

北勢地方の自噴井観測

令和3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 29 年間調査を続けている。しかし残念ながら 2009 年度までに、様々な理由から 4 カ所の自噴井の計測ができなくなった。したがって、現在は、北勢地方の 6 カ所の自噴井から、月に 1 回自噴量、水温、電気伝導度、pH を計測している。これらは、北勢地方の地下水の涵養、流動、流出をあらわしており、北勢地方の地盤環境の基本的なデータとなる。北勢地方の健全な地盤環境に必要な計測である。

1 . 地下水調査の概要

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

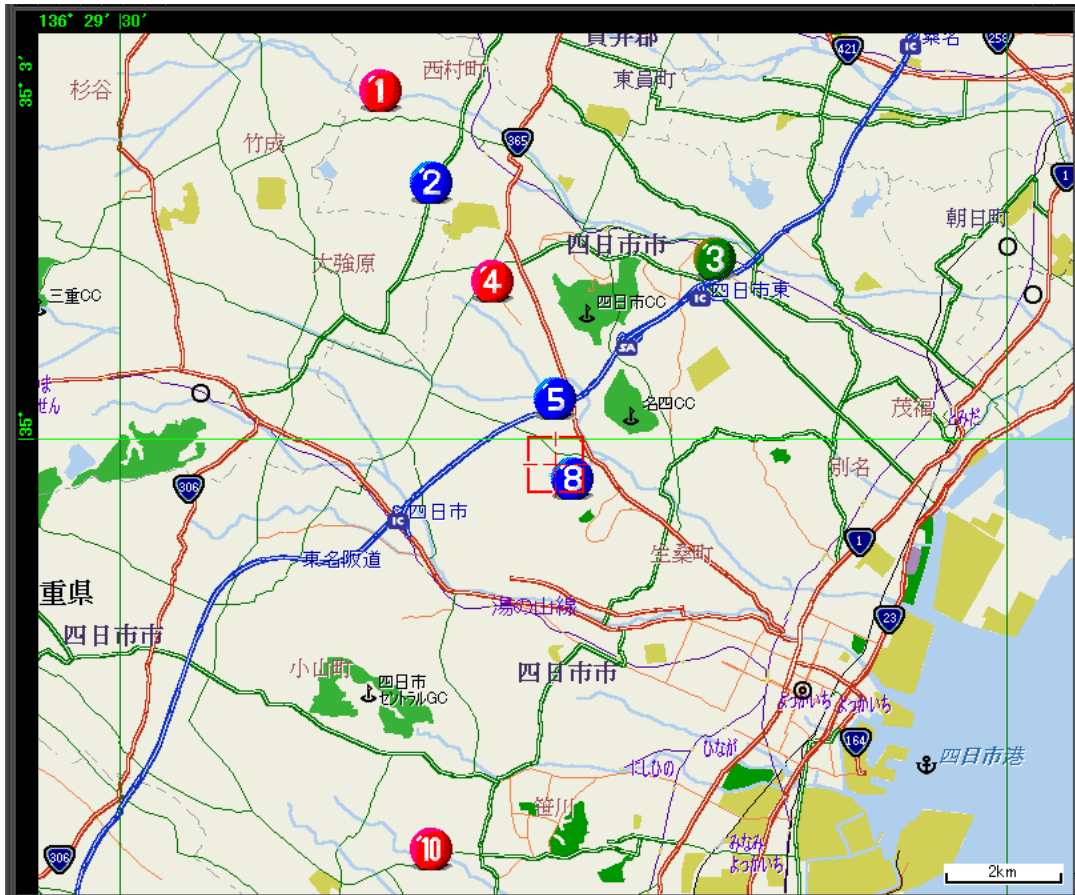


图 1 測定自噴井位置

表 1 調査井戸の深度・標高。地表地質

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

2. 地下水調査の結果及び考察

2-1 自噴量

図 2-1 から図 2-7 に、1991 年 5 月から 2018 年 12 月までの自噴量の変化を示す。

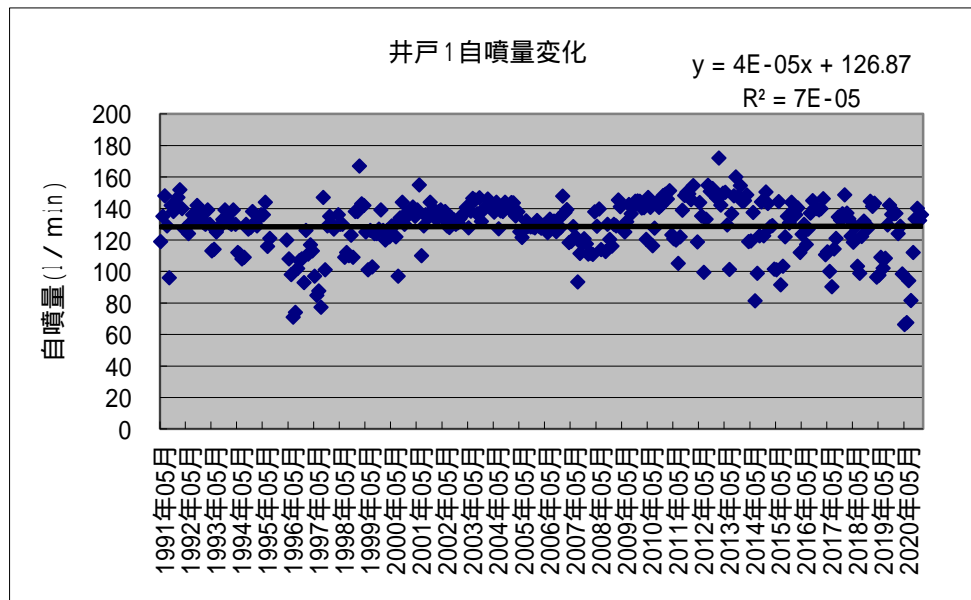


図 2-1 自噴井 1 の自噴量変化

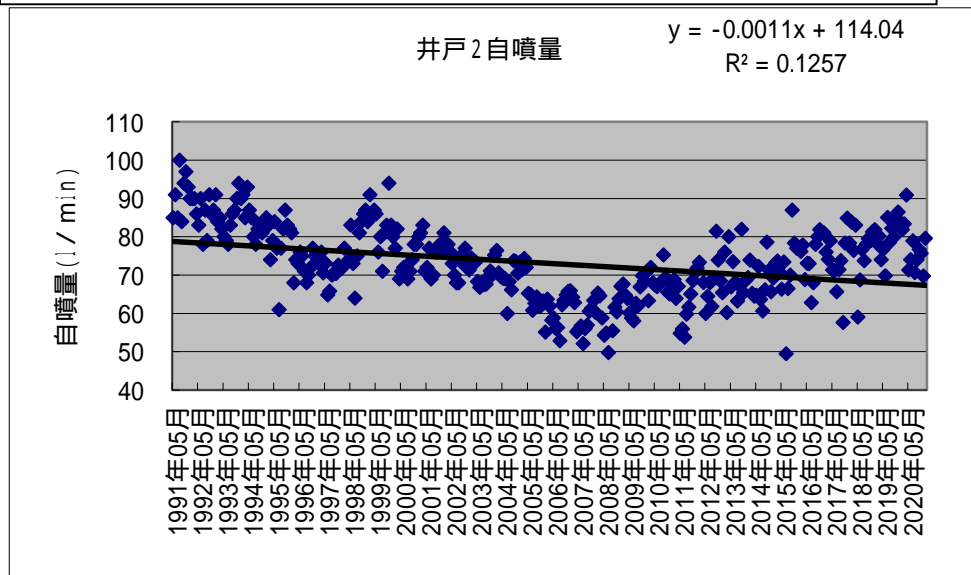


図 2-2 自噴井 2 の自噴量変化

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

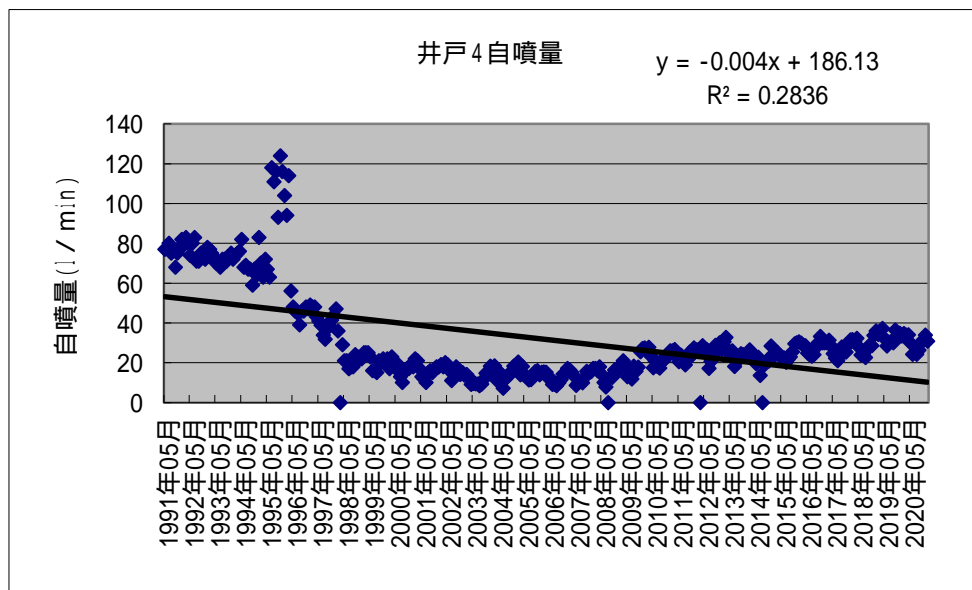


図 2-4 自噴井 4 の自噴量変化

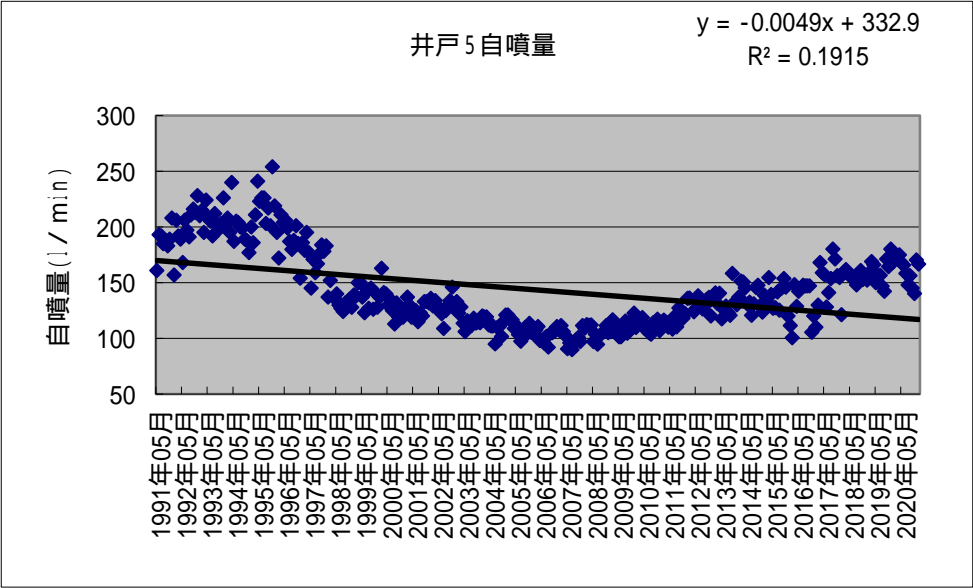


図 2-5 自噴井 5 の自噴量変化

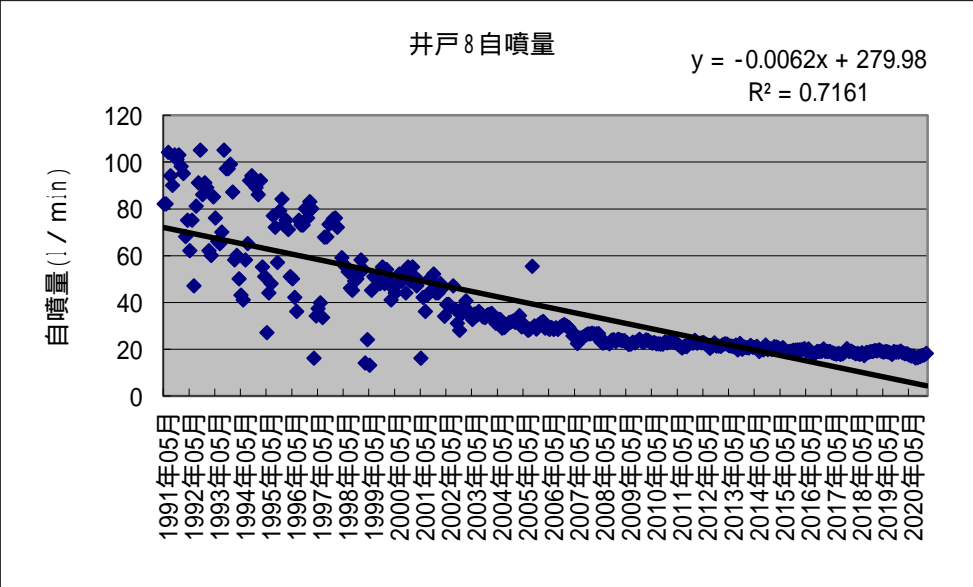


図 2-6 自噴井 8 の自噴量変化

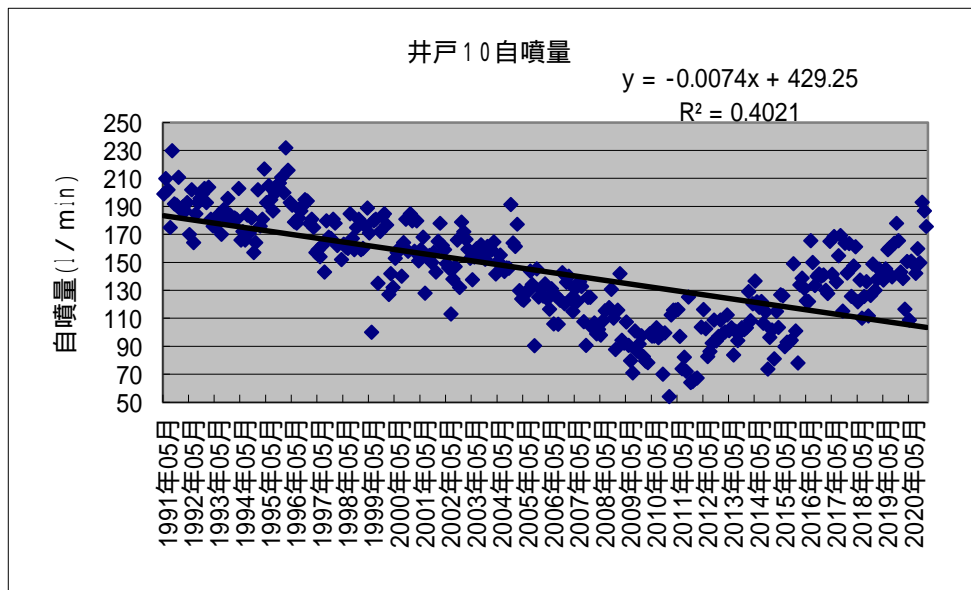


図 2-7 自噴井 10 の自噴量変化

1991 年から見ると、ほとんどの井戸の自噴量は、減少している。しかし近年は、すべての井戸で、安定から増加傾向にある。

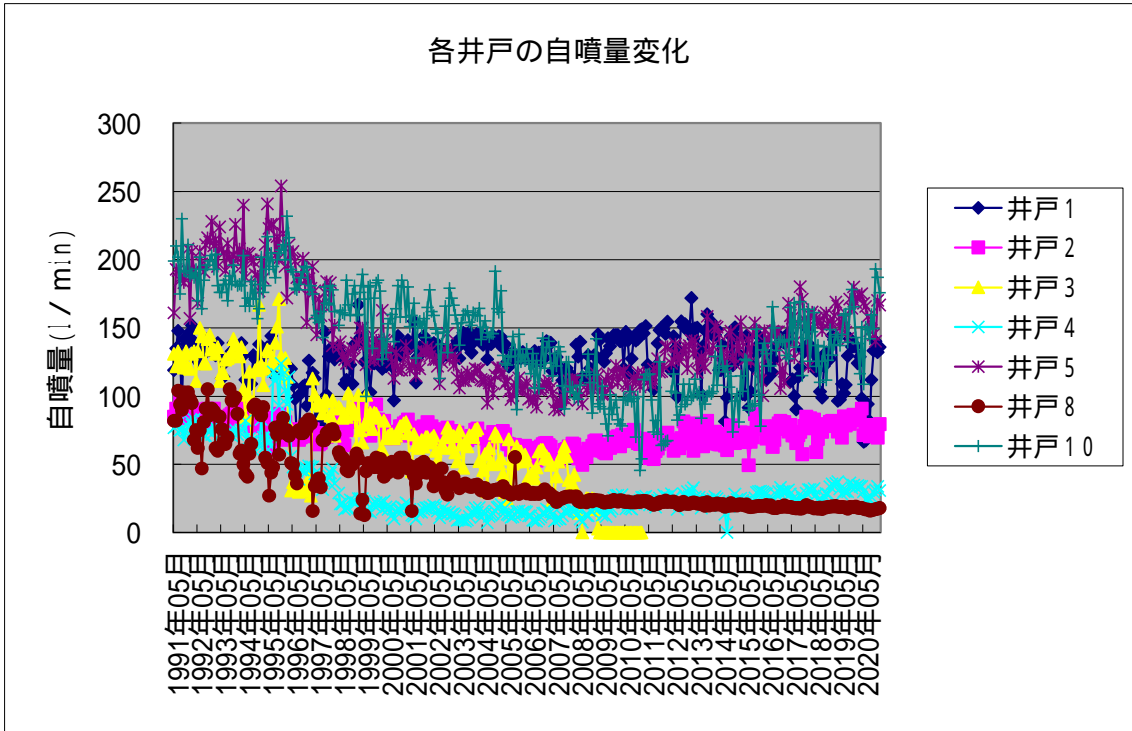


図 2-8 各井戸の自噴量変化

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 年から見ると減少している。しかし、2006 年頃からほぼすべての井戸で、減少傾向が止まり、安定または増加傾向に転じている。井戸の自噴量が地下水賦存量に比例すると仮定した場合、2006 年以降健全な水循環に向かっている。井戸 2、井戸 5、井戸 10 では、観測開始時の水準にかなり近づいている

