

三重県地盤沈下調査研究会

平成22年度 調査研究報告書

2011年2月

三重県北勢地域の帯水層把握のための
三次元地質情報 GIS 解析

三重大学大学院 生物資源学研究科
共生環境学専攻 自然環境システム学講座
環境解析学研究室
福 山 薫

三重県北勢地域の帯水層把握のための 三次元地質情報 GIS 解析

三重大学大学院 生物資源学研究科 共生環境学専攻

自然環境システム学講座 環境解析学研究室

福山 薫

1. はじめに

本研究では、三重県北勢地域において地盤環境変動の三次元的な空間解析を行い、この地域の帯水層の把握を試みる。地質情報には、三重県の水質・水道関係の部署、(財)三重県建設技術センター、国土地盤情報検索サイト”KuniJiban”で収集・保管・公開されている約 2000 個のボーリングデータを用いた。ボーリングデータを GIS によってデータベース化を行い、表層の地質図を含めて三次元地盤モデルを構築した。総合的なデータの表示や効果的なデータの検証を行うことにより、地盤沈下などの災害防止、地下水をはじめとする水資源管理、水循環システムの解明等の一助となるような情報を作成する。

また、地質図、ボーリングデータ、地質調査データなどを処理し、すべてオープンソースの GIS アプリケーションを用いて、三次元地盤モデルを構築する方法を提示する。総合的なデータの表示や効果的なデータの検証を行うことにより、本地域における地盤沈下やそれに伴う内水氾濫等の災害防止、地下水をはじめとする水資源管理、水文循環システムの研究の深化に至ることを期待したい。

2. 研究の背景

2.1 地盤環境変動の研究

人々が生活するために水は必ず必要なものである。その中でも地下水は、年間を通じて一定の水温であることや自分の土地から自由に取水できるため、その優れた特徴から貴重な資源として古くから利用されてきた。しかしその一方で、急激な地下水のくみ上げを行った結果、全国の沖積平野を中心に地盤沈下という環境問題が発生した。本研究の対象である三重県北勢地域は、濃尾平野の南端で木曾三川が作る三角州地帯と鈴鹿山脈から流れる多くの中小河川が作る扇状地平野であり、この数十年の間に広大な地盤沈下が発生している。

本地域は、濃尾平野西端を画する養老山脈東麓沿いの養老断層で区分され、前者を濃尾平野（三重県域）、後者を伊勢平野（北勢地域）という。軟弱な地盤が広がるこの地域では、地盤累積沈下量が 2m 近いところもある。こうした地盤が低く軟弱な地域は地震や津波等に対しても潜在的な危険をはらんでいる。さらに、地球温暖化の時代を迎え、集中豪雨や台風時の高潮や内水氾濫等対しても地盤沈下は防災能力の低下につながる。

そのため伊勢湾臨海部においていろいろな手法や目的を持った研究が行われてきた。大別すると、濃尾平野の地盤の成り立ちや構造の観点からの研究（桑原, 1968; 成瀬, 1978）、地下水の挙動などの水に着目した研究（植下, 1978; 杉浦, 1981）、観測資料の解析を行った研究（成瀬, 1978; 飯田, 1986）などがある。その結果、濃尾平野周辺の地盤構造の把握が進むとともに、地盤沈下のメカニズムの解明が進んだ（伊藤, 2005）。しかし、伊勢湾臨海部は広大な沖積平野であり、その表層を構成しているのは沖積層である。

沖積層はいまから約 1 万年ほど前以降に堆積して生じた地層で、河川流域の谷底平野や海岸低地に分布しているので、直接露頭で観察することはできない。そのため、沖積層の構成を知るためにはボーリングデータ（地質情報）に頼らなければならない。

公共工事や建築物設計、温泉採掘に伴う地盤調査は今日では常識となってきたので、ボーリングデータは急激に増加し、多くの地下情報が入手できるようになっている。しかし、ボーリングデータは建築設計に利用されているだけで、資料の保管や整理検討はあまりなされていないのが現状である(赤峰, 1991)。こうした地下情報を整理検討すれば、その地域一帯の地下の地層の状態を明らかにすることができる。

本来、地盤は三次元であり、三次元で関係を整理し、三次元で解析することが自然である。濃尾平野ではボーリングデータにもとづく三次元の簡略構造を復元し、成因を考察試みるための簡易地質断面図が作成されている。しかし残念ながら、伊勢平野(北勢地域)を中心とした地質断面図の作成、沖積層の三次元構造を把握する研究は行われていない。

2.2 三次元モデルの研究

三次元地盤モデルは地盤構造を把握するためのとても強力な道具であり、地質工学、石油探査、採鉱を含め、ほかの領域でも幅広く議論されている。地盤構造を三次元でモデル化することは、防災や都市計画を考える上で非常に有効である。

近年、地質学及びその関連分野で三次元地盤モデルの構築方法に関する研究が盛んに行われている(増本ほか, 1999; Masumoto et al., 2004; McInerney et al., 2005 など)。

また、GEOLAMA(山根・榊原, 1992)、CIGMA (Sakamoto et al., 1993; Sakamoto, 1994)、SIGMA(Howard, 2002)、Geomodel2003(米澤ほか, 2004)、Geomap3D(豊田ほか, 2005)、および 3D Geomodeller (Intrepid Geophysics, 2006) など、モデルを可視化するソフトウェアに関する研究も進んでいる。

2.3 最近のボーリングデータの活用

地質情報は防災施策、資源開発、社会的インフラの整備、環境保全・評価等のために重要な情報である。昔は、金属、石炭、石油などの資源開発・探査のために重要なデータとして認識されてきた。近代では、高層ビルや道路、鉄道、電力、ガス、水道、

治水等の土木・建築事業といった社会インフラを整備するための基礎情報としてなくてはならないものである。

さらに、地震、火山噴火、地滑り、地盤沈下、液状化現象等に対する防災施策の策定、廃棄物処理や地下水・温水利用等のための環境保全・評価、学術研究目的、あるいは環境資源・地域振興等のためにも重要な知的基盤情報として位置づけられている。特に、地質情報の中でも、地下の地質・地盤構造に関わる地質地盤情報は、大都市圏・平野部における地震防災施策の策定、構造物の設計、大深度地下空間利用、土壌汚染対策、地下水・温泉の適正利用等の施策の策定のために重要な情報として位置づけられる。そのため、さまざまな機関や機会（ボーリングなど）によって得られている地下の地質・地盤情報を統合化しデータベース化とその公表を推進する機運が高まっている（産業技術総合研究所，2007）。

3. 研究の目的

伊勢湾沿岸部では濃尾平野を中心に簡単な三次元地盤モデルや簡易的な地質断面図が作成されているが、三重県北勢地域を中心とした三次元での詳細な地盤構造の把握はなされていない。

本研究の目的は、三重県の水質・水道関係の部署や（財）三重県建設技術センター、国土地盤情報検索サイト”KuniJiban”で収集・保管・公開されているボーリングデータをデータベース化し、GIS(地理情報システム)による三次元的な空間解析をもとに三重県北勢地域の地質構造を明らかにし、この地域の帯水層の把握を試みることである。

また、地質図、ボーリングデータ、地質調査データなどを処理し、全てオープンソースのアプリケーションから三次元地盤モデルを構築する方法を提示する。そして、総合的なデータの表示や効果的なデータの検証を行うことで、地盤沈下やそれに伴う内水氾濫等の災害防止、地下水をはじめとする水資源管理、水文循環システムの理解するための基礎資料として活用できるものを作成する。

4. 三重県北勢地域の特徴

本地域は、濃尾平野の南端で木曾三川が作る三角州地帯と鈴鹿山脈から流れる多くの中小河川が作る扇状地及び氾濫平野である。濃尾平野西端を画する養老山脈東麓沿いの養老断層で区別され、北東側は濃尾平野、南西側は伊勢平野（北勢地域）と呼ばれる。両地域とも、粘土層はかなり発達しており、場所によっては 2m 近い地盤沈下を起こしている。東海三県地盤沈下調査会（1985）、赤嶺（1991）、環境省 HP・全国地盤環境情報ディレクトリなどを参考に以下に概要を述べる。

4.1 濃尾平野

この平野はかつての美濃の国の南西部から尾張の国の西部にまたがっていることから、濃尾平野と名付けられている。濃尾平野のうち、木曾川左岸地域を尾張平野とも呼ぶ。その東南部には名古屋市があり、周りの市町村とともに名古屋都市域と呼べるほどの人口と経済的な発展をしている。

一方、右岸地域は美濃平野と呼ばれる北部には岐阜・大垣の都市域が、伊勢平野との境には桑名市域が広がっている。それらの中間地帯に、輪中を含んだ農業地帯がある。海岸沿いには干拓地が位置し、さらに面積 395 平方キロメートルの我が国最大のゼロメートル地帯も抱える。

この平野は大きくみると東高・西低の地形をしている。平野の中で洪積段丘が占める割合は総面積の約 1 割である。そのほとんどは東部に広がる。これに対して西部は、木曾・長良・揖斐の木曾三川が集まる低湿地帯をなし、洪積段丘は養老山地の山麓部に急傾斜の幅の狭い複合扇状地が少し残っているだけである。面積全体の 9 割近くを沖積平野部が占めており、扇状地・自然堤防・三角州がよく発達している。

上にも述べたように濃尾平野は洪積層と沖積層からなる水成洪積平野である。濃尾平野は養老断層を西縁とした東高西低の傾動地塊、つまり濃尾傾動地塊の沈降部（断層角盆地）に形成された堆積平野であり、堆積後の傾動運動はかなり活発であった。

濃尾平野（三重県域）の地質構成は、表層（地表から 15m 以浅）、第一礫層、熱田層

上部層、第二礫層、先熱田期洪積層に続き、第三紀層がある。

4.2 伊勢平野

木曾三川、鈴鹿川、安濃川、雲出川、櫛田川、宮川などの河口付近には三角州平野が発達し、各河川の流域には谷底平野が発達している。それらの総称として伊勢平野の名が与えられている。地域によっては、鈴鹿平野、北勢平野、安濃平野、雲出平野などとその地域を代表した名称で呼ばれることもある。北伊勢平野の大部分は鈴鹿平野と北勢平野からなる。地質構成は表層(地表2~15m)上部粘土層、下部砂礫層、下部粘土層に続き、先熱田期層があると考えられている。

5. 三次元モデルの作成

ここでは、三重県北勢地域にある各ボーリング点の土質柱状図などの情報を整理し、地質構造解析のためのデータベースを作成する。こうした資料と地質図、標高データ等をGISに適用し、この地域の地質構造をデジタル技術で三次元表現することで帯水層分布等の三次元構造の把握に努める。

5.1 解析地域と使用データ

解析領域は三重県北勢地域内にある、いなべ市、桑名市、四日市市、朝日町、川越町、木曾岬町、菰野町、東員町の8市町を対象としている。

解析に使用したデータは次のとおりである。

- 数値標高モデル 10m メッシュ (国土交通省国土地理院基盤地図情報)

国土地理院が刊行している2万5千分1の地形図に描かれている等高線データから求めた数値標高モデル (DEM : Digital Elevation Model) データである。地表を緯度経度ともに0.4秒(約10m)間隔で区切った方眼(メッシュ)の中心点の標高を記録した。標高値は0.1m単位であり、1m単位で求めたものが有効値である。

- 地質図 (産業技術総合研究所・統合地質図データベース)

1/200,000 相当のベクター形式の地質図である。「統合地質図データベース」は、産業技術総合研究所地質調査総合センターが出版公開している各種の地質図等を閲覧・検索・活用することができる。三重県地方における地質系統を図に示す。産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)(2005) 20万分の1日本シームレス地質図データベース。産業技術総合研究所研究情報公開データベース DB084、産業技術総合研究所地質調査総合センター。産総研著作物管理番号: H17PRO-316

- 国土数値情報 (国土交通省)

全国総合開発計画、国土利用計画、国土形成計画などの国土計画の策定や推進の支援のために、国土に関する様々な情報(地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道等国土など)を整備、数値化したデータである。本稿では、上記の情報のうち、行政区域データ、河川データを利用した。

- 三重県北勢地域の温泉データ (参考ホームページ: 観光三重、全国日帰り温泉ガイド)

本ホームページでは、三重県北勢地域の温泉の住所、泉質情報を全国・三重県の温泉を紹介している。

- 三重県水質水道関係部署によるボーリングデータ

三重県桑名県民局管内と同四日市県民局管内の揚水設備許可申請時に各事業者から提出されている、すべて紙の資料(専用水道施設使用報告書、揚水設備設置許可申請書、井戸使用許可申請書、施工地点位置図、土質柱状図など)で、90カ所余のボーリング観測点がある。記載されている情報は、申請者、住所、業種、ストレーナーの位置、自然水位、掘削深度、ボーリング着工日、ボーリング竣工日、土質柱状図などがある。掘削深度は20m~1500mの範囲である。これらの資料には、設備の設置場所やボーリング地点の住所は明記されているが、緯度・経度等の地理座標は記載されていない。そのため、アドレスマッチング等の手法や申請書に添付されている地図等から地理座標を求める必要が

ある

- 財団法人・三重県建設技術センター提供のボーリングデータ

(財)三重県建設技術センターでは、三重県内で「業務委託共通仕様書」の適用を受ける地質・土質調査業務を受注された企業の地質情報(ボーリングデータ)を収集している。その収集した地質情報は、国土交通省、他府県自治体、学術団体等の公益法人などで利用することができる。このデータは、三重県が業務ツールとして利用している簡易 GIS アプリケーション”M-GIS”で利用できる M-GIS 形式のファイル(mgc ファイル)で提供されており、ボーリング柱状図は画像データとして見ることができる。本研究では、いなべ市、桑名市、四日市市、朝日町、川越町、木曽岬町、菰野町、東員町の 8 市町の地域にあるデータを申請、利用している。約 900 カ所のボーリング観測点からの資料である。

- 国土地盤情報サイト”KuniJiban”からのボーリングデータ

国土地盤情報検索サイト”KuniJiban”は、国土交通省・独立行政法人土木研究所・港湾空港技術研究所が共同で運営し、土木研究所が管理している。国土交通省の道路・河川事業等の地質・土質調査成果であるボーリング柱状図や土質試験結果を検索・閲覧・利用することができる。ダウンロード資料は、XML 形式で記載されている。今回は北緯 34 度 52 分～35 度 15 分、東経 136 度 26 分～136 度 47 分の範囲の約 1000 カ所のボーリング点の資料を用いた。

本研究で対象とした解析地域とボーリング観測点を図 1 に示す。

上記の 3 つの提供場所から得られたボーリングデータにある土質柱状図に記載されている地質名は、分類が細かく同じ地質でも記載が異なるものがある。そのため、国土交通省の「地質・土質調査成果電子納品要領(案)」を参考に、礫、砂・砂利、シルト、粘土、岩、表土、その他の 7 カテゴリーに再分類した。再分類する際に、土質柱状図に記載されている地質の種類が多いので、分類した代表例を以下に示す。

