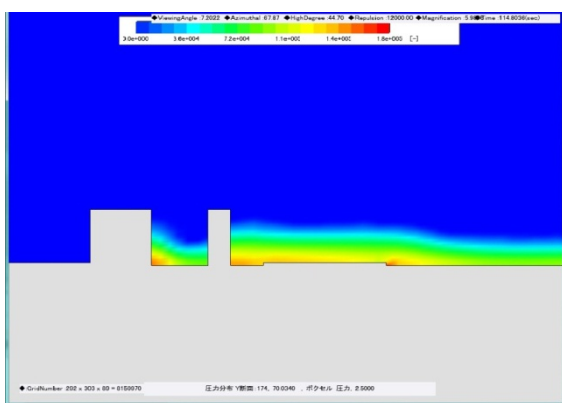


図 人文学部棟の圧力分布

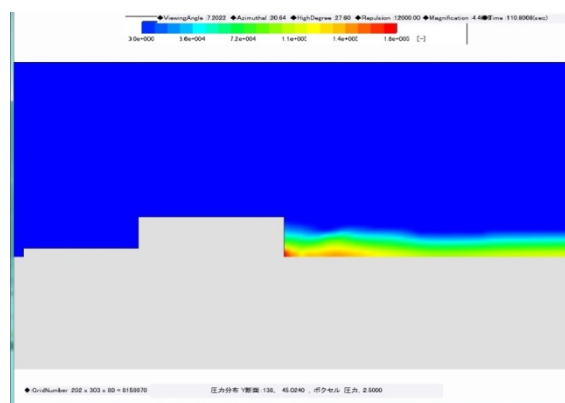


図 三翠ホールの圧力分布

工学部同様、240 秒後の状況としては三翠ホールと人文学部棟は水没していることが確認できる。これにより 2 つの建物も危険と考えられる。また三翠ホール、人文学部棟と海

岸の間に陸上競技場があり波を遮るものが存在しない。これにより、海岸林をなぎ倒し、運んだ流木などの漂流物を含んだ波が直接衝突する可能性があると考えられる。上記の図は波の衝突した直後であり $1.8 \times 10^5 \text{ N}$ の力がかかっている。しかし漂流物を含むと衝突したときの波力は大きくなる（松井 1990）。この事を踏まえて考えると人文学部棟と三翠ホールには、より大きな力が働くと考えられる。よって2つの建物は全壊や半壊の恐れがあり避難場所として、危険性が高いと考えられる。

3.3 三重大学附属病院の浸水被害結果

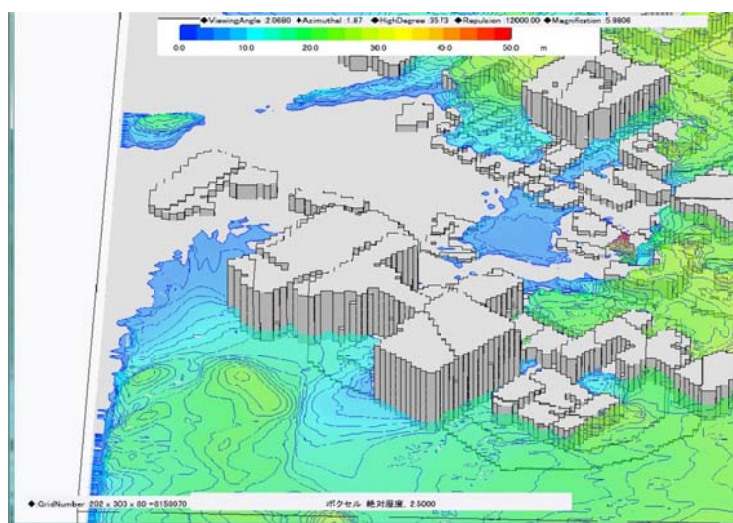


図 三重大学附属病院の浸水状況

附属病院には約 10m の浸水被害が出ているのが図から確認できる。しかし附属病院の周辺には建物が建っていない。今回は三重大学構内と附属病院のみのモデルなので周辺の建物を反映させていない。よって津波が周辺の建物に遮られることなく、附属病院に到達していることを考えると実際津波が押し寄せた場合、10m より低い高さになると考えられる。この事から附属病院は4階以上でも安全性は確保できると考えられる。