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

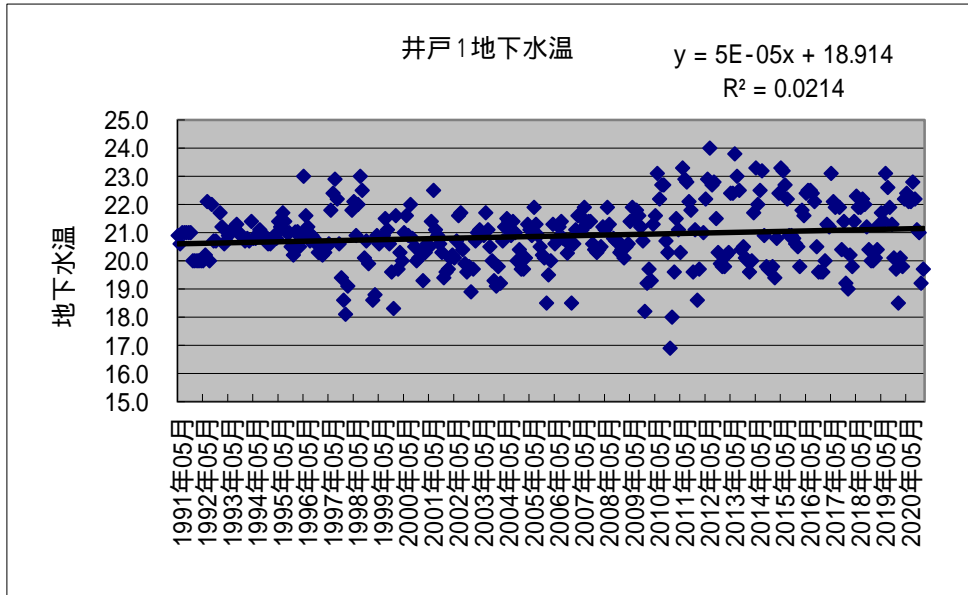


図 2-9 自噴井 1 の地下水温

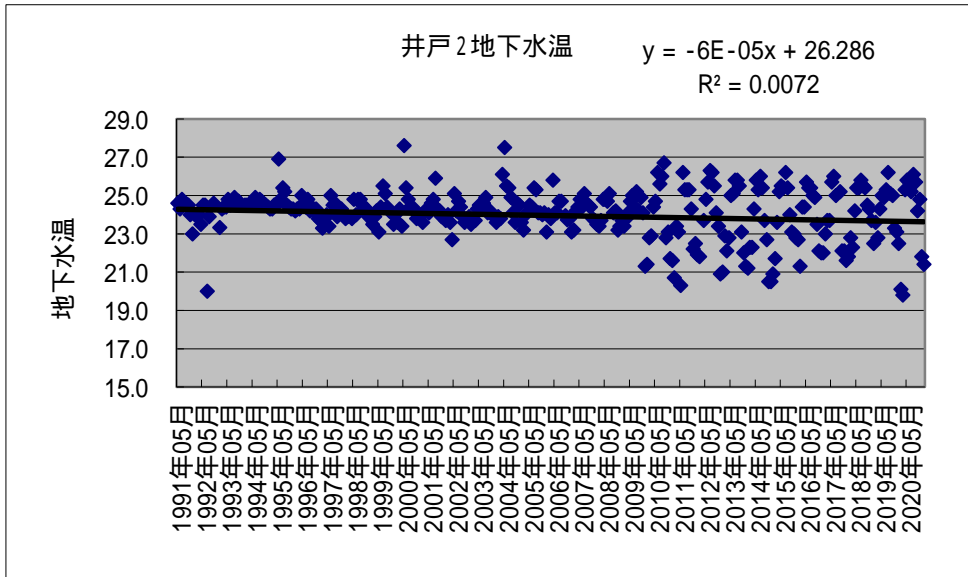


図 2-10 自噴井 2 の地下水温

2009 年度から計測出来なくなった。

図 2-11 自噴井 3 の地下水温

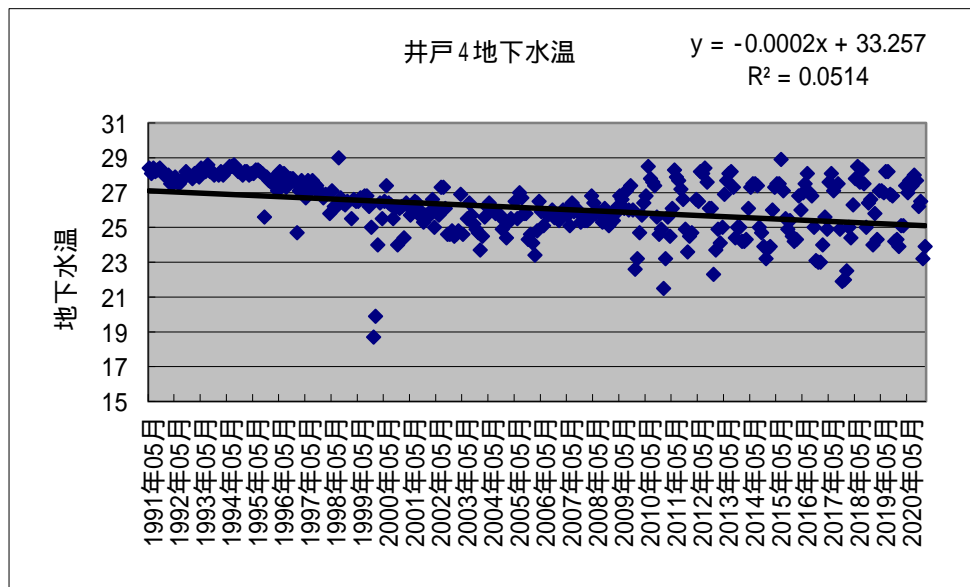


図 2-12 自噴井 4 の地下水温

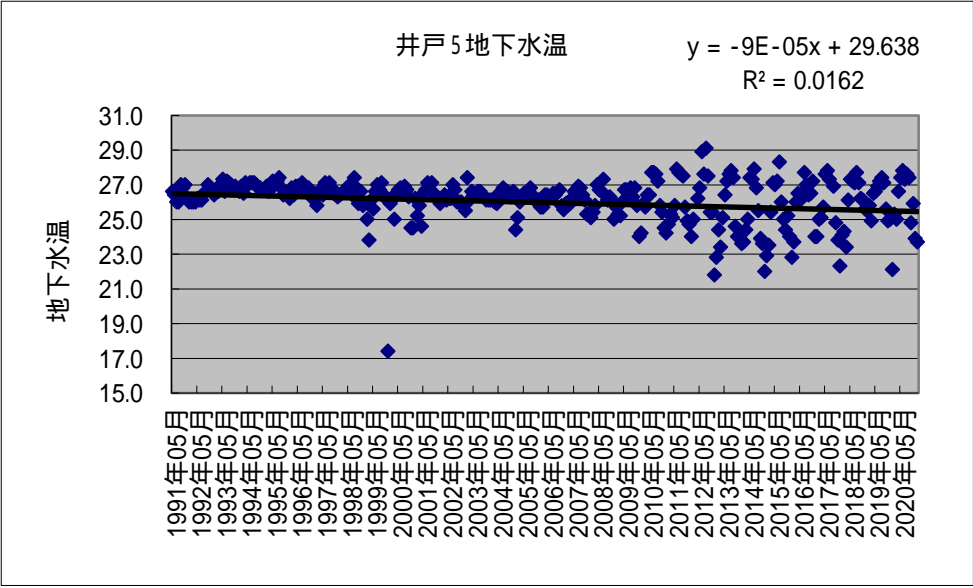


図 2-13 自噴井 5 の地下水温

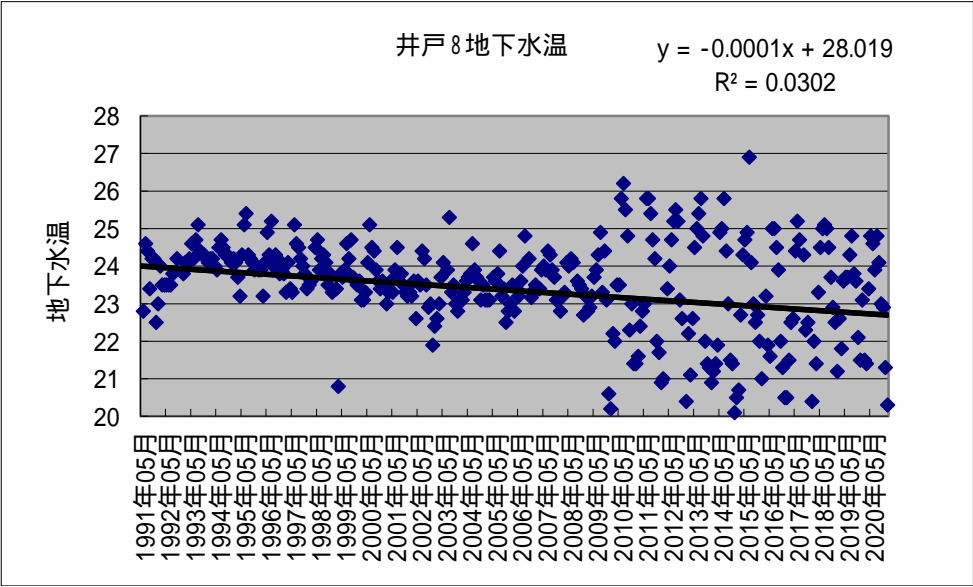


図 2-14 自噴井 8 の地下水温

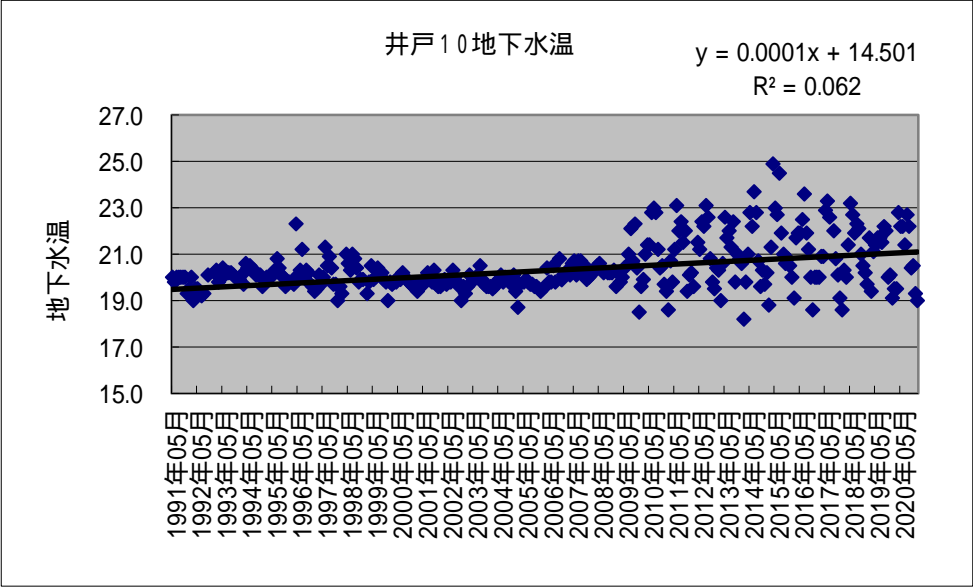


図 2-15 自噴井 10 の地下水温

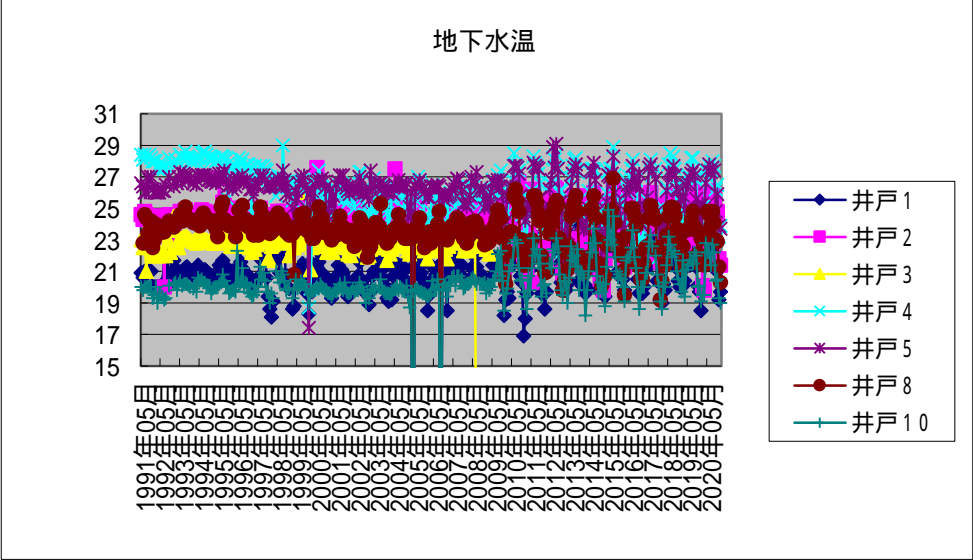


図 2-16 各井戸の地下水温変化

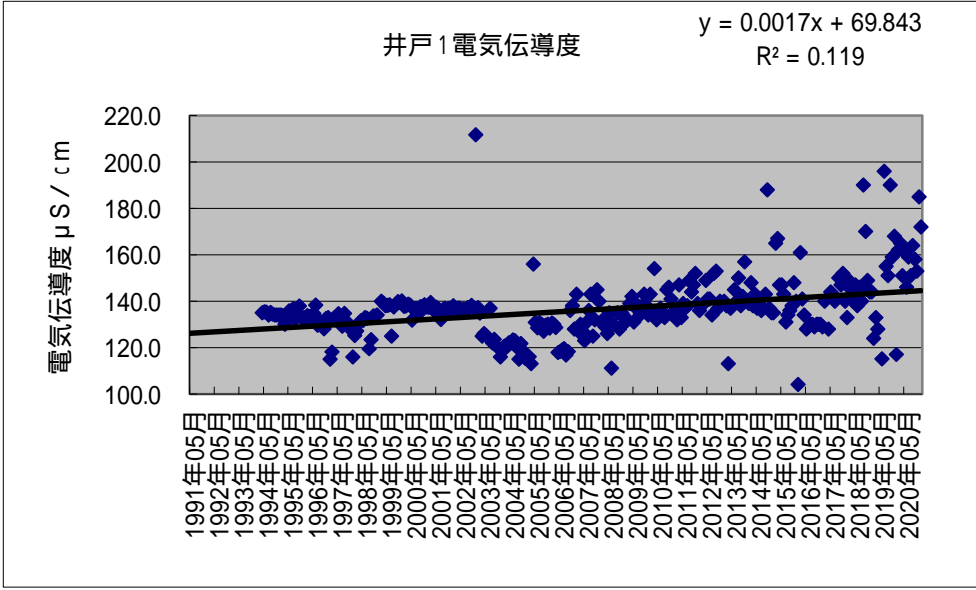


図 2-17 自噴井 1 の電気伝導度

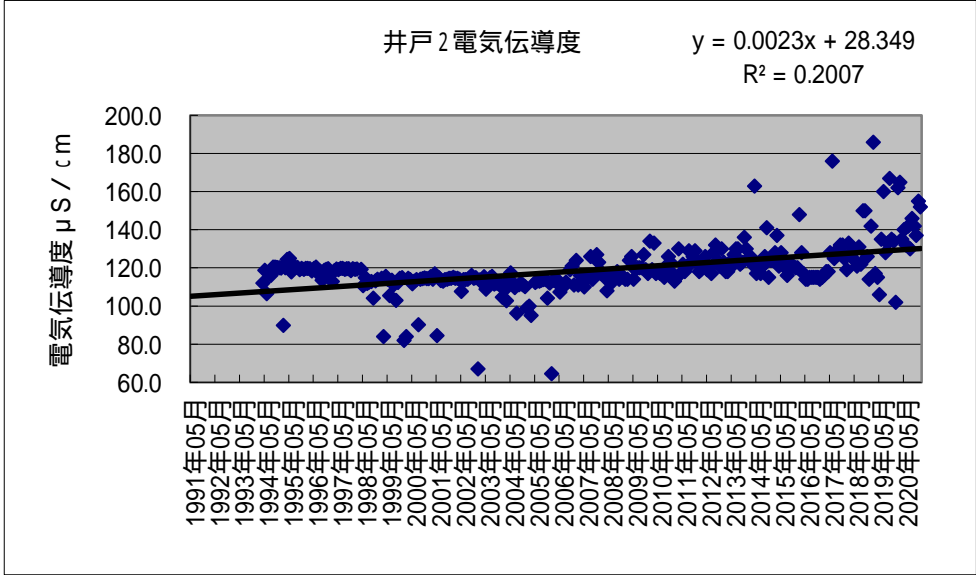


図 2-18 自噴井 2 の電気伝導度

2009 年度から計測出来なくなった。

図 2-19 自噴井 3 の電気伝導度

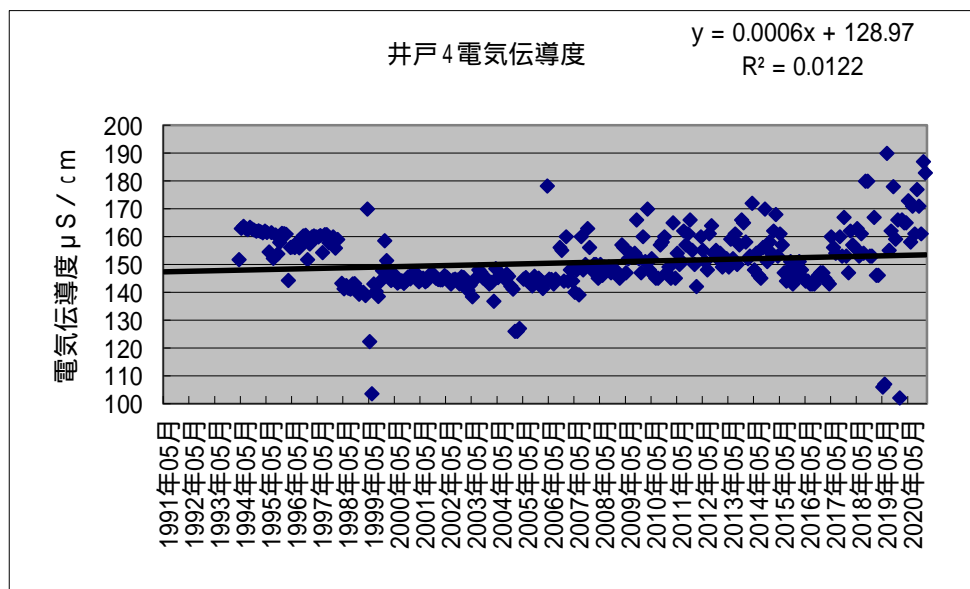


図 2-20 自噴井 4 の電気伝導度

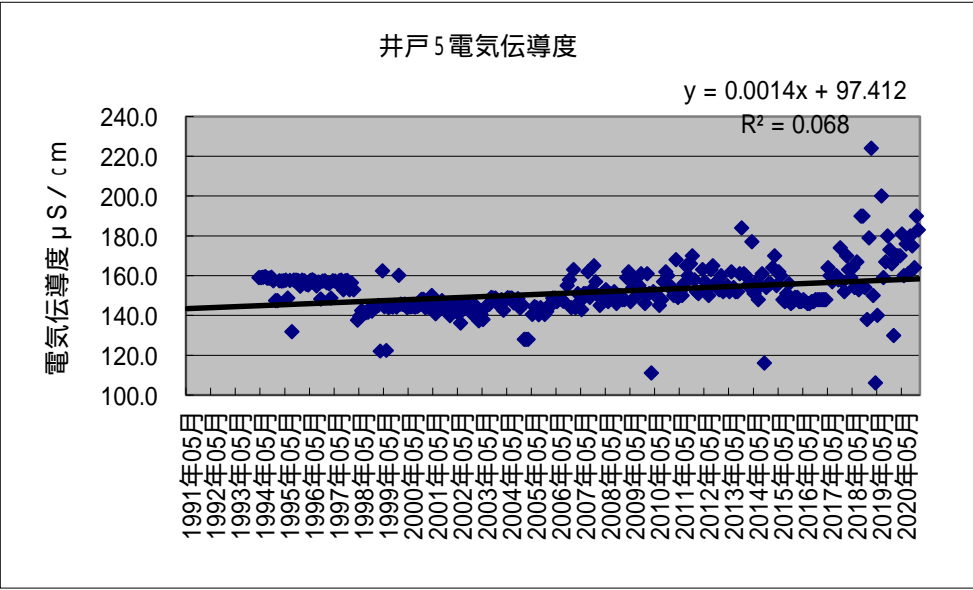


図 2-21 自噴井 5 の電気伝導度

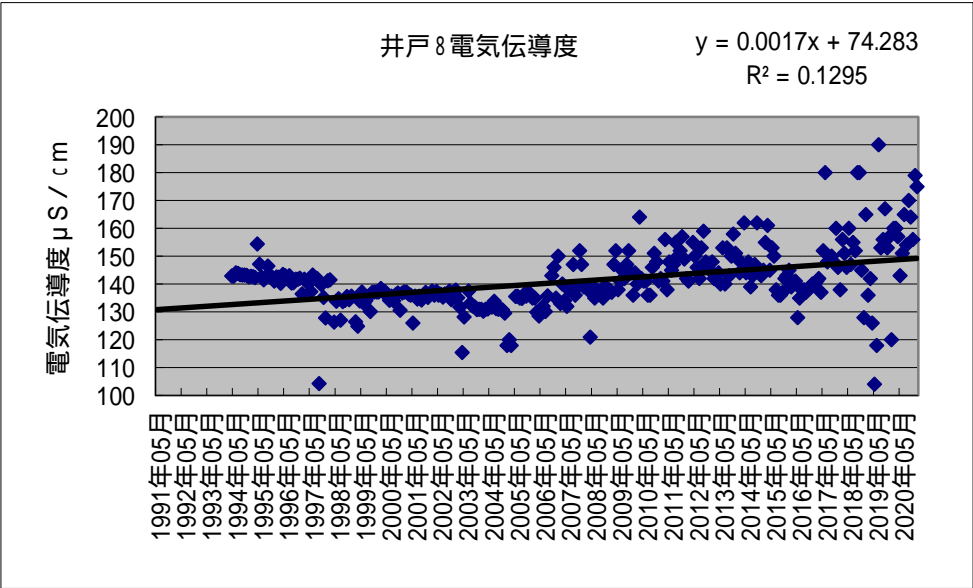


図 2-22 自噴井 8 の電気伝導度

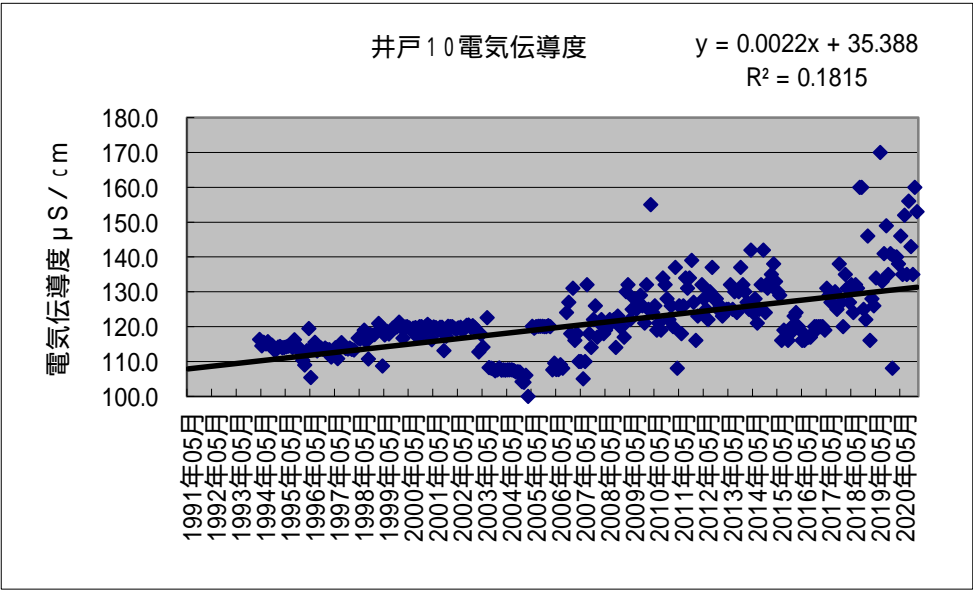


図 2-23 自噴井 10 の電気伝導度

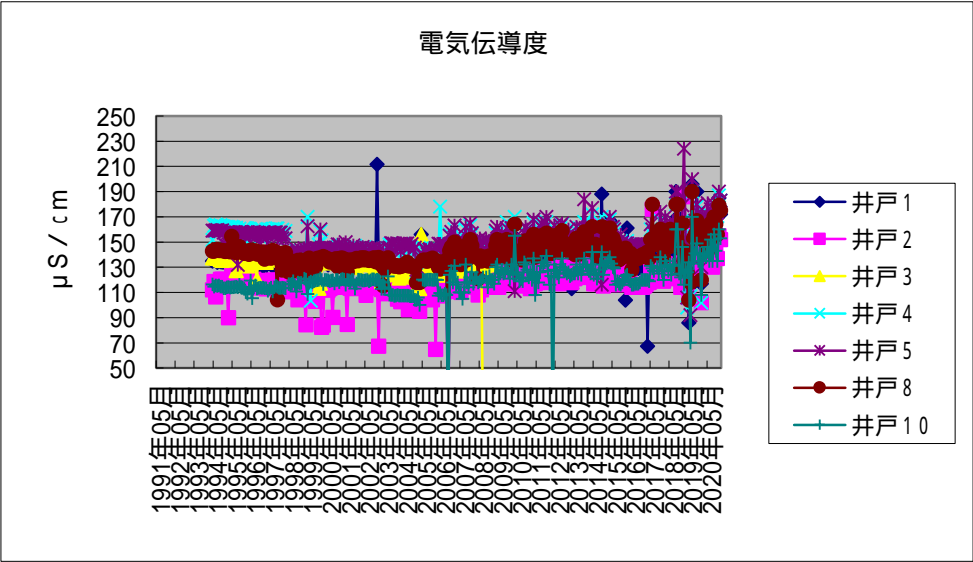


図 2-24 各井戸の電気伝導度変化

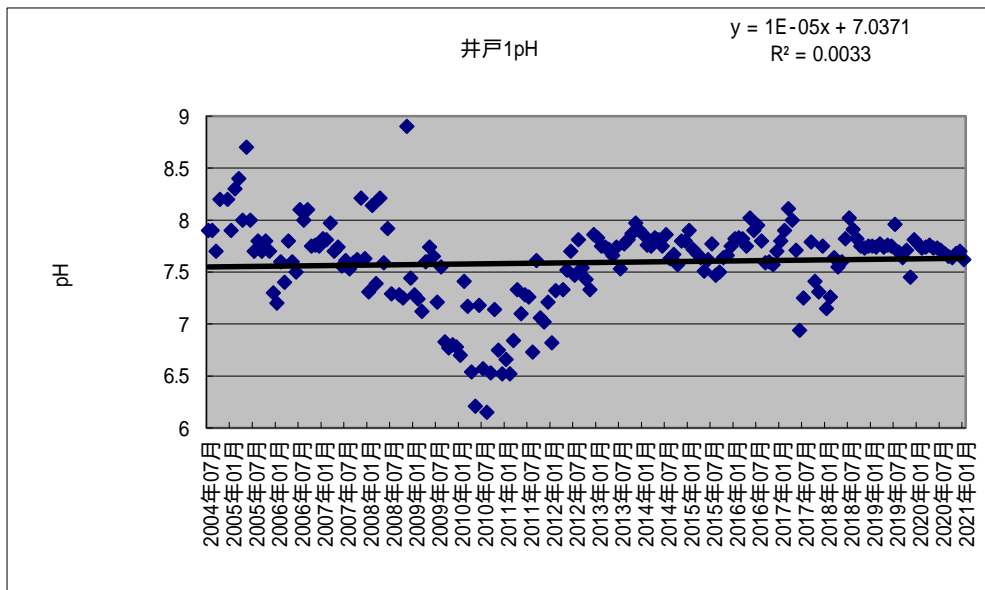


図 2-25 自噴井 1 の pH

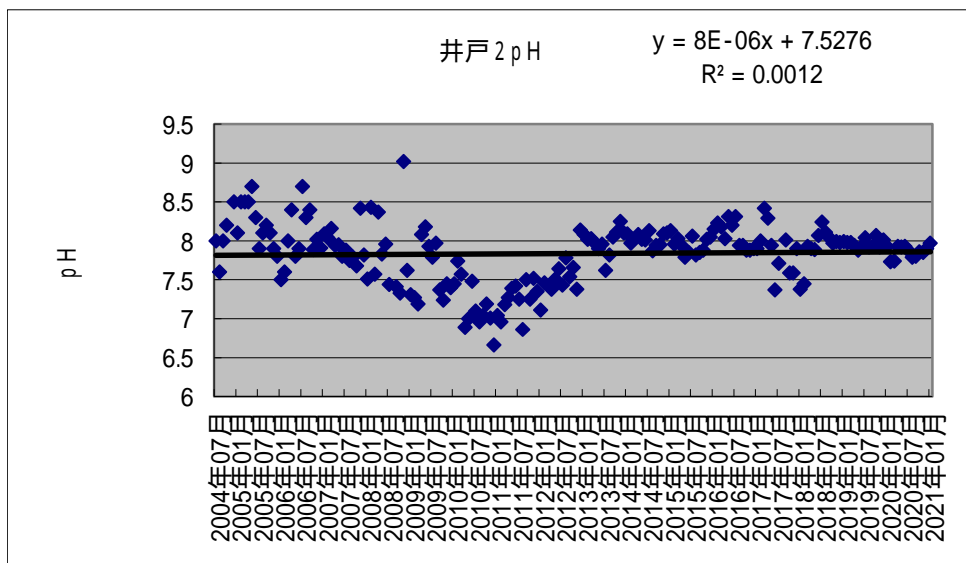


図 2-26 自噴井 2 の pH

2009 年度から計測出来なくなった。

図 2-27 自噴井 3 の pH

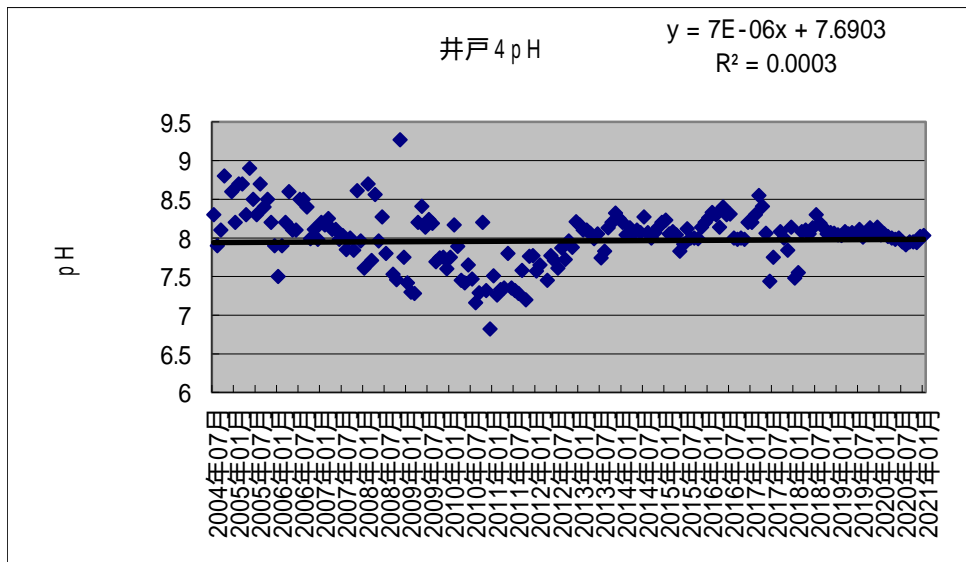


図 2-28 自噴井 4 の pH

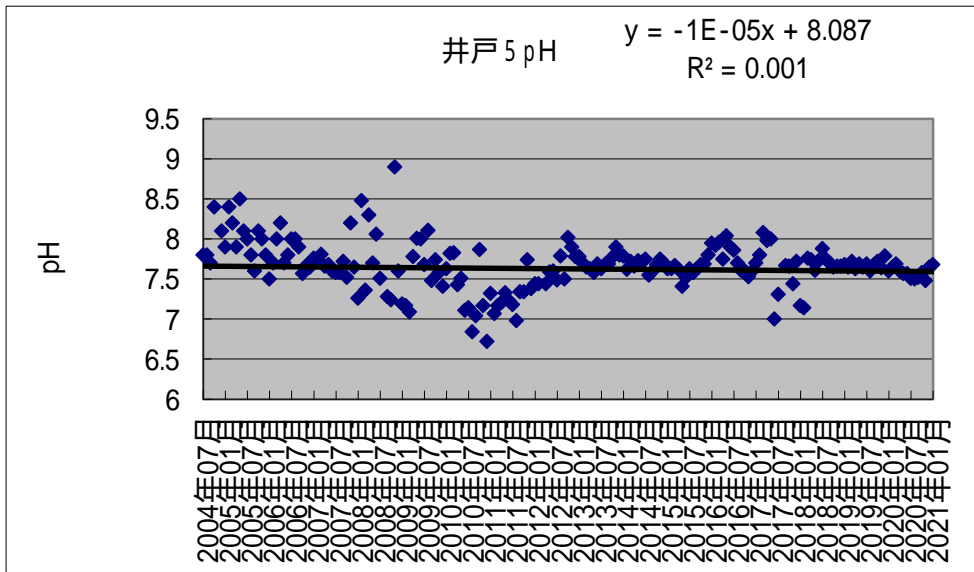


図 2-29 自噴井 5 の pH

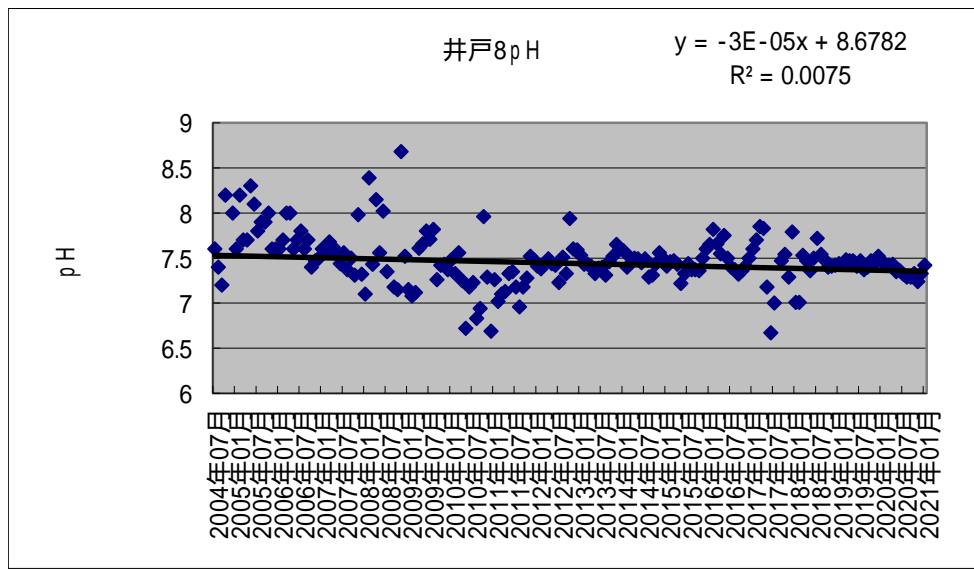


図 2-30 自噴井 8 の pH

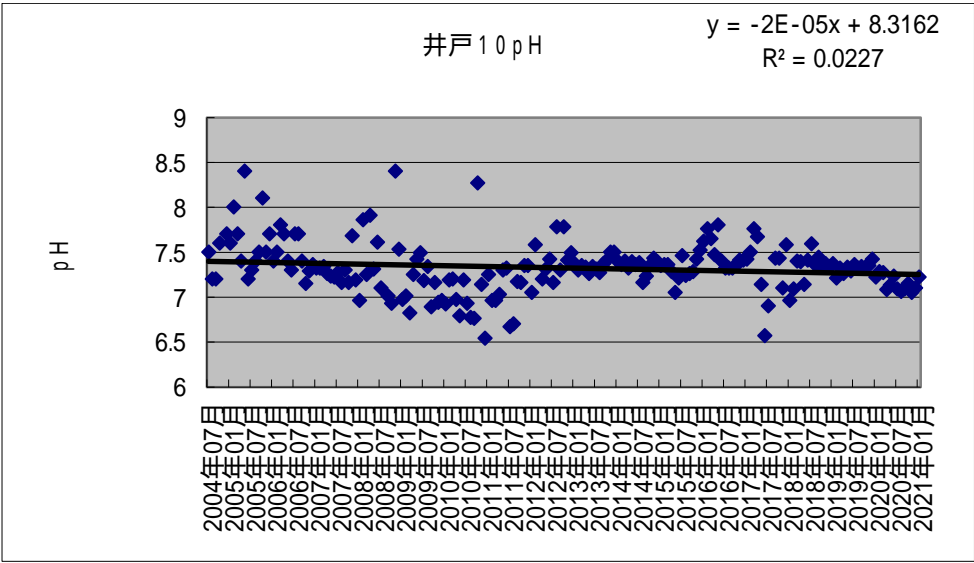


図 2-31 自噴井 10 の pH

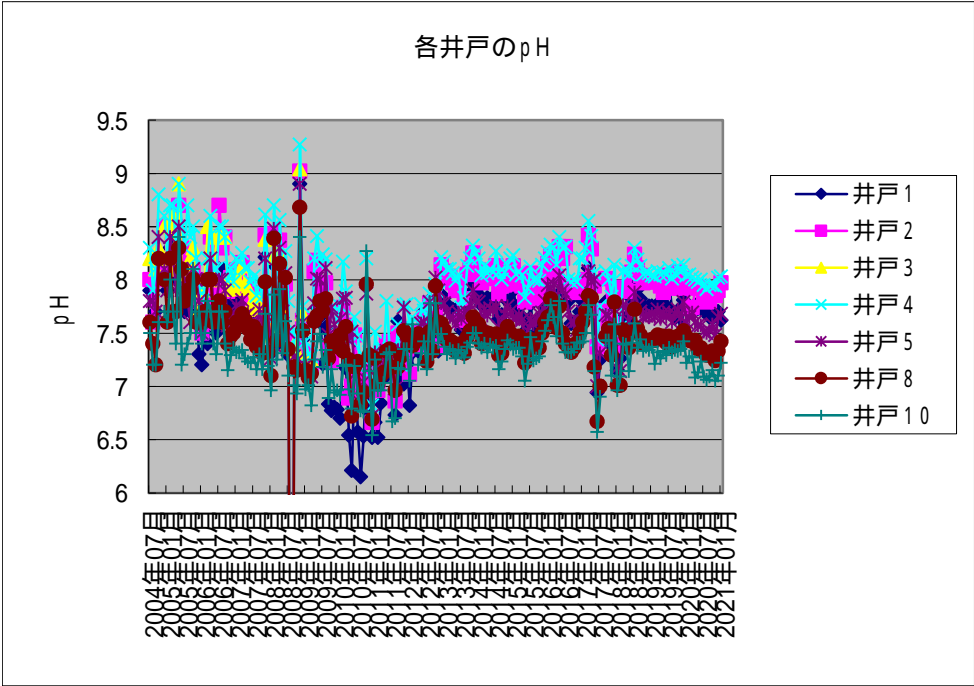


図 2-32 各井戸の pH 変化

地下水温に関しては、長期的には安定しているが、温度上昇を示す井戸と温度低下を示す井戸が混在している。近年はばらつきが大きくなっている。ただし、いずれの井戸も 2010 年ごろからばらつきが大きくなっているため、計測器の影響も考えられる。ただし、pH の測定が始まった 2004 年以来同一メーカーの同一タイプの計測器を用いているので、説明がつかない。

電気伝導度に関しては、長期的には概ね安定している。しかし、やや増加傾向がみられ、近年ばらつきが大きくなっている。電気伝導に関しては、ばらつきが大きくなった時期に共通性は見られない。やや汚染されている可能性もある。

pH に関しても、長期的には安定している。水温と電気伝導度と異なり、近年安定傾向が強まっている。ただ、水温と同様に、2010 年ごろに変曲点が見られる。