- 礫

中礫、礫、粘土混砂礫、玉石混じり砂礫、粘土混じり砂礫、砂礫(粗め)、灰色

砂礫、埋木混じり砂礫、砂・礫、大礫、砂混じり礫、砂質粘土砂礫、礫・中粒砂粘土混じりなど

- 砂・砂利

粘土混じり砂、砂(粘土混じる所有)、回混粘土砂、粘土混小砂利、小砂粘土混、砂 + 砂利、砂(粘土含)、白色粘土砂、礫混荒砂、砂利混り砂、黄色硬質砂利など

- シルト

砂質シルト及び砂礫、固結シルト、シルト、細砂混じりシルト、礫混じりシルト、砂混じりシルト、シルト層、砂質シルト粘質土、シルト・砂互層、暗灰色シルト層など

- 粘土

褐色粘土、小砂利混じり粘土、灰色粘土、埋木混じり小礫混じり粘土、青色粘土、赤粘土、黒砂質粘土、小砂利混じり粘土、粘土(青)、粘土砂利混じり、固結砂質粘土など

- 岩石

硬質岩、花崗岩(粘土挟む)、砂質頁岩、泥岩、風化砂岩、砂・砂質泥岩、砂岩、亜尿混灰粘土岩、青粘土岩、粘板岩・砂岩互層、粘質頁岩、砂質礫岩(粘土挟む)など

- 表土

表土、埋立表土、盛土、埋土、地表、アスファルト、埋立、コンクリート、表土(埋土)、埋木入りなど

- その他

炭化物、亜鉛、亜炭、コア欠など。上記の範疇に入らないもの

以下に、礫、砂、シルト、粘土の一般的特徴と粘土・粒径による指標を示す。

- 粒状土(礫、砂)の一般的特徴

- － 粘り気(粘着性)がない

- 水を通しやすい (高透水性)
- 拘束圧に比例し強度や硬さが増大する (拘束圧がないと自立できない)
- 水を含みにくく、強さや硬さが含水比に影響されにくい
- 空間が小さく、変形しにくい (硬い)
- 粘性土 (シルト・粘土) の一般的特徴
 - 粘り気 (粘着性) が強い
 - 水を通しにくい (難透水性)
 - 拘束圧に関係なく強度が一定 (拘束圧がなくても自立できる)
 - 水を含みやすく、強さや硬さが含水比によって大きく変化する
 - 空間が大きく、変形しやすい

5.2 アナログデータの処理

三重県の水質・水道関係の部署から提供されたデータ類は、揚水設備設置許可申請時に各事業者から提出されている紙資料である。こうした設備の設置場所やボーリング地点は、住所が明記されており、ほとんどの申請書類には、紙地図上にその地点の位置が書き込まれている。しかし、GIS を用いた解析をするためには、各地点の位置が地理符号化 (緯度・経度等の座標で表現) されていなければならない。そのため、揚水設備やボーリング地点の所在地を地理符号化し、ボーリングデータ収集地点の観測記録をデジタル化し、地質構造解析のためのデータベースを作成した。これらのデータを用いて予備的な断面図を作成し、帯水層を推定した。

5.2.1 観測点の地理符号化

三重県から提供を受けたデータ類紙の資料であるため、設備の設置場所やボーリング観測点は、住所が明記されており、ほとんどの申請書類には、紙地図上にその地点の位置が書き込まれている。しかし、GIS を用いた解析を行うためには、各地点の位置が住所ではなく緯度・経度等の座標で表現されている必要がある。

本研究では、揚水設備やボーリング観測点の所在地からアドレスマッチングを行い、さらに、紙地図に記された場所を参考に各地点の地図符号化（緯度・経度への変換）に WebGIS を用いた。それとともに、各ボーリング観測点での土質柱状図や比抵抗計測値のグラフ等のアナログ情報を数値化し、地質構造解析のためのデータベースを作成した。

5.3 三次元表現処理

保有するボーリングデータを地図上に並べてみた結果、三重県桑名市、木曾岬町周辺がボーリングデータが密集しているため、この領域で三次元表現を試みる。この地域内での深いボーリングデータを抜き出し、地質を積み重ねるようにしてボーリング柱状図を三次元的に表現した。この地域は木曾三川の河口域であるため地盤が弱い。また、地盤沈下や海からの逆流による塩水化が発生している。こうした理由からも、三次元的に地盤構造を明らかにしておくことは重要である。

図 1 からわかるように、ボーリングデータは海岸域や河川域に多く存在している。平野部に観測点が多いので、まず沿岸域で河川河口域の三重県桑名市、木曾岬町周辺を選定し、三次元表現を行うための予備的な柱状図断面図分布を作成した。

まず、桑名市と木曾岬町周辺で 500m × 500m メッシュの格子網を作り、各格子内に含まれるデータの中で最も深いデータを選別した。

図 4 は、選定した地域と 500m × 500m メッシュの各格子網内の選定されたボーリング地点である。同じ格子内に複数の地点がある場合、最も深くまで掘削された地点のみを選んだ。この図に示したボーリングデータに対して三次元表現のための柱状図分布が図 5 である。

6. 考察と今後の課題

本研究では、地質情報（ボーリングデータ）や地質図を用いて、三重県北勢地域の空間的な地盤構造の把握の試みを行った現時点までの結果を以下に述べる。

- 帯水層の把握や、液状化、地盤沈下の対策に有効なデータベースの構築が行うことができた。
- ボーリング観測点の分布を標高データ上に表現することで、どのような場所でボーリングが行われているかわかった。
- ボーリングデータの各地質データから、三次元的なボーリング柱状図を作成した。

今回の研究で、ボーリングデータを地層別にデータベース化を行った。したがって、今後は、ボーリングの三次元表現から補間をすることで地層の繋がりを表現したい。それにより、粘土層や礫層の繋がりにから、帯水層の推定を行うことができる。

【引用・参考文献】

- 赤嶺秀雄・磯部克 (1991) : 三重自然の歴史, コロナ社.
- 独立行政法人産業技術総合研究所 (2007): 地質調査総合センター第 8 回シンポジウム. 公共財としての地質地盤情報-ボーリングデータの整備と活用-
- 藤井衛・若命善雄・真島正人 (2000): 建築家のための土質と基礎ザ・ソイル, 建築技術
- Howard A. (2002): Capturing digital data in the eld -The British Geological
- Intrepid Geophysics (2006): 3D GeoModeller Reference Manual. BRFM and Desmond Fitzgerald & Associates Pty. Ltd, 67.
- 飯田汲事 (1986) : 濃尾平野の地盤沈下の解析, 愛知工業大学研究報告, 21, 165-173.
- 石原研而 (1988): 土質力学.
- 伊藤太子 (2005) : 伊勢湾臨海部における地盤環境変動の研究, 三重大学大学院修士論文.
- 桑原徹 (1968) : 濃尾平野と傾動地塊運動, 第四紀研究.
- McInerney P., Guillen A., Courrioux G., Calcagno P., and Lees T. (2005): Building 3D Geological Models Directly from the Data? A New Approach Applied to Broken Hill, Australia, U.S Geological Survey Open-File Report, 2005, 1428, 12.
- 升本眞二・ベンカティッシュ ラガワン・青山隆行・塩野清治 (1999): 地質図幅をデータとした GIS による 3 次元地質モデル - 新潟県小千谷地域の例 -, 情報地質, 10, 2, 96-99.
- Masumoto S., Raghavan V., Yonezawa G., Nemoto T., and Shiono K.(2004): Construction and visualization of athree dimensional geologic model using GRASS GIS, Transactions in GIS, 8, 2, 211-223.

- 松澤勲 (1978): 湾岸堤地帯の地盤沈下の実態と災害の解明, 研究報告.
- 村下敏夫 (1982): 本邦における地下水の塩水化, 地質調査所月報, 33, 10,479-530.
- 成瀬聖慈 (1978): 濃尾平野の地盤沈下の実態, 文部省・自然災害特別研究, 湾岸低地帯の地盤沈下の実態と災害の解明, 52-58.
- 成瀬聖慈 (1978): 地盤構造の推定, 文部省・自然災害特別研究, 湾岸低地帯の地盤沈下の実態と災害の解明, 59-68.
- 岡二三生 (2001): 地盤液状化の科学, 近未来社
- Sakamoto M., Shiono K., Masumoto S., and Wadatsumi K.(1993): A computerized geologic mapping system based on logical models of geologic structures, Nonrenewable Resources, 2, 2, 140-147.
- Sakamoto M.(1994): Mathematical formulations of geologic mapping process -Algorithms for an Automatic System-, Journal of Geosciences, Osaka City University, 37,243-292.
- 杉浦孜 (1978): 濃尾平野の地盤沈下における地下水の水質変化, 文部省・自然災害特別研究, 湾岸低地帯の地盤沈下の実態と災害の解明, 74-92.
- Surveys SIGMA Project: Digital field data capture in a corporate context, Proceedings of Capturing Digital Data in the Field Workshop 2002.
- 東海三県地盤沈下調査会 (1985)): 濃尾平野の地盤沈下と地下水, 名古屋大学出版会.
- 東海三県地盤沈下調査会 (2010): 平成 21 年における濃尾平野の地盤沈下の状況.
- 陶野郁雄 (2000): 地質・地形条件に基づく液状化ポテンシャル, 第四期研究, 39, 4, 363-374.
- 豊田守・西開地一志 (2005): Geomap3D のシステム紹介, 情報地質, 16, 2,146-147.
- 植下協 (1978): 濃尾平野の地盤沈下と地下水挙動についての地盤工学的研究, 文部省・自然災害特別研究, 湾岸低地帯の地盤沈下の実態と災害の解明, 69-73.
- 山根裕行・榊原辰雄 (1992): 3次元地質解析システム「GEO-RAMA ver.3.0」, 第3回日本情報地質学会講演会講演予稿集, 15, 4, 193-206.
- 米澤剛・升本眞二・根本達也・坂本正徳・塩野清治 (2004): 拡張地質関数を用いた地質境界線の表示, 情報地質, 15, 4, 193-206.

【引用・参考ホームページ】

- 防災みえ: 三重県地域防災計画被害想定調査結果
http://www.bosaimie.jp/mie/05_moshimo/04_keikaku/soutei.html

- 岐阜県: 長良川河口堰調査検討会
<http://www.pref.gifu.lg.jp/kendo/michi-kawa-sabo/kasen/mizushigen/kakouzeki.html>
- 観光三重・三重の温泉情報
http://www.kankomie.or.jp/sagasu02_onsen/index.php
- 環境省: 全国地盤環境情報ディレクトリ
http://www.env.go.jp/water/jiban/dir_h21/24mie/noubi/index.html
- 気象庁: 災害をもたらした気象事例
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/>
- 国土交通省中部地方整備局: 中部の川と水
<http://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/>
- 国土交通省・国土数値情報ダウンロードサービス
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 国土交通省国土地理院: 基盤地図情報
<http://fgd.gsi.go.jp/download/>
- 国土交通省: 土地・水資源トップ
<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/index.html>
- MapFan Web : 地図検索
<http://www.mapfan.com/>
- 産業技術総合研究所: 統合地質図データベース
<http://iggis1.muse.aist.go.jp/ja/top.htm>
- 財団法人・三重県建設技術センター
<http://www.mie-kengi.or.jp/>
- 全国日帰り温泉ガイド
<http://www.onsenweb.com/higaeri/index.html>

