

# 三重県地盤沈下調査研究会

## 平成19年度 調査研究報告書

2008年2月

## まえがき

本報告書は、三重県地盤沈下調査研究会が、平成 19 年度に地盤・水文環境、水資源や災害の管理等について調査研究した結果をまとめたものです。

三重県北勢地域の臨海平野部の元来軟弱な地盤が広がる一部の地域では、地盤の累積沈下量が過去 40 年余で 1m を超えているところもあります。近年、この地域の地盤沈下の状況は、さまざまな規制等が功を奏してほぼ沈静化しています。しかし、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ます。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の防災対策には、十分な注意を払わなければなりません。調査研究の成果をもとにした適切な対応を行うとともに、地下水採取規制や地盤沈下等の災害防止事業を今後も推し進める必要があります。

本研究会は、三重県北勢地域の地盤沈下の実態を把握し、その対策を検討することを目的に、地盤沈下に関する既存資料の収集と解析、地盤環境変動や地下水の水質・流動の実態とその将来予測、水資源管理等に関して調査研究を行ってきました。本年度の主な調査研究は以下の通りです。

地盤高変動の調査は主に水準測量成果に基づいています。水準測量は高精度ですが、観測点のある場所しか監視できず、測量実施には膨大なコストや時間・労力を必要とします。比較的広大な地域全体の地盤沈下を面的に高頻度で観測でき、今後有効な技法の一つになると考えられているのが、SAR(合成開口レーダー)衛星等の差分干渉処理です。これについて概観しています。

次に、三重県桑名市と木曾岬町の木曾三川下流域の海拔ゼロメートル地域において、水防体制や水防施設等について詳細な調査を実施し、その実態を把握しています。海拔ゼロメートル地域における水防体制に関する問題点の指摘や提言をしています。

また、北勢地域の地下水を含む水循環システム解明のために、1991 年から継続実施されている自噴井の流出量や水温、電気伝導度、pH の計測調査の結果について述べています。こうした長期の継続的観測は、地下水の管理のための基礎データを提供し、異常発生などの重要な情報源としても有用です。

さらに、水循環を考える場合、地盤沈下に関しては地下水の挙動が重要なことから、地下水流動に焦点を当てた水循環モデルの構築や、地下水中の水質変動等に関した基礎的な実験的研究を行っています。

地盤沈下や地下水量のモニタリングを行うには、地下水位の広範な地域での観測が必要です。最後の研究では、こうした観測データをインターネット経由で自動的に取得でき、比較的安価に入手可能な機材について、野外での運用試験に基づいて問題点を抽出しています。

本調査研究会の継続的な調査研究成果が、三重県およびその周辺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解明等の一助になることを願っています。

平成 20 年 2 月

三重県地盤沈下調査研究会  
会長 福山 薫

衛星干渉 SAR(合成開口レーダー) 観測に基づく  
地盤沈下研究の近年の動向について

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

2008年2月

# 衛星干渉 SAR(合成開口レーダー) 観測に基づく

## 地盤沈下研究の近年の動向について

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

一昨年1月、地図作成や災害状況把握、資源探査等を主目的として、宇宙航空研究開発機構(JAXA)により、陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)が打ち上げられた。本衛星は、高分解能の陸域観測データを全地球的規模で収集する世界最大級の地球観測衛星であり、Lバンド(波長23.6cm)のSAR(合成開口レーダー)も搭載している。

SARは、マイクロ波を利用して、対象物に直接接触することなく、計測を実施するリモートセンシング技術の一種である。これを利用して高精度に標高データや、地震、火山活動、地滑り、地盤沈下等の地殻変動や氷床変動などを測定できる。

近年、この「だいち」をはじめ、中国、イスラエル、カナダ、ドイツ、ヨーロッパ連合等から、SAR搭載の衛星が相次いで打ち上げられ、SARに基づく本格的な地球観測や、それに基づく災害監視への幅広い利用が始まっている。

本稿では、こうした最近のSAR観測について概略する。SARの真髄であるInSAR(干渉SAR)のデータ処理には、きわめて高度の専門的技術が必要であり、またそのソフトウェア自体も高価なものが多かった。近年、オープンソースソフトウェアを利用した解析アプリケーションが開発されているので、それについての解説も行う。

## 2. 各国の SAR 衛星の概略

本節では、我が国の「だいち」のほか、ここ数年の間に中国、イスラエル、カナダ、ドイツ、ヨーロッパ連合等から相次いで打ち上げられた SAR 搭載衛星のそれぞれの特徴について概観する。

## 3. SAR について

SAR (Synthetic Aperture Radar:合成開口レーダー) はマイクロ波を用いた撮像システムである。SAR に用いられるマイクロ波は雲中を透過し、衛星自らがマイクロ波を発信するので、SAR 衛星は昼夜を問わず観測することが可能である。

電波の伝播経路の正確な測定をして、電波の干渉原理を応用することによって、数値標高モデル (DEM) の作成や、地震・火山活動や地盤沈下等の cm オーダーの地盤変動の測定をすることができる。

本節では、特に InSAR の原理や画像処理の技法等について解説する。各副節に以下の各項目について述べる。

1. SAR の複素画像について
2. 干渉 SAR でできること・できないこと
3. 干渉位相による地表高度測定
4. インターフェログラムの平滑化
5. 位相アンラッピングと DEM 作成
6. 微分干渉技法による地盤変動測定
7. 干渉位相変化に対する大気の影響
8. 他のノイズ要因

#### 4. Doris InSAR プロセッサについて

本節では、オランダのデルフト工科大学の地球観測・宇宙空間システム研究所 Dr. Ramon Hanssen らが開発した InSAR の解析処理ソフトウェアである Doris (Delft object-oriented radar interferometric software) について、簡単に解説する。

Doris は、フリーソフトであるものの性能に定評があり、欧州のみならず、世界各地で利用されるようになってきた。また、GIS ソフトウェアである GRASS や、地図作画アプリケーションとして有名な GMT 等のオープンソースソフトウェアと融合することによって、InSAR の高度な解析ツールとして進歩しつつある。

木曾三川下流域における  
海拔ゼロメートル地帯の水防体制

- 三重県桑名市・木曾岬町を対象とした調査報告 -

浦山 益郎（三重大学大学院工学研究科）

小川 宏樹（岐阜市立女子短期大学）

# 木曾三川下流域における海拔ゼロメートル地帯の水防体制

－三重県桑名市・木曾岬町を対象とした調査報告－

浦山 益郎（三重大学大学院工学研究科）

小川 宏樹（岐阜市立女子短期大学）

## 1. はじめに

海拔ゼロメートル地帯は、地形上、洪水や高潮などによる水害を受けやすい。治水対策として河川改修は重要な事業であるが、短時日に完遂できるわけではないため、水害の発生が予想されるときに人命と財産を守り、被害を最小限に食いとどめる水防活動は重要な対策である。

木曾三川流域の海拔ゼロメートル地帯では古くから自衛のために地域住民による水防活動が行われてきた。内田和子<sup>1)</sup>によると近世以来の伝統的な水防活動は水害予防組合<sup>2)</sup>に引き継がれてきたが、河川改修の進展に伴う輪中の統廃合と連動して水害予防組合の廃止・統合が進み、地域が担ってきた水防機能が市町村や水防事務組合へ移行した。また、河川改修と排水ポンプによる内水排除技術の進展は、地域住民の水防意識の希薄化、水防活動にあまり協力的でない新住民の増加などを招き、伝統的な水防社会の変質につながっているとされている。

地域住民が水防に関わる組織として水防団がある。しかし、高齢化や若年層の加入率の低下に伴い、この 50 年間で水防団員の数が半減している（平成 15 年、国土交通省河川局調べ）。440 km<sup>2</sup>もの広大な海拔ゼロメートル地帯を有する木曾三川流域にとって、このような状況は地域防災力の低下につながる懸念もある。

そこで本年度は、木曾三川下流域の海拔ゼロメートル地帯における水防体制の実態と課題を把握するために、三重県桑名市と木曾岬町を対象に、水防のための組織体制および活動実態、水防のための施設整備の現況を調査した。

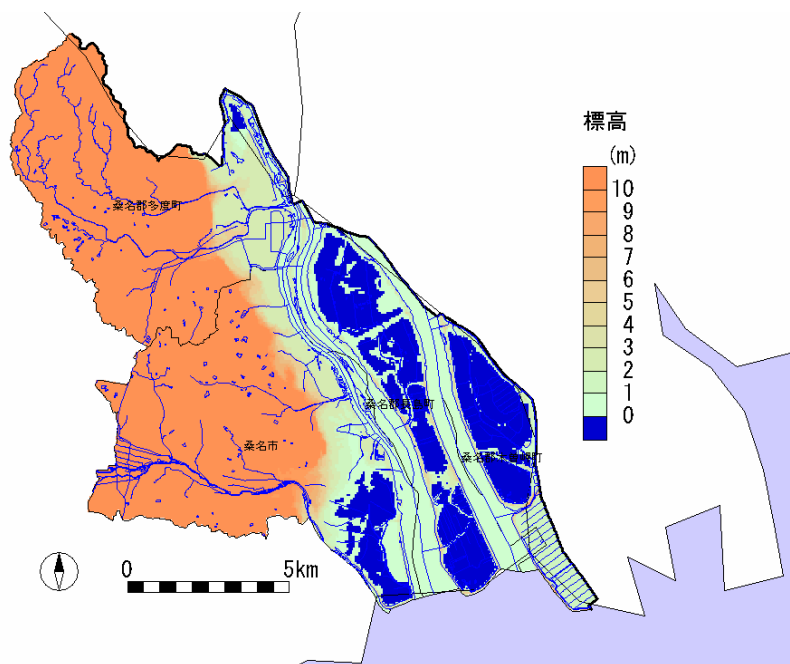


図-1 調査対象地域（濃い青が海拔ゼロメートル未満）

1 内田和子：「近代日本の水害地域社会史」、古今書院、1994.12

2 水害の防御という共通の目的を持つ人々がつくった地縁的な公共組合。明治 41 年の水害予防組合法が根拠法。



## 2. 桑名市・木曾岬町における水防体制と活動実態

### (1) 水防法の定める水防体制

災害対策基本法<sup>3)</sup>によると市町村が第一義的に災害に対処するものとされており、水防についても水防法<sup>4)</sup>により市町村の責務とされている。実際には洪水や高潮の恐れのない市町村が存在することから、市町村の中でも水防の必要がある市町村が水防管理団体に指定され、水防事務を行うことになっている。複数の市町村が共同して水防に取り組むために設立された水防事務組合、水害防御のために設立された水害予防組合が水防管理団体として指定されることもある。三重県では平成19年4月現在、桑名市や木曾岬町など29市町村が水防管理団体に指定されている。県内には指定水防管理団体としての水防事務組合と水害予防組合はない。なお、都道府県は水防管理団体の水防の効果を発揮させるために、広域的な立場から水防活動を調整する役割をもっている。

水防法は水防管理団体に水防機関として水防団の設置を求めている(図-2)。つまり水防団は水防管理団体が設置する公共機関となる。水防管理団体は水災の警戒、防御および被害軽減のために堤防などの危険箇所を巡視・点検し、情報の連絡・通信を行い、必要があれば危険箇所に水防工法を実施しなければならない。これら実際の事務を担う組織が水防団である。水防団の担任区域や動員計画、水防団および消防機関との連携方法などは水防計画に盛り込まれる。水防団の団員の多くは非常勤の地域住民であり、水防管理者の指示により参集し、水防活動に従事する<sup>5)</sup>。ただし、昭和22年の消防組織法、昭和23年の消防法において水防も消防機関の任務とされており、水防団員は消防団員との兼任が少なくない。また、平成17年4月の法改正によって、水防管理者は災害救援活動を目的とする公益法人やNPO法人を水防協力団体として指定し、水防体制を強化することができるようになった。

地域住民が防災に関わる組織として自主防災組織がある。自主防災組織は災害対策基本法第5条が定める地域住民によって自発的につくられる組織である。実際は町内会・自治会や婦人会などの防犯に係る組織や防災を目的とするNPOが自主防災組織として活動している。自主防災組織は、表-1のように平常時には防災知識の普及や啓発、地域内の安全や設備の点検、防災訓練などを行い、災害時には情報を収集して住民に迅速に伝え、初期消火活動、被災者の救出や避難誘導、避難所の運営などの活動が期待されている。つまり災害発生時に防災活動の実働部隊として期待されているが、法的には住民の自主性に基づく活動とされ、責任や権利義務のない点、主として地震に備えた活動が期待されている点が水防団と大きく違う。

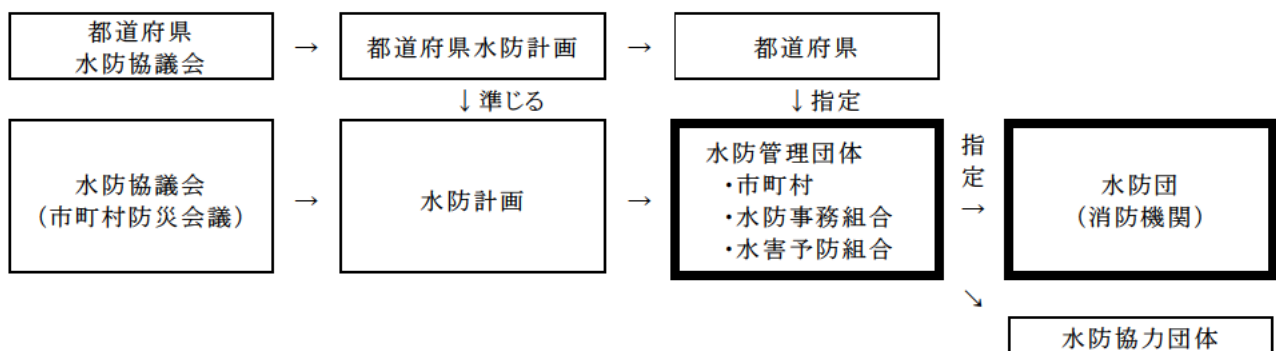


図-2 水防法が定める水防体制

<sup>3)</sup> 昭和36年制定。災害に対する国、都道府県や市町村の責任を明確化し、総合的防災行政の推進、計画的防災行政の推進、激甚災害に対する財政援助など災害対策の基本を定める。

<sup>4)</sup> 昭和24年制定。洪水又は高潮に際し、水災を警戒し、防御し、これによる被害を軽減することを目的とする。

<sup>5)</sup> 「平成19年度三重県水防計画」によると、水防員数は消防団員が13,748名(内桑名市749名、木曾岬町82名)、消防本部職員が9,107名(内桑名市1,452名、木曾岬町14名)。水防区域の総延長は1,869,087m。

## (2) 水防団の役割

水防管理団体が設置する水防機関には消防本部と水防団<sup>6)</sup>がある。消防本部が常備された水防機関であるのに対し、水防団は非常備の水防機関である。なお、水防団として専任の水防組織が設けられる場合と消防団が兼任する場合がある。

地域防災計画に盛り込まれる水防活動は表-2の通りである。水害の危険が予想される場合、河川の水位に応じて、水防団は表-3のように待機、出動、水防活動をするようになっていく。平常時にも資機材の点検や訓練などの活動が行なわれる。また、水防管理団体には、毎年水防訓練の実施が義務付けられており、国土交通大臣へ報告することになっている。

水防団が行なうこれらの水防活動を実施するためには、安定した組織が必要となる<sup>7)</sup>。しかし、近年は、新入団員確保の難しさや団員の高齢化、サラリーマン団員の増加によって緊急時の参集が難しくなったことなど、地域防災力の低下が懸念されている。特に昭和35年に160万人ほどいた

表-1 自主防災組織の平常時・災害時の役割

| 平常時<br>(災害に備えた取り組み)   | 災害時<br>(災害による被害を最小限に食い止める活動や<br>まちの復旧・復興に向けた取り組み)   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・地域の安全点検</li> <li>・避難路・避難場所の確認・点検</li> <li>・地域住民に対する防災知識の普及・啓発</li> <li>・防災資機材の整備・点検</li> <li>・自力で避難や移動が困難な方などの確認</li> <li>・防災訓練</li> <li>・防災計画に従ったまちづくり</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・避難誘導</li> <li>・初期消火</li> <li>・救出・救護</li> <li>・情報の収集・伝達</li> <li>・給水・給食</li> <li>・避難所の運営</li> <li>・地域の巡回・安全点検</li> <li>・地域の復旧・復興に向けた取り組み</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p> |