3 . 考察

30 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、水温、電気伝導度、pH の変化傾向を統一的に説明できる原因は特定できず、単純に過去の水循環構造に戻りつつあるという結論にはならない。観測地周辺は近年開発が盛んに進められている地域であり、継続した監視が必要であると思われる。

報告書

研究件名：北勢地方の地下水の水質調査（継続）

担当者： 三重大学大学院生物資源学研究科 教授 葛葉泰久

三重大学教養教育院 教授 大野研

三重大学生物資源学部 4年生 船橋拓斗

1. 年度当初の研究計画：

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

2. 「令和2年度 地盤沈下状況把握調査業務委託概要」に記載された調査内容：

本項目に関わりある部分を抜粋すると、以下のようになる。

○本調査は、自噴井を継続的に観測することにより地下水の挙動を把握すること、併せて水質についても定期的に観測を行い、適切な地域の地盤環境管理・地下水資源管理を目指し、データ収集及び蓄積を行う調査である。H3 から実施している井戸の自噴量、水温、水質の定期的な観測によりデータの蓄積を行うとともに、データを整理し状況に大きな変化がないか確認している。

○従来から北勢地方の自噴井（現在は6カ所）で井戸水の水温、電気伝導度、pHを計測し北勢地方の地下水の涵養、流動、流出を把握する資料としている。加えて、本調査では、前年度までに引き続き、同じ自噴井で井戸水の水質を計測し、水質の時・空間分布を明らかにする。特に、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素などの窒素について、時・空間分布とその分布の要因を明らかにする。

報告

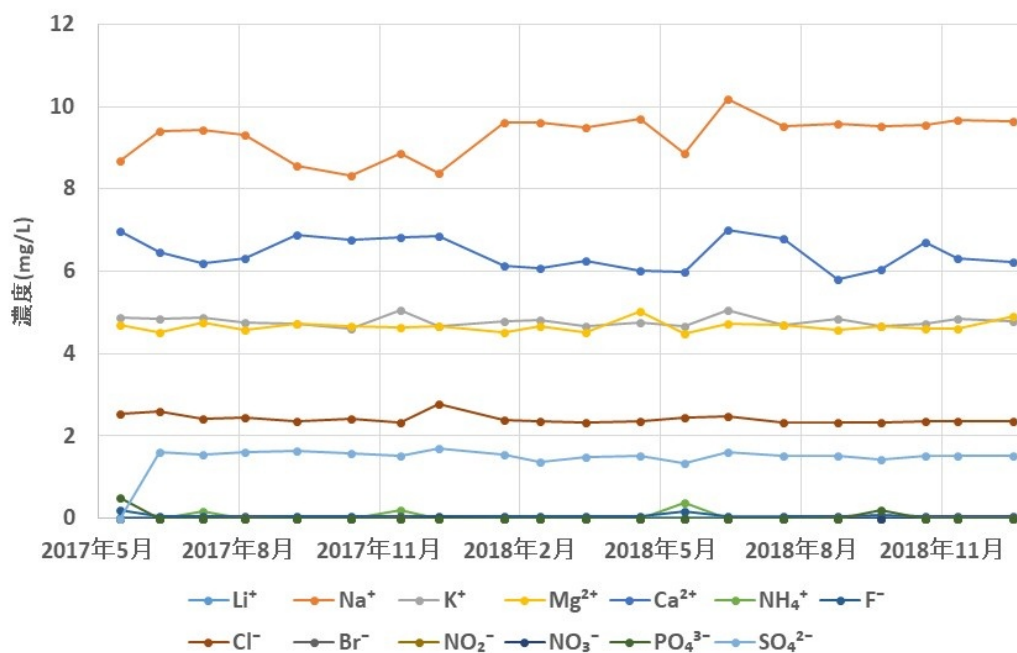
1. 結果の概要

ほぼ毎月一回、井戸で採水を行った。今年度も、水環境・自然災害科学研究室保有の機器と三重大学伊賀拠点で測定可能なイオン濃度を測定した。以下、研究期間中の濃度変化を提示する。次節では、今までの結果と比較するため、○以降にグラフを用いて、今年度の時系

列変化を示すとともに、 に 2018 年度、2019 年度の結果を示す。

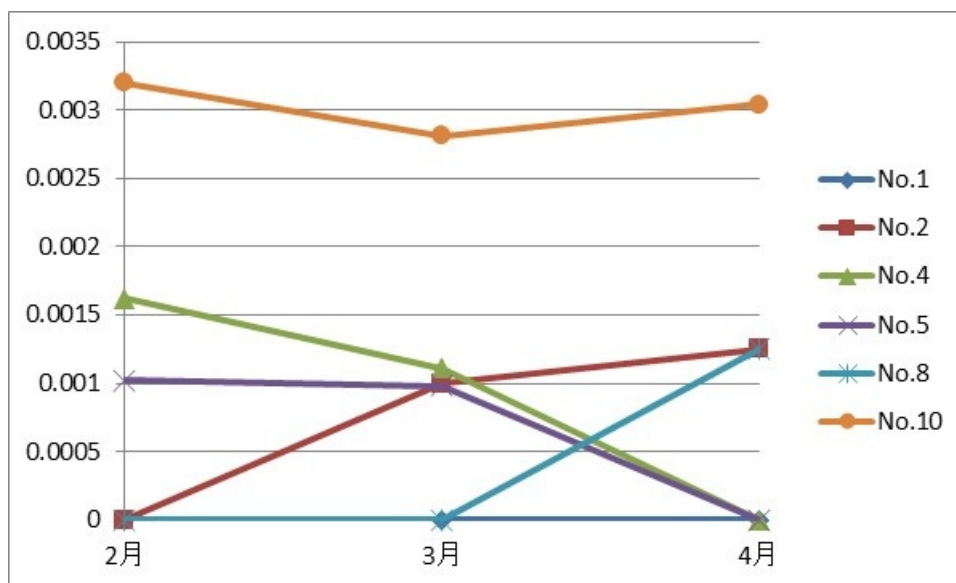
2. 分析結果と考察

No.10 の 2018 年度の結果



(1) Li⁺(mg/L)

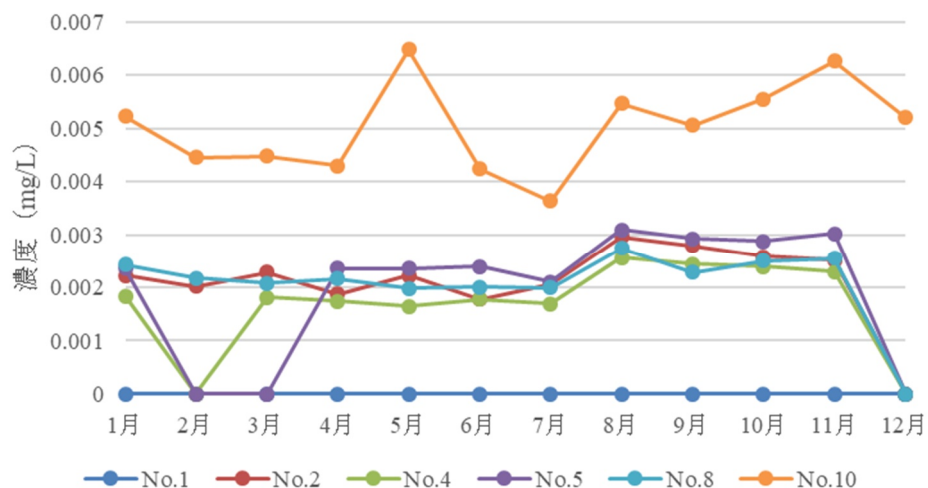
2019 年度の結果



2018 年度の No.10 の平均は ,0.006 である .2019 年度の結果は ,概ね 0.003 程度であるが ,

なぜ Li^+ の濃度が下がったのかは、今の時点では不明である。今後検討する。

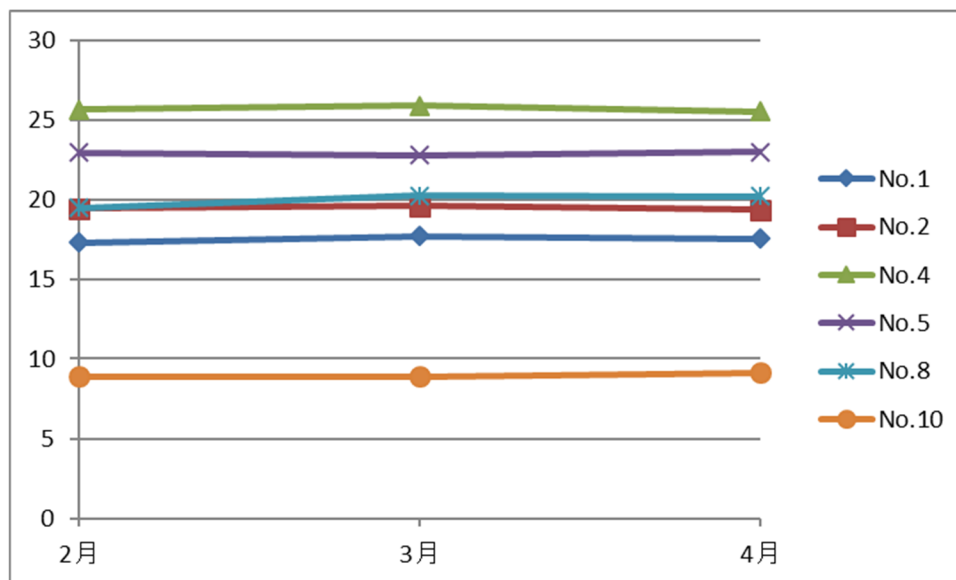
○2020 年度の結果



2020 年度は No.10 で平均的な濃度が 0.005 あたりとなり、2018 年度とほぼ同様の値となった。2019 年度は上述のように若干値が小さかったが、元に戻ったようである。原因は不明である。

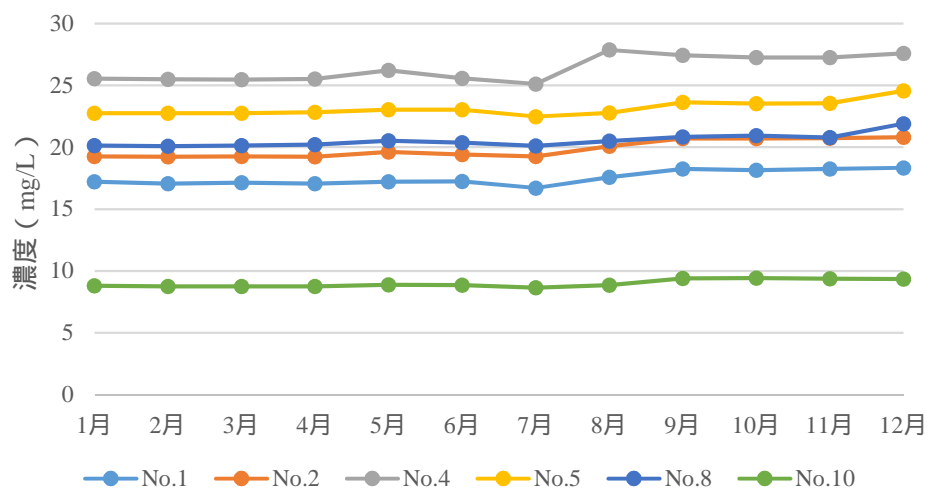
(2) Na^+ (mg/L)

2019 年度の結果



2018 年度の No.10 の平均は、9.3 である。2019 年度の値もその程度である。 Na^+ については、昨年度と概ね等しい結果が得られたと考える。

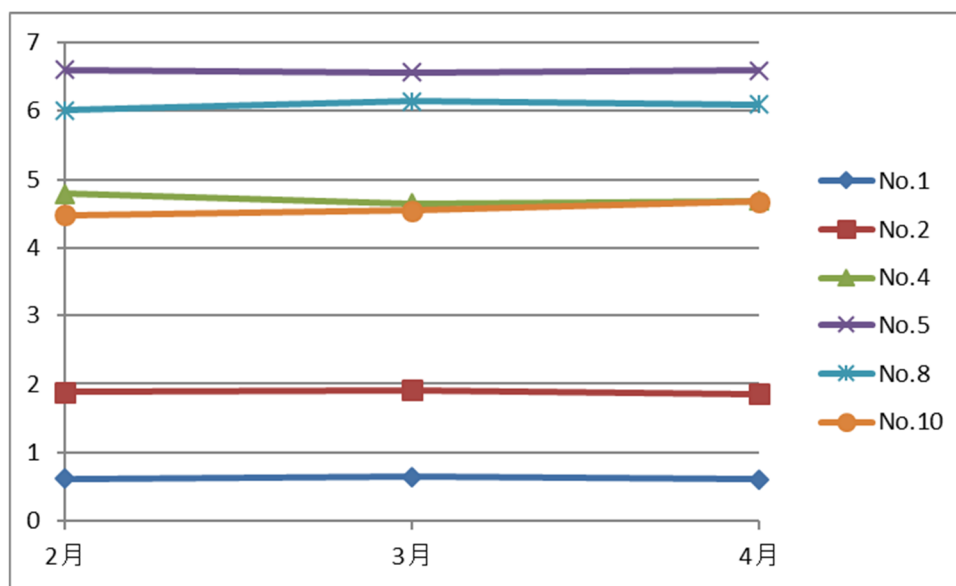
○2020 年度の結果



2018,2019 年度と比較して，総合的な値が得られている．

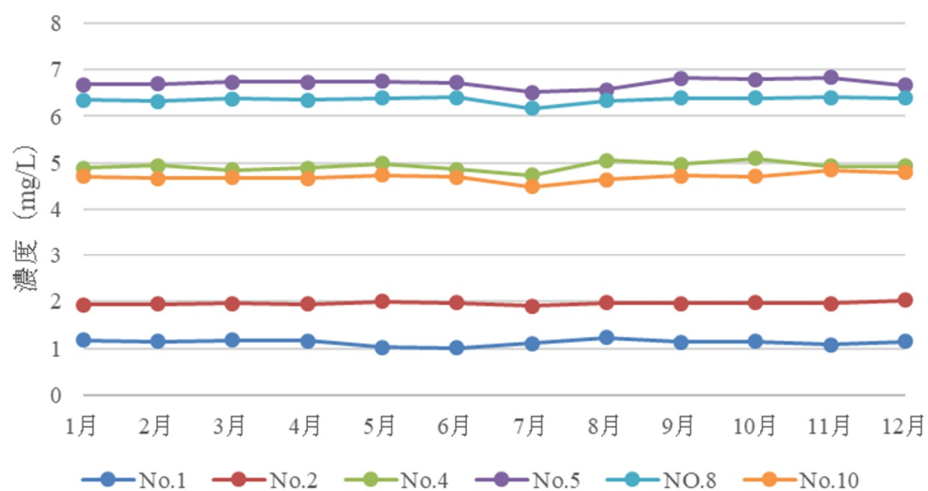
(3) K⁺(mg/L)

2019 年度の結果



2018 年度の No.10 の平均は ,4.8 である .2019 年度の値もその程度である . K⁺については , 昨年度と概ね等しい結果が得られたと考える .