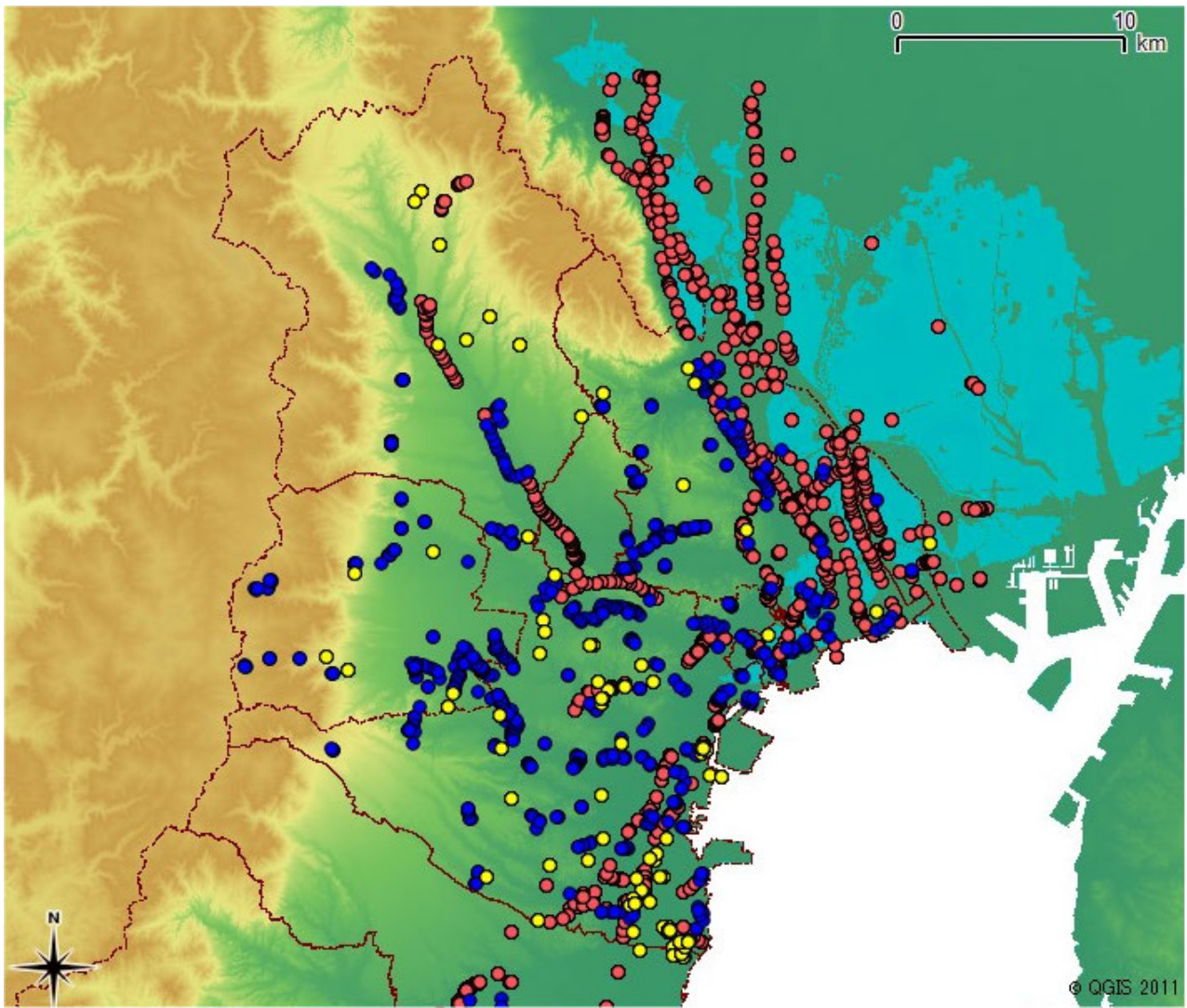


図 1：解析地域とボーリングデータ分布。黄色：三重県水質・水道関係部署提供データ、
青色:三重県技術センター提供データ、赤色：KumiJiban 提供データ



図 2 : 三重県提供の地質情報添付のボーリング観測点の紙地図の例



図3：地図サイト (MapFan Web) を利用した図2のボーリング地点の地理符号化の例

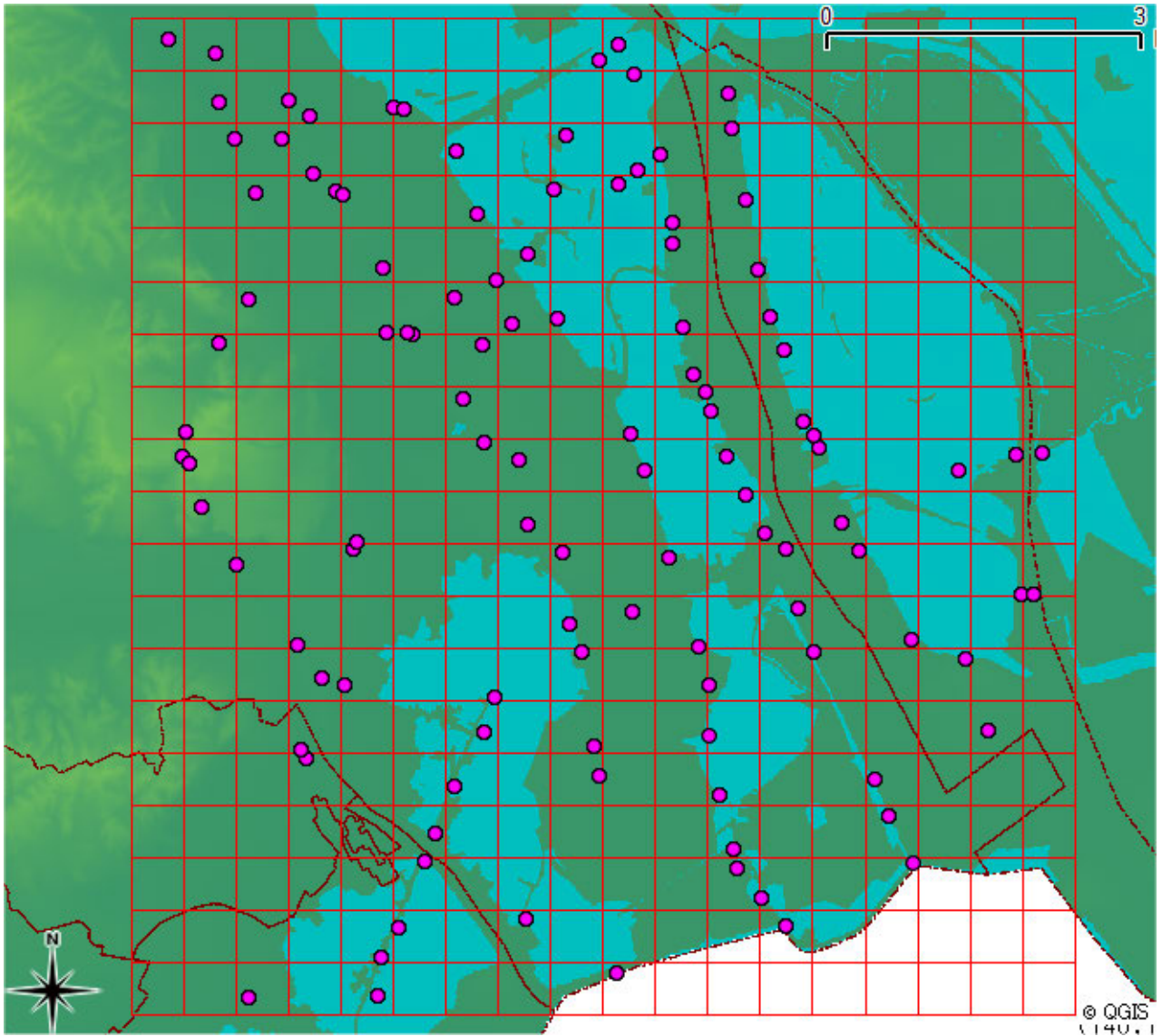


図 4 : 桑名市と木曾岬町の沿岸地域の解析範囲と採用ボーリング地点

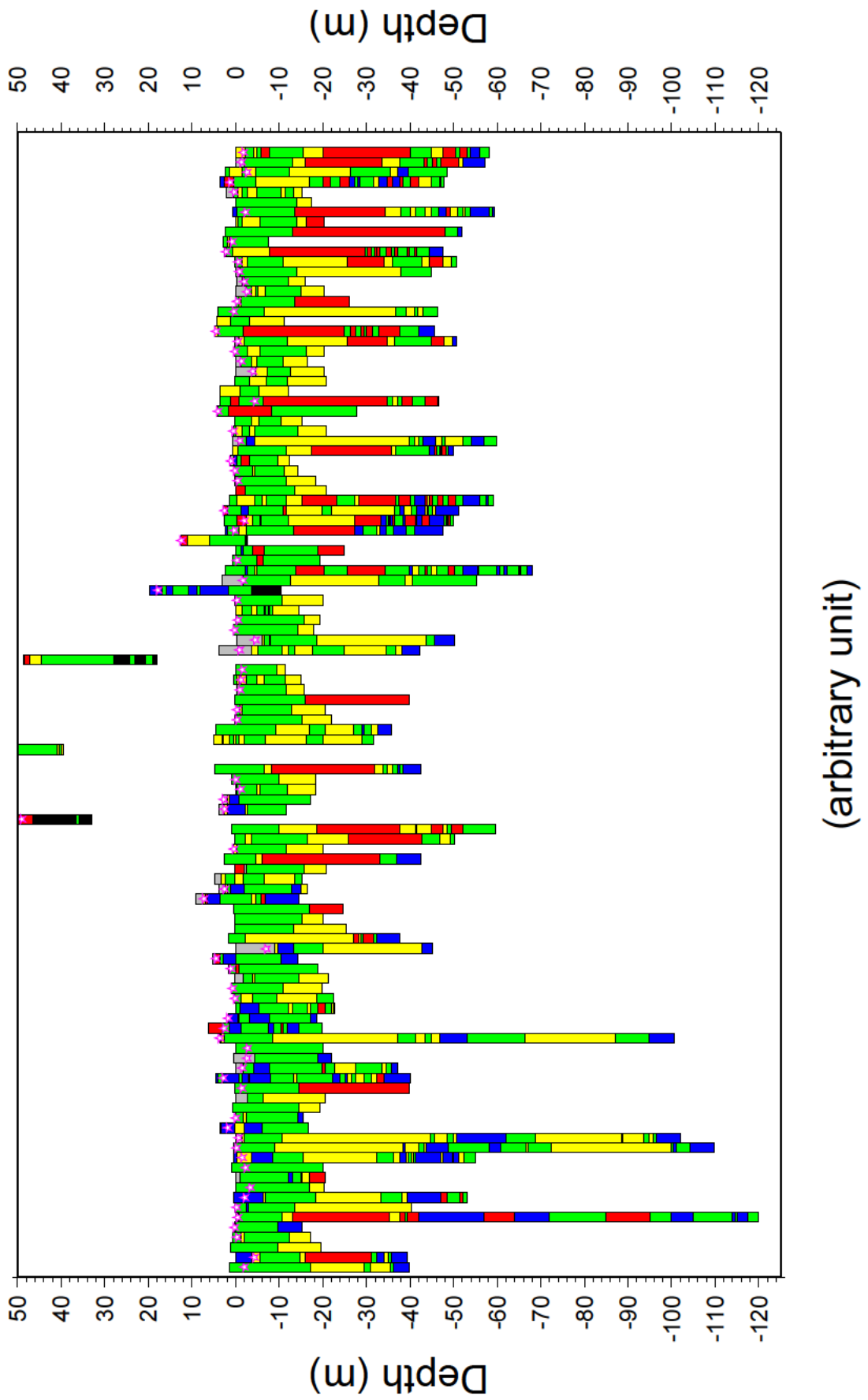


図5：図4に示したボーリング点の柱状図分布

灰色：表土、黒色：岩石、青色：礫、黄色：砂・砂利、黄色：シルト、赤色：粘土
 桃色の星印は孔内水位の位置

北勢地方の自噴井調査

平成 23 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、昨年度までに 3 カ所の自噴井の計測ができなくなり、本年度さらに 1 カ所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 は本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。