(注) 三重県「自主防災リーダーハンドブック」から作成

表-2 水防団の活動

|     |   |
|-----|---|
| 平常時 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・堤防の巡視</li> <li>・水防倉庫、通信の点検</li> <li>・水防訓練の実施(毎年実施)</li> </ul> |
| 非常時 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・巡視、警戒</li> <li>・水防工法の実施</li> <li>・陸閘、樋門の開閉</li> </ul>         |

表-3 河川の水位と非常時の水防活動

| 水位             | 水防団の活動  |
|----------------|---|
| 指定水位<br>(通報水位) | 待機・準備<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・水害が心配される場合、水防団が待機</li> <li>・指定水位を越えそうな場合、出動準備</li> </ul>       |
| 警戒水位           | 出動<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・警戒水位を越えそうな場合、水防団が出動</li> </ul>                                    |
| 計画高水位          | 水防活動<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・河川の堤防などの巡視点検</li> <li>・情報の連絡通信</li> <li>・危険箇所水防工法を実施</li> </ul> |

<sup>6)</sup> 指定水防管理団体は、区域内の消防機関が十分に水防事務を処理できない場合、水防団を置かなければならない。なお、専任水防団(水防団)と兼任消防団(消防団)を合わせた呼称。

<sup>7)</sup> 水防管理団体については、都道府県条例において必要最低限の定員基準が定められている(水防法第34条)。

水・消防団員数は、平成 16 年には 92 万人と半世紀の間に約 4 割も減少した。また新入団員の減少により、地域に古くから受け継がれてきた水防に関する知恵が若い世代に受け継ぎにくくなるといった問題も指摘されている。そこで国土交通省や水防管理団体は、これらの問題の改善に向け、団員確保のための PR 活動や水防の専門家と協力して水防知識・技能の伝承のためのマニュアルやハンドブックの作成を行なっている。

### (3) 水防団の活動実態と課題

桑名市では消防本部、消防本部を置いていない木曾岬町では木曾岬町役場総務課が、水防団に関する事務を担当している。平成 20 年 11 月～12 月に桑名市、木曾岬町、桑名市消防本部、消防団分団に聞き取り調査を行い、水防活動の実態と課題を把握した。

#### 1) 水消防団員数

桑名市の水消防団員（水防団専任と消防団と兼任を含む。以下、水消防団という）は、平成 19 年 4 月現在、定数 776 名に対し実員 746 名（旧桑名地域 407 名、旧多度地域 165 名、旧長島地域 174 名）で、図-3 のように過去 10 年間は横ばいである。定員の充足率も各年度ともほぼ 100%に近い。全国では 6%減少（平成 10 年度と 17 年度の比）していることから、桑名市では水消防団員数が比較的安定している。また木曾岬町の水消防団員も、平成 19 年 4 月現在、定数 82 人に対し実員 82 人で、この数字も過去 10 年の間あまり変化していない。

しかし、団員の年齢構成に着目すると、全国的な傾向と同様に桑名市（平均年齢 38.3 歳）でも、木曾岬町でも高齢化が進んでいる。図-4 は団員の年齢構成を示したものである。全国（平成 16 年度）と桑名市（平成 19 年度）を比較するとよく似た年齢構成であることがわかる。合併前のデータが入手できた旧桑名地域（平成 16 年度）では、一層、高齢化の傾向が著しい。サラリーマン世帯の増加により、農村部よりも都市部において若年層の確保が難しいものと推測される。

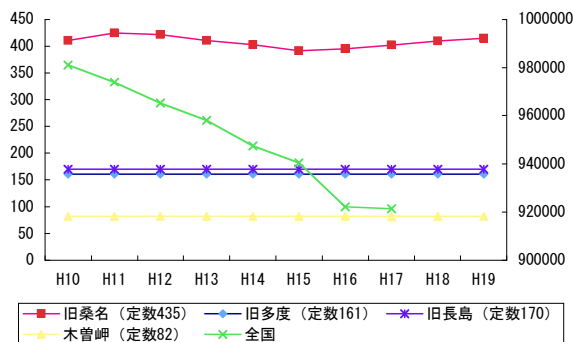


図-3 水消防団員数の変化

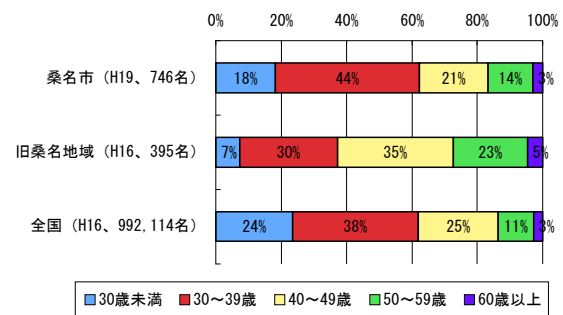


図-4 水消防団員の年齢構成

#### 2) 水害に対する水消防団の出動状況

河川整備が進んだため、近年は堤防の決壊による水消防団の出動機会はほとんどなくなったといわれる。桑名市における水消防団の出動は、道路の冠水や住宅の床下浸水といった台風時などの大雨による内水被害によるものであった（表-4）。また、木曾岬町では、過去 5 年間、水害による水消防団の出動は無かった。

平成 18 年度の大雨の際に出動した消防団分団長に伺ったところ、「冠水の恐れがあった老人ホームの前に土嚢袋を積んだ。こういった地域の弱者（災害時要援護者）に対する活動が今後も増えるのでは」という意見であった。

表-4 桑名市における、水害に対する水消防団の近年の出動状況

| 年度      | 出動内容  |
|---------|---|
| 平成 16 年 | 台風警戒で 7 月～10 月にかけて計 7 日、のべ 168 名出動。市内の一部で道路の冠水等の被害が発生。                            |
| 平成 18 年 | 大雨警報で 4/11 にのべ 29 名が出動。実被害なし。   |
| 平成 19 年 | 台風警戒で 7/14 にのべ 137 名が出動。道路が冠水し、一部住宅において床下浸水の被害。市内の老人介護施設でも床下浸水し、土嚢つみのため消防団員が出動した。 |

### 3) 水消防団を維持して行く上での課題

定員を満たしていない分団や平均年齢の高い分団もあることから、後継者の育成・確保が急務となっている。また、分団によっては 5 年程度で任期を終え退団するところもあることから、技術継承のための訓練が必要という意見もあった。

しかし、課題解決のための策は乏しく、消防本部・総合支所などで募集ポスターを掲示したり、消防団の広報誌などで勧誘を行なうといった取り組みのみであった。

## 3. 桑名市・木曾岬町における水防施設の実態

### (1) 消防団分団詰所、水防倉庫

水防活動に活用される水防施設として、消防団分団の詰所および消防本部職員・水消防団員が非常時に活用する資機材を備蓄しておく水防倉庫がある。調査対象地域における水防施設の設置状況は表-5 の通りである。

消防団は市町村に 1 つ設置され、小学校区単位もしくは大きな集落単位に分団が設置されている。消防団分団詰所は、水消防団員が非常時に参集する場所の他、消防ポンプ自動車などの消防装備、あるいは水防に関する資機材を備蓄する場所としての役割がある。調査対象地域には、42 棟の分団詰所がある。桑名市の多度地域のように丘陵部には鉄骨平屋建や木造平屋建のものもあるが、桑名地域・長島地域については鉄骨 2 階建のものが多い（図-5）。一方、木曾岬町はすべて鉄骨平屋建であった。

三重県水防計画では、水防管理団体はその重要水防区域内<sup>8)</sup>に水防倉庫を設置し、必要な器具資材を備えることが定められている。同計画では、河川、海岸、堤防の延長 2,000m につき 1 棟の割合で設置し、水防活動に便利な場所（適当な場所がない場合は堤防裏法肩その他治水上支障のない場所）に設置すると定めている。三重県内には県が管理する水防倉庫が 26 棟、および市町が管理する水防倉庫が 250 棟ある。そのうち、調査対象地域には、県（桑名建設事務所）管理のものが 3 棟、市町（桑名市、木曾岬町）が管理するものが 34 棟ある（表-5）。これらの水防倉庫は主に調査対象地域に流域を持つ、国土交通大臣が指定する洪水予報河川（水防法第 10 条第 2 項）と水位周知河川（水防法第 13 条第 2 項）である木曾川、長良川、揖斐川および都道府県知事が指定する洪水予報河川（水防法第 11 条第 2 項）と水位周知河川（水防法第 13 条第 2 項）である員弁川の堤防沿いに設置されている。

また、これらの水防倉庫には、表-6 のような器具資機材が備えられており、主に土嚢に使用する麻袋（近年はビニル製）が備蓄されている。そして、年に 1 回程度、水防管理者によって点検が行なわれている。

<sup>8)</sup> 河川において、堤防高、堤防断面、法崩れ・すべり、漏水、水衝・洗掘、工作物、工事施工、新堤防・破堤・旧川跡、陸閘等の基準により指定される水防の必要性が高い区域。

表-5 水防施設

| 市町名  |       | 消防団分団詰所        | 水防倉庫         |
|------|-------|----------------|--------------|
| 桑名市  | 旧桑名地域 | 15(分団 14)      | 市管理:14、県管理:2 |
|      | 旧多度地域 | 13(分団 5)       | 市管理:10、県管理:0 |
|      | 旧長島地域 | 9(分団 5、機動分団 4) | 市管理:5、県管理:1  |
| 木曾岬町 |       | 5              | 町管理:5、県管理:0  |
| 計    |       | 42             | 37           |

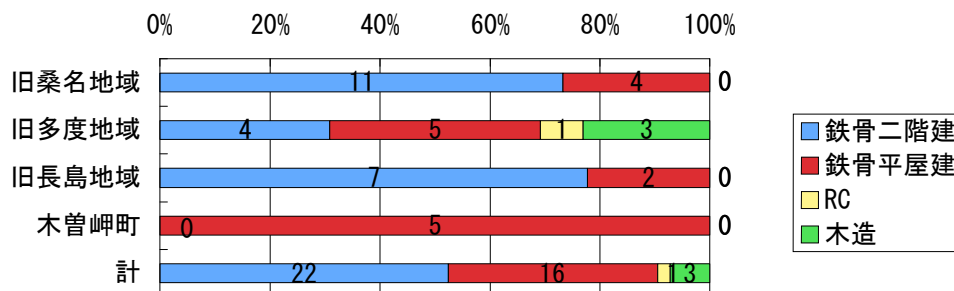


図-5 消防団分団詰所の構造

表-6 水防倉庫の備蓄資機材の例<sup>9)</sup>

| 品名      | 単位 | 数量    | 備考      | 品名   | 単位 | 数量 | 備考 |
|---------|----|-------|---------|------|----|----|----|
| 空俵又は叭   | 枚  | 0     |         | ツルハン | 丁  | 0  |    |
| 麻袋又はポリ袋 | 枚  | 5,000 |         | のこぎり | 丁  | 3  |    |
| むしろ     | 枚  | 0     |         | ペンチ  | 丁  | 3  |    |
| なわ      | 巻  | 5     |         | 鎌    | 丁  | 33 |    |
| くい木     | 本  | 0     | 長さ 3m   | 斧    | 丁  | 0  |    |
| くい木     | 本  | 50    | 長さ 1.2m | なた   | 丁  | 0  |    |
| 鉄線      | kg | 75    |         | たこ   | 丁  | 6  |    |
| スコップ    | 丁  | 10    |         | はしご  | 台  | 0  |    |
| 掛矢      | 丁  | 3     |         | ハンマー | 丁  | 0  |    |

(注) 桑名市の本部倉庫(33.0 m<sup>2</sup>)の場合

## (2) 海拔ゼロメートル地帯における水防施設の設置場所の特徴

### 1) 水防施設の立地と構造

調査対象地域の標高<sup>10)</sup>(約 50m メッシュ)と水防施設の位置<sup>11)</sup>を示したものが図-6である。この内、海拔ゼロメートル地帯にある施設数を示したものが表-7である。旧長島地域と木曾岬町は行政域の大半が海拔ゼロメートル未満のため、水防施設も海拔ゼロメートル地帯に立地している。

桑名市の旧長島地域では、合併前より老朽化した消防団分団詰所から順次、建て替え・更新が進められていた。そのため、旧長島地域の消防団分団詰所は 9 棟中、昭和 60 年代以降に建設された 7

<sup>9)</sup> 「平成 19 年度三重県水防計画」より作成。

<sup>10)</sup> 国土地理院(<http://www.gsi.go.jp/index.html>)より入手。

<sup>11)</sup> 東京大学空間情報科学研究センター「CSV アドレスマッチングサービス」により位置情報を取得(<http://pc035.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/~sagara/geocode/index.php>)

棟は鉄骨 2 階建てで、主に一階が消防ポンプ車の車庫、二階が詰所という構成である。このため、海拔ゼロメートル地帯であっても、二階の詰所は浸水しにくい構造といえる。

木曾岬町の水防施設は、消防団分団詰所と水防倉庫が兼用になった鉄骨平屋建のものが多い。木曾岬町はほとんどが海拔ゼロメートル未満であるが、土地改良区などが管理する排水施設が整っているため、冠水による消防団の出動は過去 10 年間ないとのことであった。水防倉庫については河川沿いの堤防上に設置されているものが多く、周囲より高いため海拔ゼロメートル未満の位置に立地するものは少ない。しかし居住域との距離という視点からみると、「水防活動に便利な場所に設置する」という意味では立地条件を満たしにくいように思われる。内水氾濫が多くなってきたという近年の水害の特性を踏まえると、水防倉庫の配備についても検討の余地があろう。例えば、木曾岬町のように消防団分団詰所に水防倉庫を併設し、大雨による冠水時に使用する土嚢袋などを備蓄しておくことも有効であると考えられる。