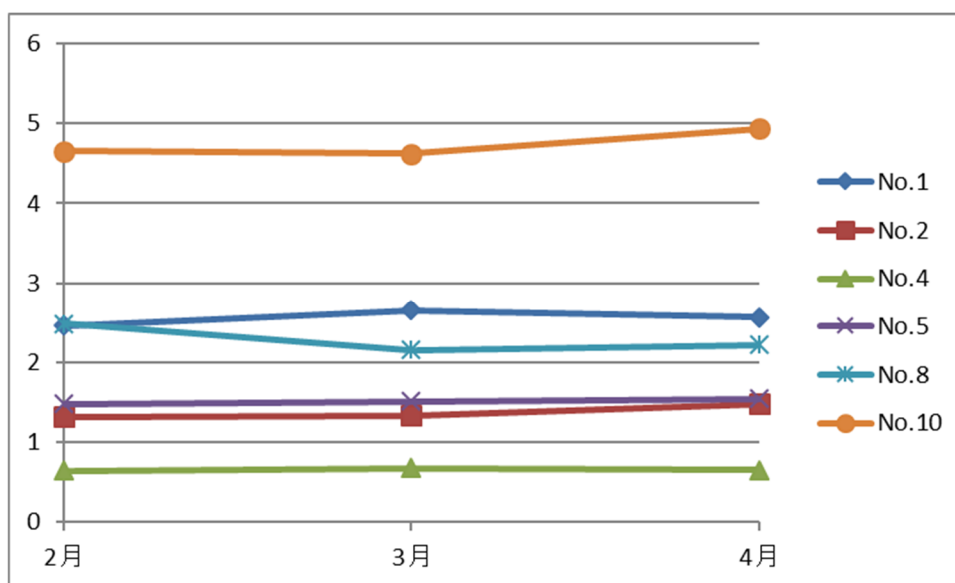
○2020 年度の結果



2020 年度の No.10 は、5 より少し小さい値であり変動なく推移している。2018,2019 年度と状況は同じであると考えられる。

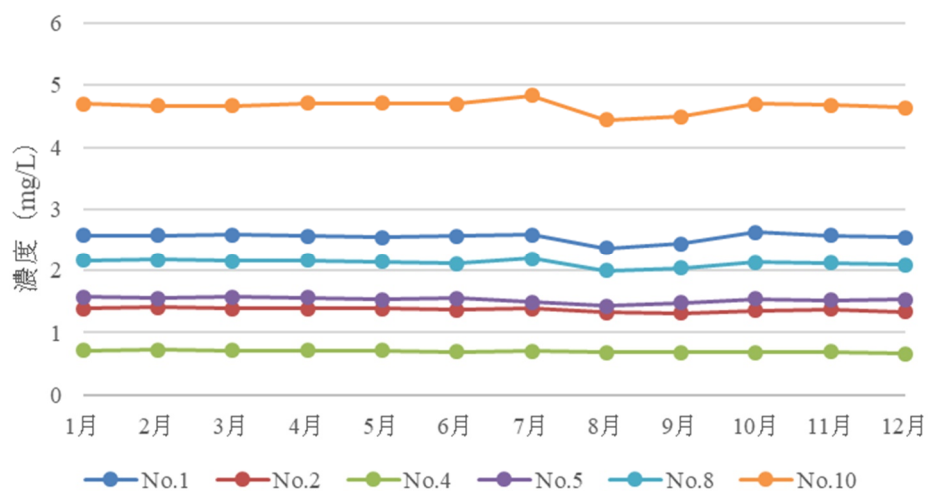
(4) Mg^{2+} (mg/L)

2019 年度の結果



2018 年度の No.10 の平均は、4.7 である。2019 年度の値もその程度である。 Mg^{2+} については、昨年度と概ね等しい結果が得られたと考える。

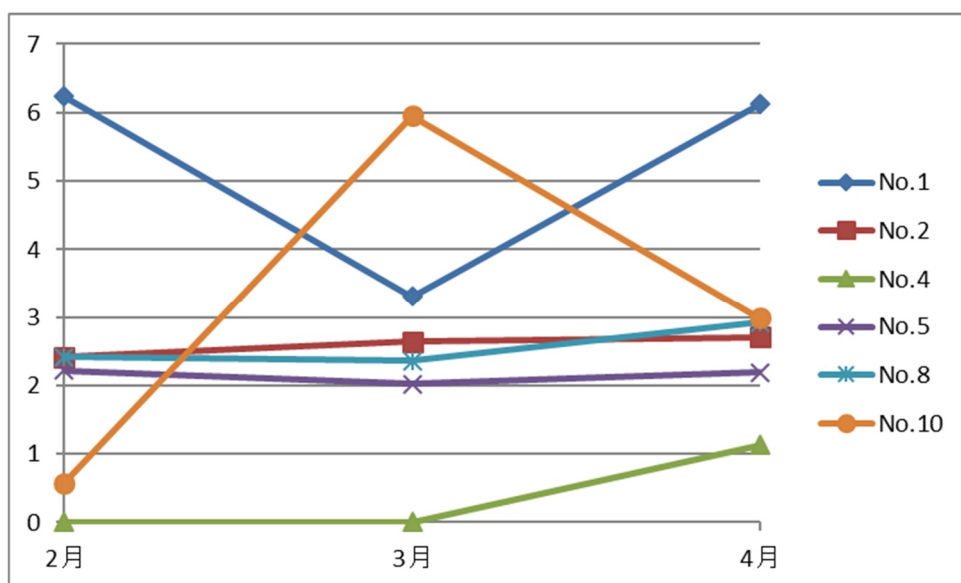
○2020 年度の結果



2020 年度の No.10 は、5 より少し小さい値であまり変動なく推移している。2018,2019 年度と状況は同じであると考えられる。

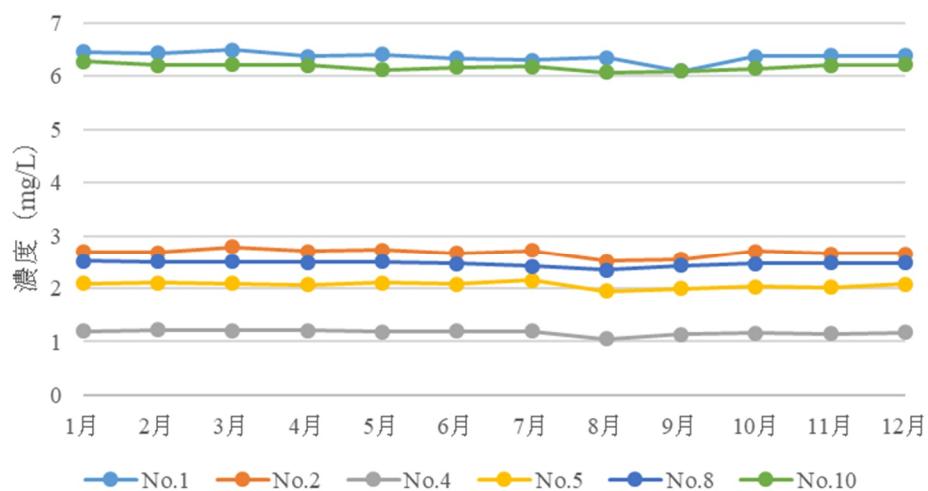
(5) Ca²⁺(mg/L)

2019 年度の結果



昨年度の No.10 の平均は、6.4 である。2019 年度の値もその程度である。Ca²⁺については、本年度の 2~4 月の値が、変動が大きいこともあり(昨年度は、このように大きな変動はなかった)、測定ミスの可能性もある。今後、測定結果を精査する必要があると考える。

2020 年度の結果

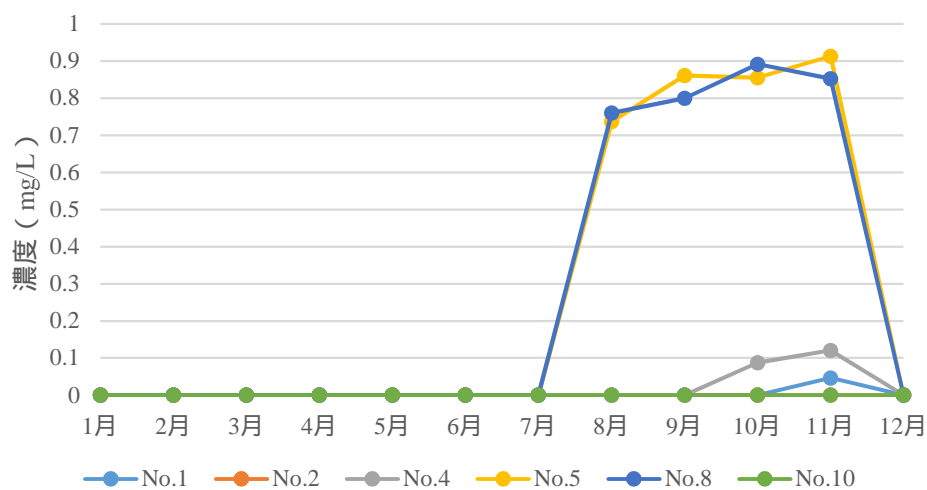


2020 年度の結果は，No.10 で 6 超の値を示しており，2018, 2019 年度と整合的な結果である。

(6) NH₄⁺(mg/L)

期間中検出されず。2018 年度の結果を見ると、「検出されない月」が多かったので，この結果は概ね「昨年度と整合的」であると考えられる。

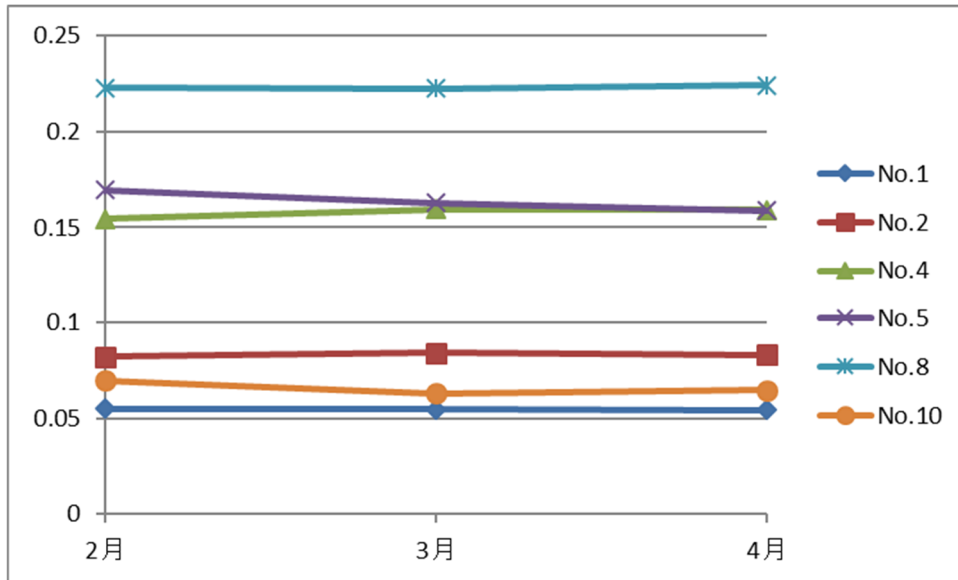
○2020 年度の結果



2018, 2019 年度と整合的な結果であった。年の後半で，NO.10 は 11 月だけ若干のイオンが検出されている。

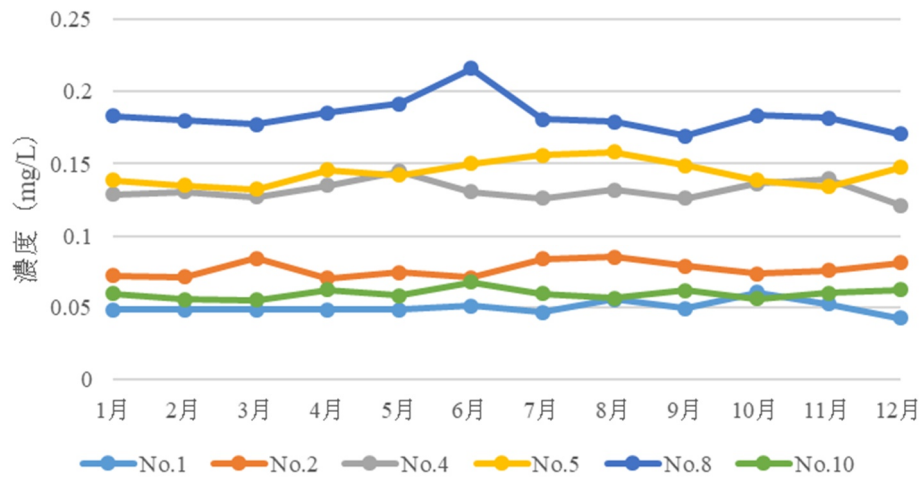
(7)F⁻(mg/L)

2019 年度の結果



2018 年度の No.10 の平均は、0.071 である。2019 年度の値もその程度である。F⁻については、昨年度と概ね等しい結果が得られたと考える。

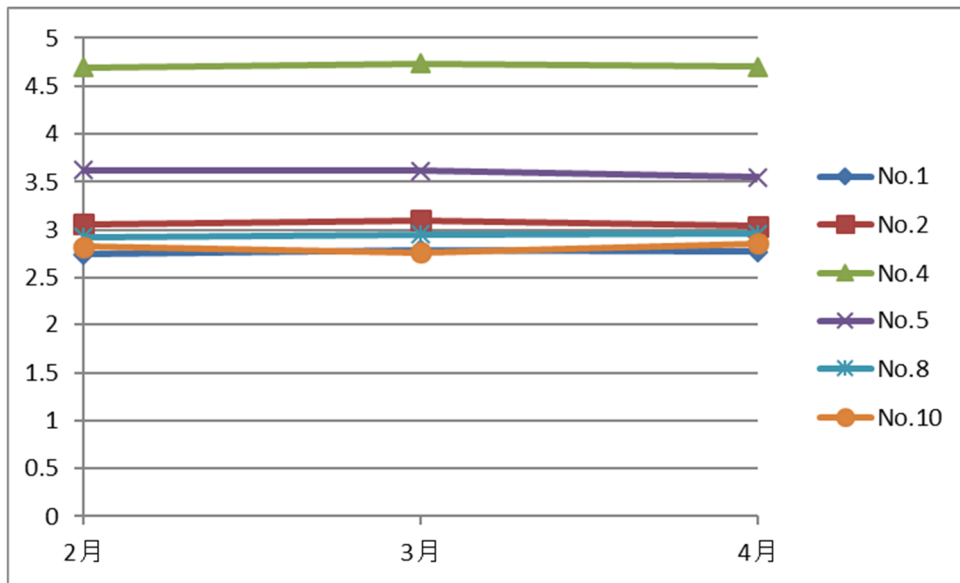
○2020 年度の結果



2020 年度は、0.06 程度の値を示しており、それ以前と整合的である。

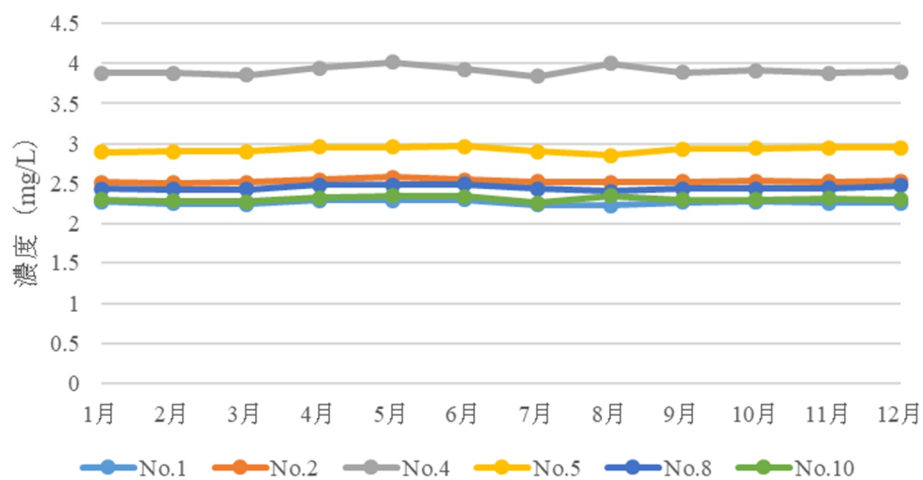
(8) Cl⁻(mg/L)

2019 年度の結果



2018年度のNo.10の平均は、2.41である。2019年度の値もその程度である。CFについては、昨年度と概ね（若干高いが）等しい結果が得られたと考える。

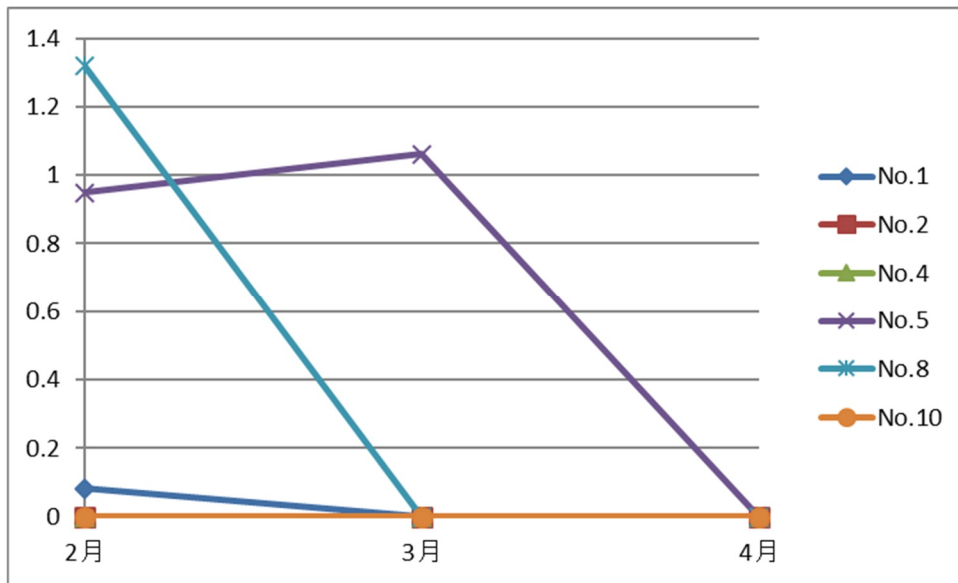
○2020年度の結果



2020年度の結果はそれ以前の値と整合的である。

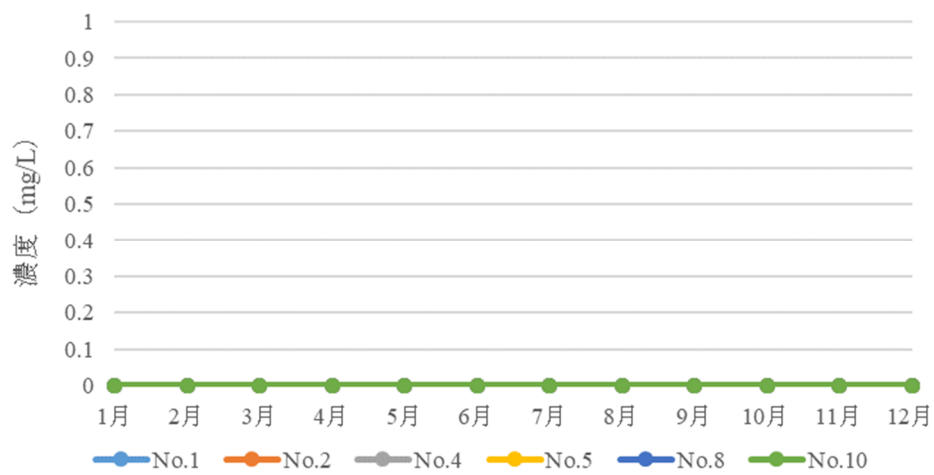
(9) NO₂⁻ (mg/L)

2019年度の結果



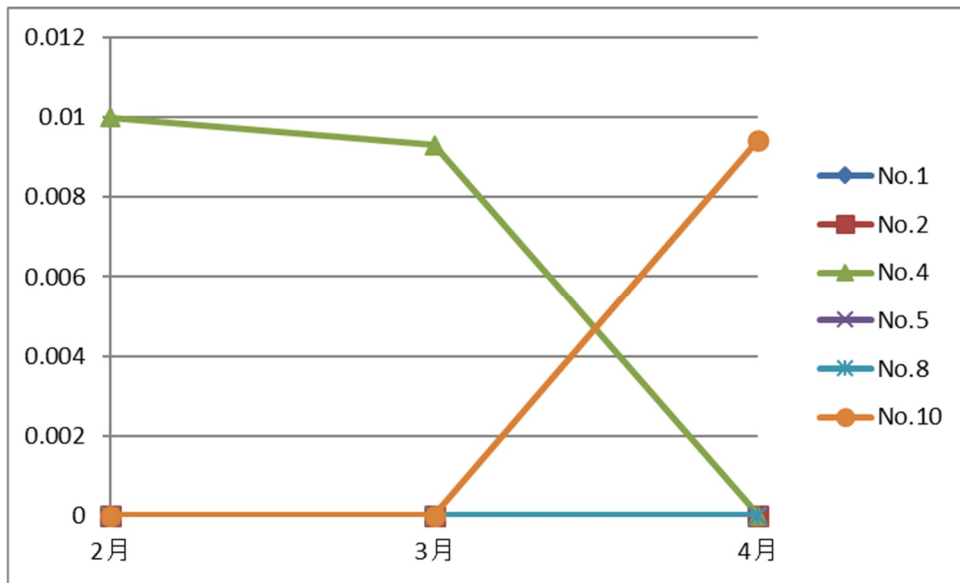
2018年度は検出されていない。これも、昨年度と整合的である。

○2020年度もそれより前と同じく検出されていない。



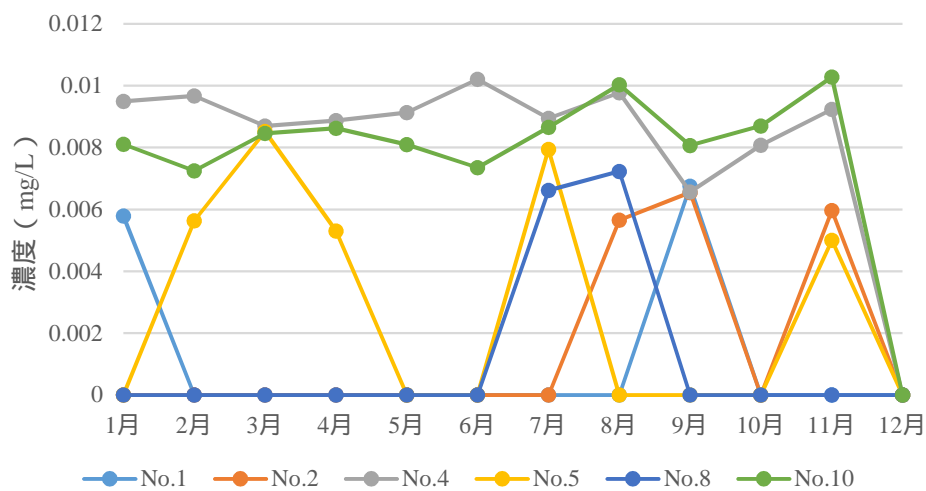
(10) Br⁻(mg/L)

2019年度の結果



2018年度のNo.10の平均は、0.002である。また、検出されない月も多かった。そこで、Br⁻については、昨年度と概ね整合的な結果が得られたと考える。

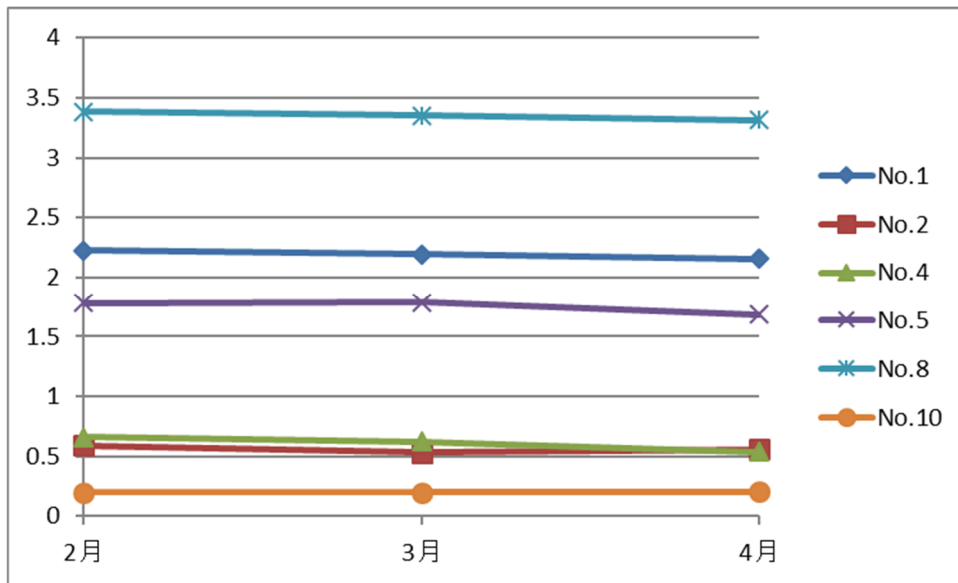
○2020年度の結果



2020年度は、継続的に0.008程度の値を示した。2019年度の2,3月の値とは整合的である。

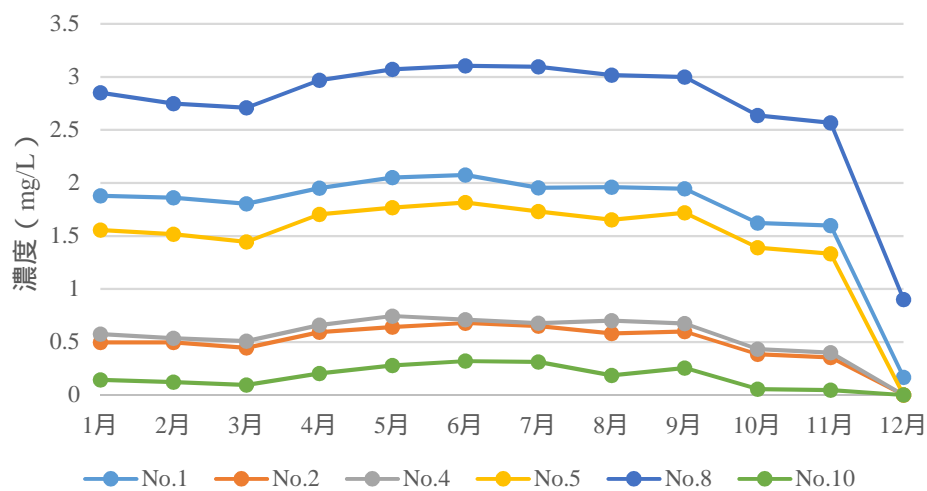
(11)PO₄³⁻(mg/L)