3.4 生物資源学部棟の浸水被害結果

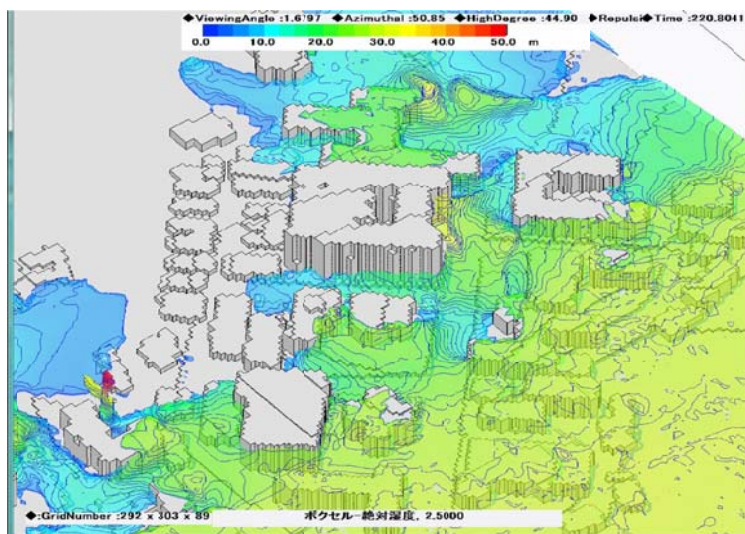


図 生物資源学部棟の浸水状況

正面には教育学部棟と「女共同参画推進室」の門を抜けた支が衝突し、高さが約30mになっている。しかし、正面には開口部があるより支は通り抜けることができる。よって押し寄せた場合そのまま衝突することはないので30mより小さいものになると考えられる。

生物資源棟と翠陵会館との通路を見ると約10mの波が来ていることが確認できる。このところから1.2階にある教室、機材に物的被害があるが、4階以上に避難することが出来れば安全性は確保でき被害を抑えることが出来ると考えられる。

4. 結論

避難場所によっては 4 階でも浸水被害の出る危険性のある場所と、危険性ない場所に分かれた。海岸に最も近い工学部棟は 4 階以上に避難しても、人的被害が出る可能性があることから、危険性が高いと考えられる。そして人文学部と三翠ホールは、波の影響から別の建物に避難したほうが安全を確保出来ると考えられる。生物資源学部、三重大学附属病院は、波の高さから 4 階以上に避難したとしても危険性は少ないと考えられる。しかし、3階付近まで浸水することから危険性を考えると5階以上まで避難したほうが安全といえる。また、附属病院と生物資源棟の 1-2 階には外来受付、1-2 年の受講する講義があることから迅速な必要であると考えられる。

地下水位の回復傾向と降水量の関係について

三重大学大学院生物資源学専攻

伊藤 良栄

1. はじめに

三重県では地盤沈下の長期的モニタリングの他に、県北部の 18 ヶ所で地下水位の観測を行っている。実測データからは地下水揚水の量的制限と関連して、各測点で地下水位が緩やかに回復している様子が見えてくる。

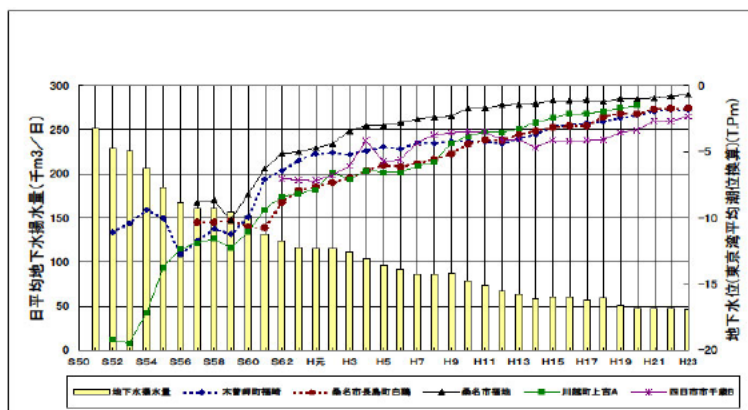


図 1 規制地域の揚水量と地下水位の変化（三重県 HP より引用）

しかし、上の図から地下水位の経年変化は一般的な地下水位回復曲線に近い形をしているが、個々の観測点について詳細に見てみると、地点により単純な回復傾向を示すものと増減を繰り返しながら全般的には回復傾向を示す地点があることがわかる。本報告では、後者の変動が地下水の主たる供給源である降水量の増減に起因するものなのかを評価した。