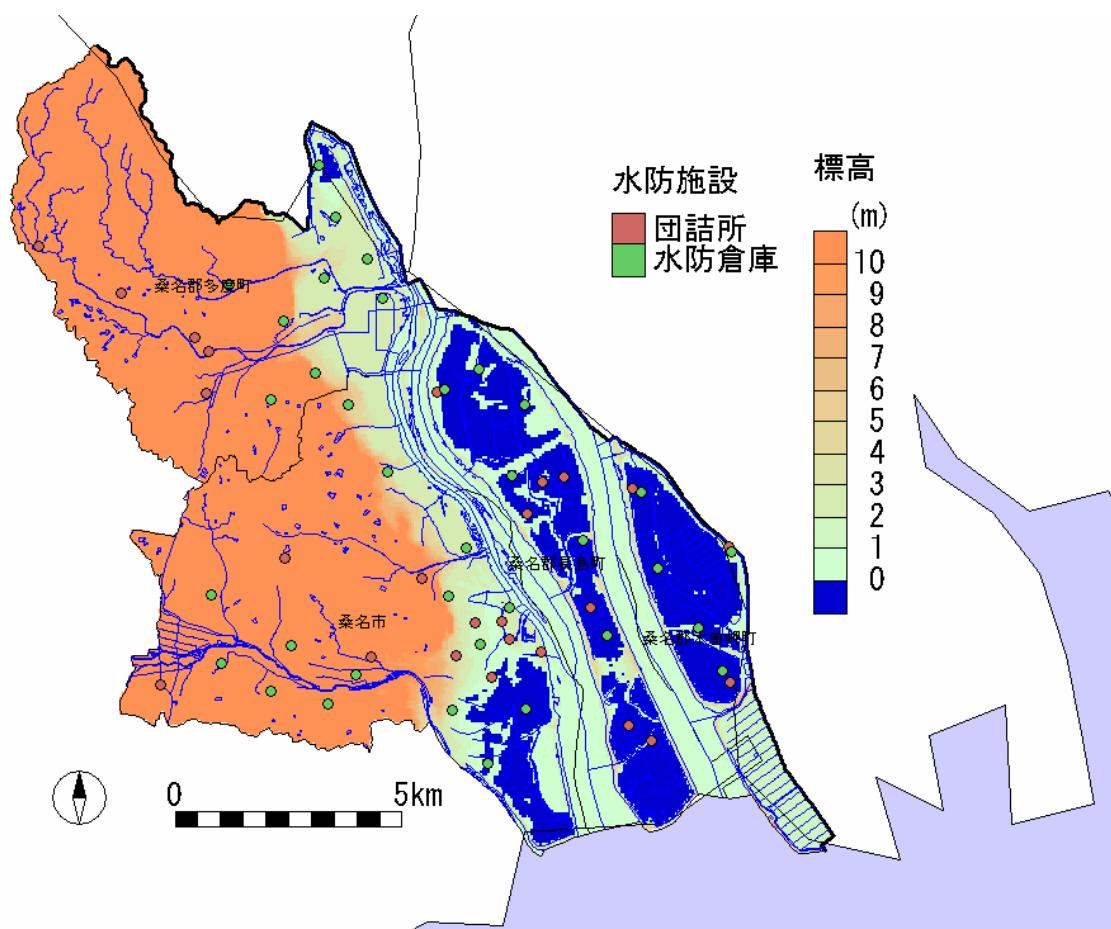


図-6 海拔ゼロメートル未満の範囲と水防施設

表-7 水防施設の立地

| 市町名  | 消防団分団詰所  |     |    | 水防倉庫     |     |    |
|------|----------|-----|----|----------|-----|----|
|      | 海拔 0m 地域 | 地域外 | 計  | 海拔 0m 地域 | 地域外 | 計  |
| 桑名市  | 旧桑名地域    | 14  | 15 | 14       | 16  | 16 |
|      | 旧多度地域    | 13  | 13 | 10       | 10  | 10 |
|      | 旧長島地域    | 1   | 9  | 2        | 6   | 6  |
| 木曾岬町 | 5        | 0   | 5  | 3        | 3   | 5  |
| 計    | 7        | 35  | 42 | 9        | 28  | 37 |

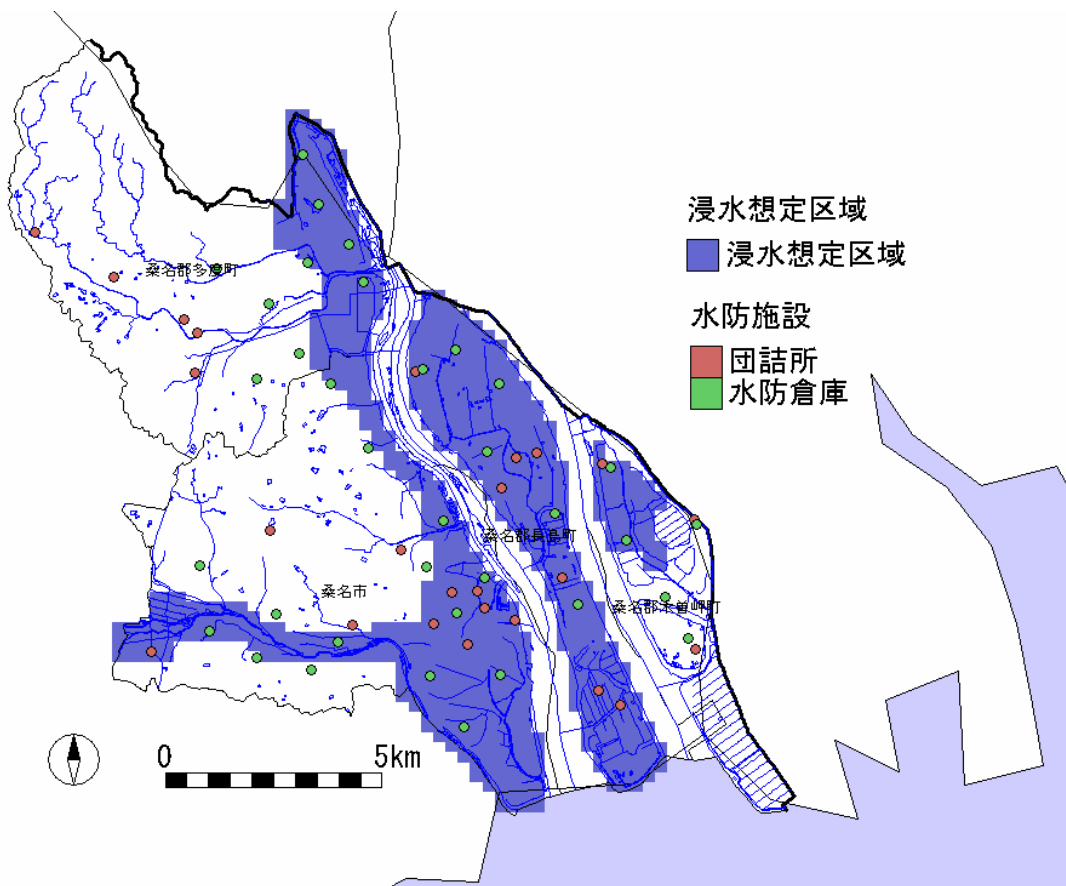


## 2) 浸水想定区域（木曾三川、員弁川）と水防施設の関係

浸水想定区域<sup>12)</sup>とは、水防法第14条に基づき洪水予報河川および避難判断水位（特別警戒水位）への水位の到達情報を通知および周知する河川（水位周知河川）において、地域住民の洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保を図るため、河川整備の基本となる降雨により河川が氾濫した場合に浸水が想定される区域として国土交通大臣もしくは都道府県知事が指定するものである。木曾三川および員弁川に指定されている浸水想定区域<sup>13)</sup>を重ねたものと水防施設の位置を示したものが図-7である。さらに、浸水想定区域内の水防施設数を示したものが表-8である。

消防団分団詰所は、桑名市の旧桑名地域および旧多度地域の河川沿いと旧長島地域にあり、浸水想定区域に多くの施設が立地している。これらの施設は、浸水想定区域が公表された平成13年以前のものでほとんどであるため、浸水想定区域を避けることができていないものと考えられる。今後、施設の新設や更新の際には、浸水想定区域外への移転を含め、立地の検討が必要であろう。

水防倉庫は、三重県水防計画において県が指定する重要水防区域に設置することとなっているため、河川沿いの堤防裏法肩に設置されているものが多い。水防倉庫が「水防活動に便利な場所」＝水防活動の現場近くに設置されることは望ましいが、浸水して災害時に使用不可能では意味がない。既存施設の設置場所の選定理由について、桑名市・木曾岬町とも資料がないため詳細は不明であるが、現担当者の感想として「取得が容易な場所」「民地でない場所」などのハザード情報以外の理由が挙げられた。



<sup>12)</sup> 浸水想定区域とは、堤防が決壊した場合に浸水が想定される区域と深さを求め、それをシミュレーションにより図示したもの。各河川のシミュレーション条件は次の通り。

- ・木曾川流域: 概ね100年に1回程度起こる大雨で、2日間の総雨量を275mmとして解析
- ・長良川流域: 既往洪水(昭和35年8月洪水)が再来したことによる解析
- ・木曾川流域: 概ね100年に1回程度起こる大雨で、2日間の総雨量を395mmとして解析
- ・員弁川流域: 既往洪水(昭和36年6月洪水、1日の総雨量381mm)が再来したことによる解析

<sup>13)</sup> 参考資料の7)～8)をもとに作成。

表-8 浸水想定区域内外にみた水防施設

| 市町名  |       | 消防団分団詰所 |     |    | 水防倉庫   |     |    |
|------|-------|---------|-----|----|--------|-----|----|
|      |       | 浸水想定区域  | 区域外 | 計  | 浸水想定区域 | 区域外 | 計  |
| 桑名市  | 旧桑名地域 | 12      | 3   | 15 | 12     | 4   | 16 |
|      | 旧多度地域 | 5       | 8   | 13 | 4      | 6   | 10 |
|      | 旧長島地域 | 9       | 0   | 9  | 6      | 0   | 6  |
| 木曾岬町 |       | 1       | 4   | 5  | 2      | 3   | 5  |
| 計    |       | 27      | 15  | 42 | 24     | 13  | 37 |

#### 4. まとめ

本調査では、桑名市と木曾岬町の水防体制と水防施設の実態を把握した。

この地域では、水防法にもとづいて水防管理団体が消防本部や水防団を設置していた。全国的には水防団員の減少が著しいが、桑名市と木曾岬町の水消防団員はここ 10 年維持されている。ただし、団員の高齢化は進んでいた。また、サラリーマン団員も多い。このような実態を反映しているためか、法的には水防団は水防活動の実働部隊であるが、水防管理団体や消防本部のヒアリングによると、水防団員は特別職地方公務員であっても地域住民であり、現実には大河川の洪水への対処よりも、日常的な河川の監視や高齢者施設を浸水から守る土嚢積みなど安全を優先した水防活動が期待されているようであった。河川整備によって外水氾濫は減り、水害の原因が内水氾濫に移行していることから、現実的な役割のようにも思われる。一方、防災訓練は木曾三川を使った土嚢積みなど大河川の氾濫を想定した水防訓練が行なわれており、実際に水防団に期待される役割と防災訓練が想定する役割の間にズレがあるように感じた。

水防施設の位置と標高や浸水想定区域との関係を調べた。水防団の待機・出動の拠点となる消防団分断詰所には、海拔ゼロメートル未満に建てる場合、詰所を二階に設けるなど浸水しない構造的工夫が見られた。しかし消防団分断詰所や水防倉庫の多くは浸水想定区域にある。消防団分断詰所の新設や更新時には、浸水想定区域外への移転などが検討されるべきであろう。浸水想定区域の河川の裏堤防法肩に設置されたものが多く、水防活動が行われる場所の近くに立地していることになるものの、浸水して災害時に使えないことも予想される。今後、これらについては浸水想定区域の浸水深の情報を用いて、水防施設が災害時に利用可能か否かを検討する必要がある。また、その他にも国土交通省が指定する重要水防箇所・重点区間・要注意区間や県が指定する重要水防区域といった危険箇所を GIS に入力し、水防施設が災害時に利用可能であるかの検討も課題である。

\*\*\*\*\*

#### 参考文献および資料

- 1) 内田和子：「近代日本の水害地域社会史」、古今書院、1994.12
- 2) 三重県：「平成 19 年度三重県水防計画」、2007.7
- 3) 国土交通省河川局防災課：「水防活動の技術向上に向けてー『平成 17 年度水防活動の技術向上に等関する検討業務』からの報告ー」、2006.3
- 4) 桑名市消防本部：「平成 19 年消防年報」、2007.8
- 5) 水防研究会編著：「逐条解説 水防法」、ぎょうせい、2005.10
- 6) (社) 日本河川協会監修：「河川便覧」、国土開発調査会、2006.10
- 7) 国土交通省中部地方整備局木曾川上流事務所・下流事務所：木曾川水系浸水想定区域総括図、2003.7
- 8) 三重県県土整備部：員弁川水系員弁川浸水想定区域図、2002
- 9) 日本防災士機構：「行政の災害対応」 防災士教本（平成 19 年版）、2007.4
- 10) 国土交通省中部地方整備局木曾川下流河川事務所：「平成 19 年度重要水防箇所位置図」、2007.4



# 北勢地方の地下水

平成20年3月

三重大学

大野 研

## 0. 序章

当方では、1991年度に三重大学近藤武名誉教授らによって始められた、北勢地方の地下水挙動の計測を継続している。即ち、北勢地方の7カ所の自噴井から、月に1回自噴量、水温、電気伝導度を計測している。健全なる水循環を考えると、地下水への水の涵養、流動、流出を考慮することが重要になる。また、このような長期的継続的な観測は、今後重要となる地下水の管理のための基礎データとなり、異常が発生したときの警報としても有用に働く。そこで、継続している地下水調査について報告する。さらに、pHの測定を始めているので、併せてそれも報告する。

### 1. 地下水調査の概要

- 調査地点：当初は10カ所の自噴井であったが、諸般の事情で7カ所に減少している。図1に井戸の位置を示す。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。