2019年度の結果



2019年度のNo.10の平均は、0.03である。また、検出されない月も多かった。そこで、PO₄³⁻については、2019年度と概ね整合的な結果が得られたと考える。

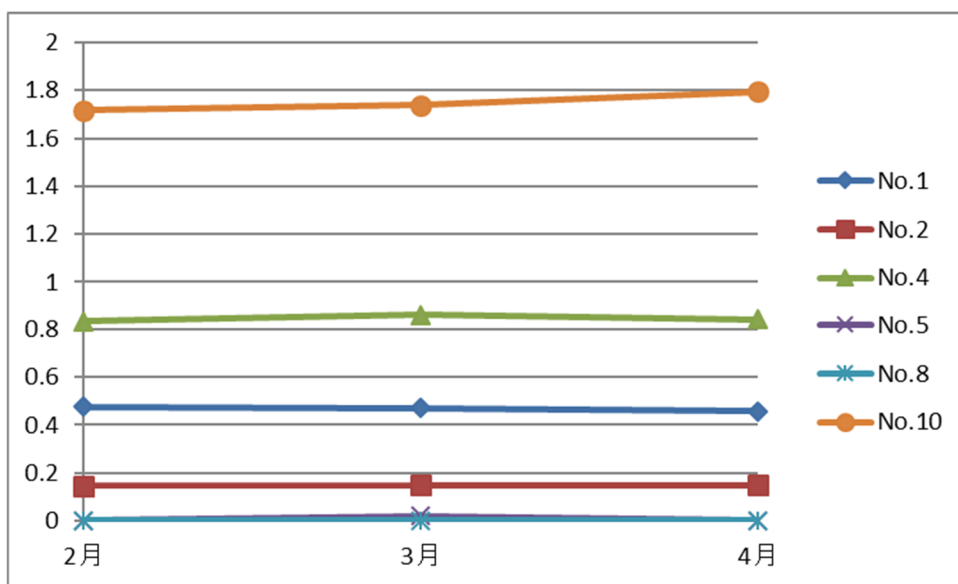
○2020年度の結果



2020年度においては、0.1程度の値で推移していた。

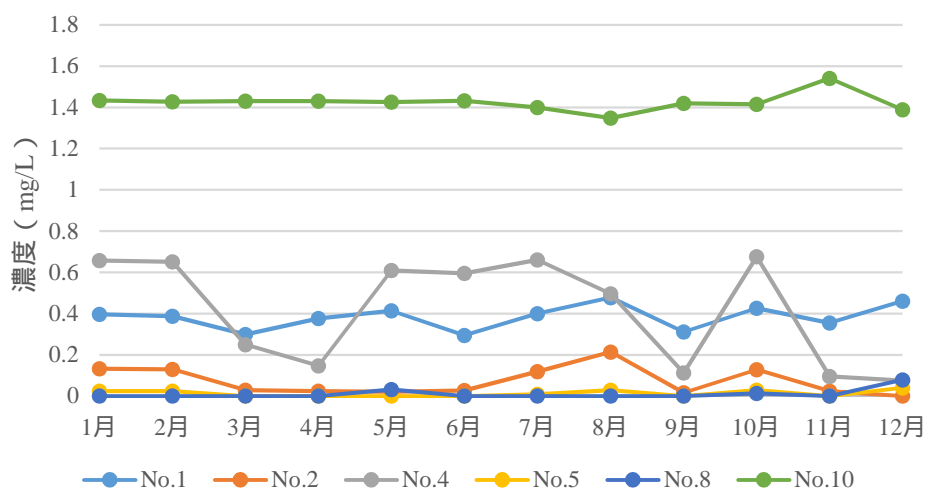
(12) SO₄²⁻ (mg/L)

2019 年度の結果



2018 年度の No.10 の平均は , 1.45 である . 2019 年度の値もその程度である . SO₄²⁻ については , 2018 年度と概ね (若干高いが) 等しい結果が得られたと考える .

○2020 年度の結果

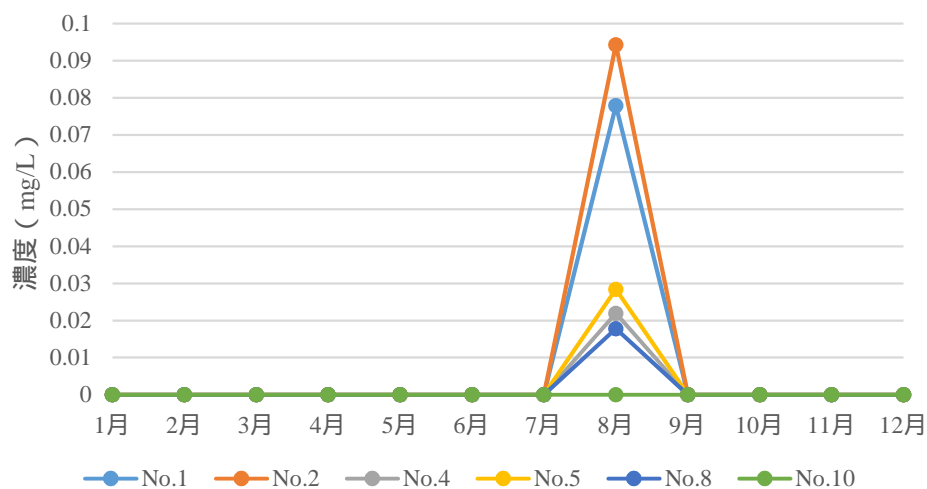


2020 年度は 1.4 程度の値で推移していた . 2018 年度の結果と整合的である . 2019 年度よりは若干低い .

(13) NO₃⁻ (mg/L)

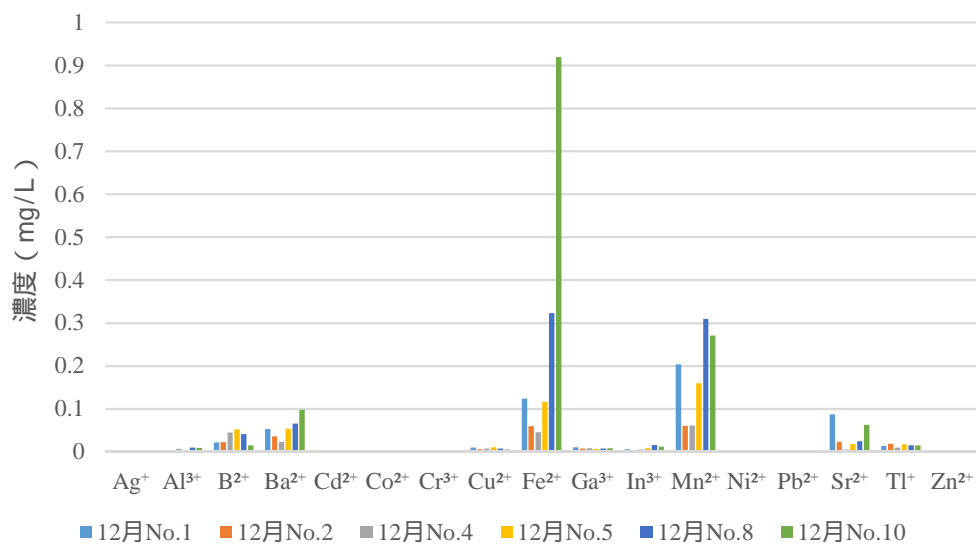
2019 年度は検出されず . 昨年度の結果と整合的である .

○2020 年度の結果



8月を除けば、今までのデータと整合的である。8月の異常値の原因は不明である。

(14)2020 年度に ICP で計測した金属イオン濃度



結果のさらなる考察は今後行う。現状で、2020 年の結果はそれまでとあまり変化のない結果であったことがわかった。また、年内変動があったものもあったが、それらは計測ミスによる一時的な変動と思われる。

1. はじめに

今年度は、図 1 に示した地盤沈下履歴地域において取水井として使用された各帯水層について、地下水の涵養域の推定を行う。2019 年度は、濃尾平野における第 1 帯水層から第 3 帯水層にかけての地下水流動について、帯水層基底面の起伏との関係から確認を行った。その結果、各帯水層基底面の起伏は異なっており、第 1 帯水層では地下水の流れは基底面の起伏に規制された形で異なることが示された（図 2）。一方、第 2 帯水層では、基底面の起伏は西端に大きな谷地形が分布しており、その谷に向かって北から東部にかけての山地や丘陵地から複数の谷の流入が認められるのに対し、地下水面の形状は庄内川下流部の流路に沿った地域に地下水の谷が分布しており基底面の起伏とは調和では無いことが示された（図 3）。現状で第 3 帯水層の地下水面の分布は明らかにされていないが、第 1 帯水層および第 2 帯水層の地下水の流動傾向は面的に把握できたことから、本稿では各帯水層の涵養域について推定を行う。推定については、地下水および降水について、既存データの収集を行い、地形地質との関係から推定を行った。地下水の涵養域は、地下水流動系において地表水が浸透する重要な地域であり、涵養域を特定することで地下水資源の統合的管理に貢献できる。

2. 地形地質の概要

ここで、地下水流動の場の条件として、濃尾平野の地形地質の特徴について、三次元的に確認しておく。

濃尾平野の地形は、木曾川や長良川などが形成した扇状地や自然堤防が平野の上流から下流にかけて分布する。東部には丘陵地が分布し、平野を取り巻くように山地が分布する。自然堤防が分布する氾濫原は湿地となっている。

濃尾平野における地質層序について図 4 の地質断面位置図（東海三県地盤沈下調査会、1985）の測線のうち、帯水層の面的な広がりや端的に把握できる測線について示していく。図 5 は、東西方向の測線のうち、第 1 帯水層の分布が広範囲に及んでいる南限の側線にあたる G-G' 測線における地質断面図である。浅層部から深層部にかけて、全体的に東から西に大きく傾斜している。この測線では、第 1 帯水層は東部の東海層群を支持層とした丘陵地から連続する形で平野を横断して広域に分布している。一方、図 6 に示した H-H' 測線では、第 1 帯水層は、日光川付近から東の地域では砂層となり、養老山地東麓にかけて礫層となっている。第 2 帯水層および第 3 帯水層は、東部丘陵地から養老山地東麓にかけて分布する礫層で構成されている。さらに深部にも東部丘陵地から西部地域の深部に傾斜する形で、いくつかの礫層が認められる。

図 7 は濃尾平野の地質構造を南北方向に示した模式図である。平野北縁の山麓から岐阜市街地付近にかけて 3 つの帯水層が分布している。図 8 は、図 7 の範囲からさらに南部の

沿岸域までの地質層序を示したものである。南北方向でも第 1 帯水層から第 3 帯水層までの 3 つの帯水層が、北部の山麓から連続して形成されていることがわかる。

東西方向および南北方向の図でそれぞれ示された最南端の各帯水層の深さは、第 1 帯水層および第 2 帯水層ではほぼ同深度である。このことは、平野における帯水層は、山地と平野の境界から面的に南西部の養老山地東麓の最も基盤深度が深い地域に向けて、面的に広がっていることを示している。

3. 地下水の水質組成

濃尾平野における各帯水層の地下水の水質組成から地下水の流動の状況について検討する。図 9 は、濃尾平野北部における河川水および地下水の水質組成をヘキサダイアグラムで示したものである。地下水は岐阜市の工場井戸で、西井戸は深度約 120~140m 付近にストレーナーが切られており、図 7 の地質層序と照合すると、第 2 帯水層から取水されていることがわかる。また、南井戸は深度約 200~220m 付近にストレーナーが切られており、第 3 帯水層から取水されていることがわかる。これらの井戸から採水された地下水の水質組成は、Ca-HCO₃ 型を呈している。この水質組成は、上流部の山地を流れる河川や扇状地を流れる河川の水質組成と同じである。

図 10 は木曾三川河口付近において東西断面の地質構造と各帯水層の水質組成を示したものである。水質組成は第 1 および第 2 帯水層と第三帯水層で大きく異なることがわかる。すなわち、第 1 および第 2 帯水層は Na-Cl 型の水質組成を呈しているのに対し、第 3 帯水層は Na-HCO₃ 型の水質組成を呈している。東海三県地盤沈下調査会（1985）は、第 2 帯水層より上部の高塩分について、過剰揚水による塩水化によるものとしている。一方、桑原（1975）は、第 2 帯水層より上部は海成粘土層であり、それより下部は淡水性粘土層が堆積していることを示している。仮に海成粘土層からの塩分溶出による影響が現れている場合、図 5 に示した G-G' 断面における第 1 帯水層は東部丘陵地に接続する形で広く分布しており、桑原（1975）ではこの地域も含めて第 1 帯水層に接するかたちで海成粘土層の分布を示していることから、図 10 の範囲を超えて東部地域においても Na-Cl 型の水質組成であることになる。図 10 で示された水質組成のダイアグラムは、存在割合で示されているため、実際の濃度については不明であるため、水質組成から過剰揚水による地下水塩水化との関連性は確認できない。一方、図 11 に示した各帯水層における Cl⁻濃度の分布から、浅層部の地下水ほど濃度の高い地域が存在することがわかる。この分布の観測期間が 1977 年（昭和 52 年）～1982 年（昭和 57 年）と短期間であり、揚水が盛んに実施されていた時期からの継続的なデータが得られていないため、この地域における地下水の高塩分の原因を過剰揚水のみを求めることは困難である。近年の報告書（例えば東海三県地盤沈下調査会：2019）などをみても、地下水の塩水化についての記述はない。富士市（最終閲覧 2021 年 2 月 14 日）によれば、吉原地区の地下水塩水化地域において、水位の低下はあったものの地盤沈下の記録はない。このことは、沿岸域において過剰揚水があった場合、陸域からの海域からの

海水侵入が無い場合には地盤沈下を引き起こし、海水侵入があった場合には地盤沈下よりも地下水の塩水化が顕著に表れることを示唆している。図 11 では、木曾三川地域から四日市付近にかけて、Cl-濃度の高い地域は非常に局所的であることから、本地域の地下水の高塩水化は井戸構造に由来する地表からの鉛直浸透によるものである可能性がある。東海三県地盤沈下調査会（1985）でも井管漏水による鉛直浸透については言及されており、局所的な高塩水化の理由をこの点に求めることに矛盾しない。

図 12 は、図 9 にヘキサダイアグラムで示した地点の水質組成をトリリニアダイアグラムでみたものである。各地点とも、日本で一般的にみられる Ca-HCO₃ 型の水質組成を呈している。これに対し、図 13 に示した木曾三川河口域の水質組成は、海水の影響を受けたと考えられる第 1 および第 2 帯水層と、深層地下水の特徴を持った第 3 帯水層に分類される。図 10 のヘキサダイアグラムと図 12 のトリリニアダイアグラムとの間で地点の確認ができないため、具体的に海水あるいは地質の影響によるものかの判断がつかない。

4. 濃尾平野における各帯水層の涵養域

地下水の起源は、多くの場合降水である。降水に含まれる酸素および水素の安定同位体比の低標高域から高標高域に向かって同位体比が低くなる高度効果と呼ばれる特徴を利用して、地下水の涵養域の推定を行う。高標高域において涵養された地下水、あるいは高標高域に降った雨が地表水として流れ、平野部上流の扇状地などで地下水涵養された場合、相対的に深深度を流動し地域においては滞留時間の長い地域流動系として存在することになる。このような地下水の酸素および水素安定同位体比は相対的に低い（軽い）値となるのに対し、低標高域において涵養された地下水のそれは、高い（重い）値となる。

図 14 は、濃尾平野のうち愛知県および岐阜県域の地下水を対象とした δ ダイアグラムである。上流部に位置する岐阜県よりも下流部に位置する愛知県の地下水の方が、相対的に軽い組成であることがわかる。このことは、先述した高度効果による降水の涵養と地下水流動の関係と矛盾しない。一方、図 15 の濃尾平野北部の河川水および地下水の酸素安定同位体比分布をみると、図 14 に示された岐阜県域の地下水の値よりも低い値となっている。図 14 に示された各地点の位置が不明であるものの、この図でプロットされた地点と異なることは間違いなく、図 15 の地域が山地と平野の境界付近であることから、高標高において降った雨が河川水として流下し、扇状地から地下に浸透する涵養域として機能していることが考えられる。一方、図 16 に示した濃尾平野全域を対象にした第 2 帯水層における酸素同位体比分布では、図 15 で示した地域における地下水の値よりも高く、図 14 の岐阜県域のプロットに近い。図 17 に各帯水層における地下水の酸素安定同位体比分布を示す。帯水層間の値に大きな違いは無く、涵養される水の標高や涵養形態に差が無いことを示している。このことは、図 5、図 6、図 8 に示した地質構造で、山地から平野に移行する境界付近の礫層が、東西方向では西に、南北方向では南に傾斜しながら枝分かれすることで複数の帯水層が形成されている状況と一致している。以上のことから、第 1 帯水層から第 3 帯水層の涵養

域は、山地や丘陵地に接した平野の周縁部に広がる地域であると考えられる。

地下水の起源となる降水の酸素安定同位体比について、図 18 に三重県北部地域における分布を示す。鈴鹿山脈の御在所岳山頂駅の値が-8.2‰と最も低く、山地の標高約 500m 付近に設置した P1 地点および P7 地点では、それぞれ-7.6‰、-7.2‰であり、平地部の-6.5～-6.9‰と比較して、明らかな高度効果が認められる。また、図 19 に愛知県豊田市における夏季の降水の酸素安定同位体比分布、図 20 に冬季の降水の酸素安定同位体比分布を示す。日本では季節によって水蒸気の移入先が異なることから、降水の酸素安定同位体比に季節変化が生じる。夏季では山地において-7.5～-8.0‰を示しており、冬季では-9～-9.5‰を示している。図 17 の各帯水層における地下水の酸素安定同位体比は、概ねこの値と調和的であることから、濃尾平野の地下水にとって山地に降った雨が重要な涵養源になっていることが示された。

5. まとめと今後の課題

本稿では、既存のデータを用い濃尾平野における地下水の涵養域について検討を行った。その結果、第 1 帯水層から第 3 帯水層まで、すべての帯水層において地下水の涵養域は同じ地域であることが考えられた。現在、地盤沈下の測定を行っている観測井では、地下水流動に関する水質調査を実施しているか不明である。仮に関連の水質調査を実施している場合には、広域に調査を広げることで涵養域の特定や地下水の流動経路の解明につなげることが可能となる。その点で、東海三県地盤沈下調査会（1985）で示されている地下水流動に関わるデータは非常に貴重であり、この時点で実施されていた主要 8 元素の測定と、そのデータを用いた水質組成による地下水流動の解析は重要である。雨の降り方が変化し、地表面の被服環境も変化している中で、継続的な測定が必要である。

地質層序から平野の周縁部を涵養域と推定することは、状況証拠としては可能であるが、主要 8 元素を用いた水質組成の広域的な検討により、水質の面からも地下水の涵養-流出機構を明らかにする必要がある。

文献・資料

環境庁水質保全局企画課（1995）：平成 6 年度 濃尾平野地盤沈下防止等対策調査報告書。169p.

環境省 全国地盤環境情報ディレクトリ

<http://www.env.go.jp/water/jiban/directory/24mie/noubi/m24-1-3.html>

<http://www.env.go.jp/water/jiban/directory/24mie/noubi/m24-1-1.html>

（2021 年 2 月 9 日閲覧）

建設省国土地理院 建設省中部地方建設局(1975)：地盤沈下と地域構造との相関関係の調査研究（第三報）－濃尾平野－ 報告書。77p.

桑原徹 (1975) : 濃尾形動盆地と濃尾平野. アーバンクボタ No.11. 18-25.

<https://www.kubota.co.jp/siryoubu/pr/urban/pdf/11/index.html>

https://www.kubota.co.jp/siryoubu/pr/urban/pdf/11/pdf/11_2_3_2.pdf

https://www.kubota.co.jp/siryoubu/pr/urban/pdf/11/pdf/11_2_3_3.pdf

(最終閲覧 2021 年 2 月 14 日)

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. 245p.

東海三県地盤沈下調査会 (2019) : 平成 30 年における濃尾平野の地盤沈下の状況. 70p.

富山眞吾, 井伊博行, 上原倫子, 脇田隆茂 (2010) : 安定同位体分析と数値解析を用いた食品原材料としての地下水の起源判別. 日本食品化学工学会誌. 57-1. 32-39.

農研機構 : 木曾川から濃尾平野への地下水誘発涵養現象の推定方法

<https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2006/nkk06-07.html>

(2020 年 2 月 11 日閲覧)

中井信之 (1986) : 地下水研究への同位体利用. 地学雑誌. 95-7. 15-22.

林 武司 (2005) : 酸素・水素安定同位対比を用いた地下水調査. 地下水技術. 47-8. 27-38.

富士市 : 地下水資料. <https://www.city.fuji.shizuoka.jp/kurashi/c0904/fmervo00000072sw-att/fmervo000000730n.pdf> (最終閲覧 2021 年 2 月 14 日)

三重県生活環境部三重県地盤沈下調査研究会 (1985) : 地盤沈下に関する調査研究報告書 35p.

宮岡邦任 (2018) : 水文. 第 1 章 豊田市における水循環の場. 204-217. 新修豊田市史編さん委員会編. 新修 豊田市史 23 別編 自然. 710p.