2. 使用したデータ

地下水位のデータは、平成 23 年三重県地盤沈下調査研究会報告書に記載されている三重県北勢地域の地盤沈下の状況のデータを用いた。測定箇所は、三重県が実施している 18 ヶ所の他に別機関が実施している 5 ヶ所を加えた 23 地点ある。

降水量は、気象庁が公開しているデータを用いた。県北部には桑名、北勢にアメダス地点があり、四日市に气象台・測候所が存在する。解析では、地下水位観測地点に最も近い雨量観測データとの相関を調べた。（ただし、桑名市多度町柚井のみ桑名と北勢の 2 か所のアメダスデータと比較した。）

3. 解析

降水量は、アメダス地点は観測が始まった 1976 年（昭和 51 年）から、四日市は年間の観測デ

ータが得られるようになった1967年（昭和42年）から2012年（平成24年）までの月別データから年間降水量を計算し、観測期間中の平均値からの偏差を求めた。

地下水位は、前年観測値との変位を求め、年間降水量の偏差との関係を調べた。地下水位変動の原因が降水量の増減に起因するのであれば、両者に正の相関が見られるはずである。いつの降水が地下水位の回復に寄与するかを調べるため、前年度および当年度の降水量と地下水位の関係について調べた。

4. 結果

以下に示すグラフは、いずれも横軸に平均年降水量との偏差を、縦軸に地下水位の前年観測値との変位を示す。

4. 1 旧木曽岬町

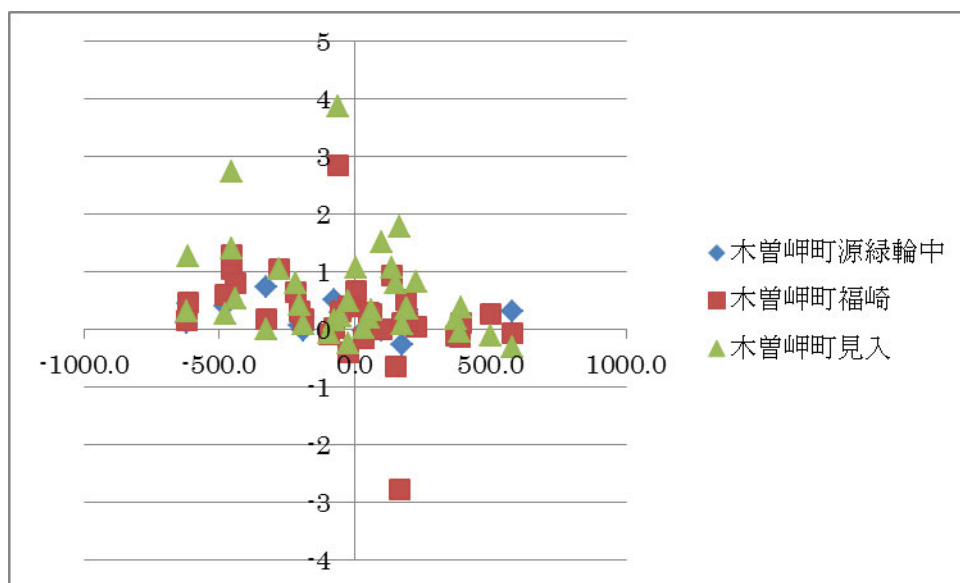


図2 旧木曽岬町（前年度降水量との比較）

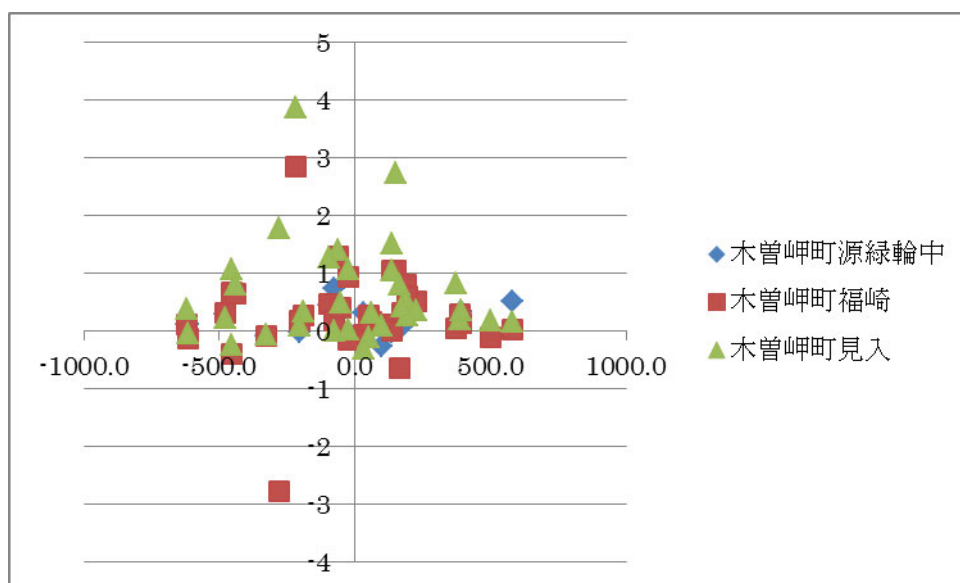


図3 旧木曽岬町（当年度降水量との比較）

図2および図3の各地下水位観測地点について、前年度との地下水位変位(y)と年間降水量の偏差(x)として、 $y = a * x + b$ と線形近似した際の結果を表1に示す。

表1 線形近似の結果

地点名	前年降水量			当年降水量		
	r ²	a	b	r ²	a	b
木曾岬町源緑輪中	0.0834	-0.0002	0.1892	0.0497	0.0002	0.2081
木曾岬町福崎	0.1137	-0.0009	0.2475	0.0023	0.0001	0.2737
木曾岬町見入	0.0757	-0.0008	0.6197	0.0012	-0.0001	0.6378

地下水位の変動値と年間平均降水量との偏差は、前年度および当年度とも明瞭な相関は見られなかった。しかし、当年度降水量との比較では、いずれの地点とも相関係数は小さくなるものと、見入地点以外は正の相関となった。