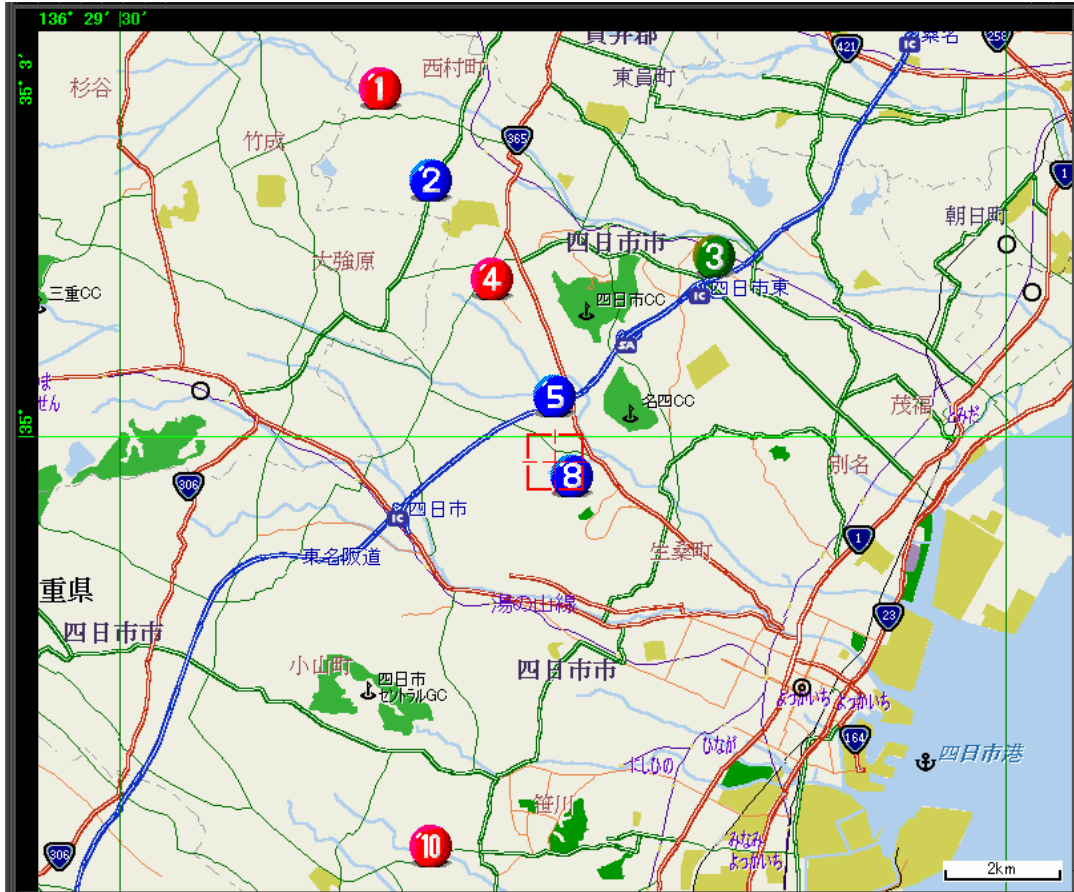


图 1 測定自噴井位置

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 2008 年 1 月までの自噴量の変化を示す。

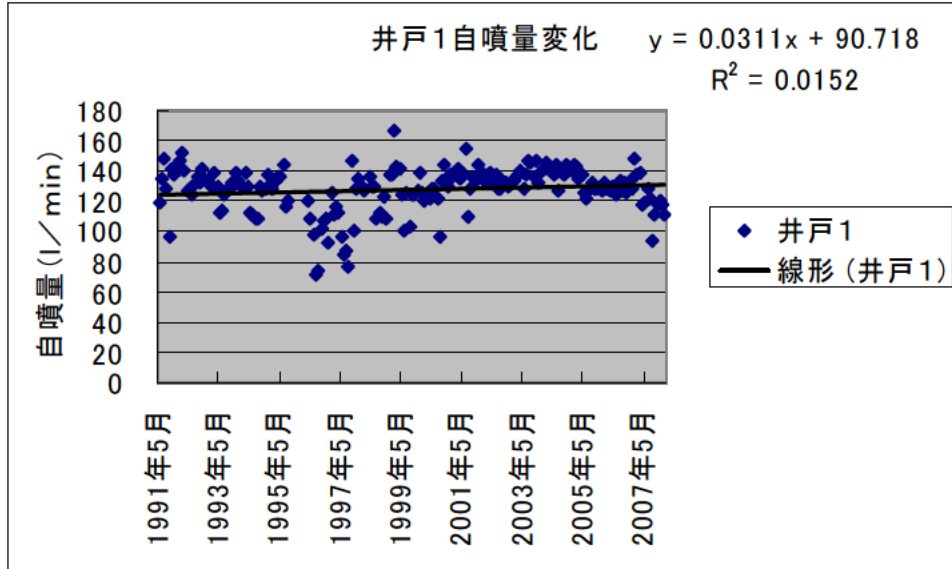


図 2-1 自噴井 1 の自噴量変化

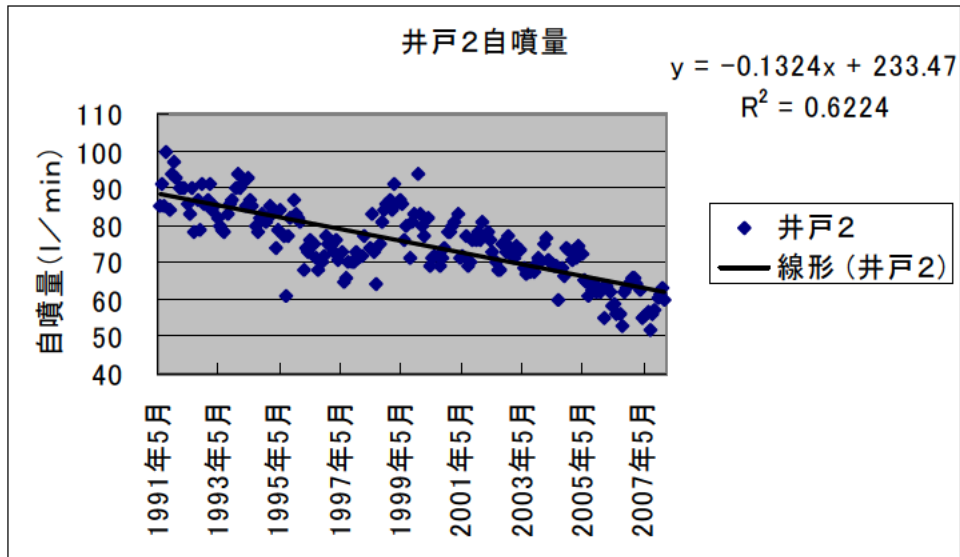


図 2-2 自噴井 2 の自噴量変化

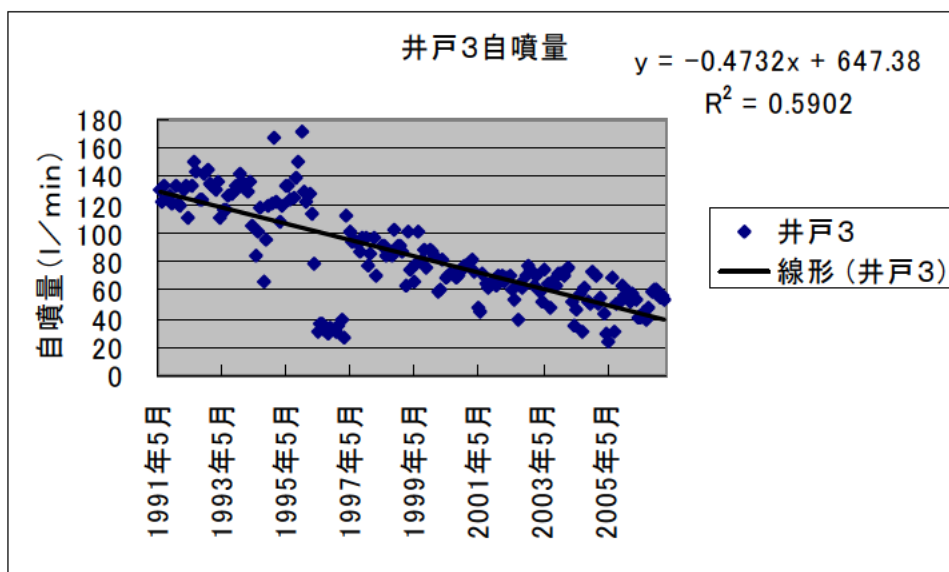


図 2-3 自噴井 3 の自噴量変化

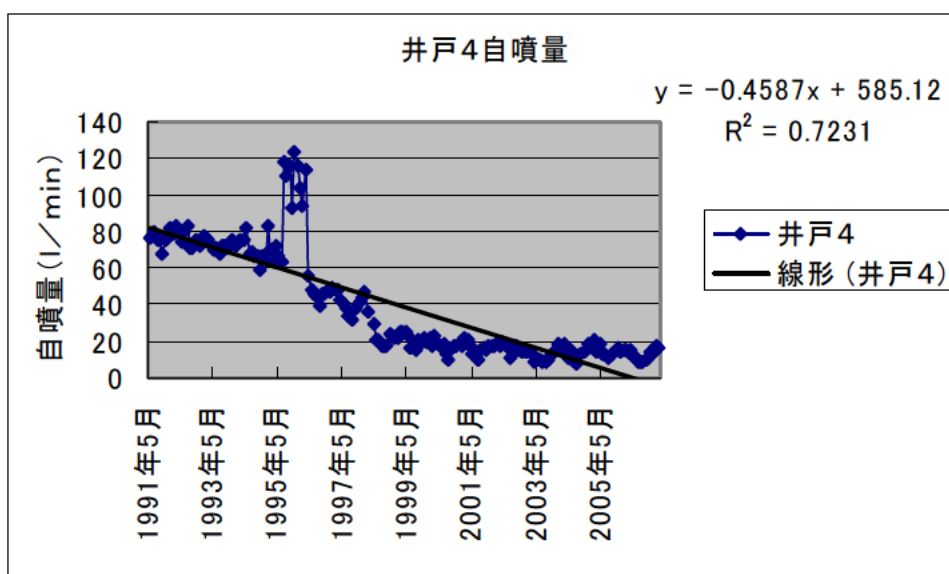


図 2-4 自噴井 4 の自噴量変化

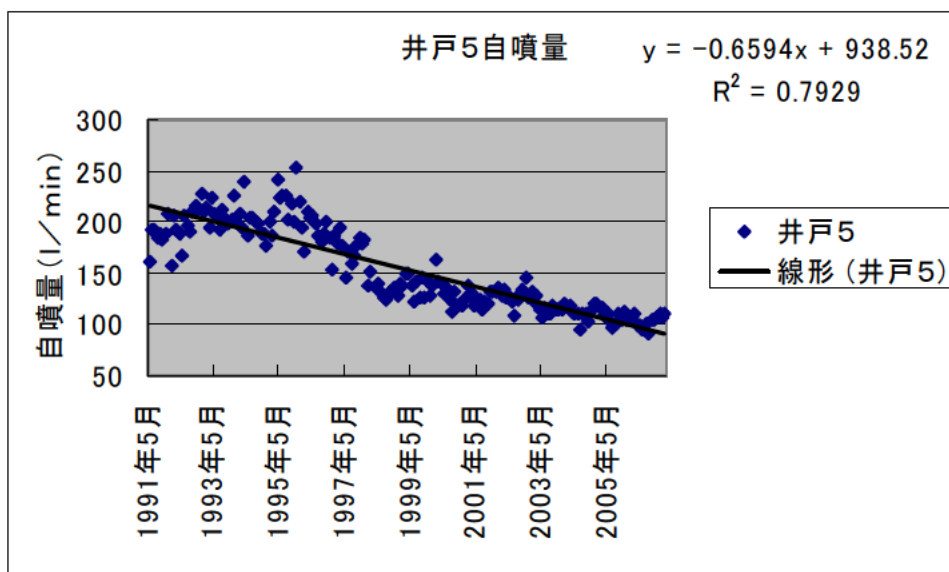


図 2-5 自噴井 5 の自噴量変化

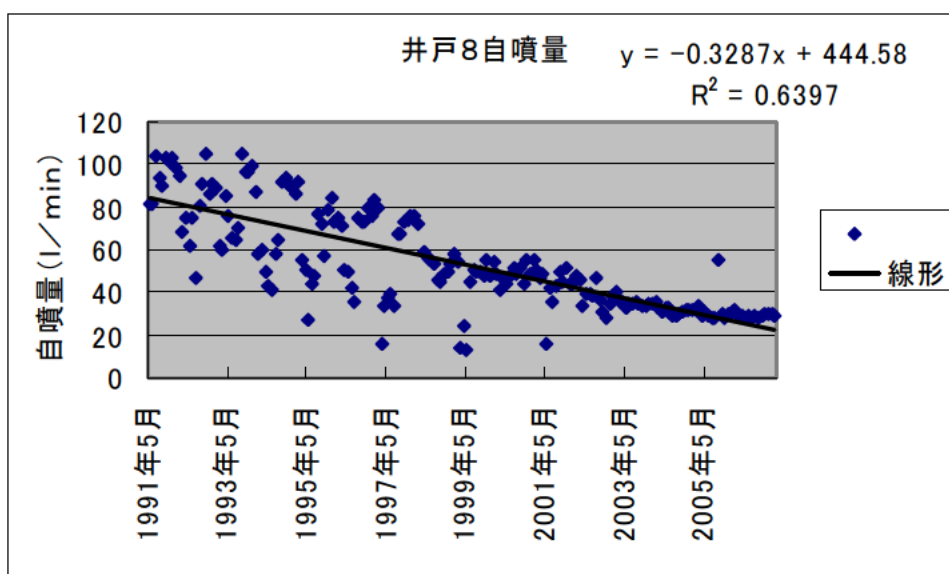


図 2-6 自噴井 8 の自噴量変化

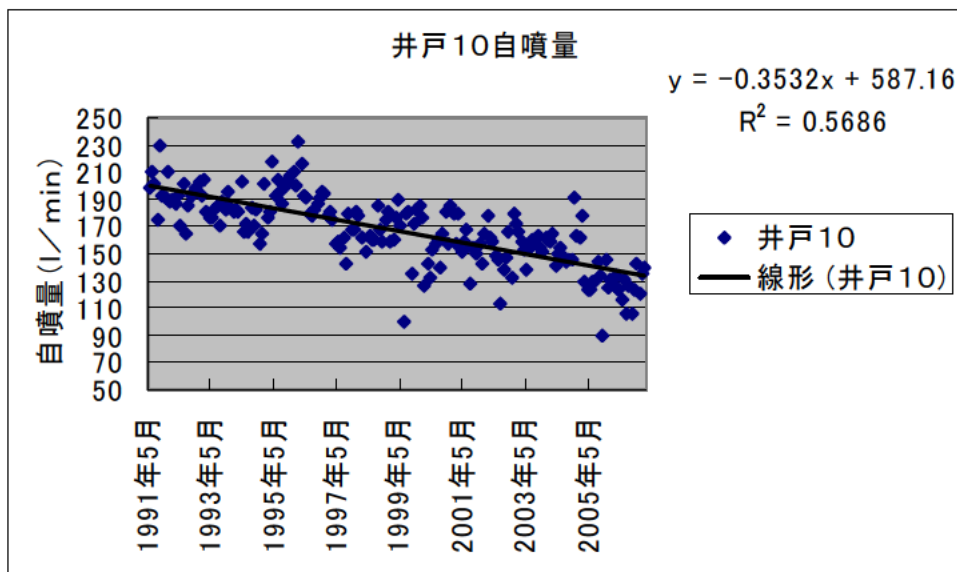


図 2-7 自噴井 10 の自噴量変化

これらの図から従来と同じように、井戸1を除いて、いずれの井戸の自噴量も長期的には減少傾向を示していることが分かる。しかし近年、井戸4、5、8では、減少傾向が弱まってきている。またこの1年で井戸1に減少傾向が見受けられるので注意が必要である。