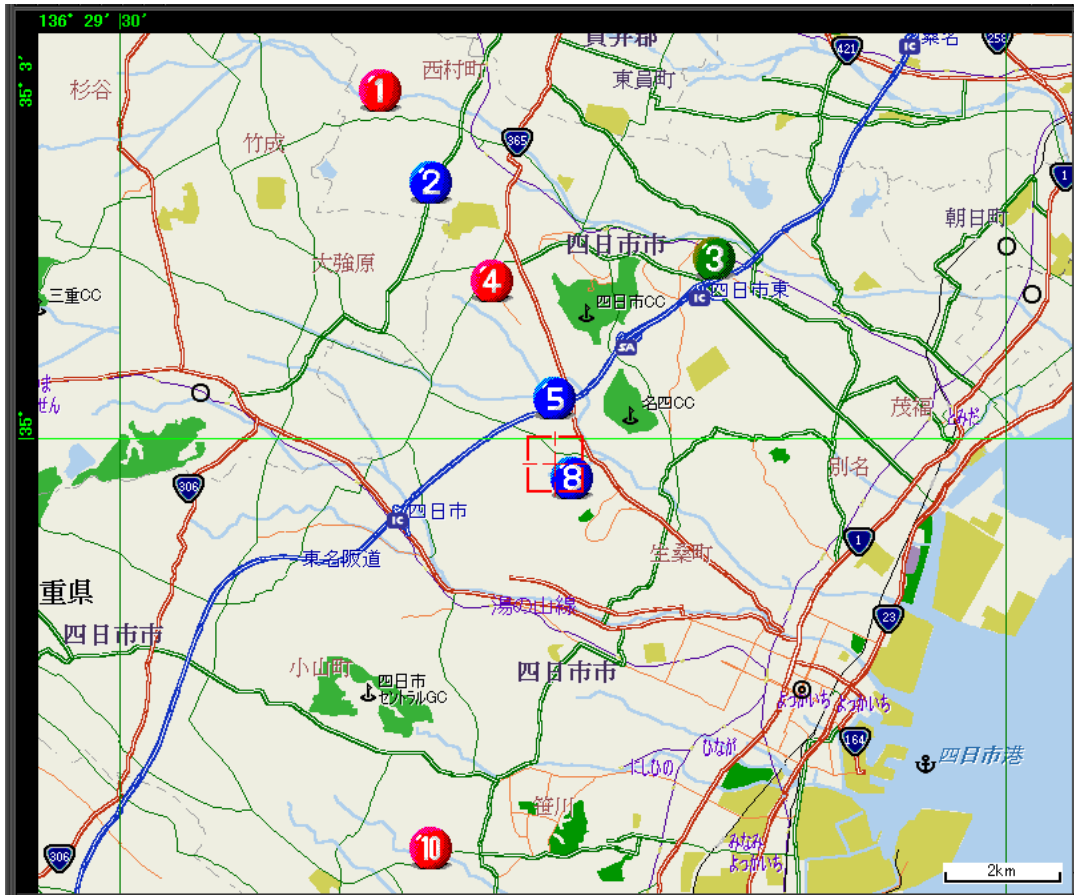


图 1 測定自噴井位置

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 2009 年 12 月までの自噴量の変化を示す。

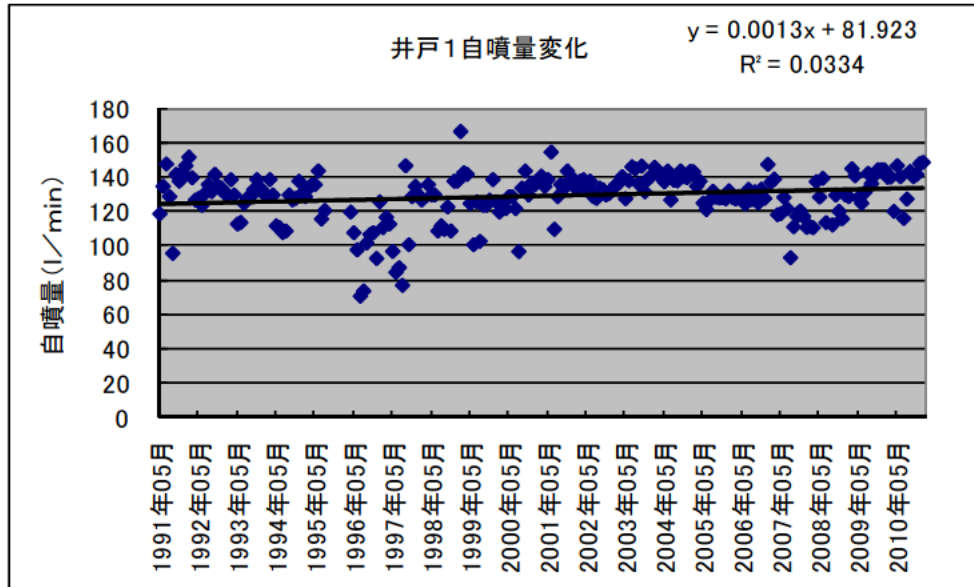


図 2-1 自噴井 1 の自噴量変化

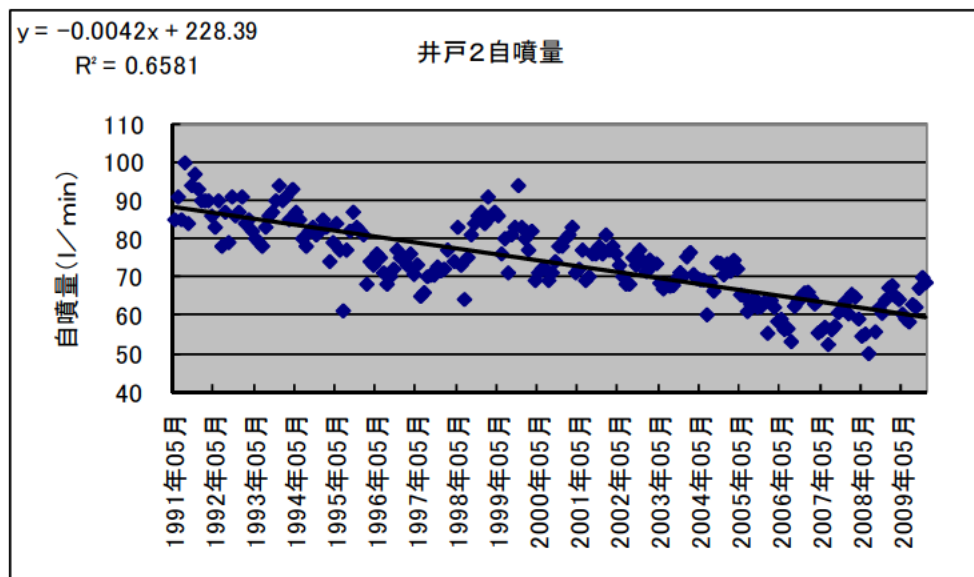


図 2-2 自噴井 2 の自噴量変化

本年度計測出来なくなった。

図 2-3 自噴井 3 の自噴量変化

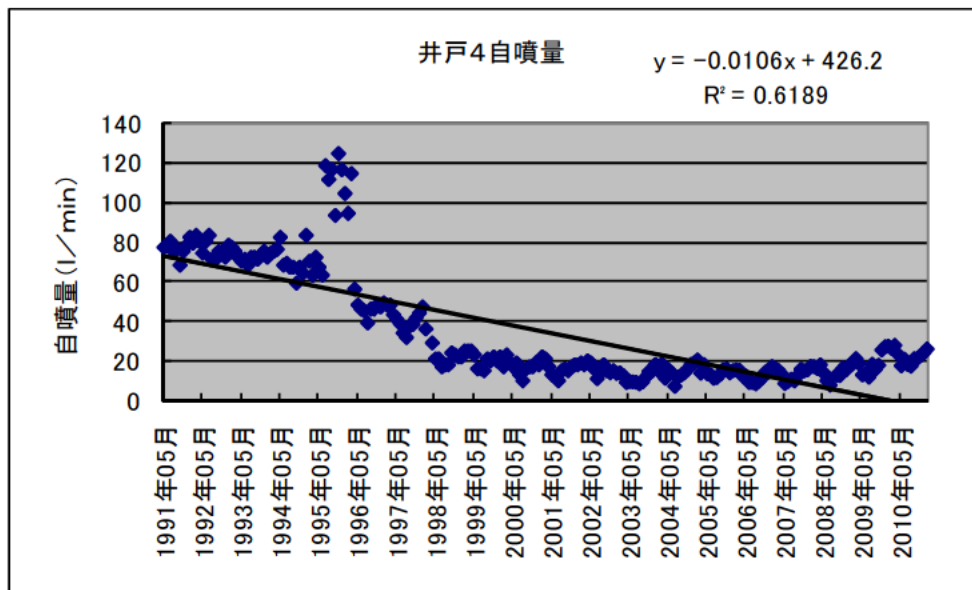


図 2-4 自噴井 4 の自噴量変化

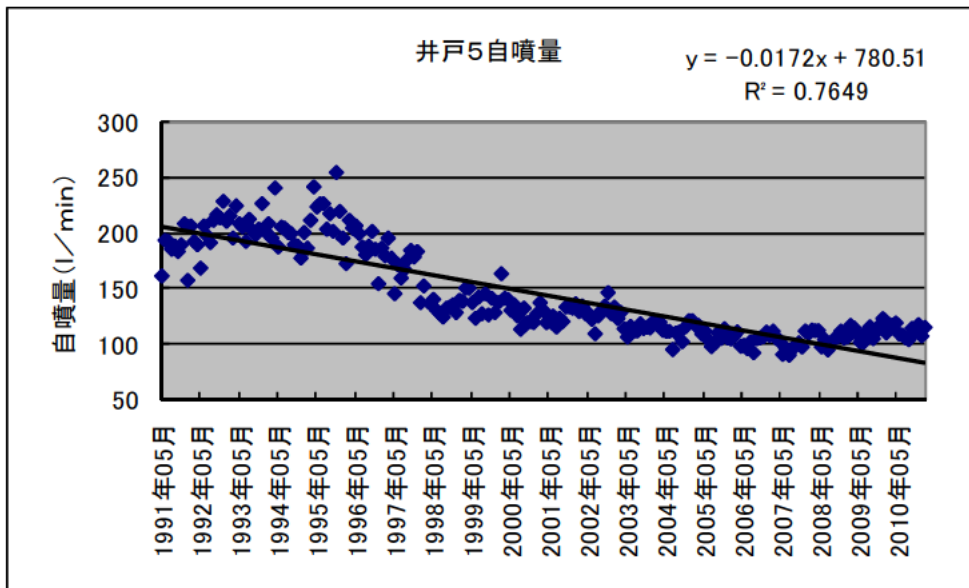


図 2-5 自噴井 5 の自噴量変化

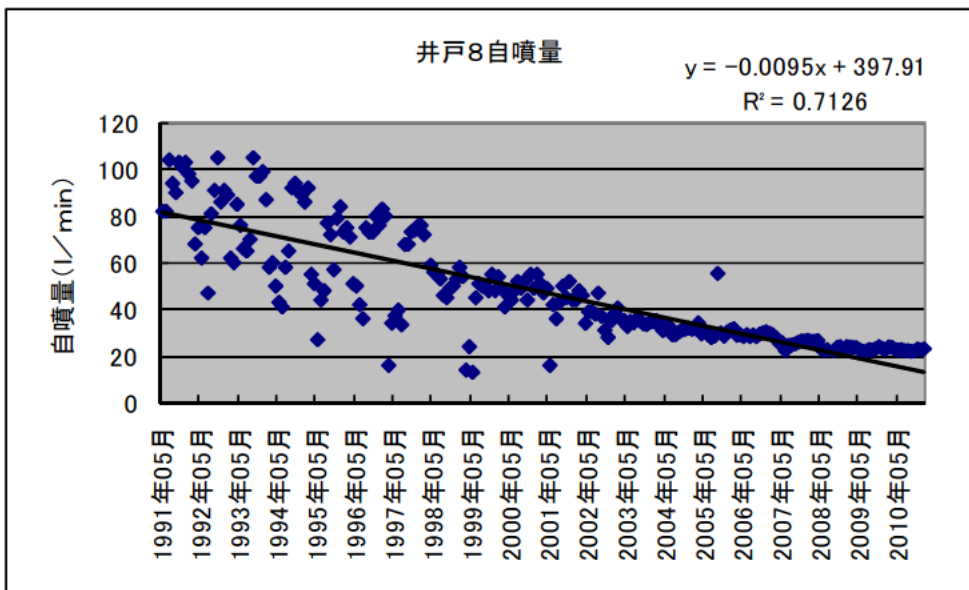


図 2-6 自噴井 8 の自噴量変化

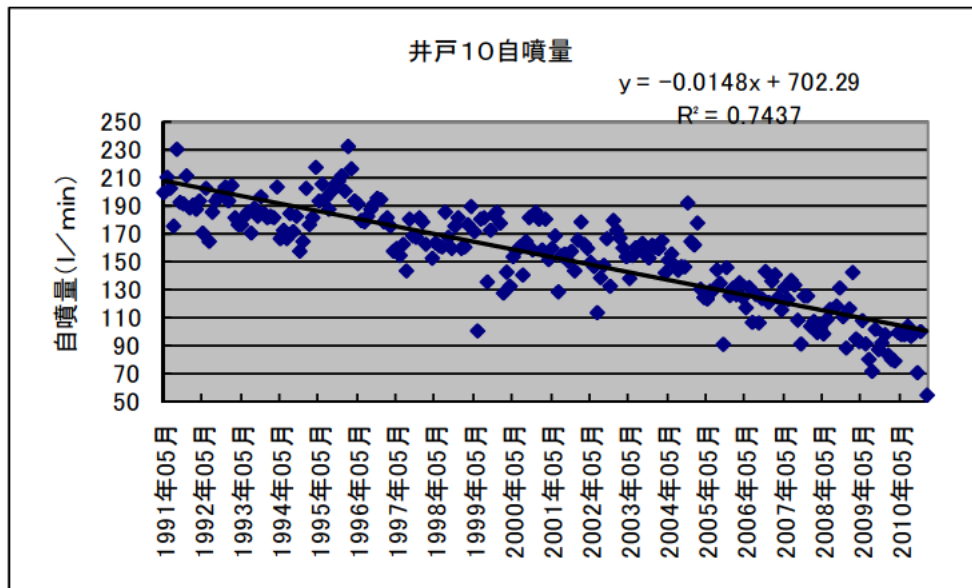


図 2-7 自噴井 10 の自噴量変化

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長期的に減少傾向を示しているが、井戸 10 を除いて近年減少傾向がなくなっていることが分かる。

次に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。

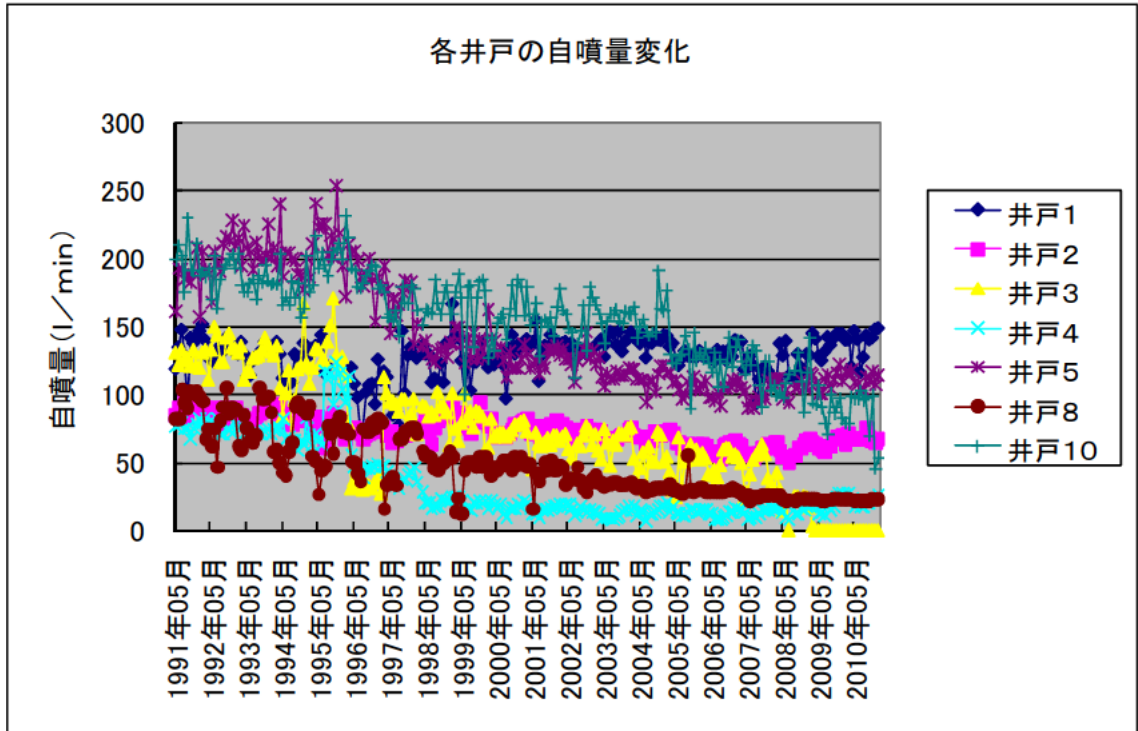


図 2-8 各井戸の自噴量変化

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っている。

さらに、地盤環境の変化を検討するためには、その他の計測値の変化も重要である。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す。