4.2 旧長島町

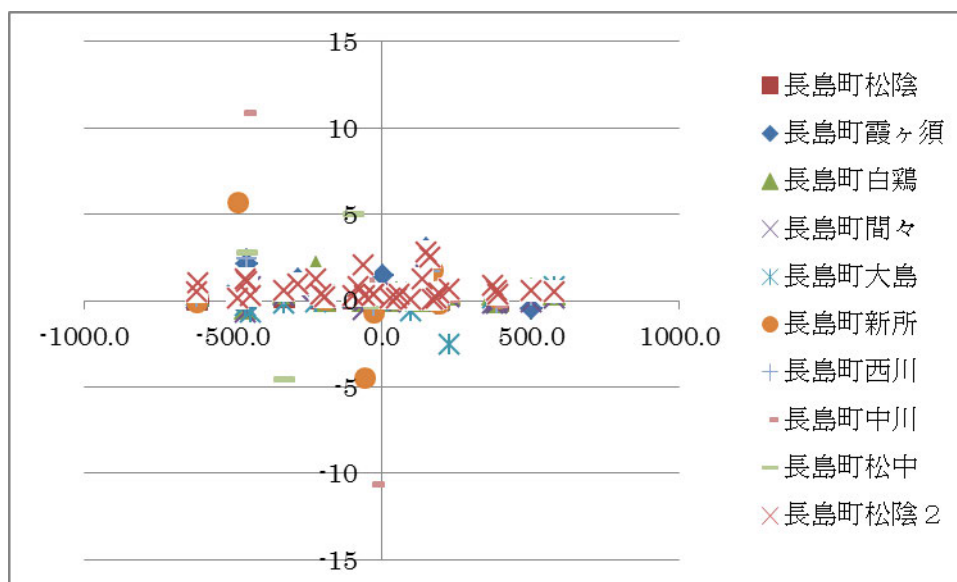


図4 旧長島町（前年度降水量との比較）

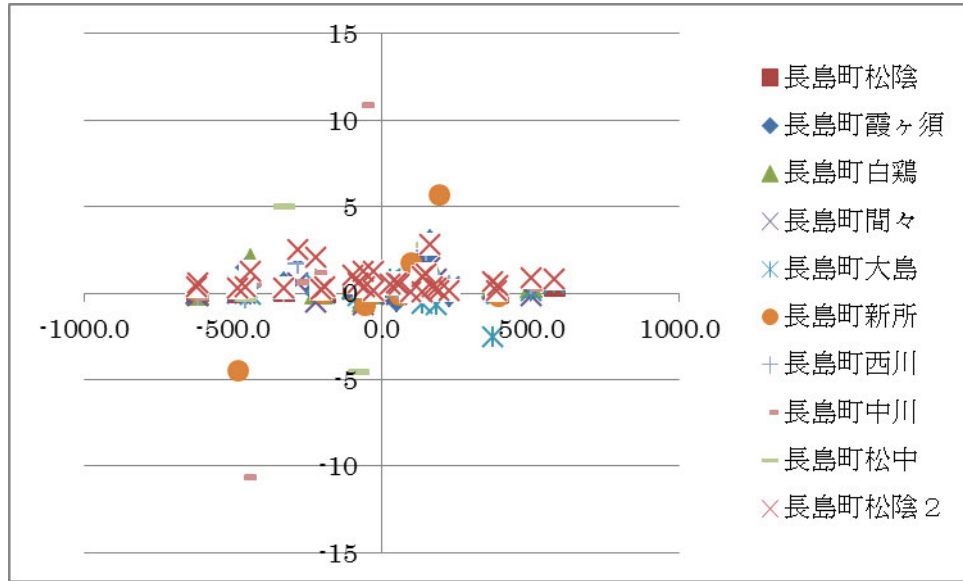


図 5 旧長島町（前年度降水量との比較）

表 2 線形近似の結果

地点名	前年降水量			当年降水量		
	r ²	a	b	r ²	a	b
長島町松陰	0.0516	-0.00009	0.1218	0.2133	0.0002	0.1362
長島町霞ヶ須	0.0048	-0.0002	0.4951	0.0014	0.00009	0.5014
長島町白鷄	0.04	-0.0003	0.2925	0.0091	0.0001	0.299
長島町間々	0.0186	-0.0002	0.164	0.0343	0.0002	0.1738
長島町大島	0.0111	0.0002	0.0911	0.0582	-0.0005	0.0865
長島町新所	0.0765	-0.0022	0.092	0.2337	0.0037	0.3888
長島町西川	0.0365	-0.0004	0.5596	0.0208	0.0003	0.5743
長島町中川	0.0398	-0.0017	0.1825	0.0344	0.0016	0.245
長島町松中	0.00009	0.00004	0.6024	0.0006	-0.0001	0.6002
長島町松陰 2	0.00003	-0.00001	0.6742	0.0056	-0.0002	0.673