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。



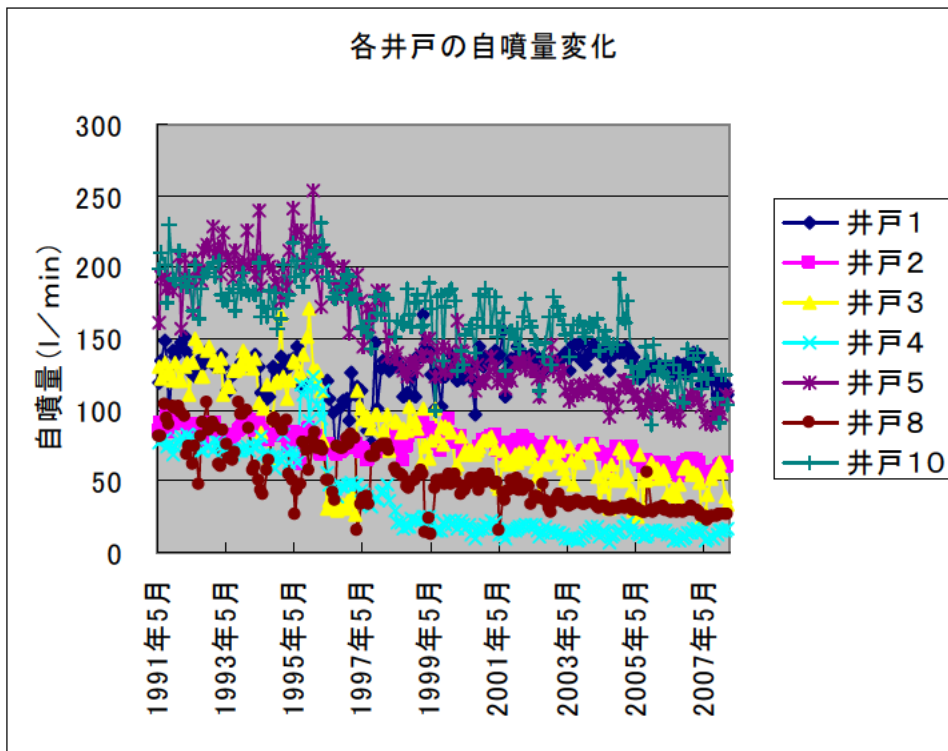


図 2-8 各井戸の自噴量変化

この図から見ても分かるように、いずれの井戸も 1999 年 5 月あたりから減少傾向を弱めている。

地下水の監視という意味では、地下水の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。

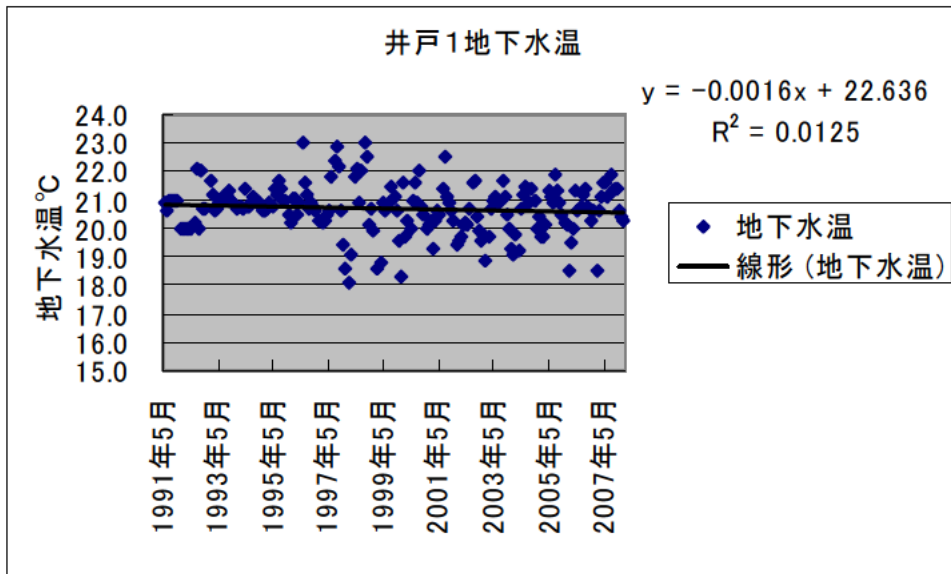


図 2-9 自噴井 1 の地下水温

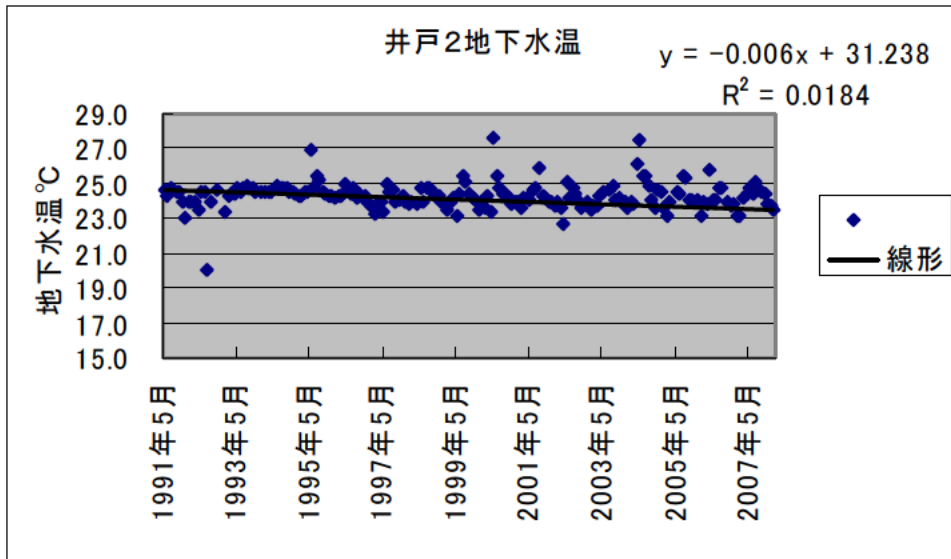


図 2-10 自噴井 2 の地下水温

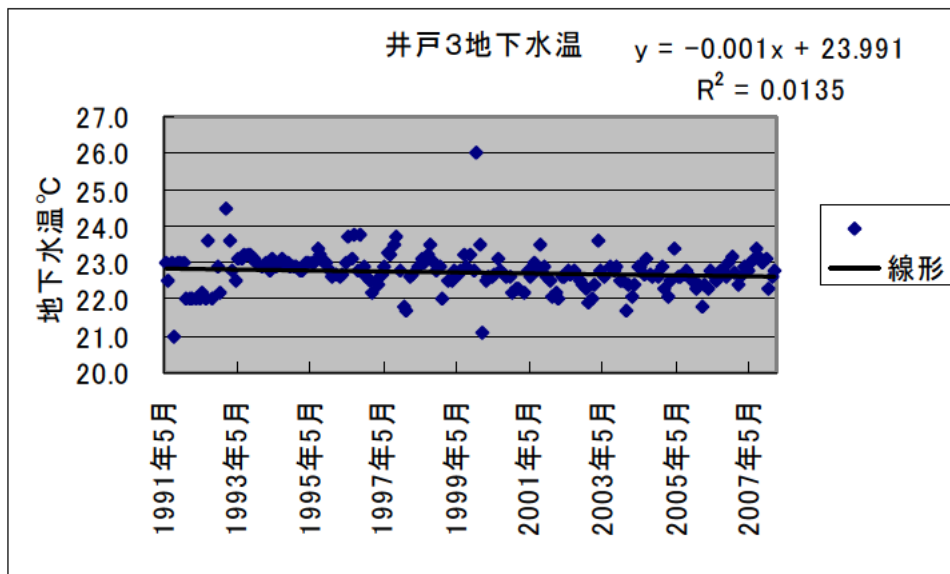


図 2-11 自噴井 3 の地下水温

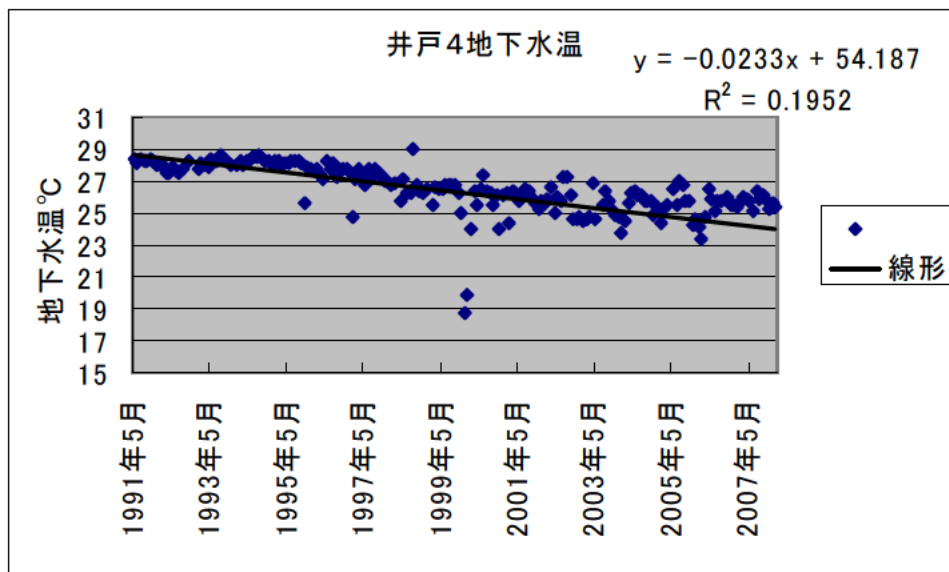


図 2-12 自噴井 4 の地下水温

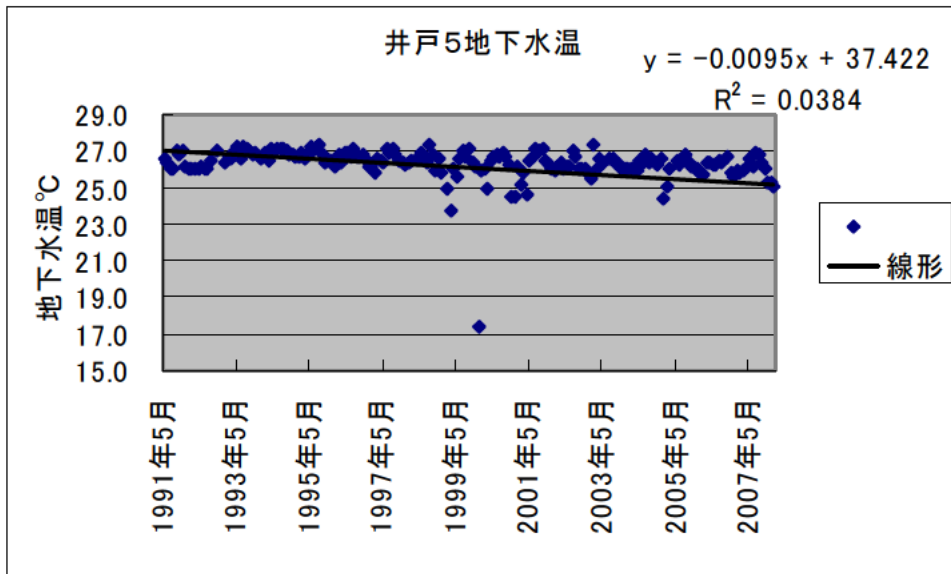


図 2-13 自噴井 5 の地下水温

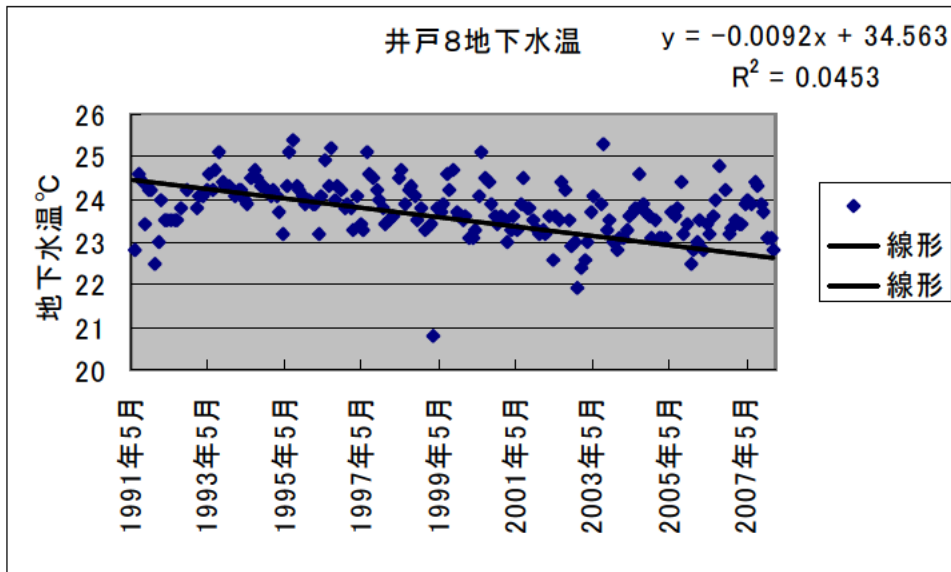


図 2-14 自噴井 8 の地下水温

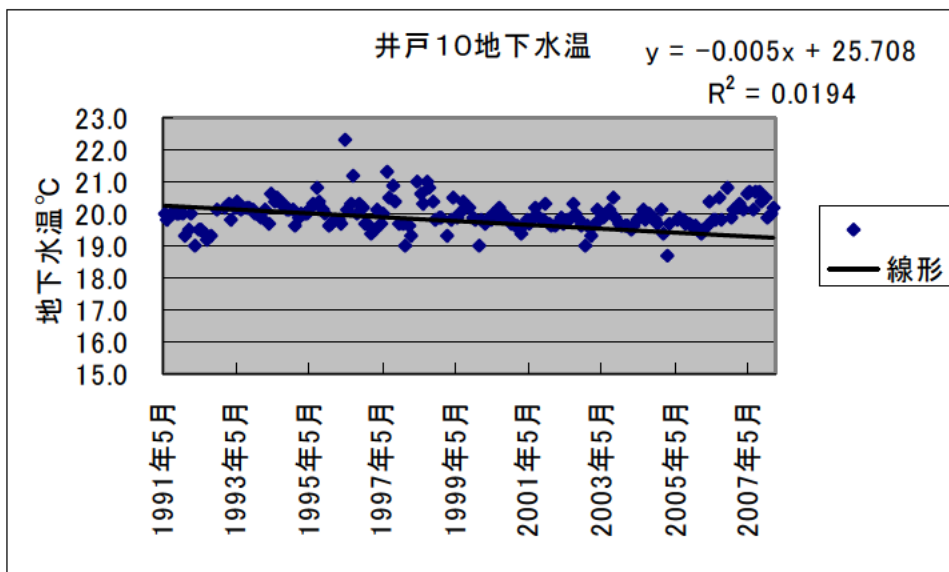


図 2-15 自噴井 10 の地下水温

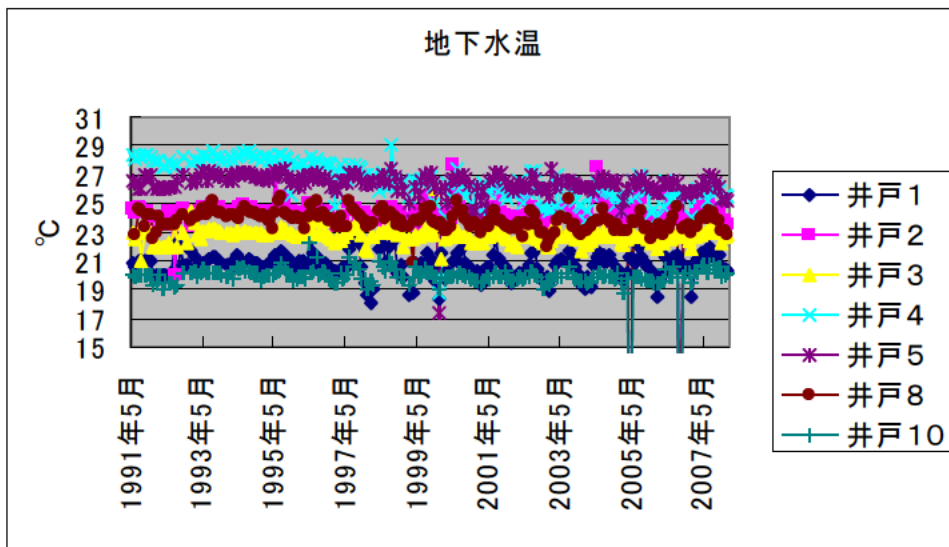