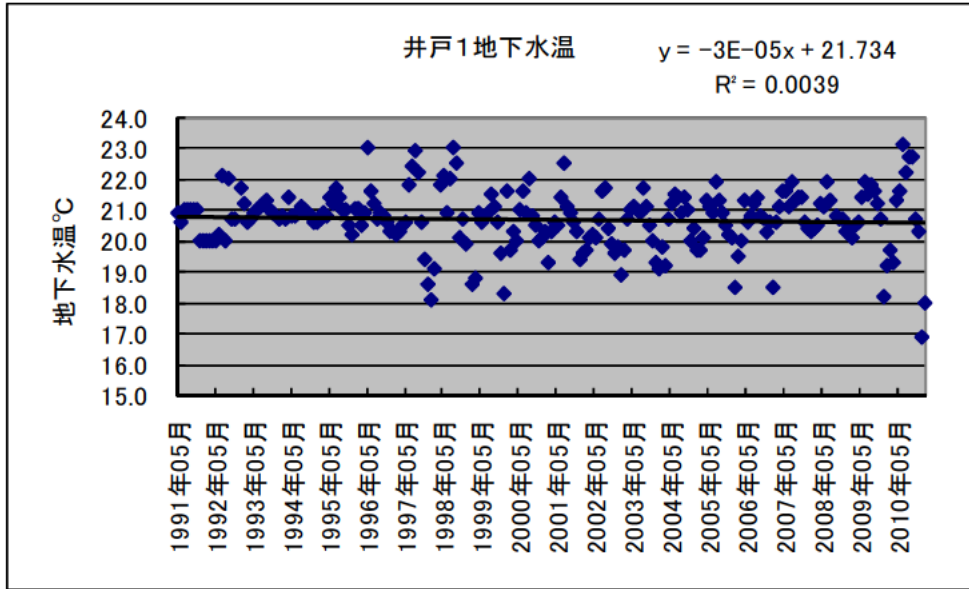


図 2-9 自噴井 1 の地下水温

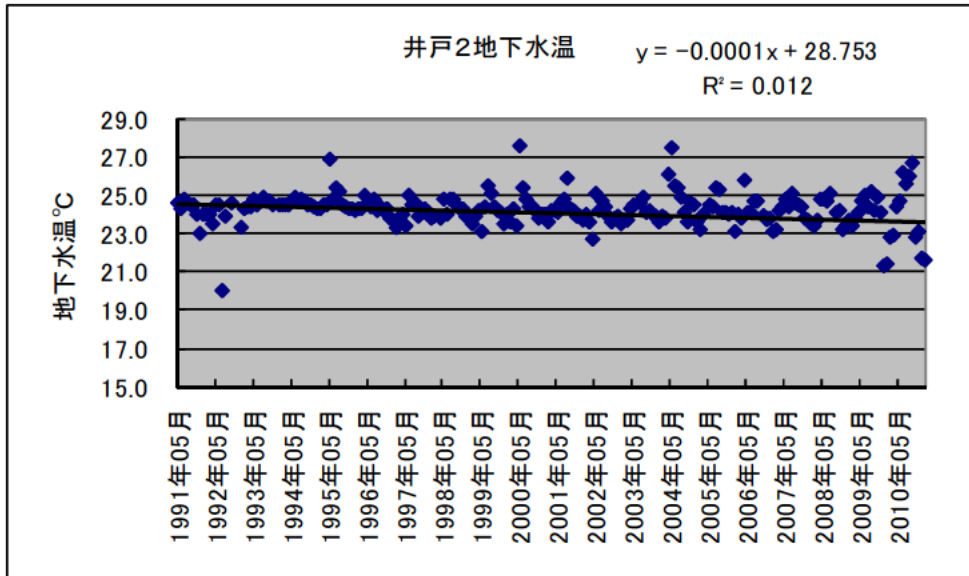


図 2-10 自噴井 2 の地下水温

本年度計測出来なくなった。

図 2-11 自噴井 3 の地下水温

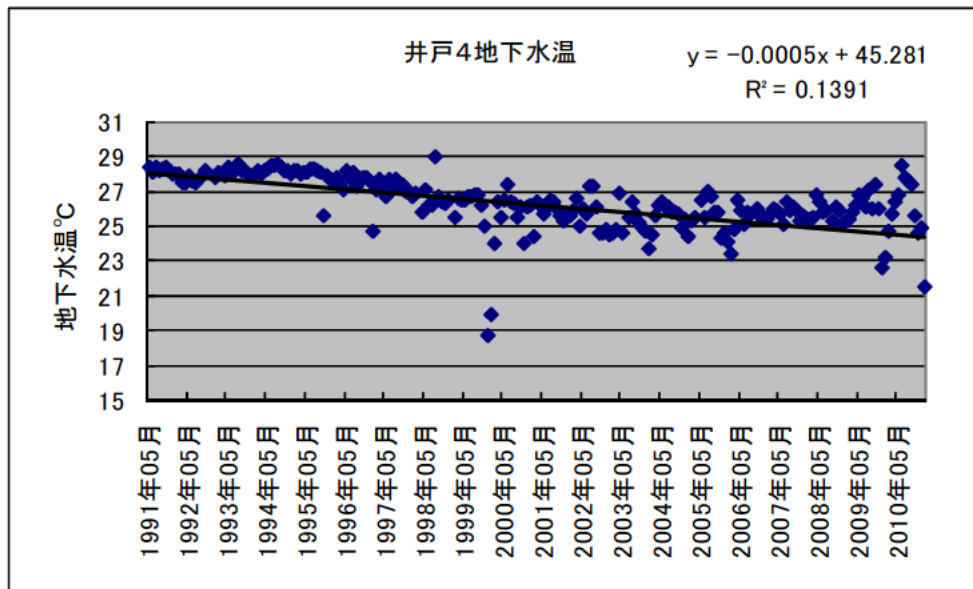


図 2-12 自噴井 4 の地下水温

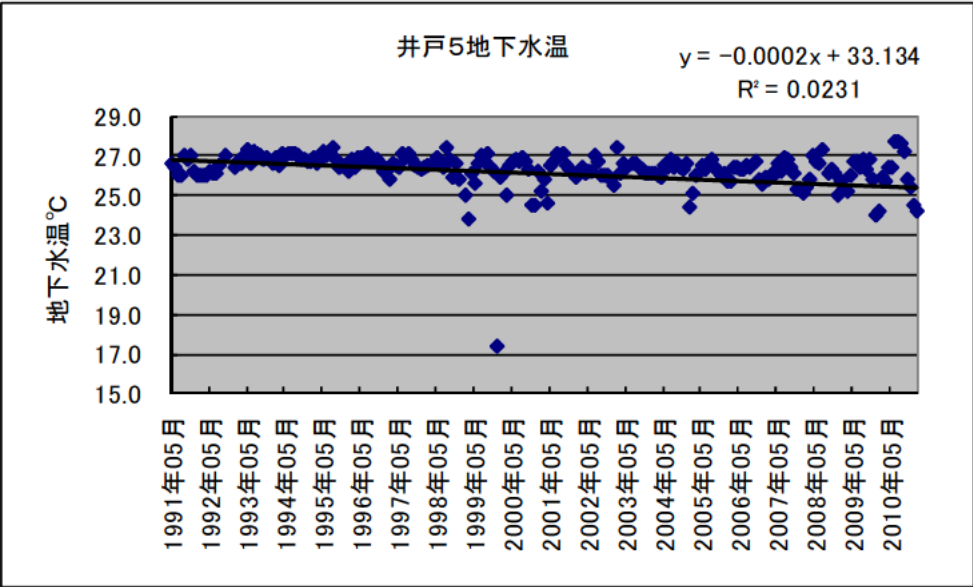


図 2-13 自噴井 5 の地下水温

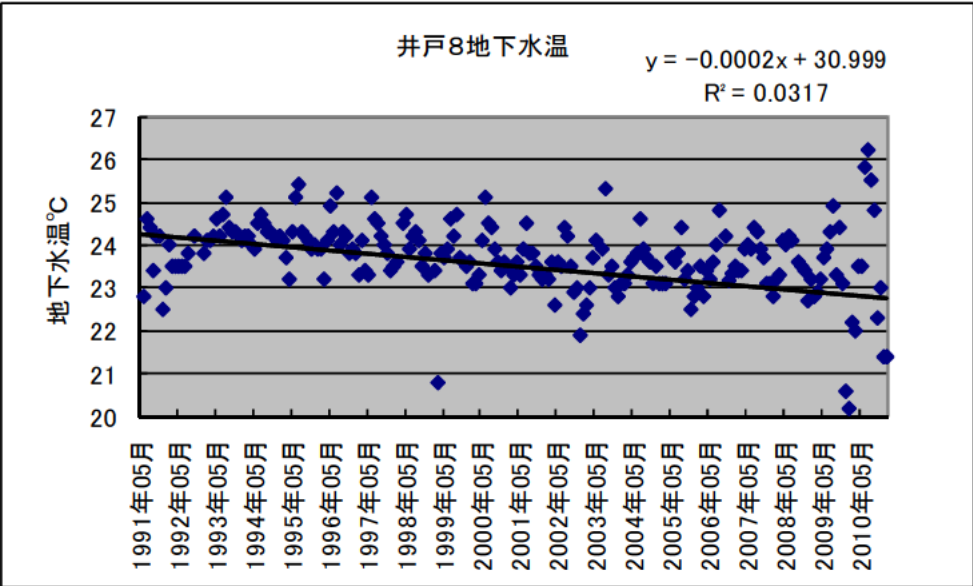


図 2-14 自噴井 8 の地下水温

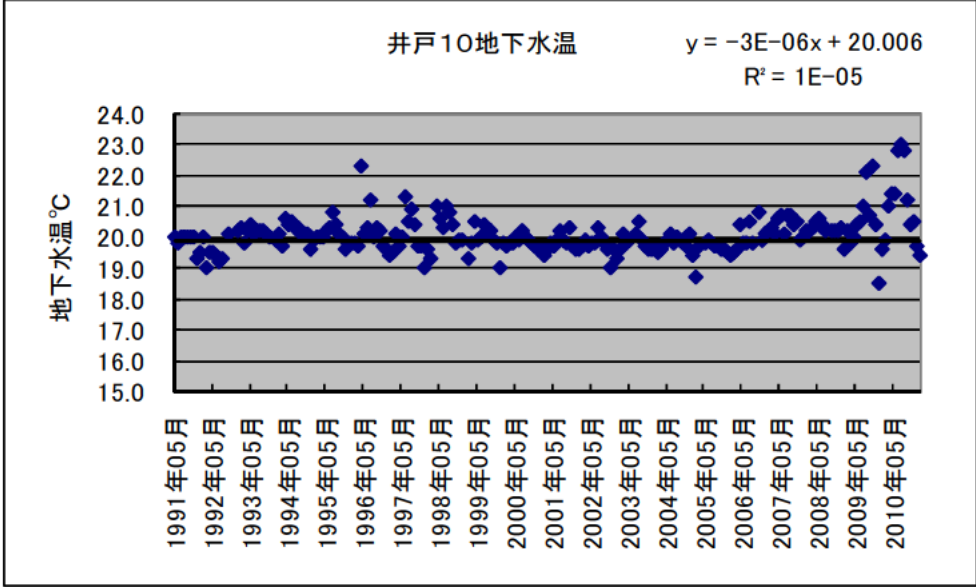


図 2-15 自噴井 10 の地下水温

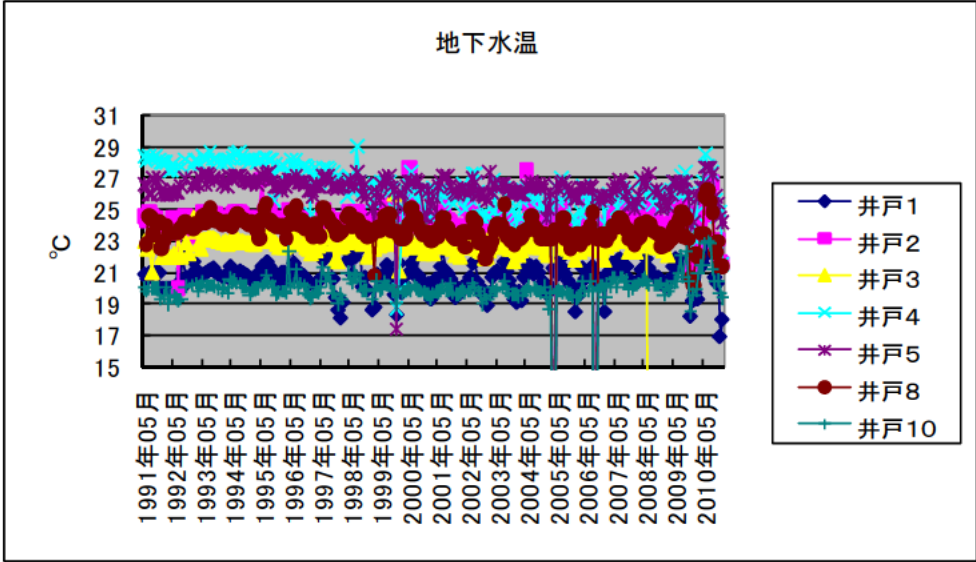


図 2-16 各井戸の地下水温変化

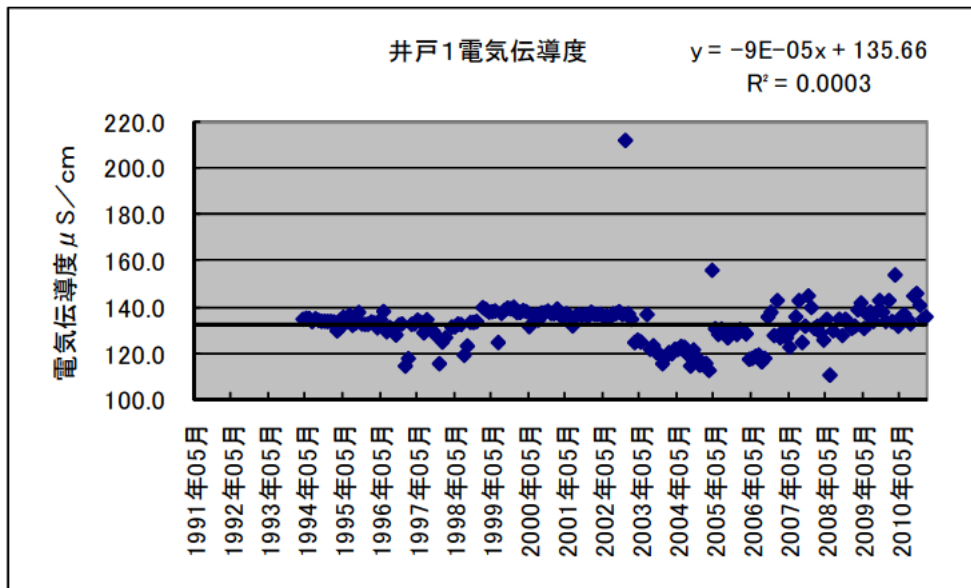


図 2-17 自噴井 1 の電気伝導度

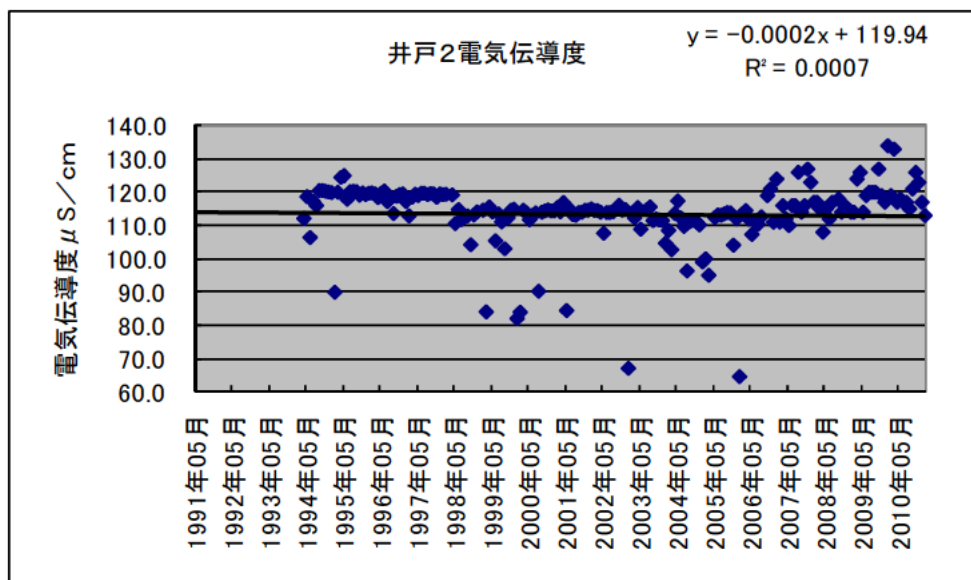


図 2-18 自噴井 2 の電気伝導度

本年度計測出来なくなった。

図 2-19 自噴井 3 の電気伝導度

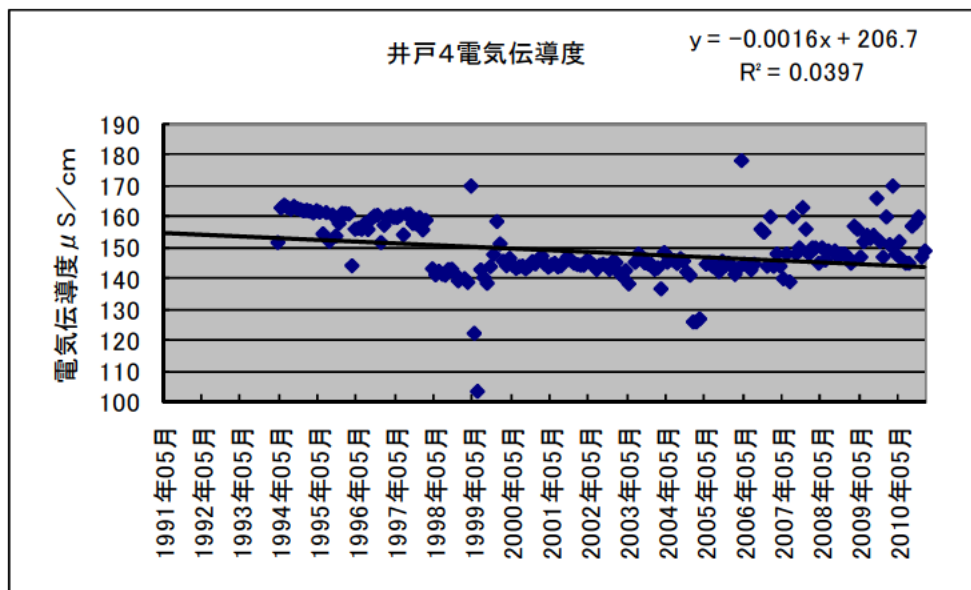


図 2-20 自噴井 4 の電気伝導度

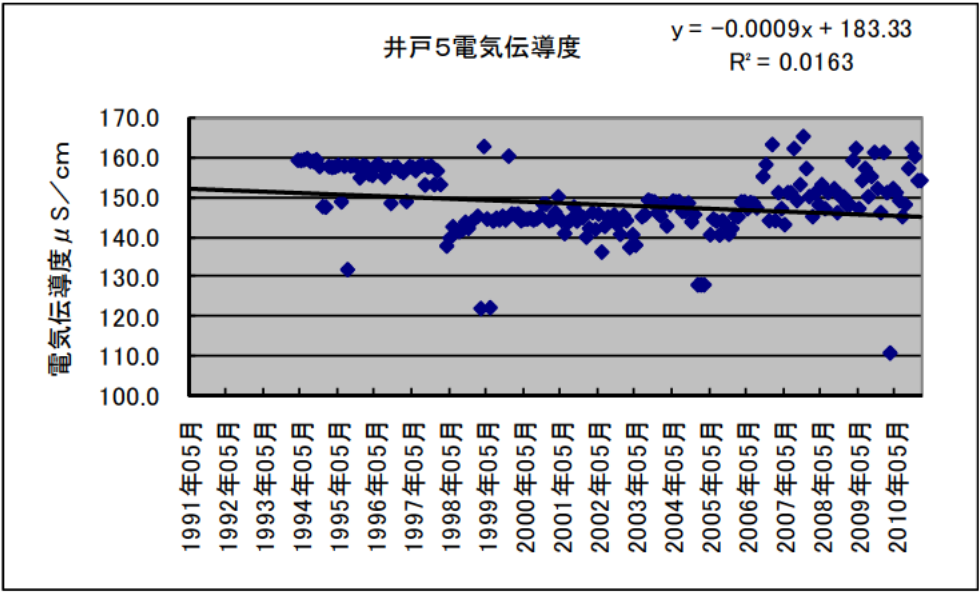


図 2-21 自噴井 5 の電気伝導度

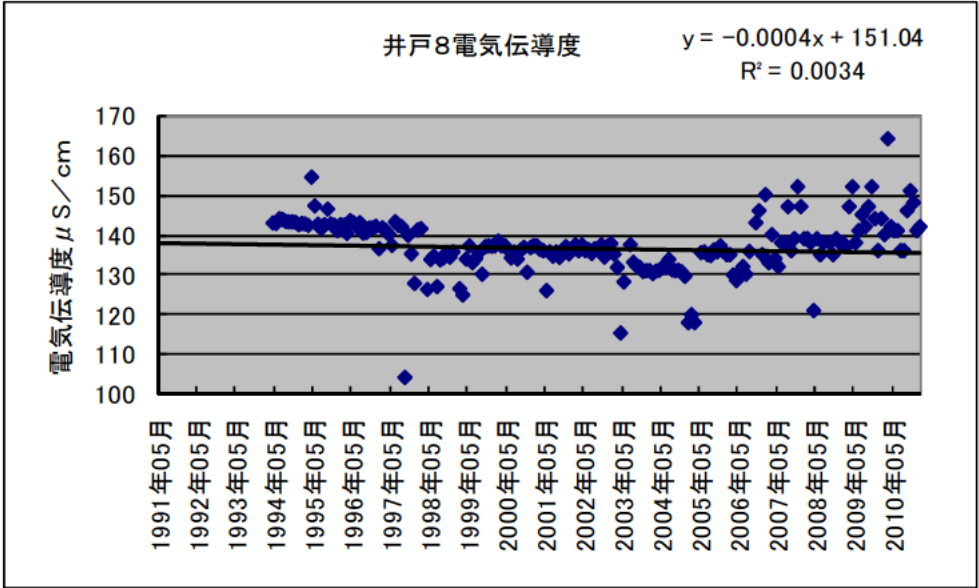


図 2-22 自噴井 8 の電気伝導度

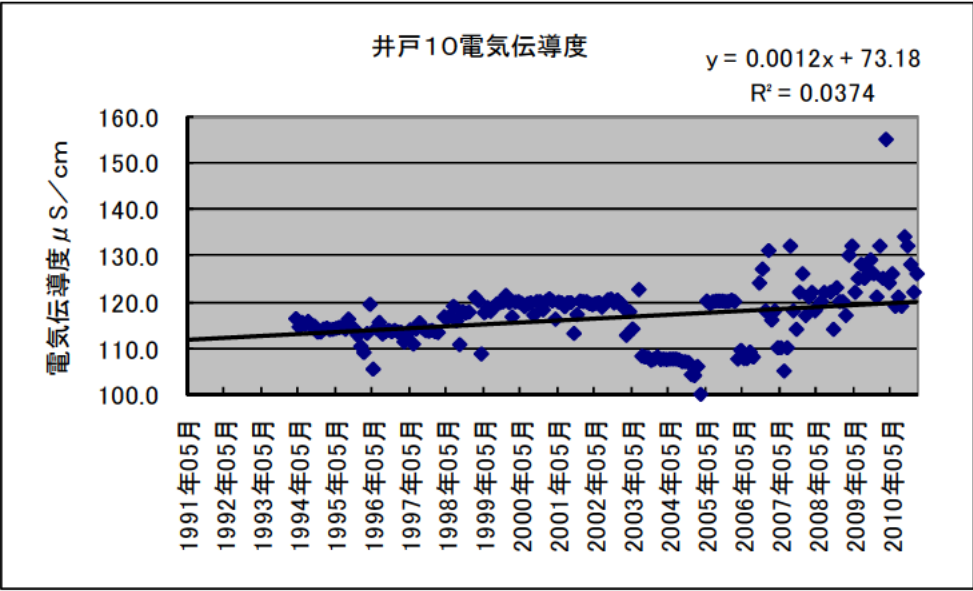


図 2-23 自噴井 10 の電気伝導度

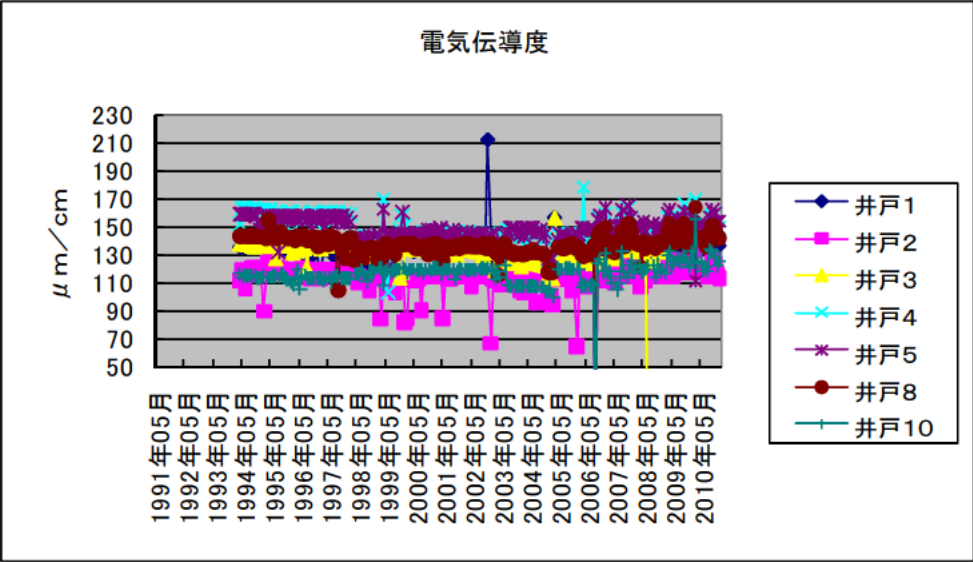


図 2-24 各井戸の電気伝導度変化

地下水温に関しては、平均水温に関してはすべての井戸でわずかに低下傾向が見られる。しかし、測定の全期間（約 18 年間）を通して安定している。ただし、近年年間を通じての水温の変化の幅が大きくなってきているのがわかる。