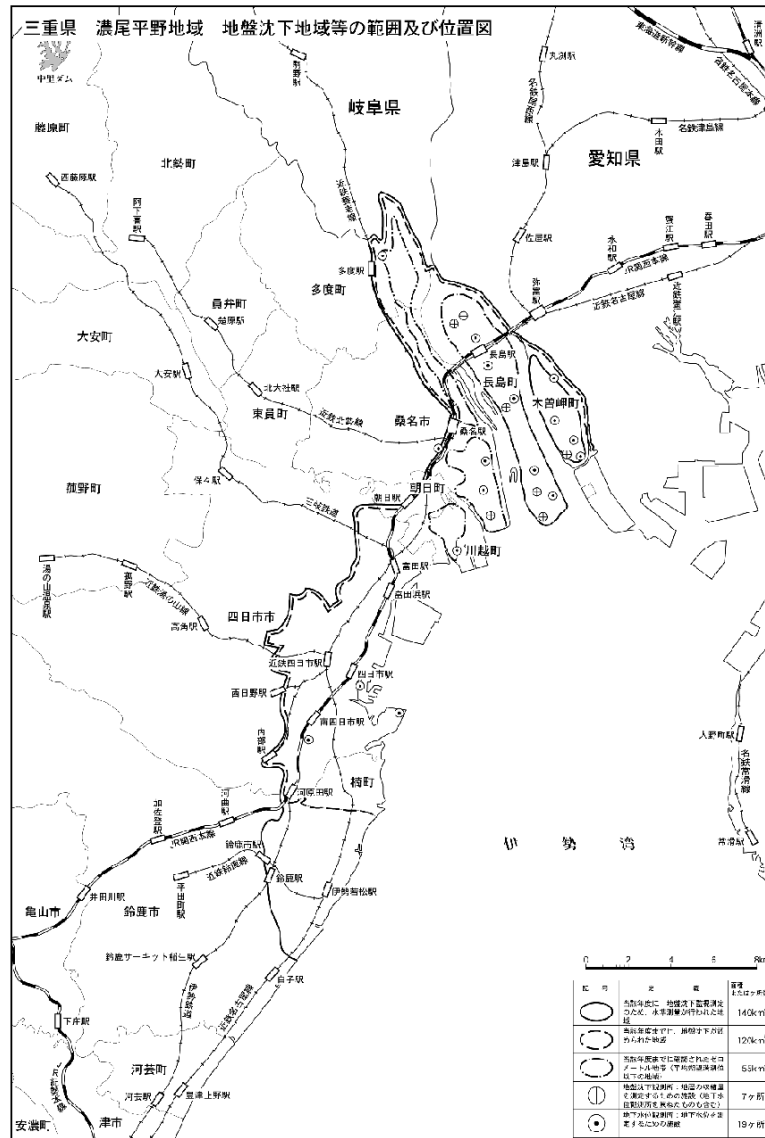


図1 地盤調査地域などの範囲及び位置図

(環境省 全国地盤環境情報ディレクトリ

<http://www.env.go.jp/water/jiban/directory/24mie/noubi/m24-1-1.html>)

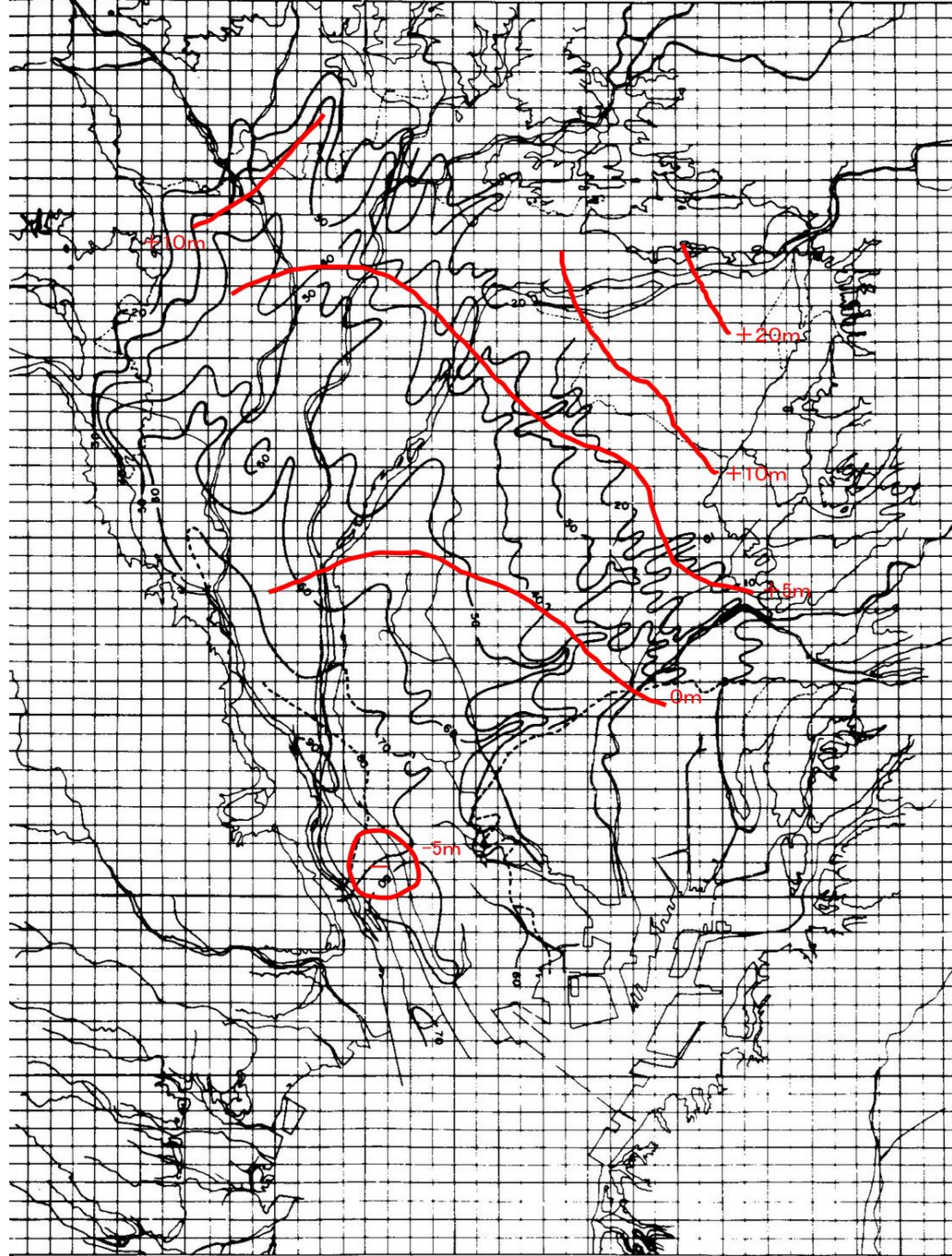


図2 G1層基底面の起伏と1994年1月の地下水位分布との関係
(建設省国土地理院 建設省中部地方建設局, 1985)

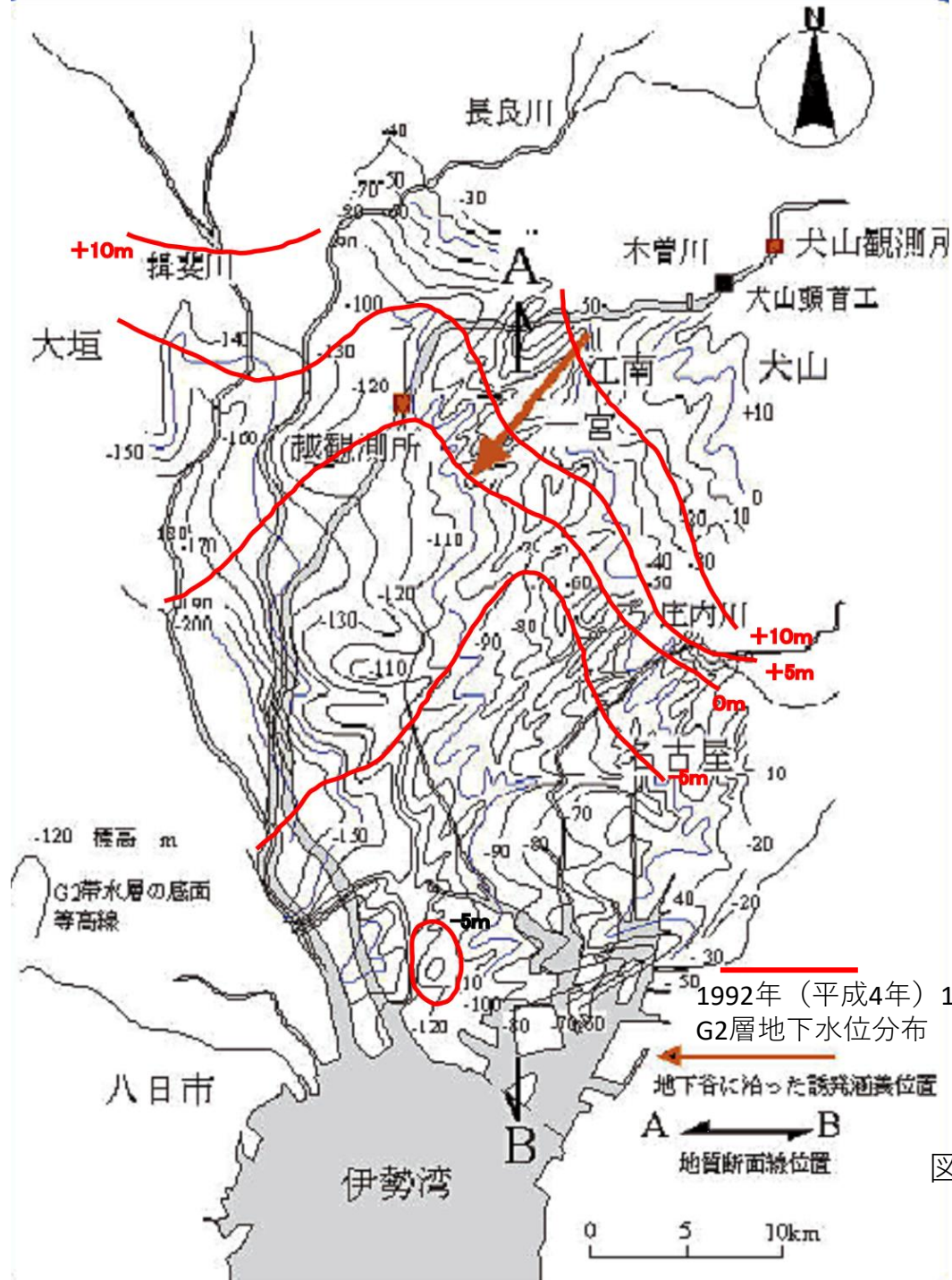


図3 G2層基底面の起伏と1994年1月の地下水位分布との関係
 （農研機構，2020.210閲覧）

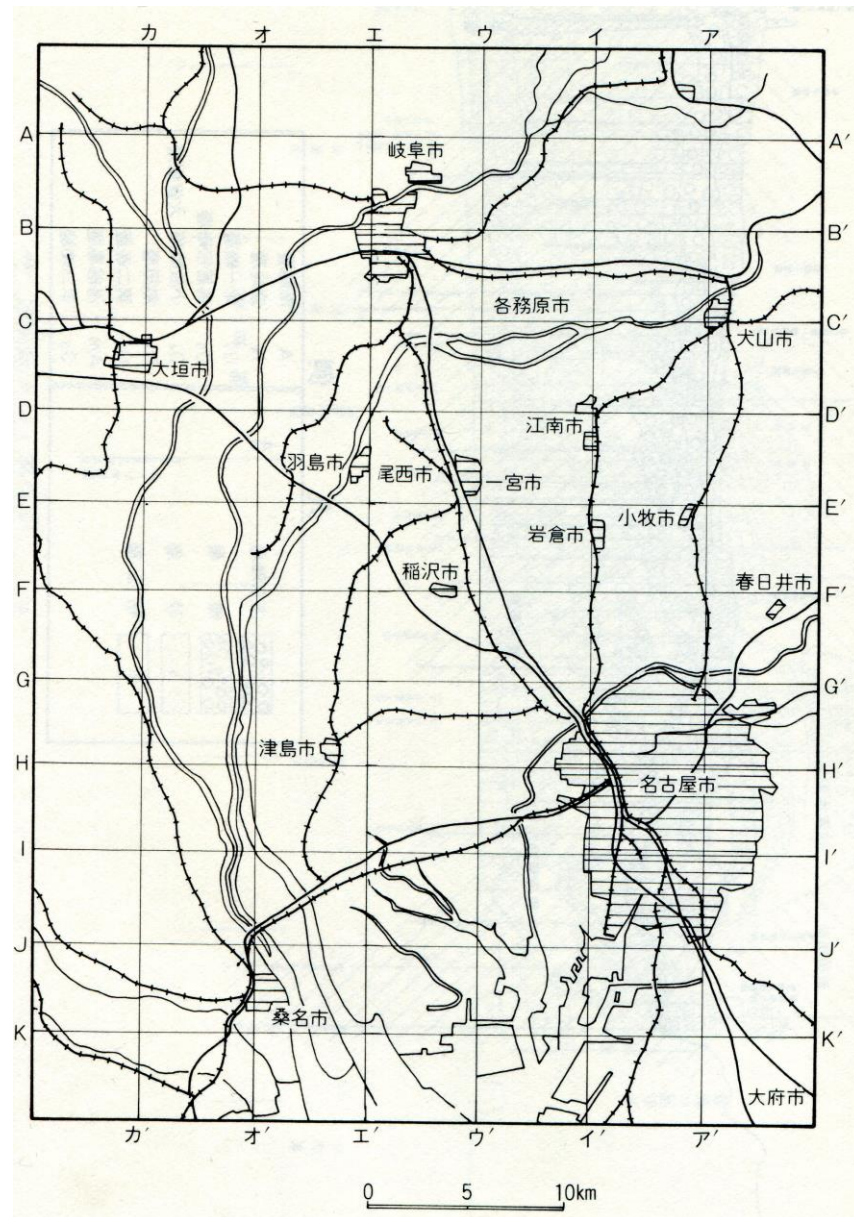


図4 地質断面位置図 (東海三県地盤沈下調査会, 1985)

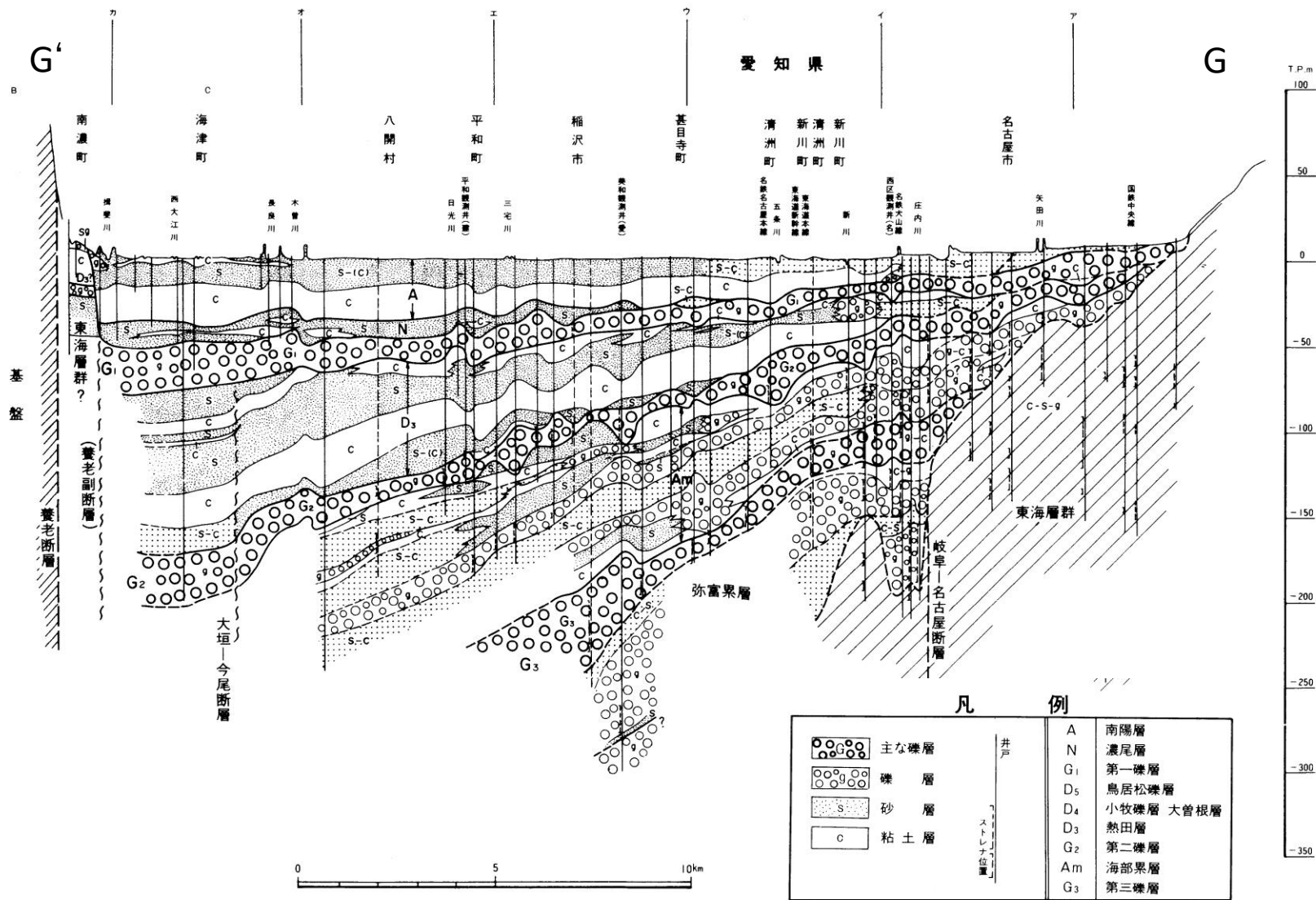


図5 G-G'地質断面図 (東海三県地盤沈下調査会, 1985)

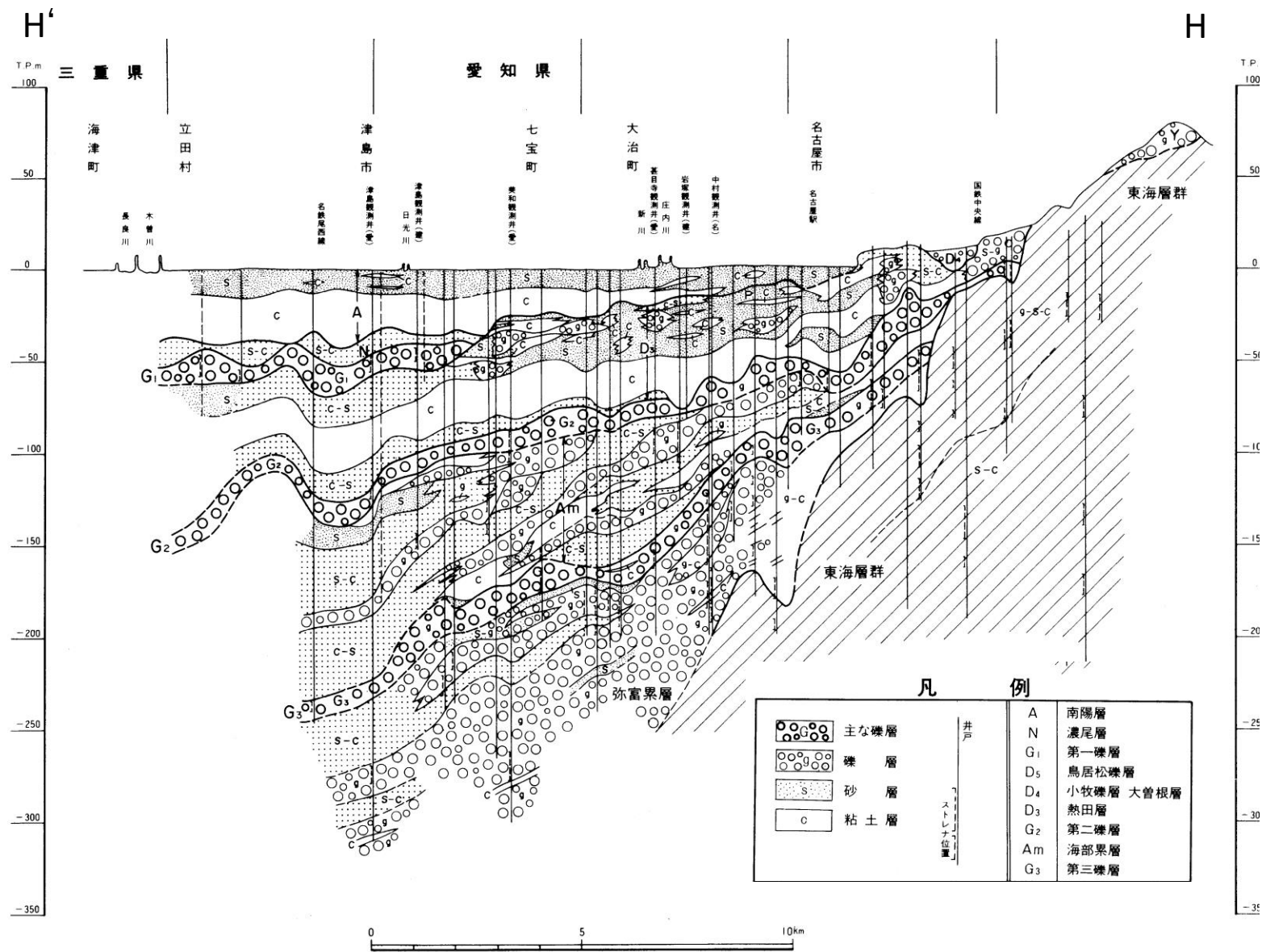


図6 H-H'地質断面図 (東海三県地盤沈下調査会, 1985)

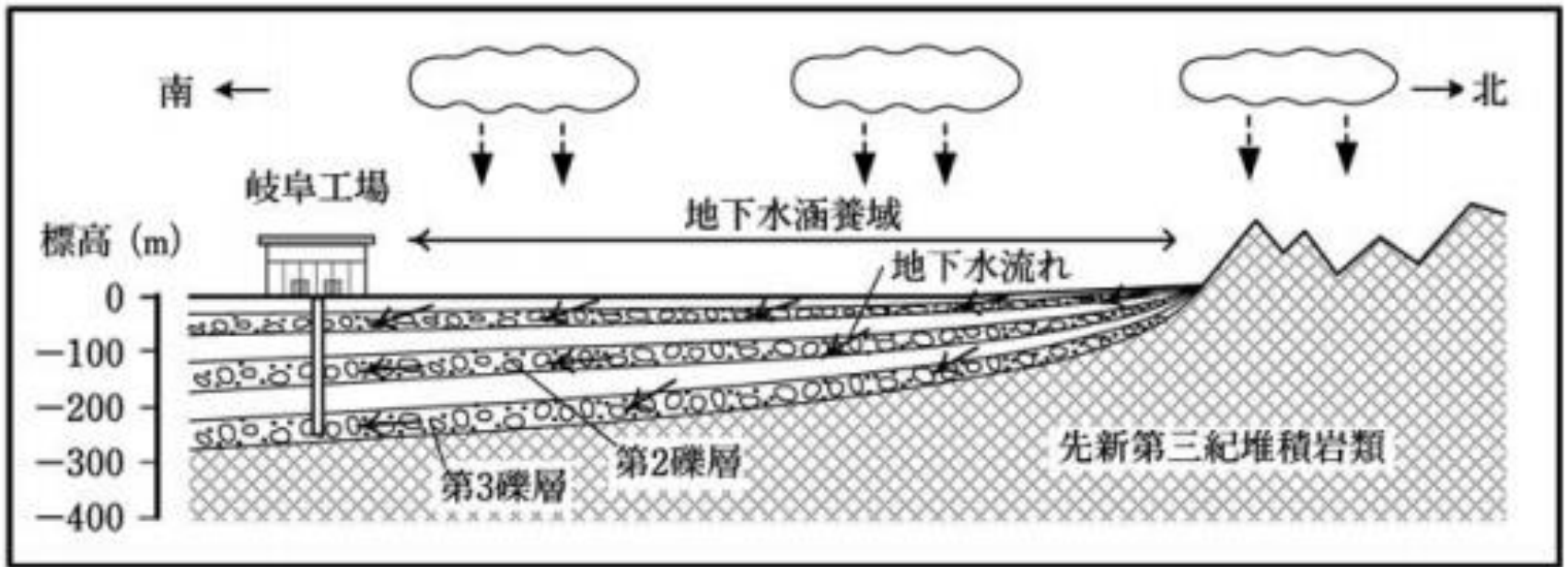


図7 濃尾平野北部の地下水流動概念 (富山他, 2010)

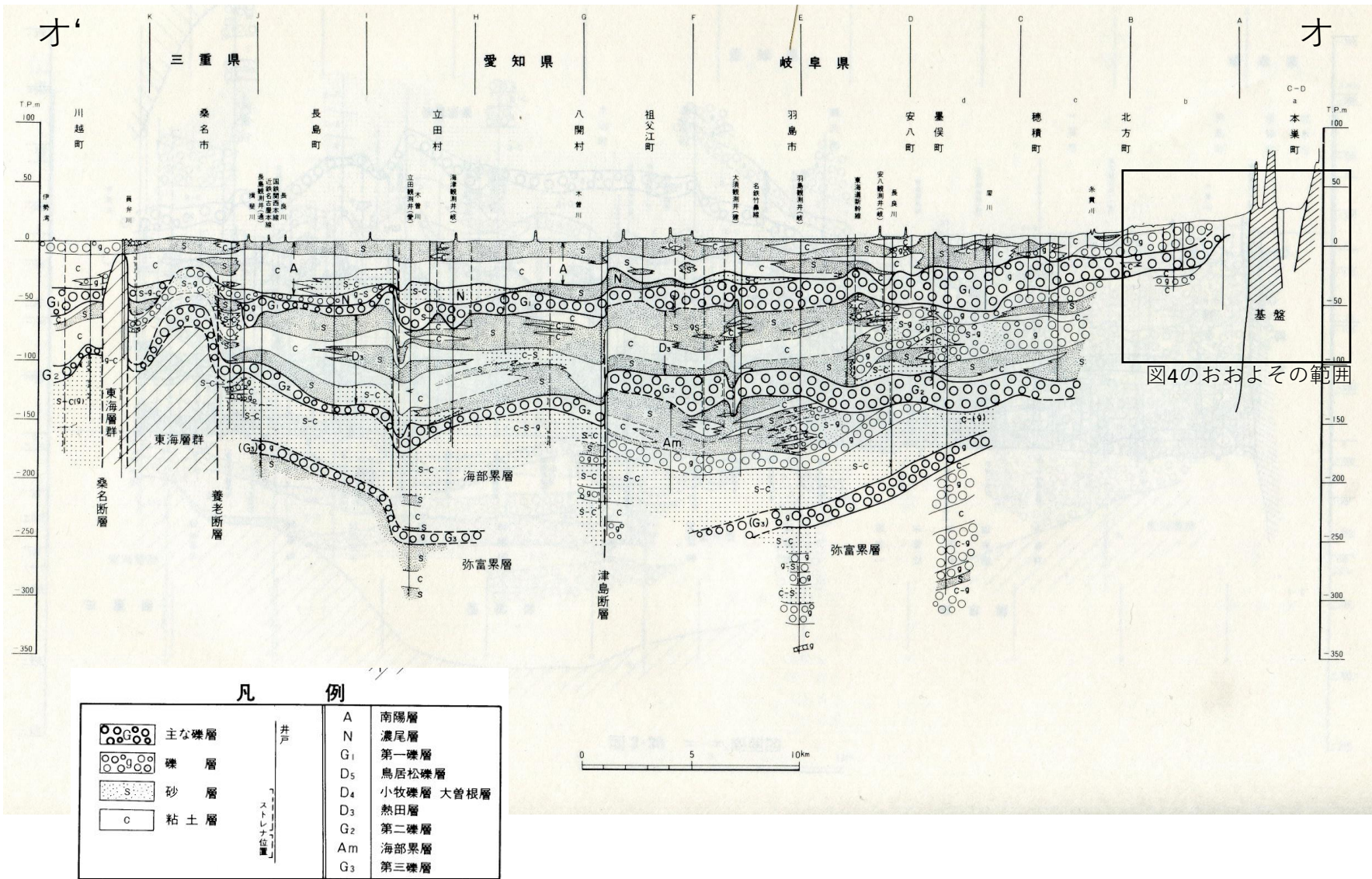


図8 才-才'地質断面図 (東海三県地盤沈下調査会, 1985)