図 2-16 各井戸の地下水温変化

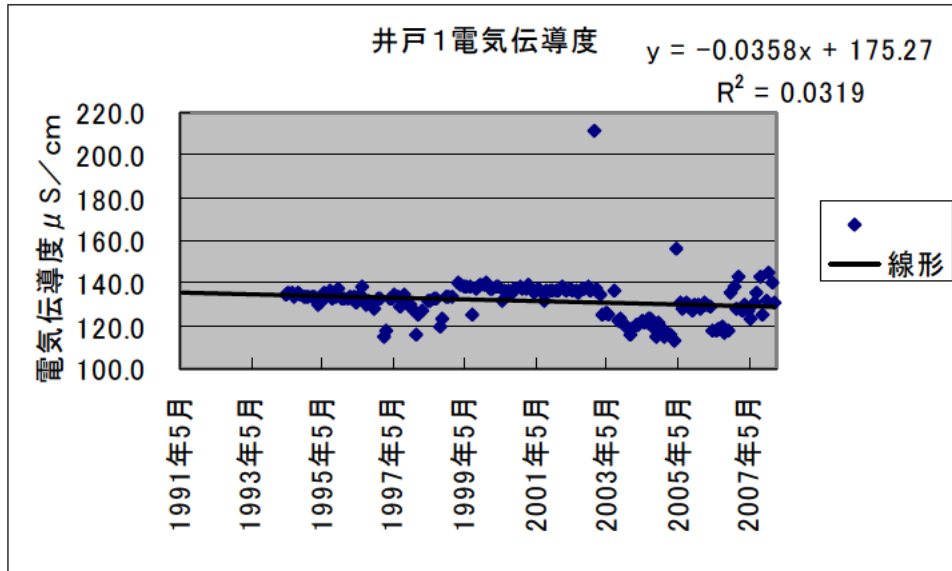


図 2-17 自噴井 1 の電気伝導度

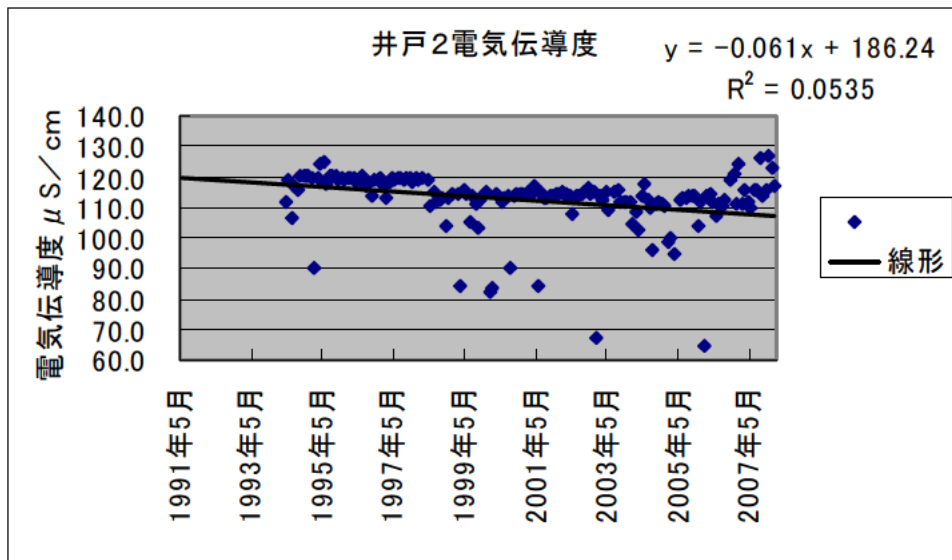


図 2-18 自噴井 2 の電気伝導度

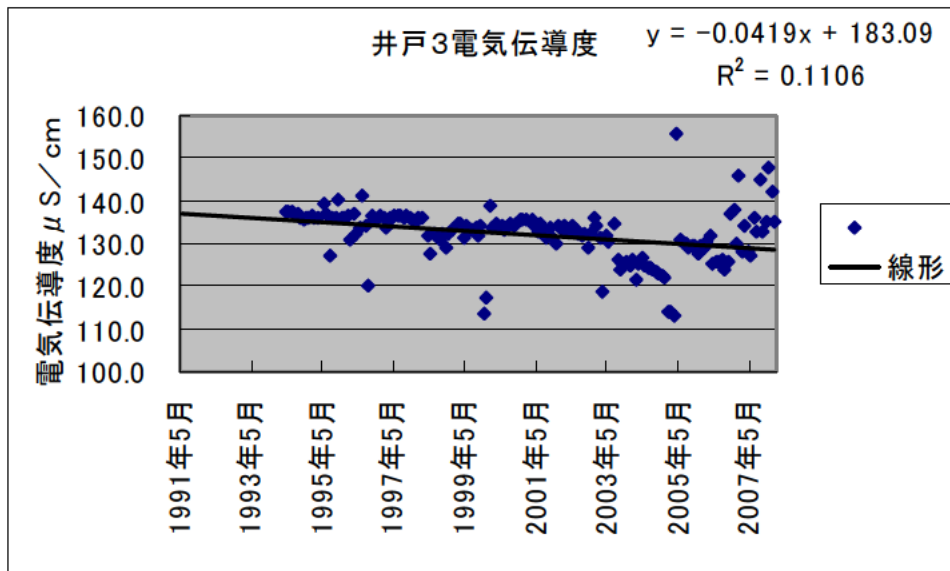


図 2-19 自噴井 3 の電気伝導度

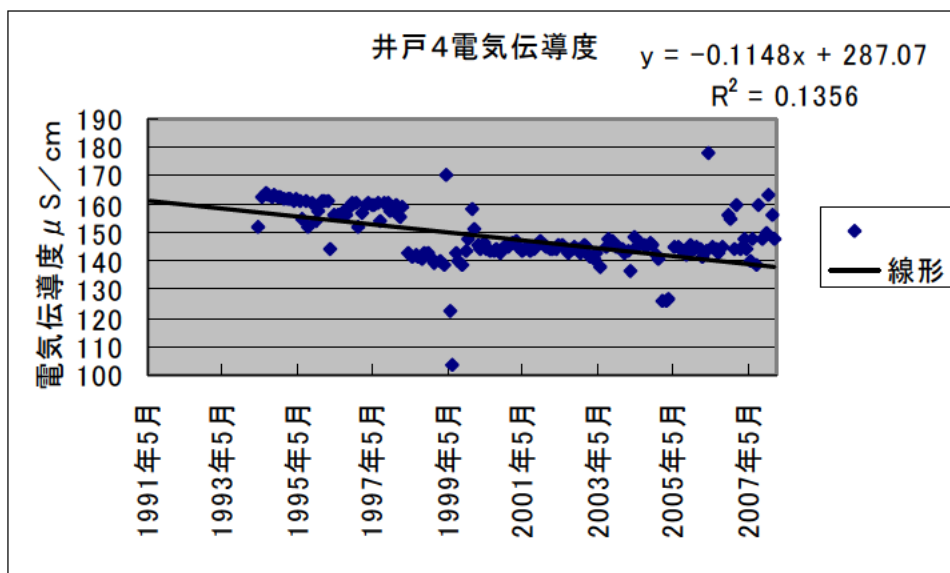


図 2-20 自噴井 4 の電気伝導度

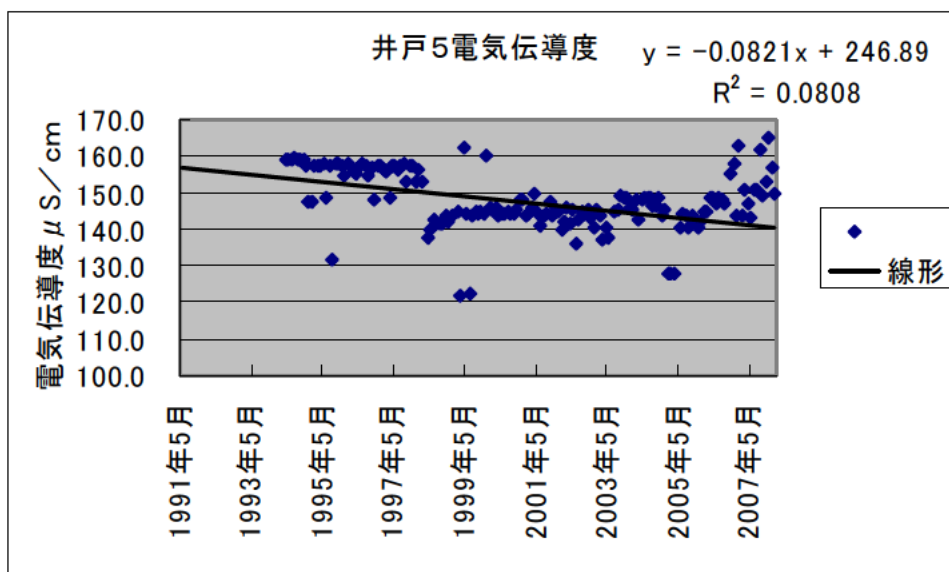


図 2-21 自噴井 5 の電気伝導度

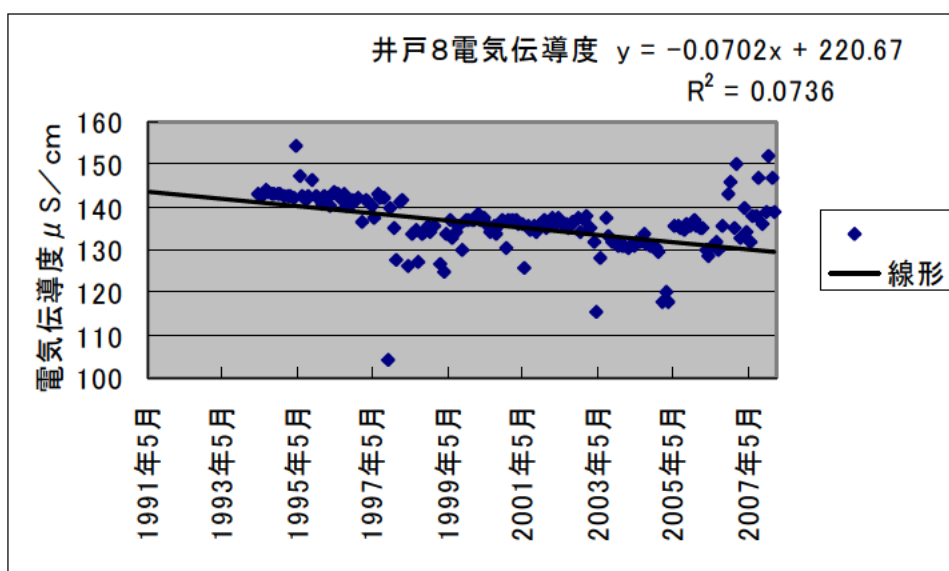


図 2-22 自噴井 8 の電気伝導度



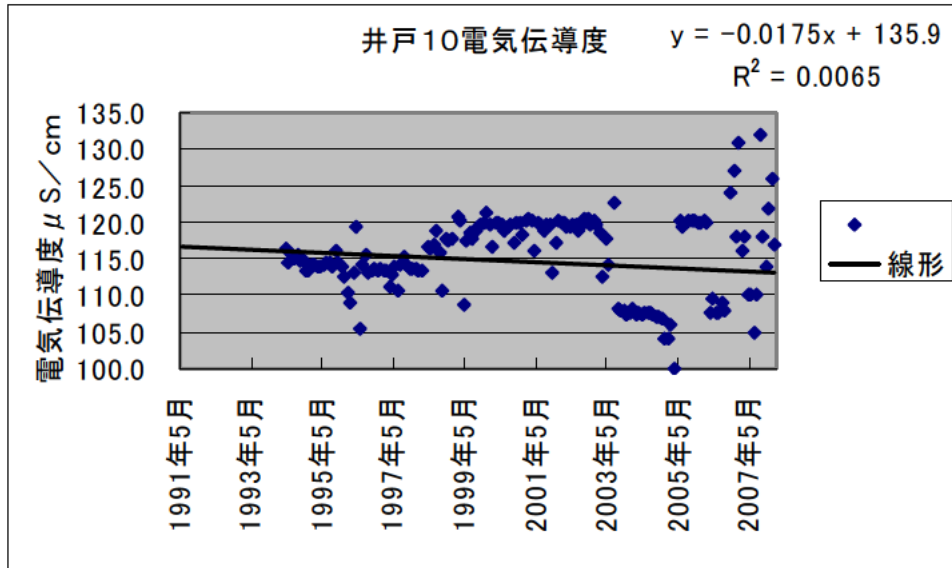


図 2-23 自噴井 10 の電気伝導度

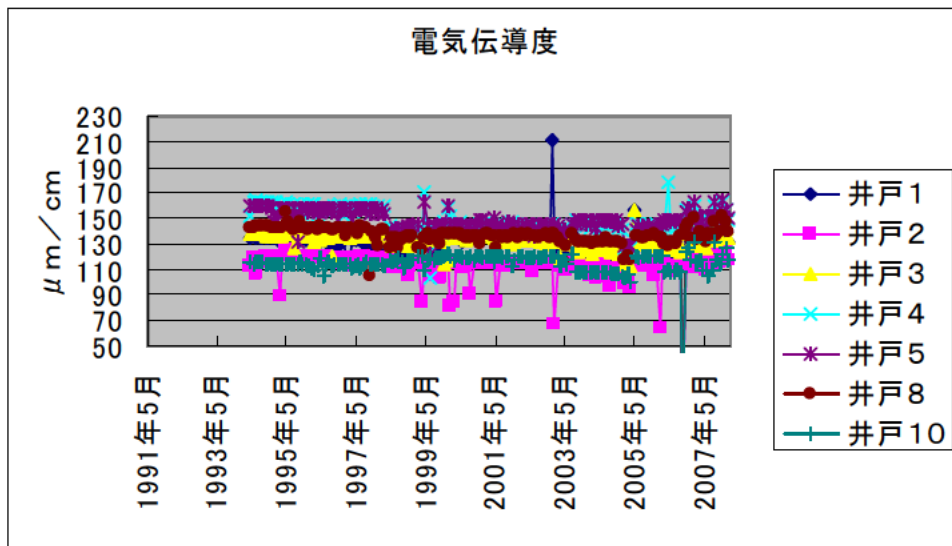


図 2-24 各井戸の電気伝導度変化

地下水温に関しては、いくらか外気温の影響が見られるが、井戸4を除くと全ての井戸でほぼ一定の値を示している。また、図 2-16 から分かるように、井戸3を除くと、概ね深い井戸は高い水温を示す。井戸4に関しては全体的に低下傾向が見られる。しかし、その井戸4もおよそ 1999 年 5 月以降はほぼ一定の値を示している。