電気伝導度は近年増加する傾向が見られ、地下水温と同様に年間の変化の幅が大きくなってきているように感じられる。

次に、pHの変化を図 2-25 から図 2-32 に示す。

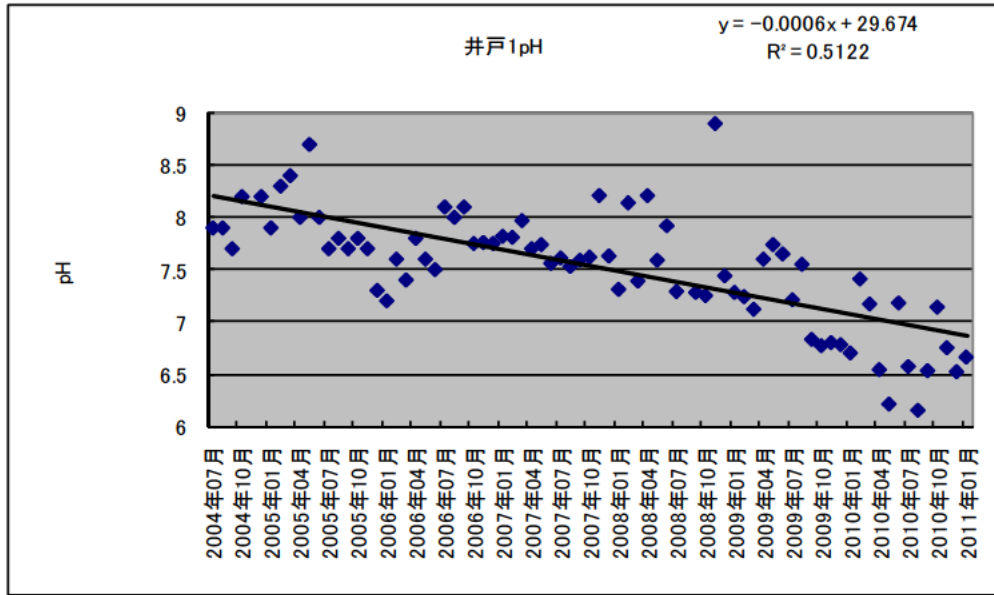


図 2-25 自噴井 1 の pH

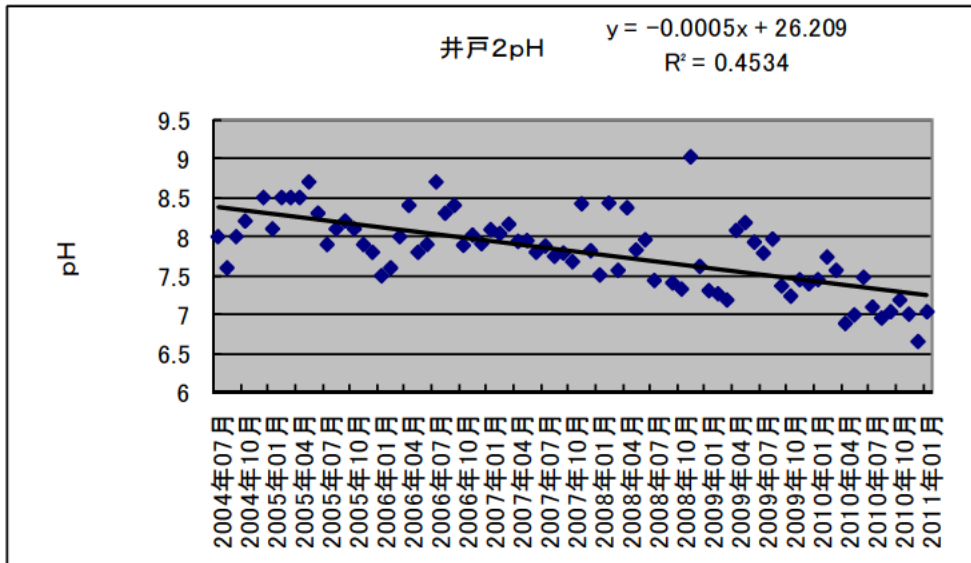


図 2-26 自噴井 2 の pH

本年度計測出来なくなった。

図 2-27 自噴井 3 の pH

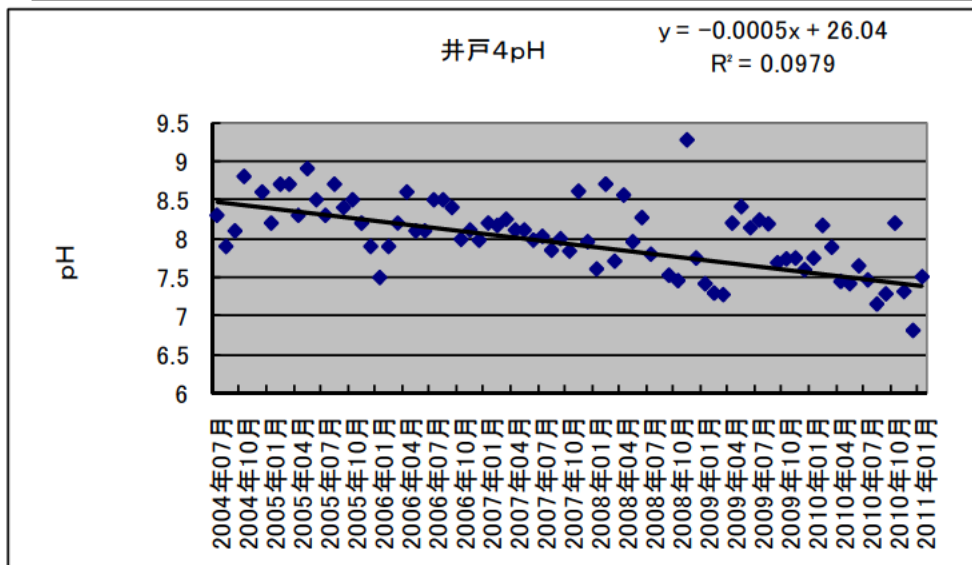


図 2-28 自噴井 4 の pH

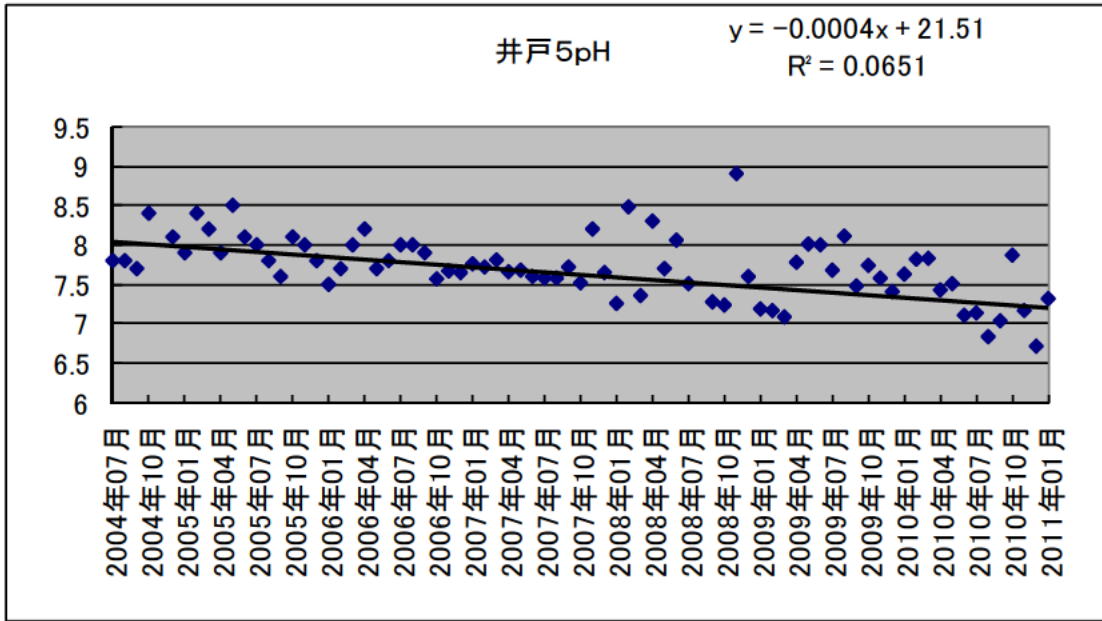


図 2-29 自噴井 5 の pH

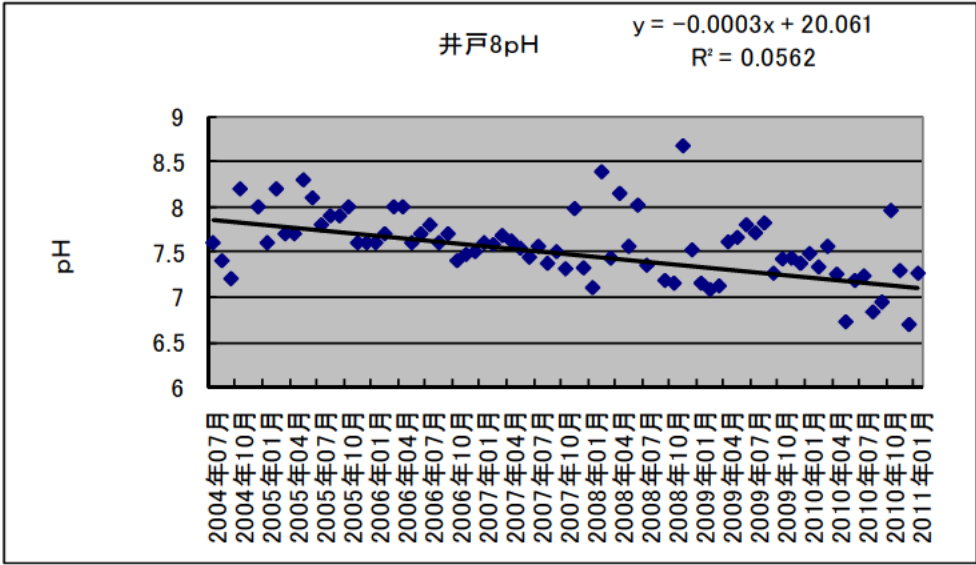


図 2-30 自噴井 8 の pH

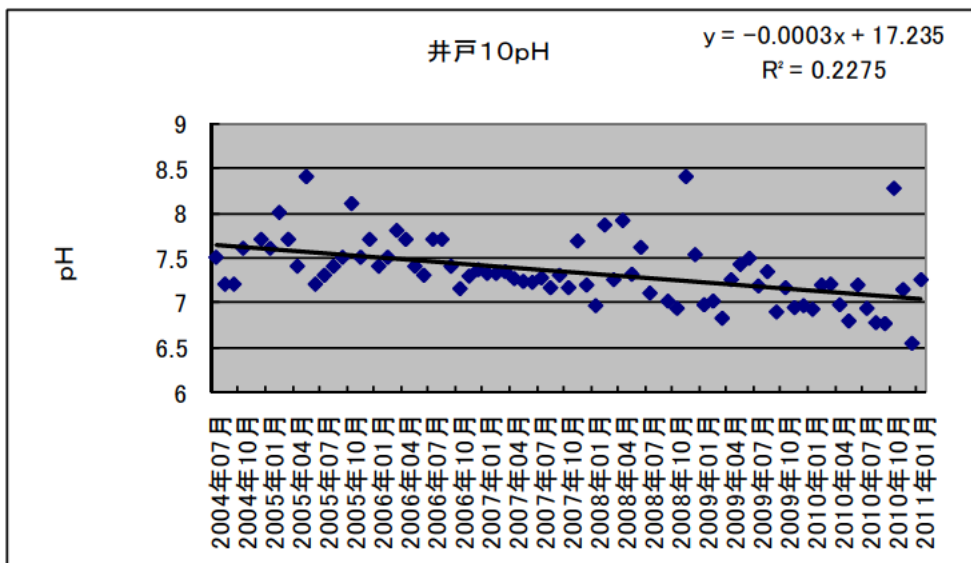


図 2-31 自噴井 10 の pH

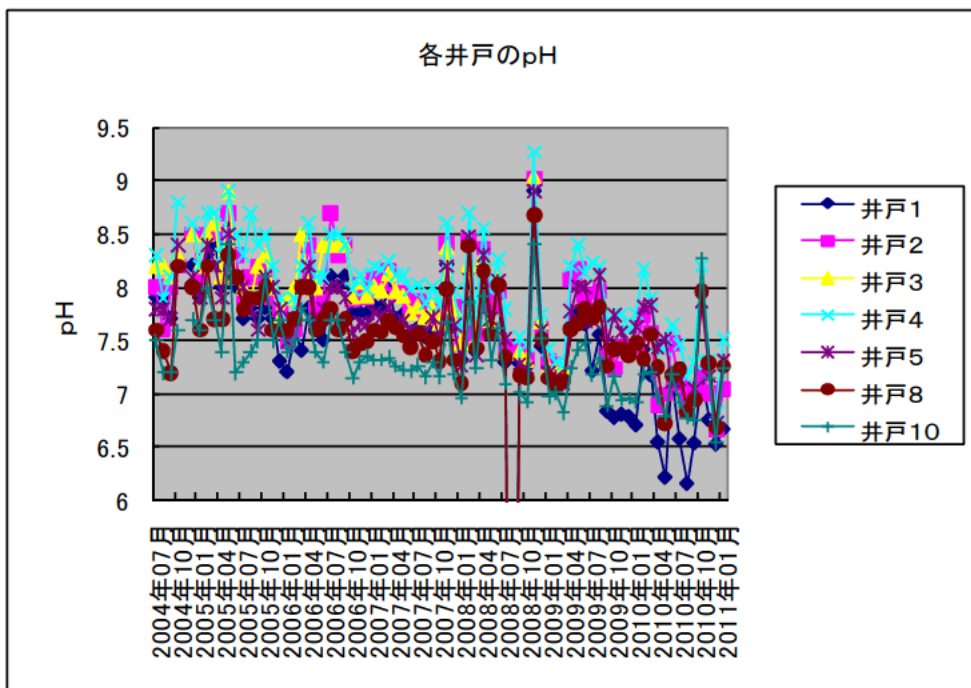


図 2-32 各井戸の pH 変化

pHは、いずれの井戸でも低下傾向を示し、アルカリ性を失い、中性に近づいているのが分かる。水温の変化が大きくなったのと併せて考えると、表面水の混入が考えられる。

3. 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る。

しかし近年、規制区域外での地下水の利用が問題になってきており、一層の注意が必要である。

非線形科学的手法による地形データの解析（２）

葛葉 泰久（三重大学大学院 生物資源学研究科）

I. 年度当初に申請した研究計画：

研究題目：非線形科学的手法による地形データの解析（2）

研究担当者：葛葉泰久

研究内容：

非線形科学的手法のうち、おもにマルチフラクタル解析により、地形データの解析を行う。研究計画は以下のとおりである。いずれも、昨年度の計画と同じである。昨年度に研究が完結しなかったので、再度同じ研究計画を挙げる。