旧長島町のデータでは、松陰、間々、大島、新所、松中、松陰 2 の 6 地点で当年降水量の方がよい相関となった。また、7 ヲ所で当年降水量と正の相関を示した。

4. 3 桑名市および旧多度町

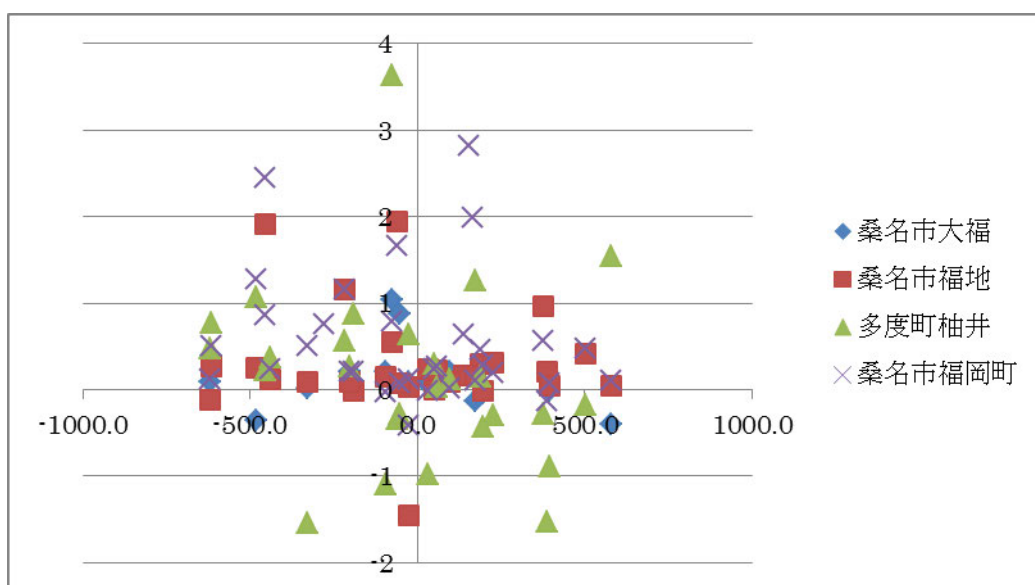


図6 桑名市および旧多度町（前年度降水量（桑名）との比較）

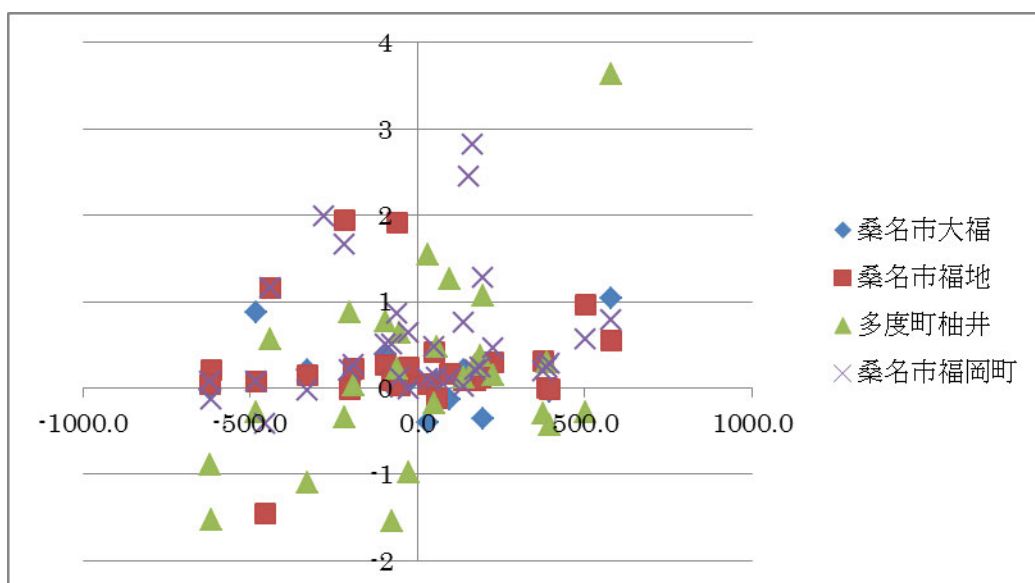


図7 桑名市および旧多度町（当年度降水量（桑名）との比較）

表3 線形近似の結果

地点名	前年降水量			当年降水量		
	r ²	a	b	r ²	a	b
桑名市大福	0.0481	-0.0002	0.1239	0.0006	0.00003	0.1413
桑名市福地	0.0095	-0.0002	0.2779	0.0097	0.0002	0.2842
多度町柚井	0.0311	-0.0006	0.1493	0.2125	0.0015	0.1625
桑名市福岡町	0.0348	-0.0004	0.5486	0.024	0.0004	0.5642