電気伝導度に関しては、この 2 年間に上昇傾向が見られる。原因ははっきりしないが、注意が必要である。

次に、一昨年度から始めた pH の変化を図 2-25 から図 2-32 に示す。

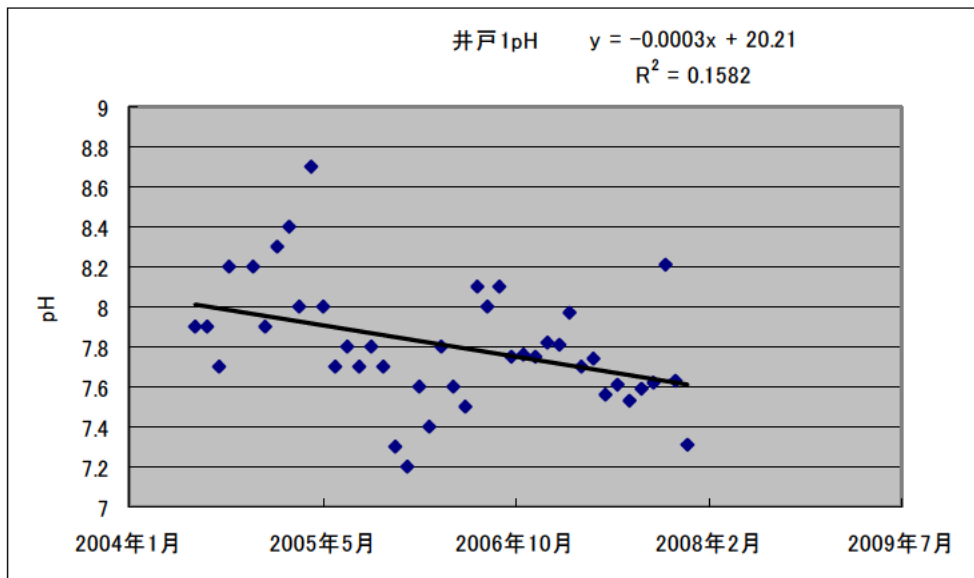


図 2-25 自噴井 1 の pH

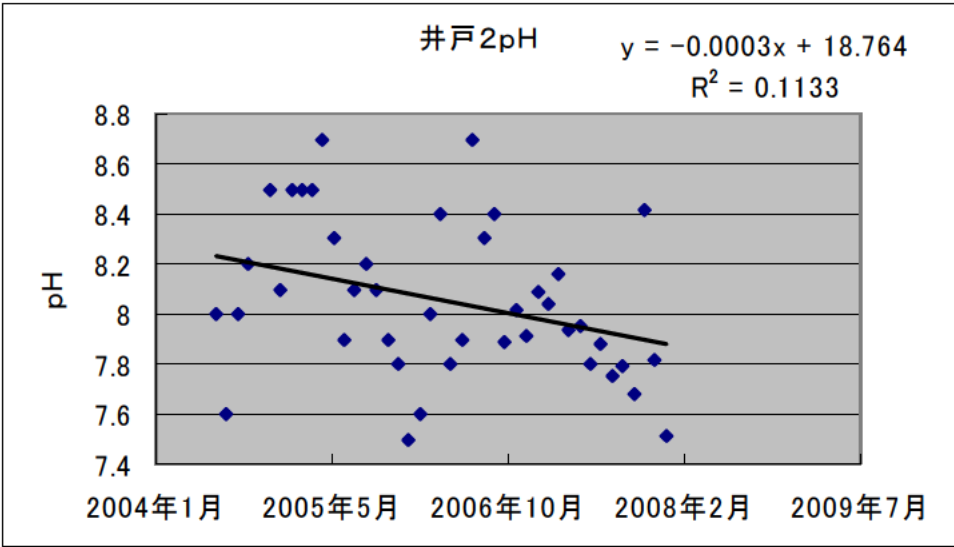


図 2-26 自噴井 2 の pH

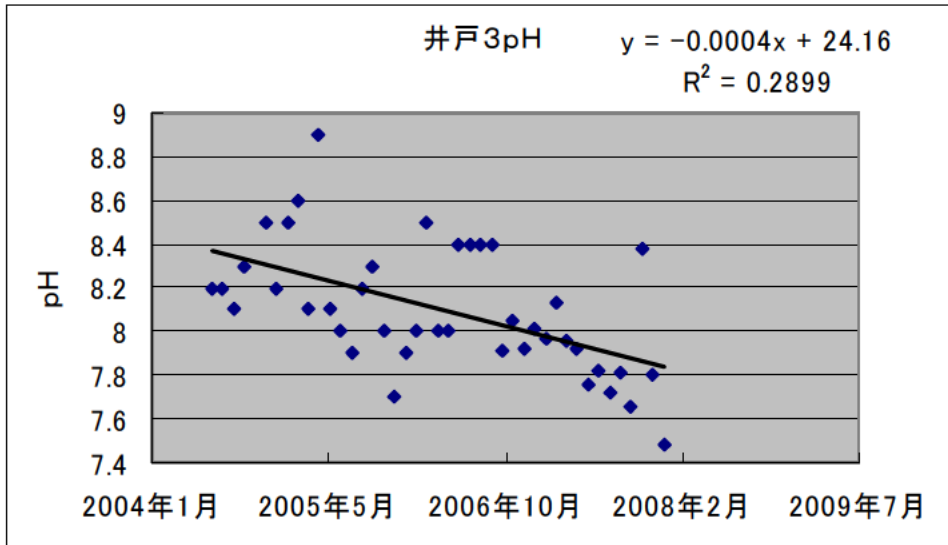


図 2-27 自噴井 3 の pH

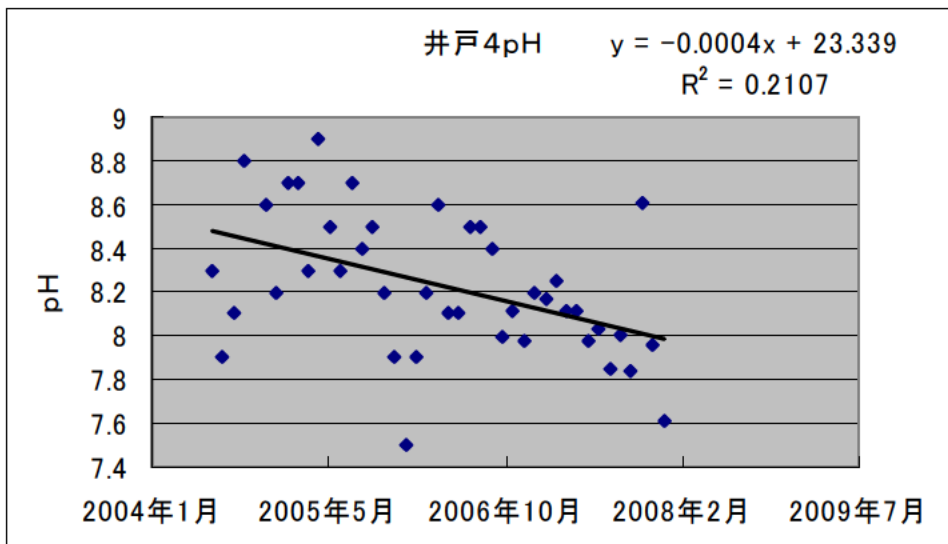


図 2-28 自噴井 4 の pH

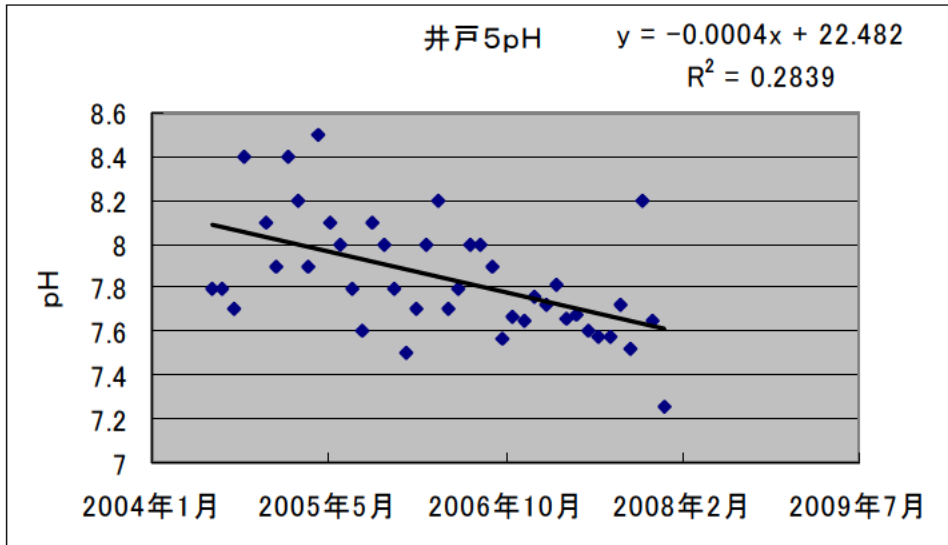


図 2-29 自噴井 5 の pH

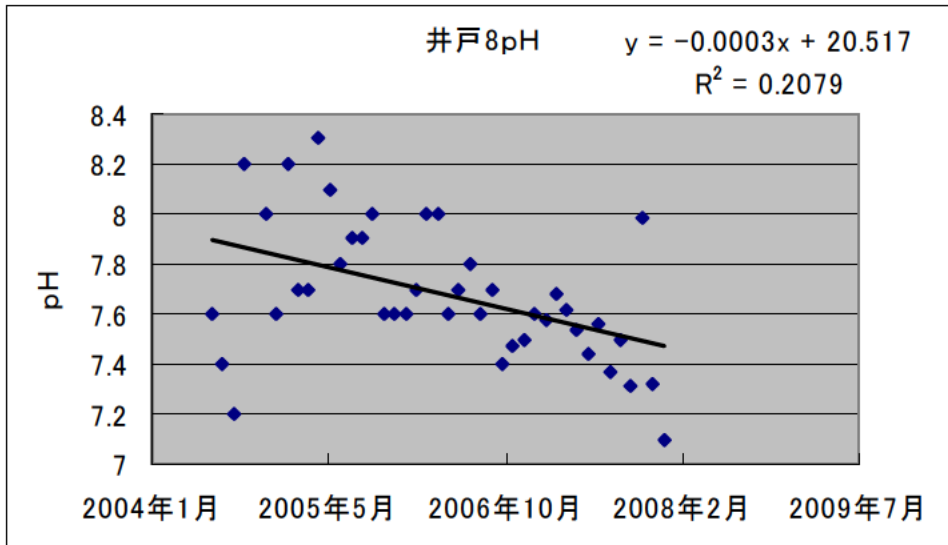


図 2-30 自噴井 8 の pH

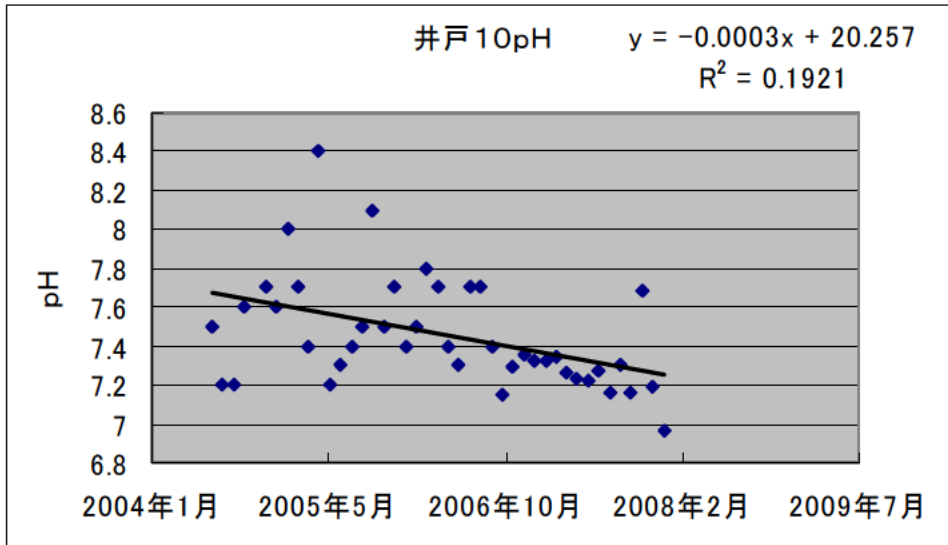


図 2-31 自噴井 10 の pH

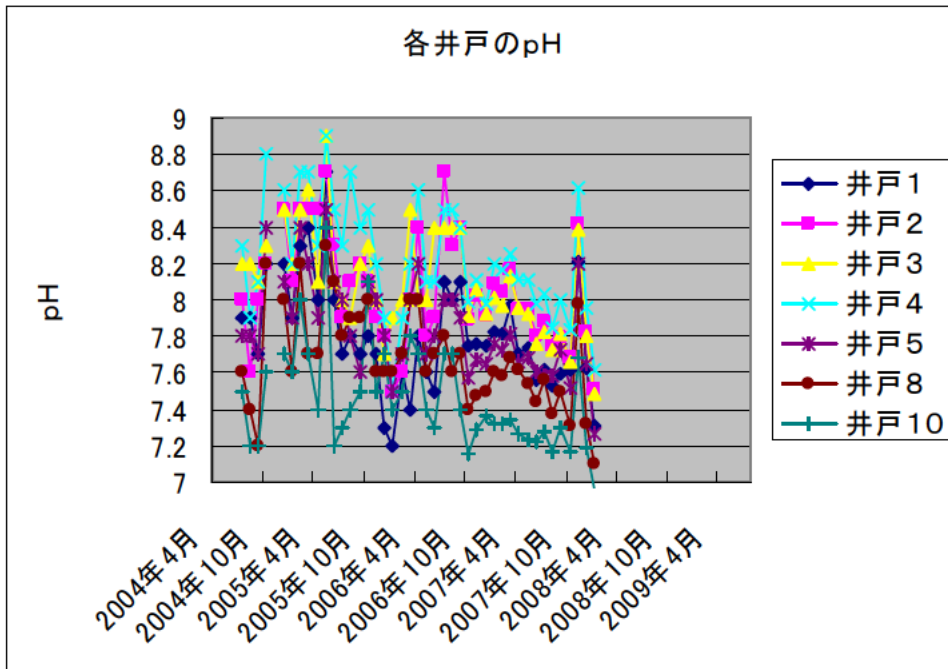


図 2-32 各井戸の pH 変化

pHに関しては測定点も少なく、まだ何も言えない。すべてアルカリ性を示している。降水起源と考えられる新第三紀堆積岩中の地下水については、深度が増すにしたがって中性からアルカリ性へ変化すると言われている。深度の深い井戸4, 5で強いアルカリ、次に深い井戸2, 8でやや強いアルカリを示すようにも見えるが、井戸3や井戸1も比較的強いアルカリを示している。また季節により振動しているようにも見えるが、これも今しばらくの観測が必要である。

### 3. まとめ

継続して観測している自噴地下水の状況を叙述した。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。

汚染された地下水は流出するまでに、地表水とは比べものにならないぐらい時間がかかり、いったん汚染されると除去するのに費用も時間がかかる。また地下水の資源としての重要性は大きくなる一方であり、いろいろな意味で地下水を継続観測しておくことは重要である。

幸いにも我々の観測結果は、流量の変化は観測しているが、水質の著しい悪化などはとらえておらず、地下水変化の環境への悪影響は見られない。しかし、地下水流動メカニズムの解明や地下水資源管理、環境変化の兆候をとらえるためにもさらなる継続的な地下水調査が必要であると考えます。



# 地下水流動を考慮した陸域水循環モデルの構築

三重大学大学院生物資源学研究科 葛葉泰久

# 地下水流動を考慮した陸域水循環モデルの構築

三重大学大学院生物資源学研究科 葛葉泰久

## 1. 序論

本年の研究計画は以下のようなものであった。

(1) 著者は、今まで、本プロジェクトで、水循環モデルの構築をすすめてきた。そこでは、おもに、河川水の流動に焦点を当ててきた。一方、地盤沈下という観点から、水循環過程のうち、地下水の挙動が非常に重要である。そのため、本年は、地下水流動に焦点を当てた、水循環モデルの構築を行なう。

(2) 観測的な研究として、水質の検討を行う予定である。地盤沈下という観点から、おもに地下水の量的挙動が重要なのは言うまでもないが、質的な観測から、トレーサー的な手法で、量的な挙動を明らかにすることも可能と考えるからである。

以上をまとめれば、おもにモデル構築を目的としつつ、量的・質的な観測研究を行い、地下水挙動に焦点を当てた、モデル構築に資する知見を得ることを目標とする。

次章以降では、上記の(1), (2) について、本年度に得られた結果を記す。

## 2. 水循環モデルの高度化

著者らが昨年度までに開発した水循環モデル（降雨一流出モデル）は、短期流出の再現を目的としたもので、そのため、蒸発散項や森林による樹冠遮断の項を考慮していなかった。しかし、地下水挙動を再現するためには、長期的な水循環をモデル化する必要があり、その際には、常発散や樹冠遮断の影響を無視できない。現時点では、まだ樹冠遮断の組み込みが終わっていないが、蒸発散項の組み込みが終わった時点での、流出量の再現結果を **図1～3** に示す。 **図1** は、結果を長期的に見た場合、 **図2**、 **図3** は、同一期間で、流量が比較的大きかった期間である。

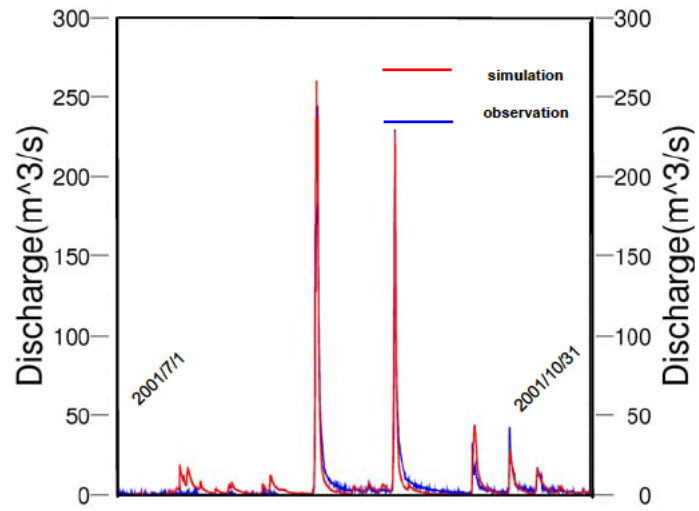


図1 シミュレーション結果(2001年7月1日~10月31日)

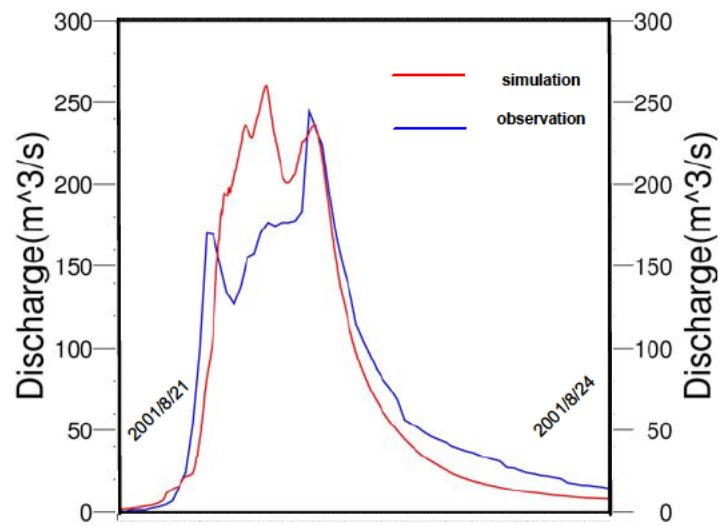


図2 シミュレーション結果(2001年8月21日~8月24日)

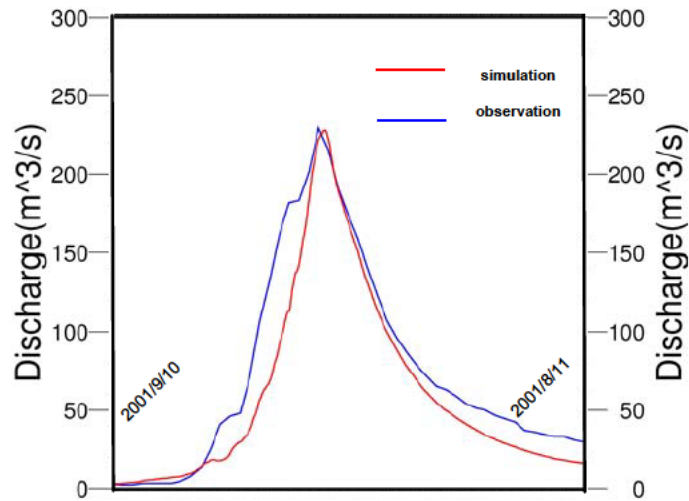


図3 シミュレーション結果(2001年9月10日~9月11日)