- 1) まず、標高データは、マルチフラクタル的性質を持っているはずであり、それを確認する。伊勢湾岸地帯の標高が Lovejoy and Schertzer が開発してきた Universal model で表現できることを確認したのち、モデルで使用するパラメータを算定する。
- 2) 他の地域の、地盤沈下が起きていない地域を対象に、同様の解析を行い、当該地域の異常性を明らかにし、将来像を予測する。地盤沈下が、単なる自然的摂動の範囲内であることが明らかになる可能性もある。
- 3) 標高データだけでなく、河川のネットワーク形状についても、類似の解析を行い、当該地域の特徴を明らかにする。

II. 研究成果の概要

1), 2) について、概ね予定した成果を得た。地形、標高がマルチフラクタル的性質をもつことは確認できたが、2月段階では、伊勢湾岸の地盤沈下地域についての考察結果は出揃っていない。そこで、次項では、関東平野について言及している。また、3) については、検討中である。

III. 研究結果

1. 序論

日本列島は、互いに作用しあう4つのプレートに囲まれており、地震活動、火山活動の影響を大きく受けている。そのため、地形の変化が極めて激しく、また、陸地部分から海底地形に至るまで、日本独特の地形が広がっている。本研究では、(1) この特殊な地形が、マルチフラクタルで表現可能かどうか、(2) 表現可能であるなら、そのパラメータはどのように分布しているのか、(3) フラクタル的特性が地盤沈下の挙動とどう関係あるか、を探ることを目的としている。

具体的には、日本の標高データ、及び、海底の水深データに、Lovejoy and Schertzer¹⁾の連

続型マルチフラクタルモデル（ユニバーサルマルチフラクタルモデルとも呼ばれるので、以降 UM と称す）が適用できるかどうかを確認したのち、後述する 3 つのパラメータを算定した。

ここで、「マルチフラクタル」とは、Mandelbrot が提案した「フラクタル」を発展させたものである。フラクタルは、幾何学的な概念で、ハウスドルフ次元などのフラクタル次元をただ一つだけ持つ。例として、コッホ曲線、身近なところで、海岸線の形、ブロッコリーや雲の輪郭等が挙げられる。

一方、マルチフラクタルというのは、単なる図形（幾何学）ではなく、図形の上に何らかの量が載った（つまり測度がある）状態を論ずる。端的に言えば、日本の海岸線の複雑さを論ずるのがフラクタルで、その日本の国土の上に降り注ぐ降水の分布を論ずるのがマルチフラクタルである。

地形というのは様々な現象の相互作用から成る複雑なもので、地形の標高分布は高い不規則性を持っている。地形を表すのに重要なものとして、特異性（極値があることを指す）と間欠性（微分不可能な、値が階段状になっていることを指す）があり、これが、その地形の複雑さを決める大きな要因となる。フラクタルを用いた地形の解析は過去にも行われていたが、そこでは、この特異値と間欠性、特に間欠性が上手く表すことが出来ずにいた。このフラクタルの弱点を克服したマルチフラクタルについては、直感的に、前述のように、標高は、図形（国土）の上に測度が載っている状態と考えられるので、それによる解析が有効であることは明らかである。

今回、3 つのパラメータで記述される UM を利用して、解析を行った。3 つのパラメータは、マルチフラクタル度を示す α ($0 < \alpha \leq 2$)、地表面のまばら度合いを示す C_1 (> 0)、スムージングの度合いを示す H （値が大きいほど滑らか）である。この UM モデルで地形データが表現できることは、Tchiguirinskaia *et al.*²⁾や Gagon *et al.*³⁾で確認されている。また、海底地形に関しても、このモデルが有効であると証明されているが、日本を対象とした解析は行われた例がない。

そこで本研究では、UM モデルの 3 つのパラメータ同定を介して日本が持つ特殊な地形の特性を調べた。具体的には、日本全土の陸の地形、駿河湾沖・富山湾沖の海底地形を対象に、パラメータを同定し、その特性の法則性（地形との関係）について考察した。加えて、Gagnon *et al.*³⁾などで求められているパラメータ値との比較を試みた。

2. 使用データと解析手法

2-1. 使用データ

まず、本研究で使用した陸地のデータは、国土数値情報の標高データである。データの使用範囲は、東経 123~149 で、北緯 20~464 である。このデータの解像度は 50m 間隔である。パラメータの同定は、国土数値情報の 2 次メッシュごとに行った。一つの 2 次メッシュ領域は、200 個のデータで構成される。本研究では Lavallée の提案した DTM という手法を一次元的に適用してパラメータを同定した。また、マルチフラクタル解析は、2 のべき乗個のデータを用いて行う。そこで、各 2 次メッシュに対し、200 個の「東西方向に 128 個並ぶ

データ」を用いて「東西方向のパラメータ」（縦方向とする）を求め、同様に「南北方向のパラメータ」（横方向とする）を求めた。

2-2. 解析手法

UM は下記の式(1)~(4)で表わされる。本研究では、まず、スペクトル解析等によって標高データが式(1)の R_λ で表し可能かどうかを調べた。次に DTM により標高データを解析し、 α 、 C_1 、 H を同定、さらにその空間分布を求めた。

$$\Delta R_\lambda = \varepsilon_\lambda \lambda^{-H} \dots\dots\dots(1)$$

$$\langle \varepsilon_\lambda^q \rangle = \lambda^{K(q)} \dots\dots\dots(2)$$

$$K(q) - qH = \begin{cases} \frac{C_1}{\alpha - 1} (q^\alpha - q) & \alpha \neq 1 \\ C_1 q \log(q) & \alpha = 1 \end{cases} \dots\dots(3)$$

$$H = \frac{(\beta - 1)}{2} - \frac{C_1(2\alpha - 2)}{2(\alpha - 1)} \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 β はスペクトル解析で求められるパラメータである。

3. 結果と考察

DTM で算定した α の分布を fig.1, C_1 の分布を fig.2, H の分布を fig.3 に示す。ここでは、特に関東平野を含む地域を対象地域とした結果を示す。

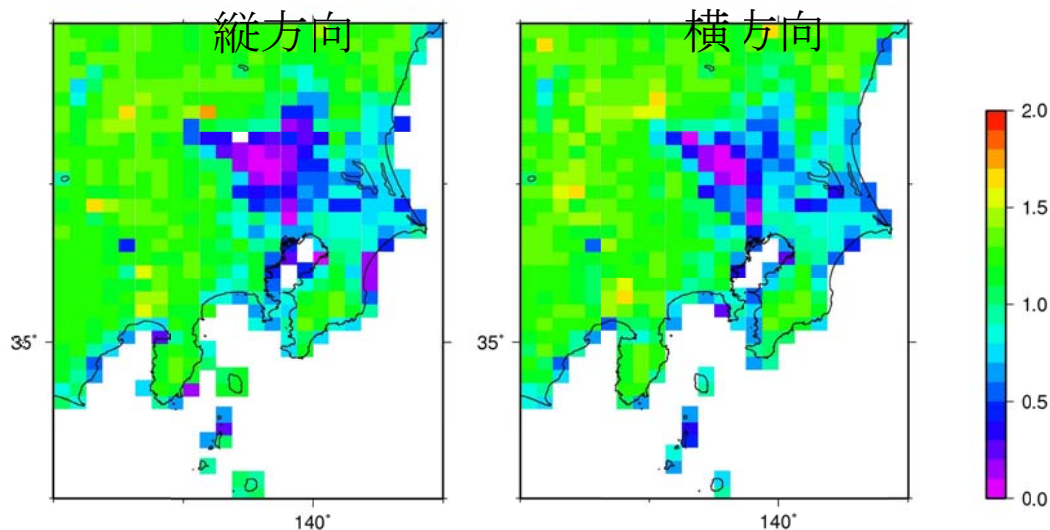


Fig.1 α の分布

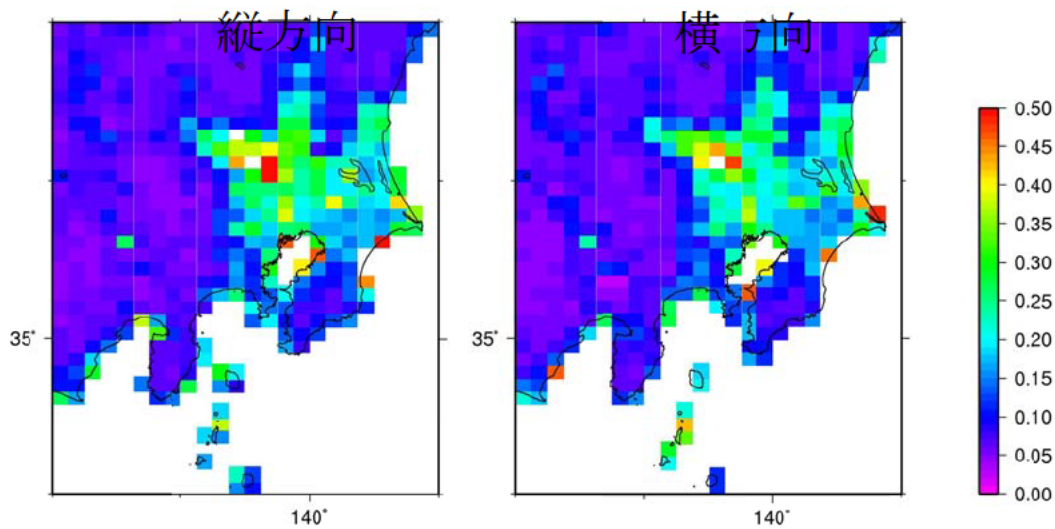


Fig.2 C_1 の分布

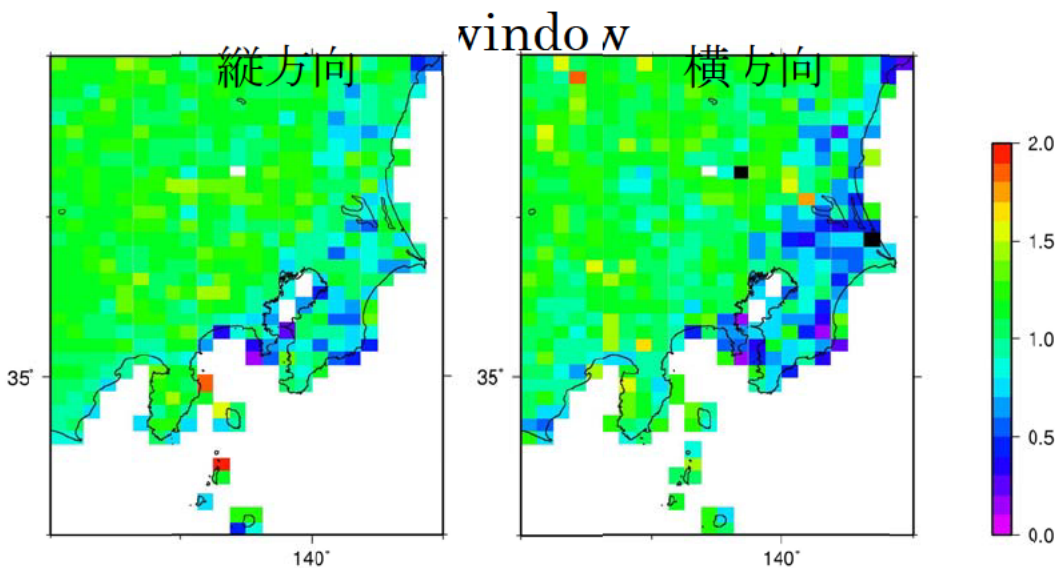


Fig.3 Hの分布

まず, Fig.1~3 を見ると, 西方向と南北方向の分布の仕方にそれほど差がないことから, 日本の地形はマルチフラクタル的に等方的であることが確認できた.

次に, Fig.1 を見ると, 関東平野に位置する地域で値が小さくなっており, さらに, 海岸部でも値が小さくなっている. α は値が小さいほど特異値が出やすいので, 関東平野と海岸部では特異値が出やすいことが分かった. また, Fig.2 を見ると, 他の地域に比べて, 関東平野と海岸部で値が大きくなっている. C_1 は値が大きいくほど間欠性が強いので, 関東平野と海岸部では間欠性が強いことが分かった. この2つの結果を合わせると, 関東平野は他の地域よりも地形が複雑であり, 海岸部は内陸部よりも地形が複雑であるということに

なる。そして、Fig.3 を見ると、関東平野の海岸部では値が小さいことが分かる。内陸部の方では、これといった特徴は見られない。H は地表面の滑らか度合いを表すので、海岸部の方が内陸部に比べて地形が滑らかでなく、粗い地形であることが分かる。

以上のことから、まず、関東平野の海岸部では、他の地域に比べて、地表面が非常に複雑で粗いことが分かり、内陸部は、特異値が出やすく間欠性が強いが、地表面は滑らかであることが分かった。また、他の地域では、内陸部よりも海岸部の方が、地形が複雑で粗いことが分かった。

参考文献

- 1) Lovejoy, S. and D. Schertzer (2007): Scale, Scaling and Multifractal in Geophysics : Twenty Years on, NONLINEAR DYNAMICS IN GEOSCIENCES, pp.311-337
- 2) Tchiguirinskaia, I. , S. Lu, F. J. Molz, T. M Williams, and D. Lavallée(2000) : Multifractal versus monofractal analysis of wetland topography, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 14, pp.8-32
- 3) Gagnon, J.-S., S. Lovejoy and D. schertzer (2006):Multifractal earth topography, Nonlin. Processes Geophys., 13, pp. 541-570

低コスト地下水位観測システムの開発（その3）
フィールドにおける通信手段の確保に関する考察

伊藤 良栄（三重大学大学院 生物資源学研究科）

低コスト地下水位観測システムの開発（その3）

フィールドにおける通信手段の確保に関する考察

三重大学大学院生物資源学研究所

伊藤 良栄

1. はじめに

環境問題としての地盤沈下の長期的モニタリングや水資源利用としての地下水量評価などを行うには、地下水位の観測データが重要である。三重県や東海地方といった広範な範囲を対象とした解析を行うためには多地点の情報が必要である。また、リアルタイムで最新値を取得可能にするには、これらの観測機器がネットワークに接続し、自立的にデータベースサーバに観測データを提供する必要がある。最近の観測機器にはインターネットや携帯電話回線を通じて計測データを転送する機能をサポートするものが多い。しかし、実際の観測地点は人里離れた場所になることもあり、そのようなフィールドでの運用をどのように行うかという問題がある。