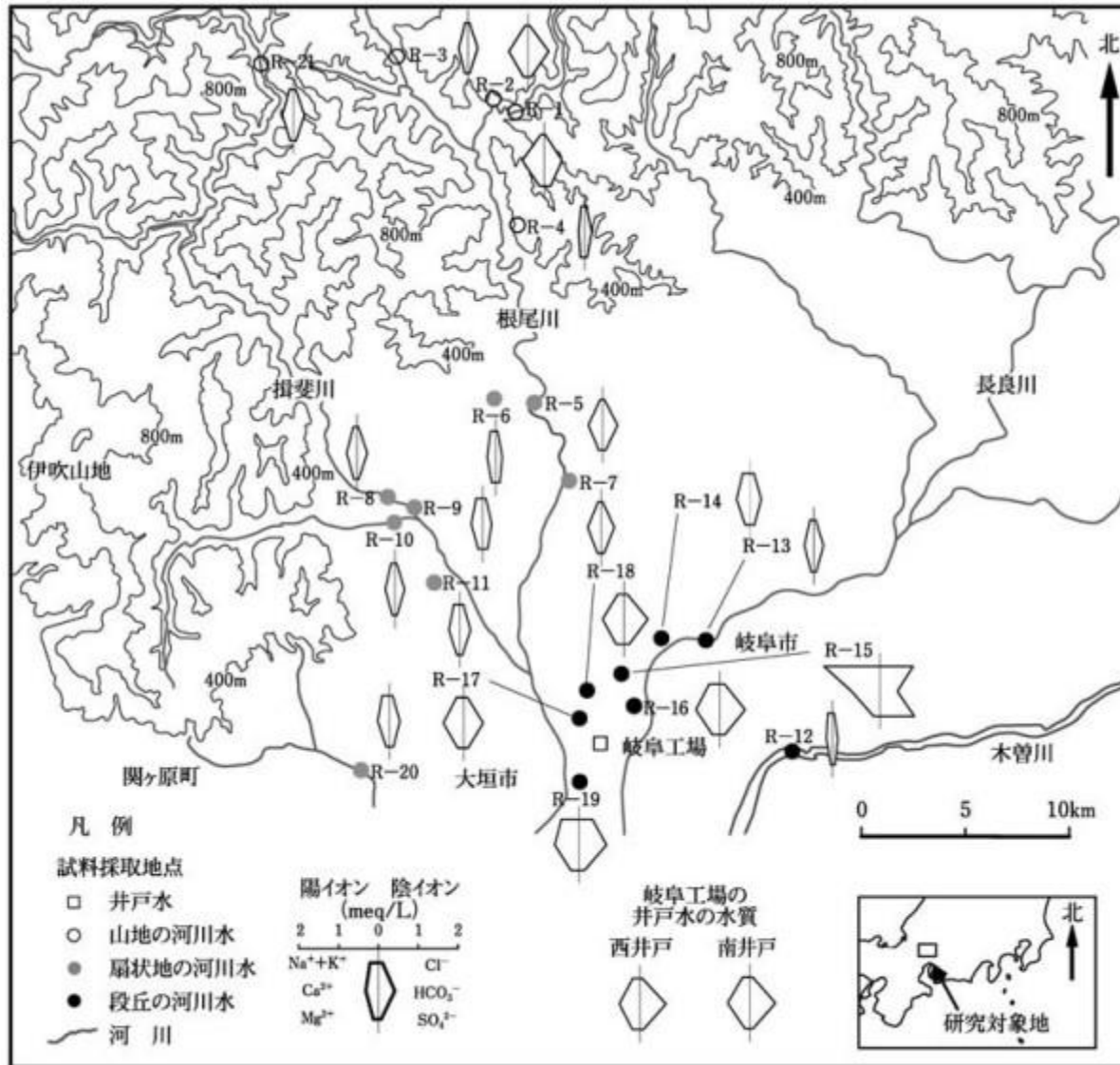


図9 濃尾平野北部の河川水・地下水の水質組成 (富山他, 2010)

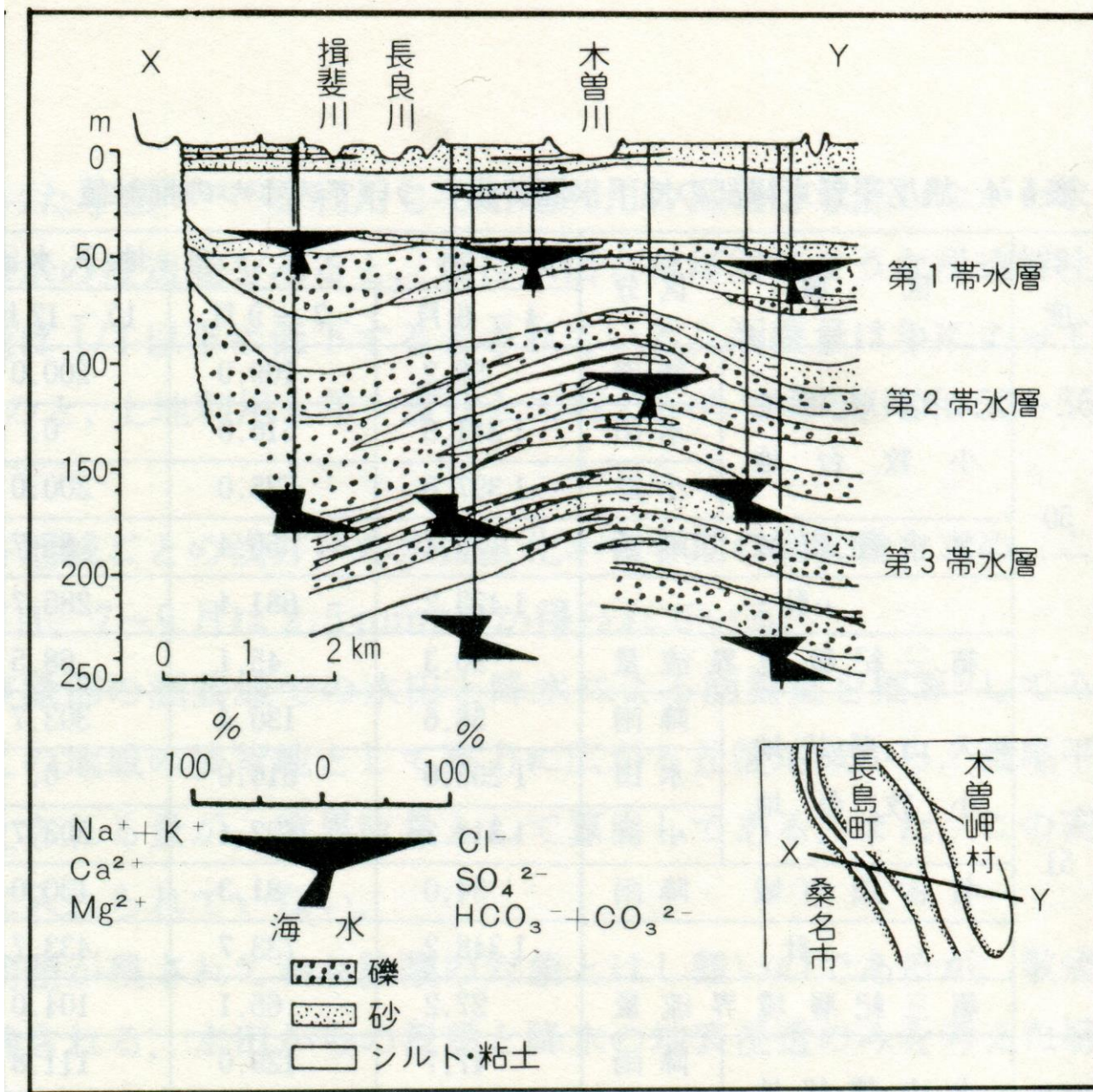


図10 木曾三川河口付近の東西断面における地質構造と水質組成 (東海三県地盤沈下調査会,1985)

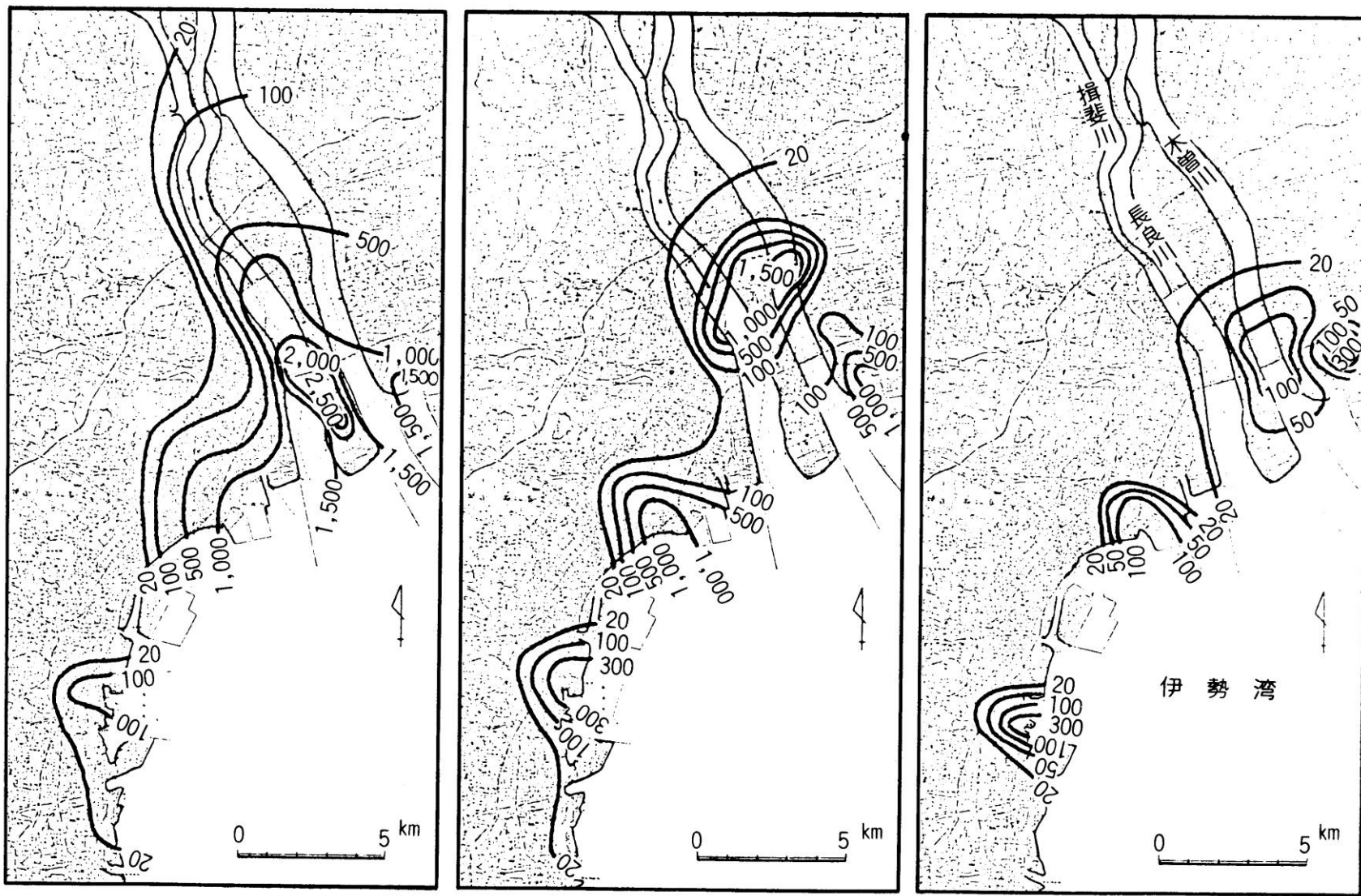


図11 各帯水層における地下水のCl-濃度分布 (1977~1982年)
 (東海三県地盤沈下調査会, 1985)

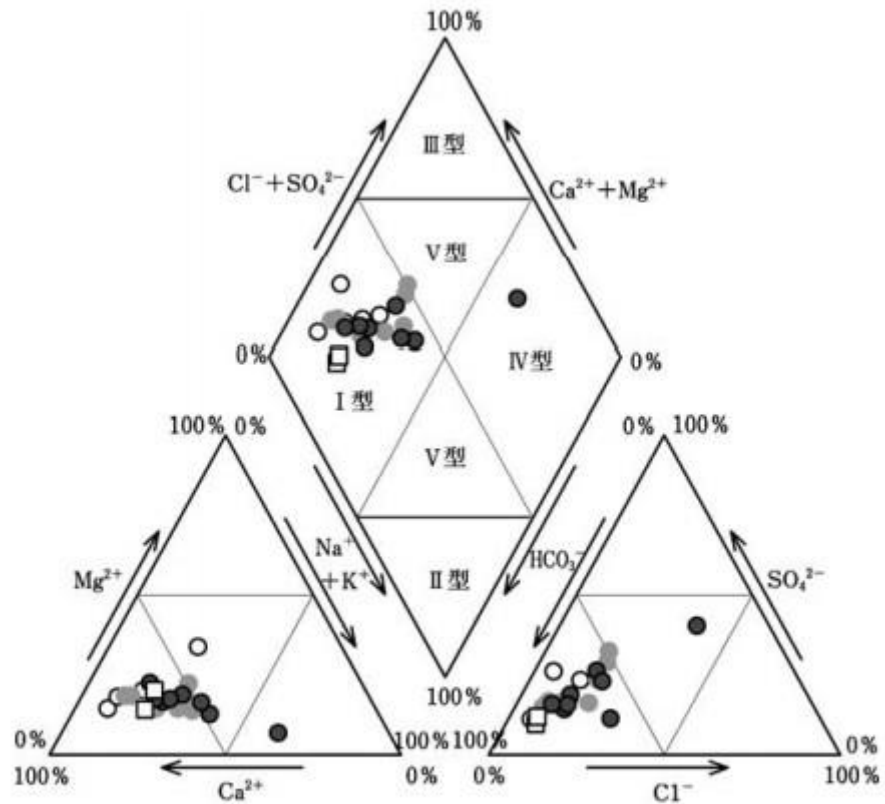


図3 水質のトリリニアダイアグラム表示

○, 山地の河川水; ●, 扇状地の河川水; ●, 段丘の河川水; □, 井戸水.

図12 濃尾平野北部の河川水・地下水の水質組成 (富山他, 2010)

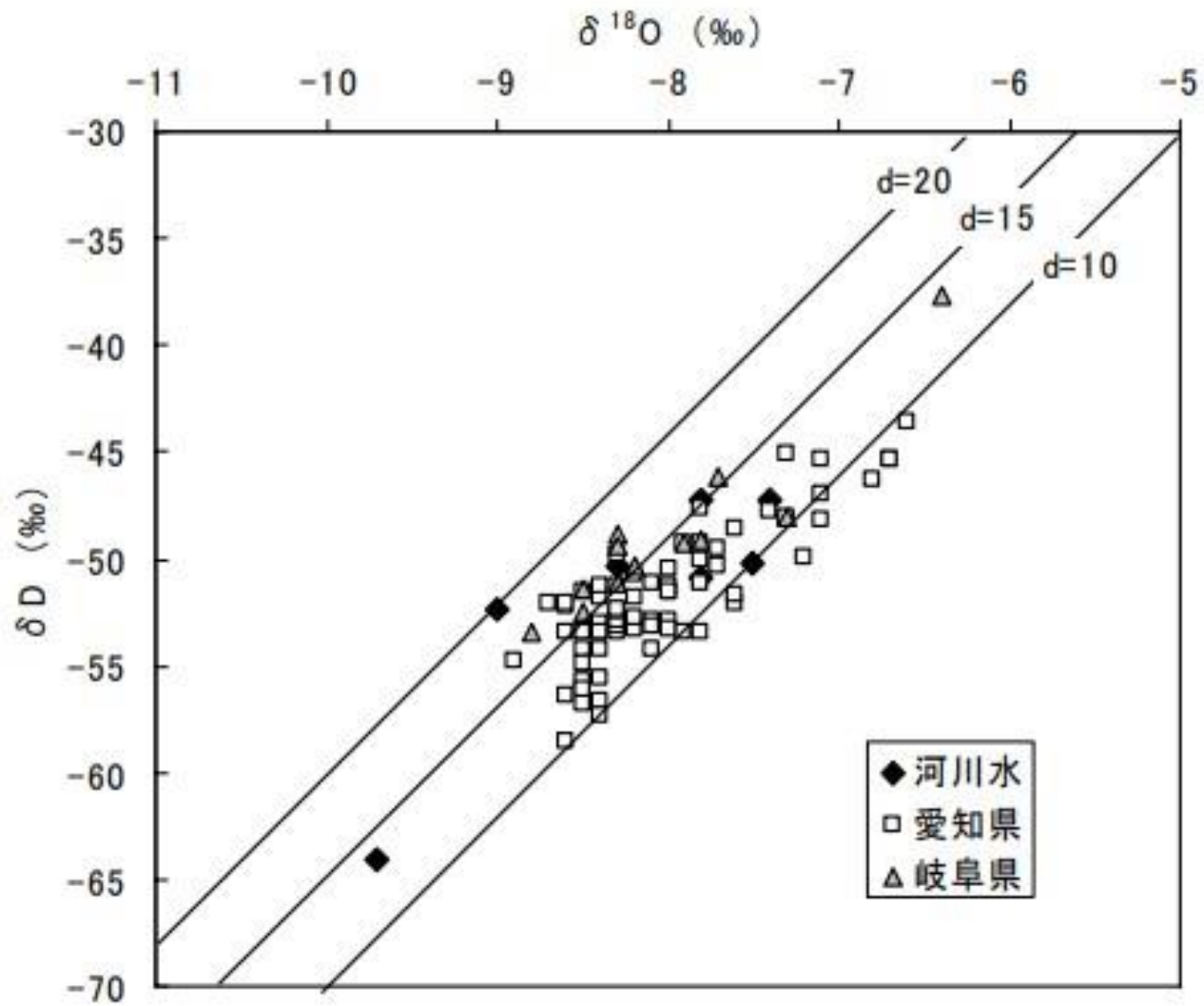


図14 濃尾平野における地下水の地域別 δ ダイアグラム (林, 2005)

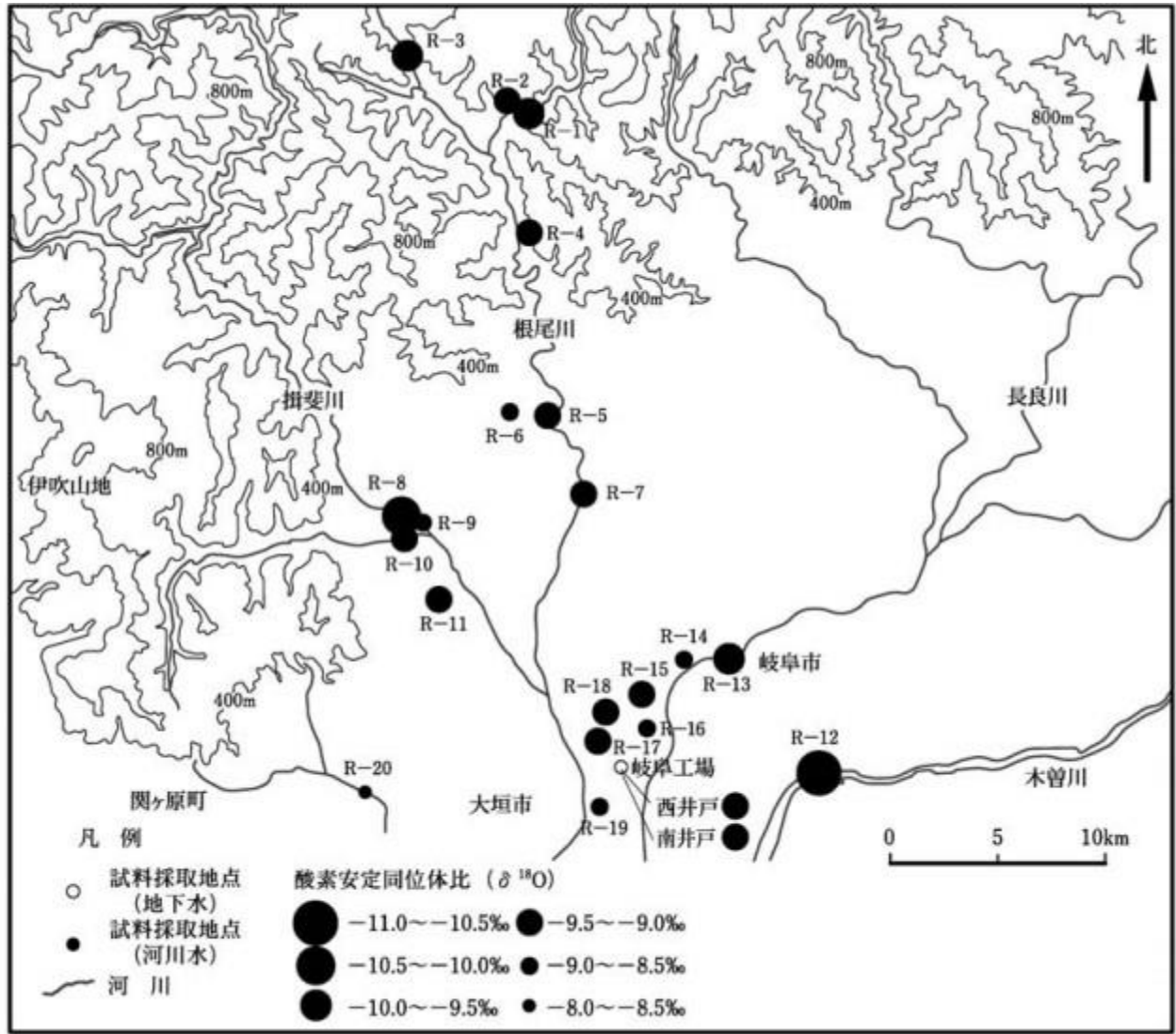


図15 濃尾平野北部における河川水・地下水の酸素安定同位体比分布 (富山他, 2010)

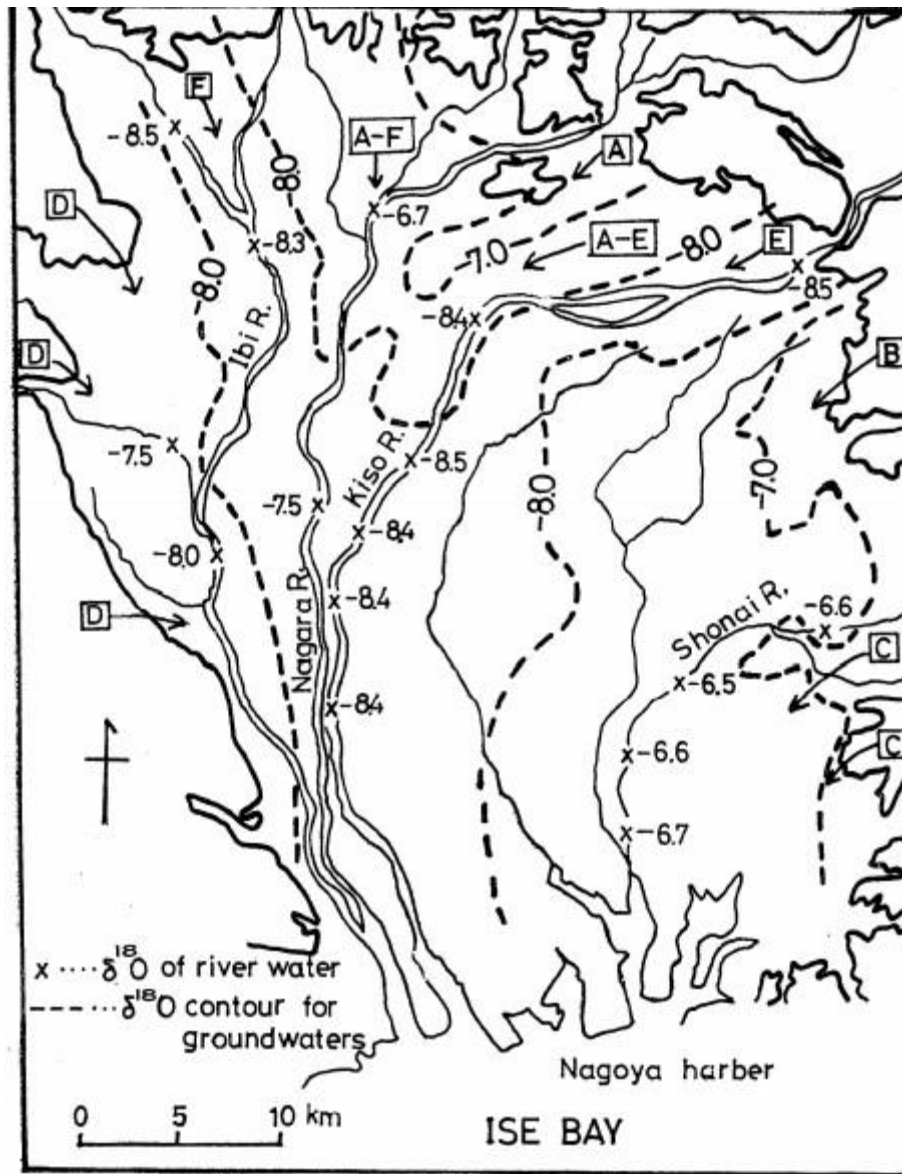


図16 濃尾平野における第2帯水層地下水の酸素安定同位体比分布 (中井, 1986)