### 3. 水質の検討

以下では、トレーサーとして窒素を用いることを想定し、自然界の窒素循環をモデル化することを長期目標とし、まずは硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の濃度について、基礎的実験をした結果を述べる。

飲用水中の硝酸態・亜硝酸態窒素は、以下の理由により、健康を害する可能性があると考えられている。(1)硝酸態窒素には大きな毒性はないが、体内で還元された亜硝酸が強い発ガン物質であるニトロソアミンに変化する可能性がある。(2)亜硝酸態窒素は、乳幼児にメトヘモグロビン症を発症させる可能性がある。ただし、特に(2)については、還元が乳幼児の体内で起こるとの説<sup>3)</sup>と、体外の微生物(飲食物の汚染)が還元の原因であるという説<sup>4)</sup>がある。リロンデルら<sup>4)</sup>が、後者の立場により、硝酸含有量が多い野菜スープを室温下で腐敗させ、亜硝酸を増加させる研究をいくつか紹介しているが、著者らは特に、上記の還元と水道水中の塩素の関係について調べた。

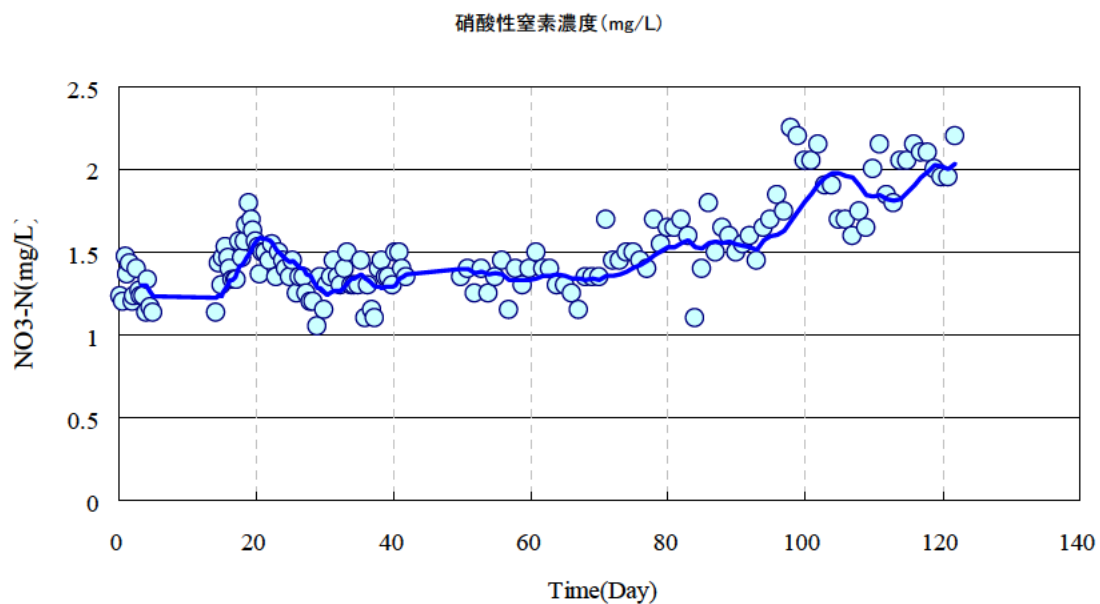
ハウレン草には、非常に多くの硝酸態窒素が含まれている。そこで、ハウレン草をミキサーにかけ、野菜ジュースを作り、実験を行なった。まず、純水により作成したハウレン草ジュース(以下A液)と、水道水によるハウレン草ジュース(同B液)を作成した。前者には塩素が含まれておらず、後者には、殺菌目的の塩素が含まれている。次に、双方を、冷蔵庫(7°C)と恒温室(30°C)で数日間保存し、亜硝酸態窒素と塩素濃度を測定した。以下はその結果である。

(1)A液B液とも、冷蔵保存した場合と比較して恒温室保存の場合に亜硝酸態濃度の増加が顕著(90時間で100倍程度)であった。

(2)B液を冷蔵保存した場合、ほとんど亜硝酸の増加が見られなかった。冷蔵保存した場合でも、A液は90時間で数倍程度の濃度増加が見られた。

(3)B 液作成時に塩素濃度が検出限界以下に降下した。これらは、水道水中の塩素がジュース中の微生物を殺菌して消費され、さらに冷蔵が効果的に微生物増加を抑制したことを示している。つまり、塩素と冷蔵の組み合わせが、亜硝酸の害を抑えることが示唆された。

なお、準備的に、硝酸態窒素の濃度を淀川流域の水道水で長期観測した結果を、あわせて示す。



# 低コスト地下水位観測システムの開発 (その 1)

各種 Linux ベース方式の比較と耐久テスト

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1）

## 各種 Linux ベース方式の比較と耐久テスト

三重大学大学院生物資源学専攻  
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が、このようなモデルは一般的に高価であり、多地点に展開するには高額な費用を要する問題がある。

### 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。特に、後者のローカルデータストレージとして OS に Linux を採用している NAS(Network Attached Storage)である Linkstation(Buffalo 社)/玄箱(玄人志向社)に着目し、2005 年度にデータ収集およびデータベースサーバとしての活用、回線品質が高くない場合のデータ保証の仕組みづくり、Web カメラ等を利用した画像によるモニタリングについて検討した。その結果、Linux をベースとするシステムを採用することにより開発コストの低減が可能なことを示した。また、Linkstation/玄箱の場合、停電復旧時に自動起動しないなどの問題点があることも判明した。

そこで本年度は、Linkstation/玄箱以外の Linux ベースの製品にも着目し、野外での運用試験を通じてそれぞれの特徴と問題点を抽出することにした。

### 3. 用いたシステムの概要

OS に Linux を採用している製品として、一般的な PC を小型化した MicroPC からブロードバンドルータまで 4 種類のコンピュータを実験に使用した。各々の製品は、CPU、メモリ容量、記録媒体、消費電力などが異なる。以下に、各システムの概要を示す。

#### 3-1 HightechSystem 社 MicroPC EES-3610

CPU に VIA 社 Eden 667MHz を使用した小型 PC で、ストレージとして 2.5 インチ HDD と CF が利用可能である。電源は AC アダプタを採用し、ケースの形状を工夫することによ

りファンレスを実現している。一般的なデスクトップマシンと比べると CPU の性能は低いが、USB, Ethernet(2 口), キーボード, マウス, VGA など豊富な I/O 端子を有し、機能的には通常の PC とほぼ同様である。高さ 68mm, 幅 223mm, 奥行き 153mm とサイズが非常にコンパクトなのが特徴である。

インテル x86 系の CPU を採用していることから、多くの Linux ディストリビューションに対応しており、インストールも容易である。電源管理がインテリジェントでなく、単純な物理スイッチなので、停電復旧後も自動起動できる。

EES-3610 は和歌山県有田市のミカン園に投入し、運用試験を行った。この農園では一部マルドリ方式で温州みかんを栽培しており、本機はそこに設置した。7 月頃から栽培終了時期まで白色のマルチをかけるため、夏期には園内はかなりの高温になる。



Fig. 1 MicroPC EES-3610

### 3-2 ぷらっとホーム社 OpenBlockS266

CPU に IBM PowerPC 405GPr 266MHz を採用したマイクロサーバ。サーバ専用機なので EES-3610 のようにコンソール機能は備えていないが、10/100BaseTX × 2 ポート, Serial RJ-45 × 1 ポートを備え、シリアルコンソールやネットワーク上での管理が可能である。

内蔵ストレージは CF あるいは 2.5 インチ HDD のいずれかが使用できる。電源は AC アダプタを使用し、アルミ合金製ケースを使うことでファンレス動作を実現している。ただし、放熱性はそれほどよくないので、HDD 使用時の最大許容周辺温度は 25°C と低めである。外形寸法は、横 81mm, 奥行き 114.5mm, 高さ 38mm で、今回使用した機器の中では最も小さかった。



Fig. 2 OpenBlockS266

以前 Apple 社の Macintosh が採用していた PowerPC を CPU として用いているので、これをサポートする Linux ディストリビューションは x86 ほどではないものの、かなり多い。ぷらっとホーム社は、技術情報として Debian のインストール用イメージを提供している。また、NetBSD でも正式にサポートされている。

内蔵ストレージに HDD を用いたものをチェンマイ大学農学部圃場に、Flash SSD(NAND Flash-based Solid State Drive)を用いたものを小豆島オリーブ園に設置し、運用試験を行った。



### 3-3 Buffalo 社 Linkstation／玄人志向社 玄箱

LinkStation は、Buffalo 社製の NAS で、家庭や小規模なオフィスをターゲットとすることにより、2万～6万円弱という低価格を実現したのが特徴である。中身はメイン基板+大容量ハードディスク(120～400GB)+電源で、この上でファイル共有用のソフトウェアを動かすことにより、NAS 機能を実現している。(Fig. 3, 4 および Table 1) 同じ内容で HDD 無しのものが、玄人志向社から玄箱シリーズとして販売されている。



Fig. 3 LinkStation



Fig. 4 LinkStation のメイン基板

Table 1 LinkStation のスペック一覧

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| CPU        | PowerPC                         |
| 動作周波数      | 200MHz あるいは 266MHz              |
| RAM 容量     | 64MB あるいは 128MB                 |
| ディスク容量     | 120GB～450GB                     |
| USB ポート数   | 1 ないし 2                         |
| ネットワーク通信速度 | 10/100Mbps あるいは 10/100/1000Mbps |

LinkStation は 3.5 インチ HDD を内蔵できるため、安価に数百 GB クラスのデータストレージを構築できる。また、2.5 インチのものとは比べて HDD の信頼度も高い。ただし、発熱量の多い 3.5 インチ HDD を内蔵しているため、冷却用ファンがついている。電源回路は本体に内蔵されており、電源の ON/OFF は専用のチップを使用してプログラム制御されて

いるため、停電復旧後に自動起動しないという欠点がある。

LinkStation では、元々Linux が OS として採用されているが、ユーザ独自のプログラムをその上で実行することは当然想定されていない。Debian や Vine 等の有名な Linux ディストリビューションをインストールすることにより、様々なソフトウェアの管理効率が向上し、開発環境の導入も容易になる。さらに、各デバイス用のドライバモジュールを用意することにより、USB カメラ、RS-232C-USB 変換器、USB 無線 LAN などが接続可能となる。Table 1 を見て分かるように、LinkStation の性能は 10 年ほど前の Apple 社製 Macintosh 程度であり、最新の PC と比べるとかなり見劣りするの否めない。したがって、LinkStation をカスタマイズする際に時間のかかる各種ソフトウェア群のコンパイルが不要となる汎用 Linux ディストリビューションの採用はメリットが大きい。今回は、対応する CPU の種類が多いことと、インストールに必要なディスク容量が少なく済む Debian を用いた。特に対応 CPU の問題は、LinkStation の最新モデルでは ARM 系の CPU を搭載しているので注意しなければならない。

### 3-4 ASUS 社 WL-500g Premium

USB 2.0 のポートを 2 口備えた無線 LAN ブロードバンドルータである。残念ながら日本では発売されていないが、アメリカ、欧州、アジアなど世界各地では有名なモデルである。CPU に MIPS 系の Broadcom 4704 を使用しており、内蔵メモリも 32MB とこの手の製品としては容量が多い。HDD などの可動部品が使用されていないので、動作環境範囲が広く、停電復旧後も自動起動するなどの利点がある。



Fig. 5 WL-500g Premium

この製品も LinkStation/玄箱同様、OS に Linux を採用しているが、記憶デバイスが基本的に Flash ROM のみなので、LinkStation/玄箱のように汎用の Linux ディストリビューションをインストールするのは困難である。しかし、OpenWrt や DD-WRT のようなブロードバンドルータのようにリソースが乏しい組み込み系コンピュータ用の Linux ディストリビューションが存在し、活発にコミュニティ活動が行われている。

OpenWrt では、パッケージ管理に Debian の deb から派生した ipkg システムを採用しており、一般の Linux ディストリビューションほどではないものの、かなりの数のパッケージが用意されている。また、マシンの性能が低く、セルフコンパイルによる開発は効率が悪いので、容易にクロスコンパイル環境を構築可能な仕組みが提供されている。とはいえ、特に日本ではあまり知られていないため情報が少なく、野外観測に応用している事例はほとんど見当たらない。今回は、チェンマイ大学農学部圃場内の百葉箱に設置した。

## 4. 運用試験

### 4-1 HightechSystem 社 MicroPC EES-3610

和歌山県有田市のマルドリミカン園において、フィールドサーバから自動的にデータ収集を行う FSAB(Field Server Agent Box)として運用試験を行った。2005年に設置し、順調に動作していたが、2007年の1月頃からデータが送られてこなくなった。現地に赴き調査したところ、内蔵の2.5インチ HDD が故障しており、電源を投入しても起動途中でハングアップしている状態であった。もともと2.5インチ HDD は耐熱性が弱く、24時間連続運転を保障する製品は非常に少なく、あっても通常製品に比べ価格が2倍以上する。EES-3610は、コンピュータとしては一般のパソコンと同等なので、インストール作業などは非常に簡単であるが、野外フィールドなど過酷な環境下での連続運転には適していないことが分かった。

### 4-2 ぷらっとホーム社 OpenBlockS266

チェンマイ大学農学部圃場では、空調のないオフィスに2.5インチ HDD をストレージとして内蔵したものを2004年に設置した。2007年に現地で調査したところ、完全に壊れてはいなかったものの、一部読み取りができないなど HDD の調子が悪くなっていた。高温に加えて、現地の不安定な電源事情も原因の1つと考えられる。聞き取り調査の結果、夕立が降るとよく停電するなど電源供給が不安定なことが分かったので、瞬断を繰り返すことにより HDD が劣化していったものと推察される。

2007年末に小豆島内の2箇所に Flash SSD(NAND Flash-based Solid State Drive)を用いたものを設置し、運用試験を始めた。1つは空調施設のあるオリーブ公園事務所、もう1つはオリーブ圃場内の電源ボックス内に設置してある。現在のところ特にトラブルはないが、まだ夏期の運用実績がないので、Flash SSD 導入による耐熱性の向上については不明である。

### 4-3 Buffalo 社 Linkstation/ 玄人志向社 玄箱

既に2005年度に報告済みなので詳細は省くが、三重大学演習林に2台設置し、運用試験を行っている。事務所1Fの一室に設置してあるが、地形と気象条件から非常に湿度が高く、動作環境としては過酷な場所である。同じ場所に気象ロボットからのデータ取得用にデスクトップ PC を設置してあるが、既に1回電源 BOX が故障して交換している。それに対して、Linkstation/玄箱は設置後数年が経過するが、今のところ順調に動いている。しかし、停電復旧後に自動起動しないので、停電後は職員の方において、電源スイッチを入れてもらう必要がある。

### 4-4 ASUS 社 WL-500g Premium

2007年にチェンマイ大学農学部圃場内の百葉箱に設置した。AC アダプタが抜けやすい

などのトラブルがあり、安定して動くようになったのは 2008 年 1 月末からである。OpenBlockS266 のところで述べたように、設置度何度も再起動がかかっているのがログから読み取れるが、現在まで特に問題はない。同じ場所に設置してあるフィールドサーバの観測値によれば、連日最高気温が 30 度を超す期間もあるが、正常に動作しているようである。ただし、標準以外のパッケージを作成することがまだできていないので、データ収集に関する実験は今後の課題である。

## 5. まとめ

以上、Linux ベースの製品に着目し、野外での運用試験を通じてそれぞれの特徴と問題点を抽出した。まだ運用試験が不足しているものもあるので、継続して実験を行い、最終的には地下水位計測に適用する予定である。