2. 研究の背景

インターネットの普及と発展により、フィールドサーバをはじめとするセンサーグリッド技術が急速に進歩してきた。我々のグループでは国内外での実証実験を通じ、野外観測におけるフィールドサーバの有効性とネットワーク不通時のローカルデータストレージサーバの重要性を指摘してきた。昨年度までにNAS(Network Attached Storage)であるLinkstation(Buffalo社)/玄箱(玄人志向社)、MicroPC、OpenBlocks等のLinuxベースの機器から始め、屋外での耐久性の観点から可動部品を排除した組み込み系Linuxを用いたシステムに着目し、圃場における耐久実験により、夏季の屋外という過酷な条件化でも安定して稼働できることを示した。

しかし、通信インフラが整備されていない野外での通信経路確保や、商用電源に頼らない省電力対応等の問題が残された。そこで本年度は、同様の問題を抱える農地での通信経路確保について検討することにした。

3. ネットワークを利用した圃場計測における問題点

3. 1 物理環境

ネットワークの基幹となるルータや無線LAN装置等のネットワーク機器は、一部特殊な製品を除き、商用電源が得られる室内での利用を前提としている。しかし、日本では農地が居住域から離れた場所に存在することが多く、都市近郊やハウス等の施設栽培以外の露地圃場では、商用電源や気密性の高い建屋を手配するのが困難である。

3. 2 通信回線

中山間地域等では特に有線系のネットワークインフラの整備が遅れており、圃場からインターネットへの中継点を確保するのが難しい。三重県の場合、行政支援によるCATVの普及が進み、ブロードバンドカバー率がほぼ100%であるが、この数字はあくまでも全世帯を対象としたものである。実際に熊野市の大規模みかん園でインターネット回線の導入を検討したが、ADSL、光ファイバー、CATVいずれも高額な初期工事費がかかるか所定の回線速度が得られないなどの理由

から採用できなかった。(後に、ADSL は契約どおりの性能がでないことを了承することを条件に開通できた。)

携帯データ通信については、近年急速に普及が進み、それに伴いサービスエリアも拡大してきた。2009年1月6日の報道資料によれば、NTT ドコモ(以下ドコモ)は、日本全国における FOMA® ハイスピードエリアの人口カバー率 100% を、2008年12月26日(金曜)に達成している。「人口カバー率」とは、同報道資料の注釈によると携帯電話などでサービス提供エリアの広がり具合を示す指標のことを指し、市町村の役場が所在する地点における通信が可能か否かを基に算出している。そのため、市町村がサービルエリアに含まれていても、実際のフィールドで携帯データ通信を利用できるかどうかは保証されていない。さらに、都市部では普及が進んでいる低価格サービスを提供しているイーモバイル等のキャリアも、地方では幹線道路沿いでのみ利用可能な場合が多い。

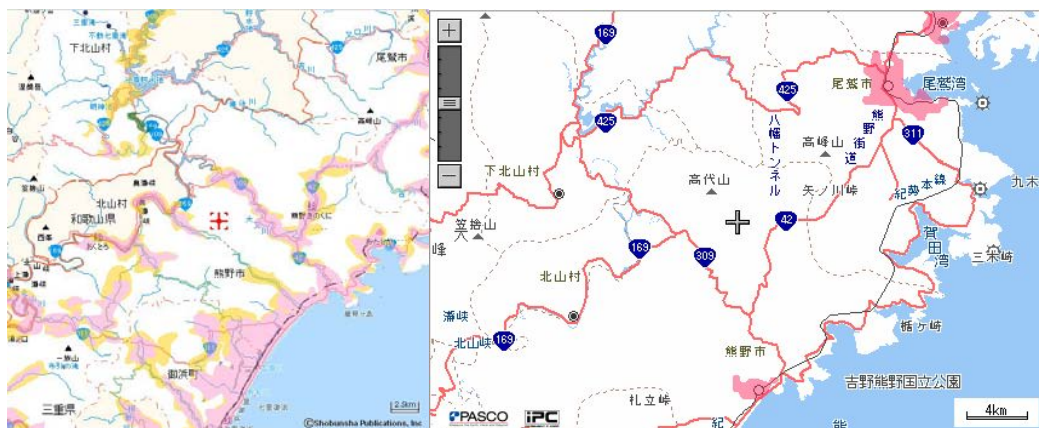


図 3-1 熊野市周辺のサービスエリア比較 (左: ドコモ, 右: イーモバイル)
(各社 Web ページより引用)

3. 3 通信障害やセキュリティへの対応

一般のインターネット常時接続サービスは、通常ベストエフォート方式で回線速度の保証はない。さらに、ISP 側のメンテナンスや気象条件などにより、不定期に通信が途絶えることがある。また、専用回線と違い、通信経路上でのなりすましやデータ改ざんなどの可能性もある。

上記問題点のうち、電源ときちんとした建屋の存在は、現状では解決策を見いだせていない。以下では、それ以外の問題点をどのように解決していったかを事例毎に紹介する。

4. 国内外の圃場における計測モニタリングの実施例

4. 1 ハワイ UCC コーヒー農園

2002年12月にハワイ島コナの UCC Hawaii 事務所内のコーヒー農園にフィールドサーバとデカゴン社の土壌水分センサ ECH2O を設置し、遠隔地土壌環境モニタリングの実証実験を行った。農園のほぼ中央に位置する事務所には ADSL 回線が敷設されていたので、RS-232C イーサ変換器の仮想 COM ポート機能を利用し、VPN 経由で遠隔地からデータ取得するシステムを開発した。この事例では、観測地点のすぐ近くにインターネット回線と商用電源が用意され、主要な機器を空調の利いた室内に設置することができたので、回線確保には苦労しなかった。しかし、不安定な通信回線と度重なる停電の発生から、ローカルデータストレージサーバの重要性が認識された。

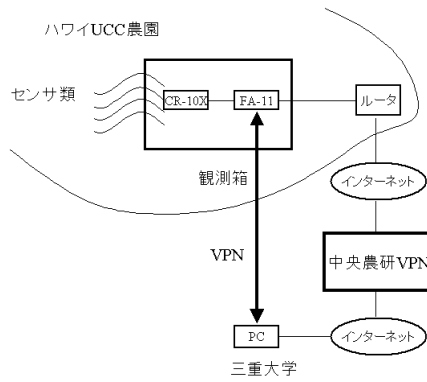


図 4-1 ECH2O センサシステムの概要

4. 2 和歌山県まるどりみかん園

マルチドリップ栽培による温州ミカンの露地栽培が行われている和歌山県有田市のみかん園にフィールドサーバを設置し、UCC での実験同様 ECH2O センサを設置し、各種環境要因と土壌水分変化のモニタリングを行った。

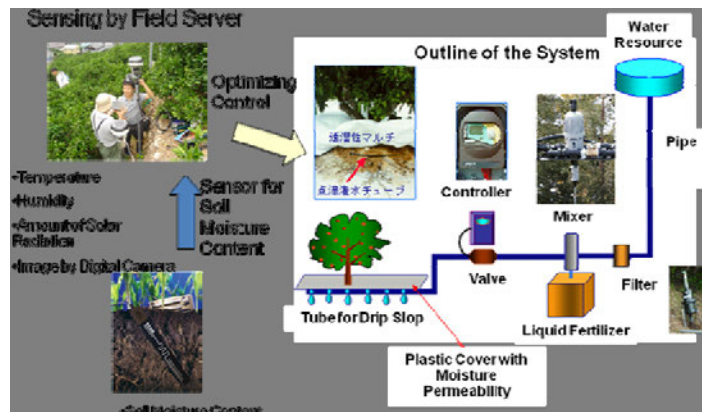


図 4-2 まるどりみかん栽培システムの概要

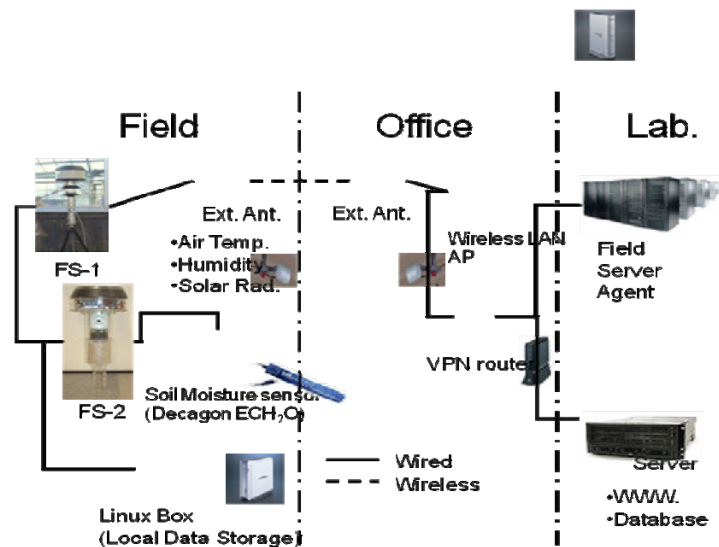


図 4-3 遠隔モニタリングシステムの概略

圃場と ADSL 回線が敷設されている選果場が 300m ほど離れていたため、無線 LAN により通信を行った。機器に内蔵のアンテナでは電波が弱かったため当初は不安定であったが、指向性外

部アンテナの導入により通信が安定し、三重大学から圃場の観測データおよびネットワークカメラによる画像を自動収集することができた。

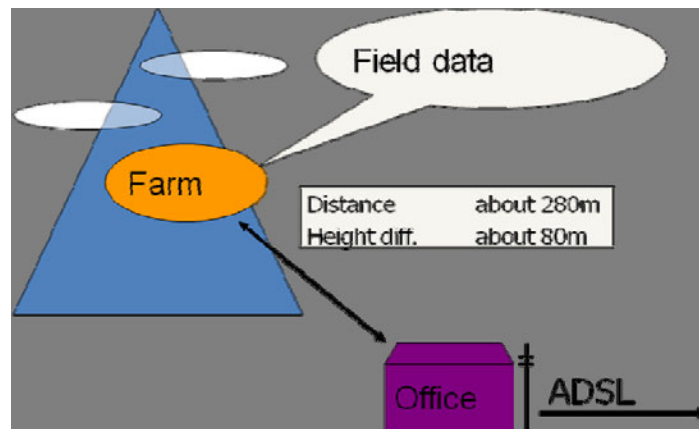


図 4-3 無線 LAN による通信経路の確保

フィールドサーバには計測データを記憶しておく機能がなかったため、ローカルデータサーバとして MicroPC を採用したが、内蔵 HDD がすぐに故障し、外での耐久性に問題を残した。なお、この点に関しては昨年度開発した組み込み系 Linux を用いたシステムにより、ほぼ解決できた。

4. 3 三重県熊野市まどりみかん園

三重県熊野市にある金山パイロットおよび御浜町阿田和のみかん園を対象とし、熟練農家のノウハウや判断ルールの摘出と、経験の少ない農業者へ栽培支援の基礎データを提供するため、圃場情報収集のためのセンサネットワークを構築した。

金山パイロットのみかん園は最寄りの民家からかなり離れており、公道からも数百 m 山側に入ったところに位置するため、ADSL、光ファイバー、CATV いずれも初期工事費や回線速度の問題から有線系の通信回線は絶望的であったので、インターネット回線として衛星データ通信サービスを利用した。圃場にあるフィールドサーバのそばにパラボラアンテナを設置し、圃場から衛星を経由して茨城県常陸大宮市の NW 管制センターから契約した ADSL 回線を通じてインターネット経由で三重大学に設置したサーバまで VPN を構築した。気象条件や回線のメンテナンスによる通信断による欠測を防ぐため、フィールドサーバで計測したデータは、一時的に現地に設置した Linux Box (FSAB) に保存し、三重大学のデータサーバまで転送することにした。全体の構成を図 4-4 に示す。

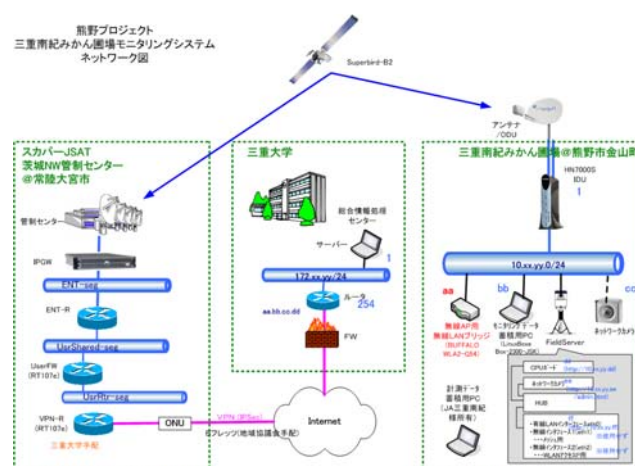


図 4-4 衛星データ通信の構成



図 4-5 観測機器および通信機器の設置状況

衛星データ通信は、2008年8月に設置して以来ほとんどトラブルなく、5分毎に最大600KB程度の画像ファイルを三重大のサーバに転送している。定期メンテナンスや気象条件により通信不能な場合があるが、FSABによりデータ欠損は見られなかった。問題点としては、商用電源が必要なことと、通信費が高い(6万5千円/月)点があげられる。

金山パイロットではNTTの基地局からの距離が遠く、回線品質が保証されないという条件下での利用となった。実際通信速度テストでは、下り：160kbps、上り：130kbpsとISDN並みの低速であった。一方、御浜町阿田和のみかん園ではNTT基地局とのメタル通信ケーブル径が太く、回線品質がよいため、通信速度テストでは、下り：1,200kbps、上り：400kbpsとかなり高速な通信速度が得られた。この圃場と三重大との間にVPNを張り、研究室のPCから当地に設置したフィールドサーバを操作しているが、まったくストレスなく利用できる速度であった。

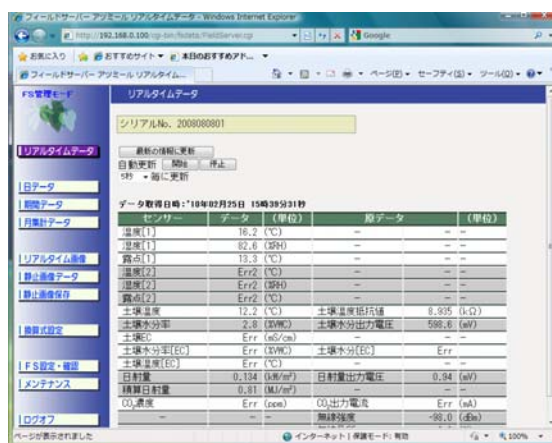


図 4-6 フィールドサーバの遠隔操作画面

阿田和の圃場では今までの携帯キャリアもエリア外であったが、昨年より au が使えるようになった。一方、金山パイロット圃場では FOMA 回線を利用する携帯データ通信 (IIJ モバイルおよび B-mobile 3G) の通信テストも実施した。回線速度テストでは、下り：370kbps、上り：300kbps という結果が得られ、定期的な静止画の転送には十分な回線速度であることが分かった。さらにモバイルルータの登場により、誰でも簡単に利用可能になっている。しかし、都市部でよく利用されている安価な EMOBILE モバイルサービスは、三重県では伊勢以南ではわずかに国道42号線沿いの一部がサービスエリアに含まれるのみであり、現在のところ南紀地域では FOMA

回線利用のサービスしか選択の余地はない。



図 4-7 熊野市金山パイロット周辺のサービスエリア比較（左：ドコモ，右：イーモバイル）
（各社 Web ページより引用）

5. まとめ

以上、通信インフラが整備されていない野外での通信経路確保について、同様の問題を抱える農地を対象とした実証実験の結果をもとに、有線、無線 LAN(WiFi)、衛星データ通信および携帯データ通信について、それぞれの特徴および利用に際して注意すべき点について整理した。その中でも、携帯データ通信が初期費用や通信費といったコスト面および利用可能なエリアの広さといった観点から野外観測における通信回線として有効であることが示された。

今後は、実際に携帯データ通信回線を利用した観測システムを構築し、運用試験を通じて、商用電源に頼らない省電力対応等の残された問題を解決しながら、最終的には地下水位計測に向けてシステムの改良を進めていきたい。