図 6,7 および表 3 は、桑名のアメダスデータを用いた結果である。多度町柚井以外では相関係数は低かったが、すべての地点で当年降水量と正の相関を示した。

多度町柚井は比較的内陸に位置し、北勢アメダス地点とも近いので、北勢アメダス地点データとの比較も行った。

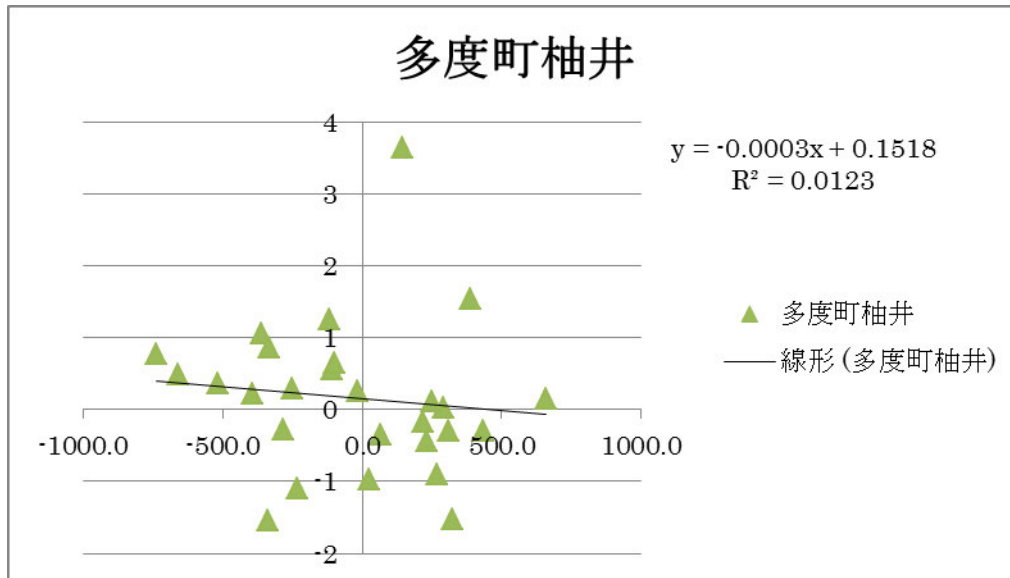


図 8 旧多度町（前年度降水量（北勢））との比較

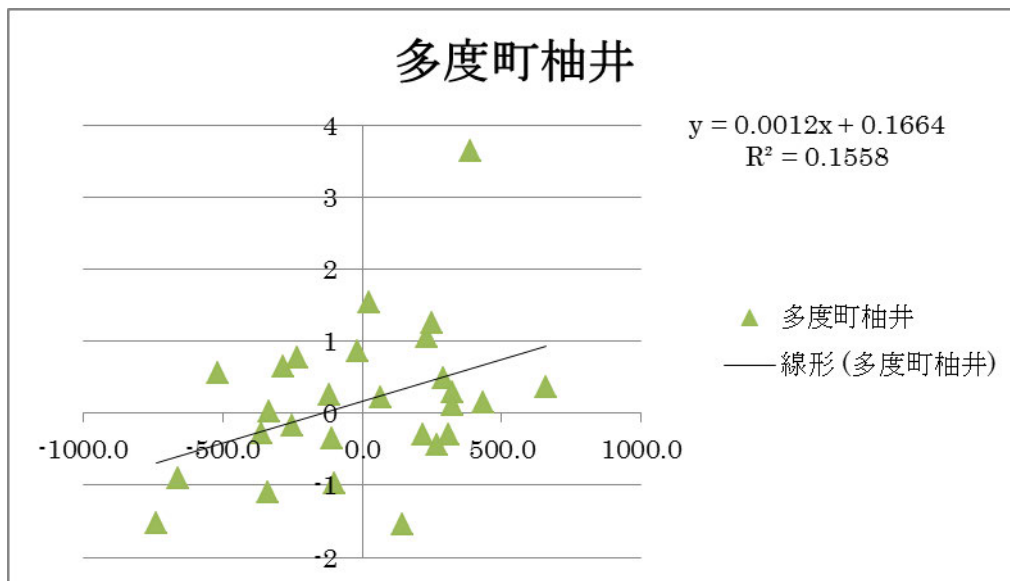


図 9 旧多度町（当年度降水量（北勢））との比較

桑名アメダスデータとほぼ同様の結果となったが、相関は桑名アメダスデータより低かった。

4. 4 四日市市および川越町

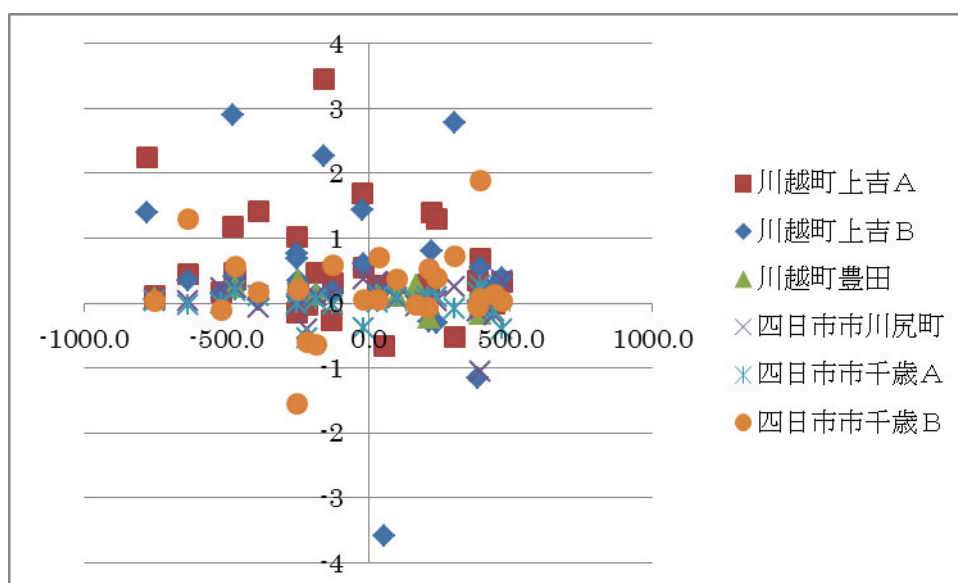


図 10 四日市市および川越町（前年度降水量との比較）

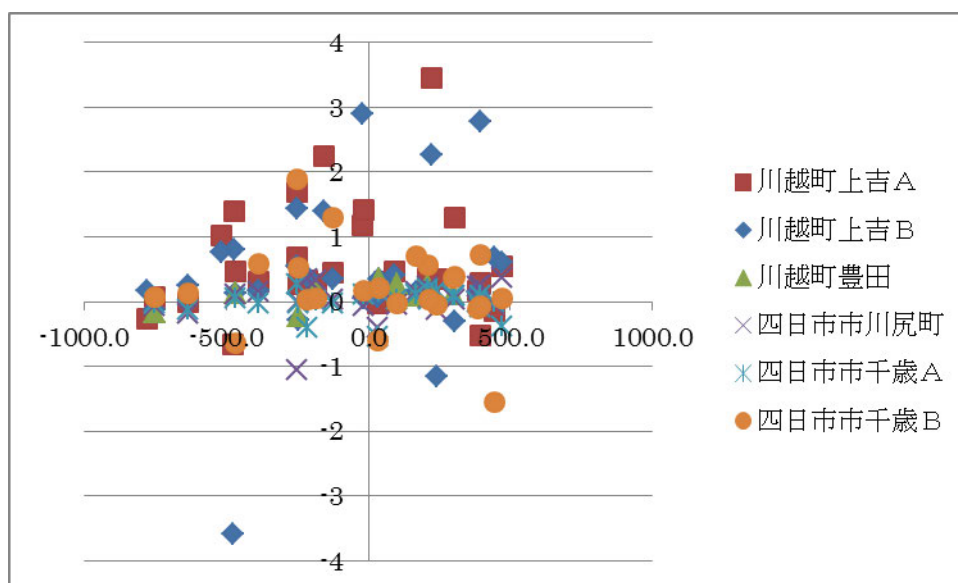


図 11 四日市市および川越町（当年度降水量との比較）

表 4 線形近似の結果

地点名	前年降水量			当年降水量		
	r ²	a	b	r ²	a	b
川越町上吉A	0.0479	-0.0005	0.5282	0.0062	0.0002	0.585
川越町上吉B	0.0367	-0.0006	0.3231	0.0443	0.0006	0.4092
川越町豊田	0.21	-0.0002	0.0803	0.194	0.0002	0.0954
四日市市川尻町	0.0494	-0.0002	0.0133	0.0601	0.0002	0.0127
四日市市千歳A	0.0062	-0.0004	0.014	0.0021	0.00003	-0.0138
四日市市千歳B	0.0205	0.0003	0.1993	0.0309	-0.0003	0.2008

いずれの地点とも前年度および当年度降水量の偏差との相関が低い。しかし、四日市市千歳B以外の地点では当年度降水量とわずかに正の相関を示している。

5. まとめ

以上、地下水位の観測データと降水量データを使って降水量の増減が地下水位の変動に与える影響を評価した。その結果、残念ながら両者の明瞭な関係は見いだせなかったが、いくつかの地点では当年降水量と緩い相関があることがわかった。また、相関係数は低いものの、ほとんどの地点で前年度との地下水位の変位が当年降水量の偏差と正の相関が見られた。

今回は、単純に地下水位の前年度観測値との変位と降水量の関係を調べたが、実際の地下水位は緩やかな回復傾向を示しているため、前年度よりも地下水位が低くなる割合は非常に少なくなっている。今後は、地下水位回復傾向および揚水量の影響を排除した状態で再度解析する必要があると思われる。