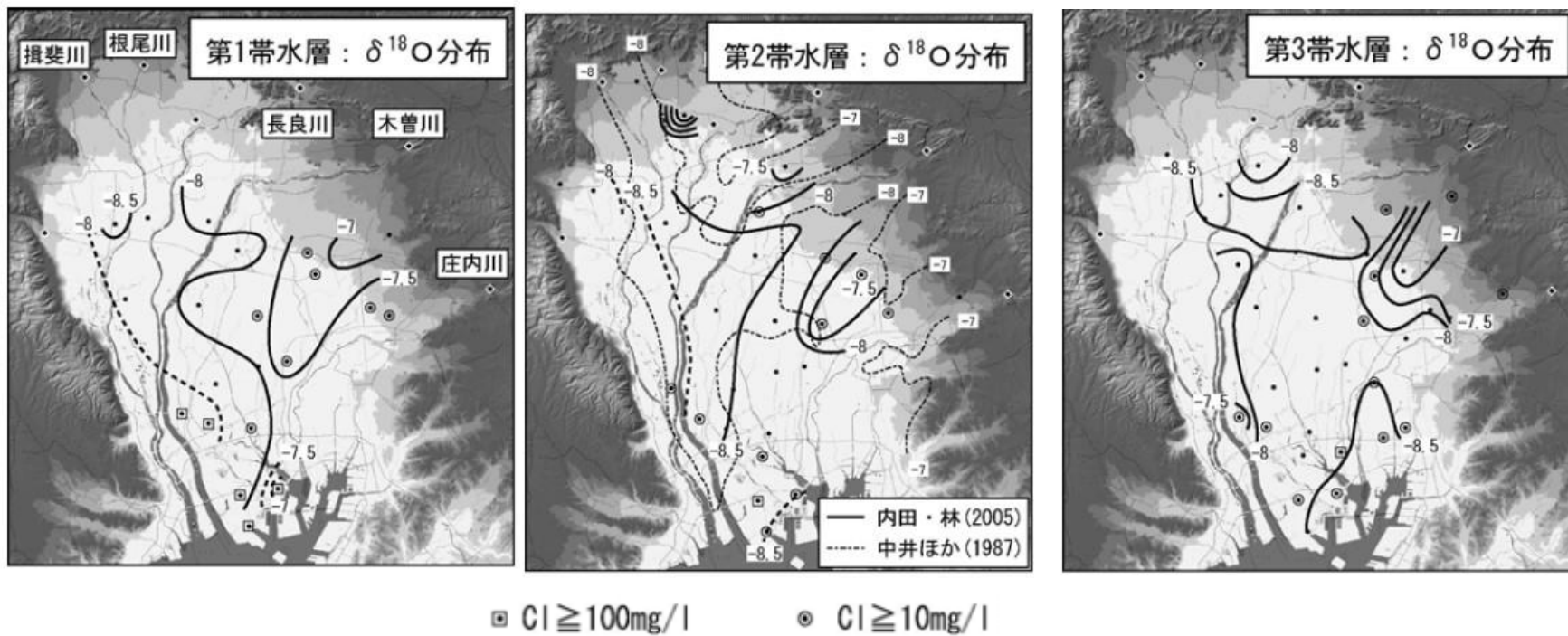


図17 濃尾平野における帯水層別酸素安定同位体比分布 (林, 2005)

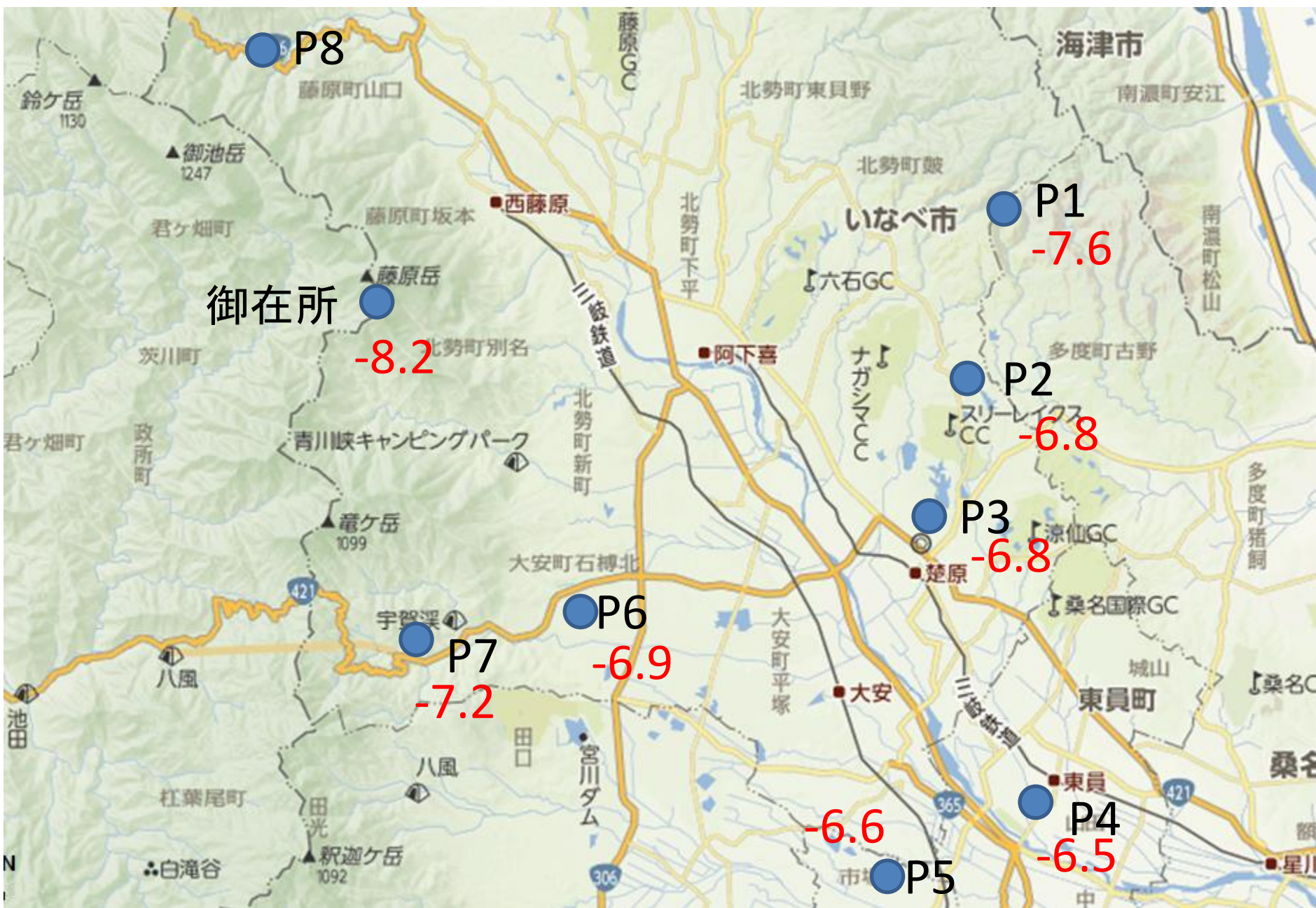


図18 降水の酸素安定同位体比の年平均値(2012年4月～2013年3月)(宮岡原図)

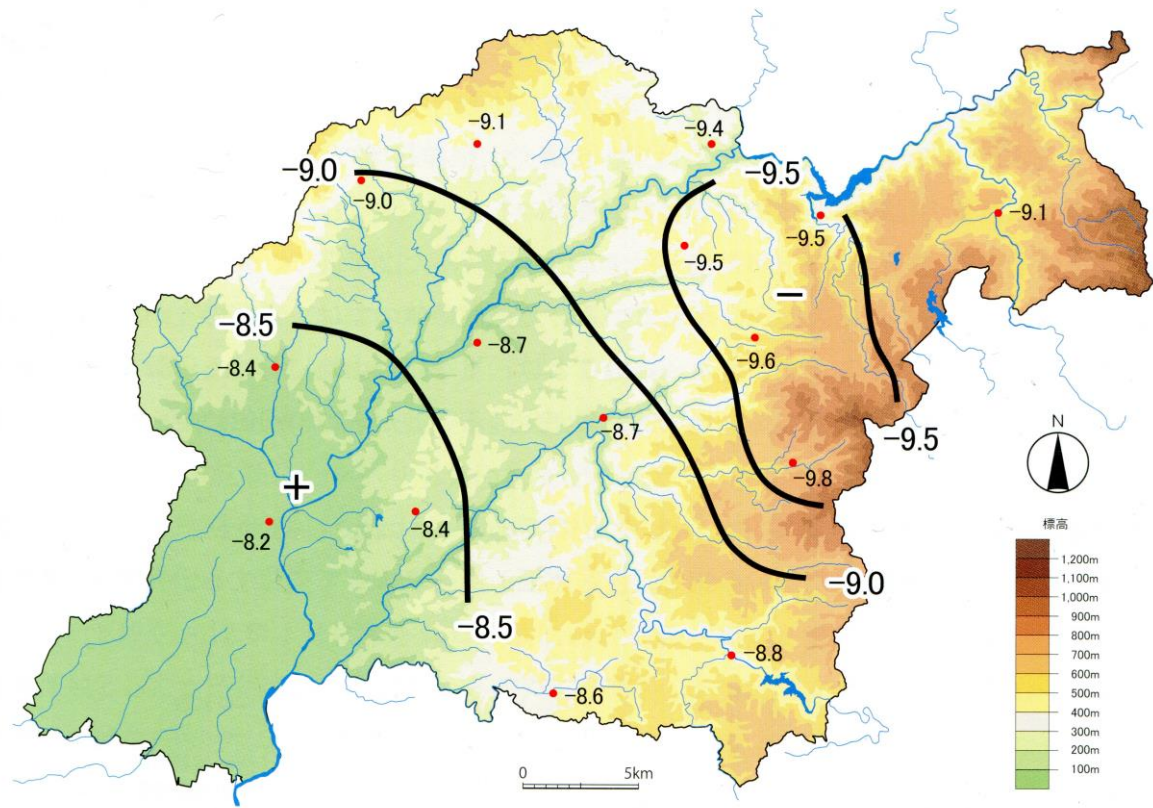


図20 豊田市における冬季(2012年2月)の降水の酸素安定同位体比分布(宮岡, 2018)

地盤沈下に関するオープンデータ公開・利用に関する調査業務 (その3)

三重大学大学院生物資源学専攻
伊藤 良栄

1. はじめに

昨年まで2年間、当調査研究会関連のデータのオープンデータ化に関する調査を行い、データの抽出およびオープンデータ化に関連する事項について検討してきた。

本年度は観測データを入手し、オープンデータ化に向けた作業を実施する過程を通じて技術的問題点の抽出を行う。

2. 用いたデータ

2.1 自噴井観測データ

三重大学生物資源学研究科共生環境学専攻環境解析学研究室では、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。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。大野研教授より昨年度までの観測データを提供いただき、これを利用した。

2.2 令和元年水準点成果表(集計)

三重県庁環境生活部大気・水環境課は毎年「三重県北勢地域の地盤沈下の状況について」を公開するために、国土交通省、愛知県、岐阜県、三重県などが実施した水準測量の結果を集計している。令和元年度までの観測データを Excel ファイルとして提供していただき、これを利用した。

3. CSV ファイルの利用

Tim Berners-Lee が提唱している「オープンデータのための5つ星スキーム」において、(カンマ)で区切られたテキストファイルである CSV 形式は特定のアプリケーションに依存しない汎用性を有する「非独占の形式」に属するとしている。Excel で作成されたデータは簡単に CSV 形式で出力できるので、オープンデータにおいてもよく用いられている。三重大学教育学部の奥村晴彦教授は、自身の Web ページ(<https://oku.edu.mie-u.ac.jp/~okumura/stat/130203.html>)で CSV ファイルをオープンデータとして利用する際の問題点を指摘している。

Windows PC で文字コードを UTF-8 として出力した CSV ファイルの文字コードが BOM (byte order mark) 付きの UTF-8 (UTF-8-BOM) となってしまう。今回用いた2つのデータとも Excel のファイルとして提供を受けているので、実際にオープンデータ化を試みた過程で、Excel ファイルを CSV に変換して作業したが、Excel がインストールされている Windows PC で他の OS で作成された UTF-8 の CSV ファイルをダブルクリックすると、CSV ファイルが Excel と関連付けられているので Excel が自動的に起動されるが、日本語が文字化けしてしまう。LibreOffice calc では CSV ファイルをダブルクリックして読み出そうとする際にテキストファイル読み込みのメニューが表示されるので、文字コードに UTF-8 を指定することで日本語の文字化けを回避できた。また、BOM 付きの

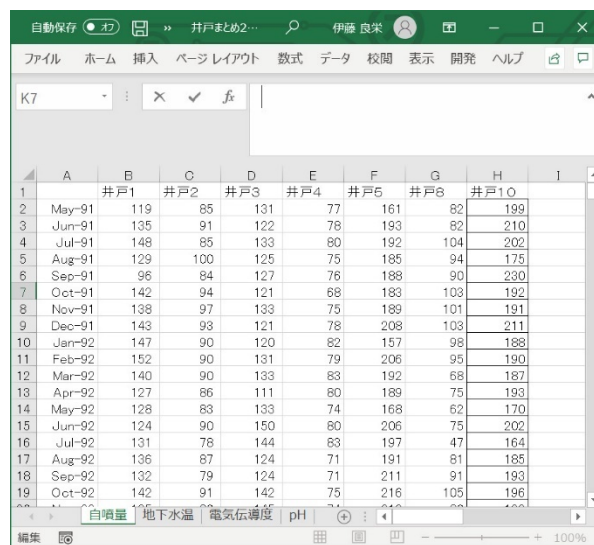
UTF-8 で保存されている CSV ファイルは、データ解析でよく用いられているフリーソフトの R で読み込む際に `read.csv(..., fileEncoding="UTF-8-BOM")` とオプションを指定する必要があった。

4. オープンデータ化に向けた試行

4.1 自噴井観測データ

提供を受けた Excel ファイルには 1991 年 5 月から 2020 年 1 月までの自噴水量、地下水温度、電気伝導度、pH の観測値がそれぞれ別のシートに記録されていた（ただし、電気伝導度は 1994 年 4 月以降、pH は 2004 年 4 月以降）。

観測データは列方向に井戸番号、行方向に観測日時が配列されている（図 1）ので、シート毎に文字コードを BOM 付き UTF-8 として CSV 形式でファイル出力し、テキストエディタで文字コードを UTF-8 に変換した CSV ファイルを作成した。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
		井戸1	井戸2	井戸3	井戸4	井戸5	井戸6	井戸8	井戸10
2	May-91	119	85	131	77	161	82	199	
3	Jun-91	135	91	122	78	193	82	210	
4	Jul-91	148	85	133	80	192	104	202	
5	Aug-91	129	100	125	75	185	94	175	
6	Sep-91	96	84	127	76	188	90	230	
7	Oct-91	142	94	121	68	183	103	192	
8	Nov-91	138	97	133	75	189	101	191	
9	Dec-91	143	93	121	78	208	103	211	
10	Jan-92	147	90	120	82	157	98	188	
11	Feb-92	152	90	131	79	206	95	190	
12	Mar-92	140	90	133	83	192	68	187	
13	Apr-92	127	86	111	80	189	75	193	
14	May-92	128	83	133	74	168	62	170	
15	Jun-92	124	90	150	80	206	75	202	
16	Jul-92	131	76	144	83	197	47	164	
17	Aug-92	136	87	124	71	191	81	185	
18	Sep-92	132	79	124	71	211	91	193	
19	Oct-92	142	91	142	75	216	105	196	

図 1 自噴井観測データ（Excel 形式）

上で作成したファイルを R で読み込み、自噴水量、地下水温度、電気伝導度の経時変化および自噴水量と地下水温度の関係、自噴水量と電気伝導度の間係をプロットした図を作成した（図 2～図 6）。

UTF-8 の CSV ファイルを作成するにひと手間必要であったが、ファイル作成後は簡単にフリーソフトでグラフの作成を行うことができた。

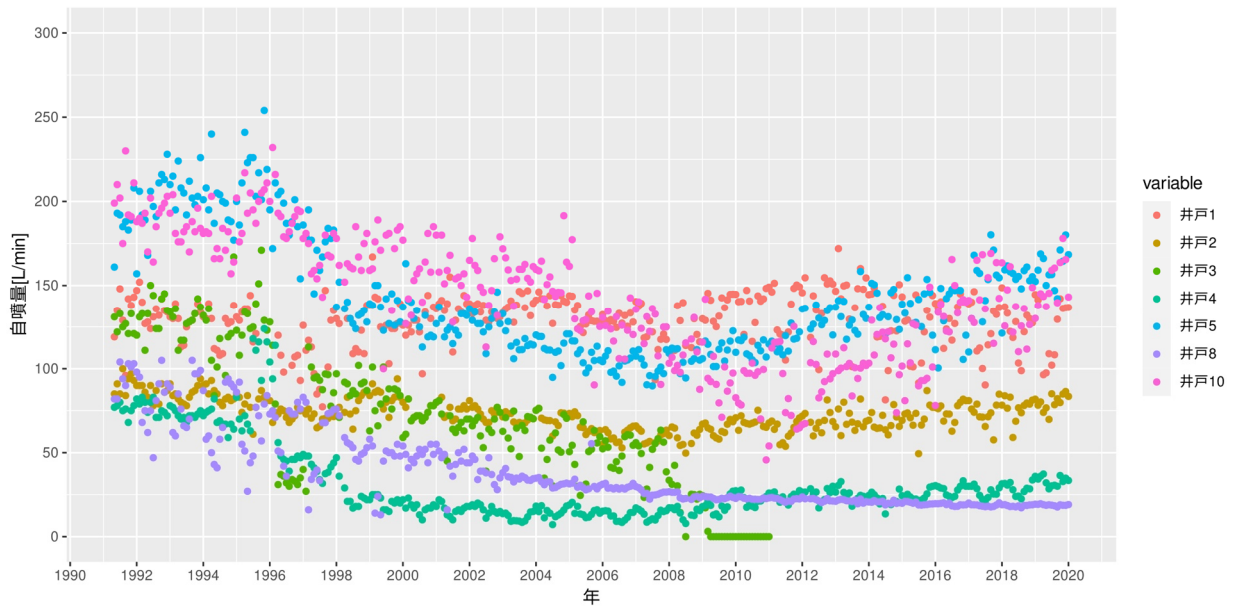


図 2 自噴水量の経時変化

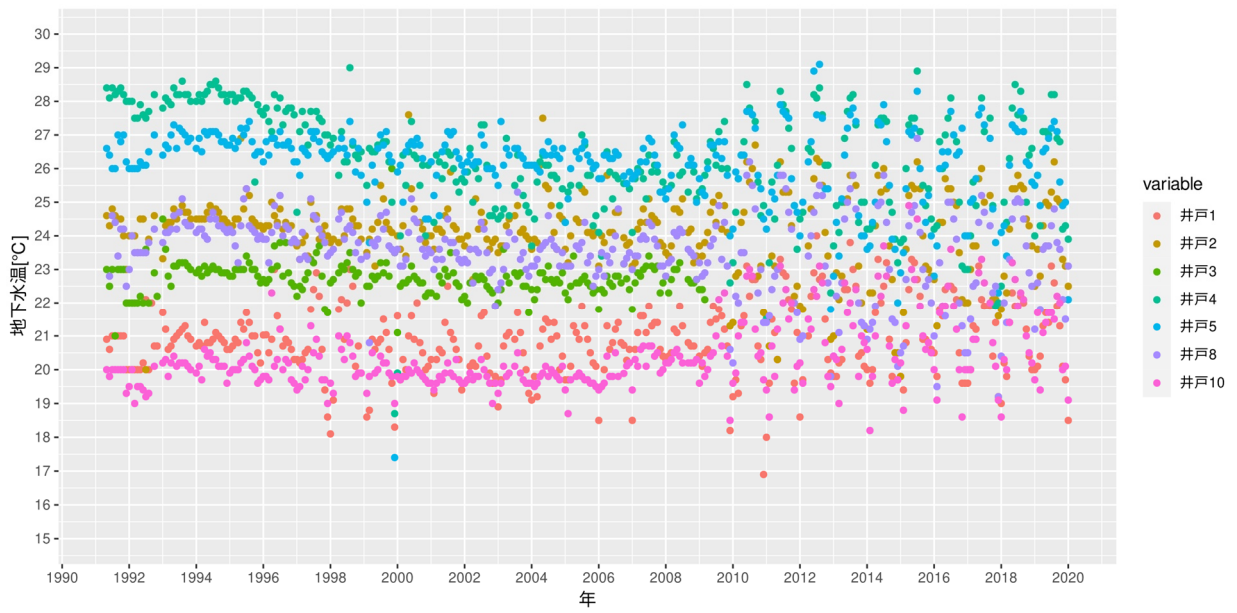


図 3 地下水温の経時変化

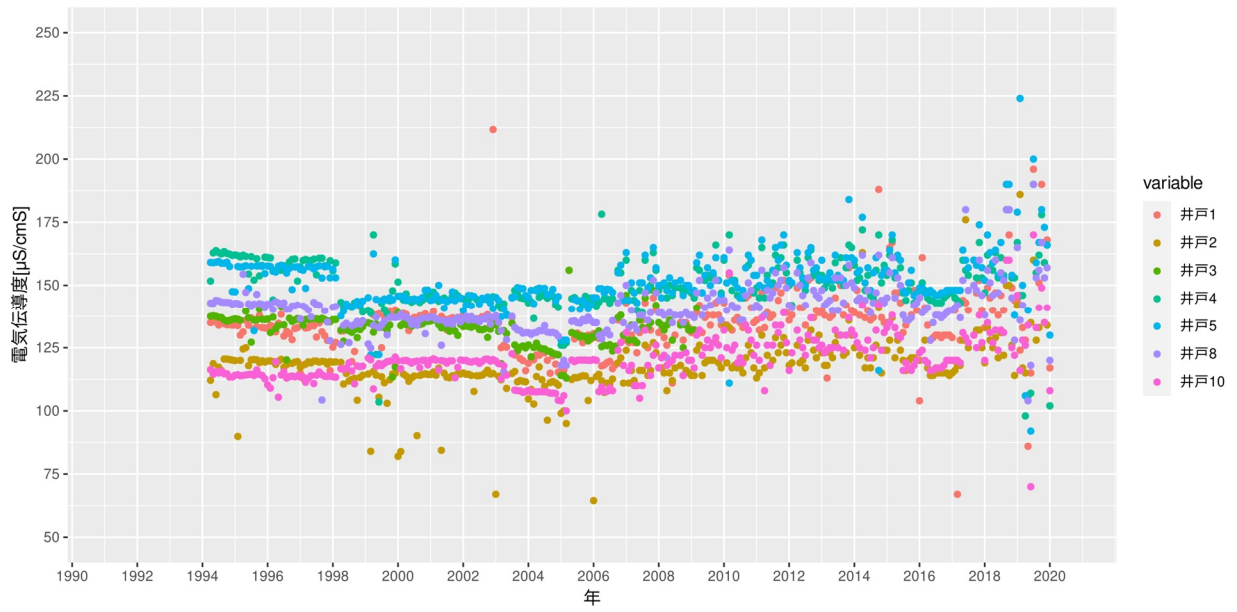


図 4 電気伝導度の経時変化



図 5 自噴水量と地下水温の関係

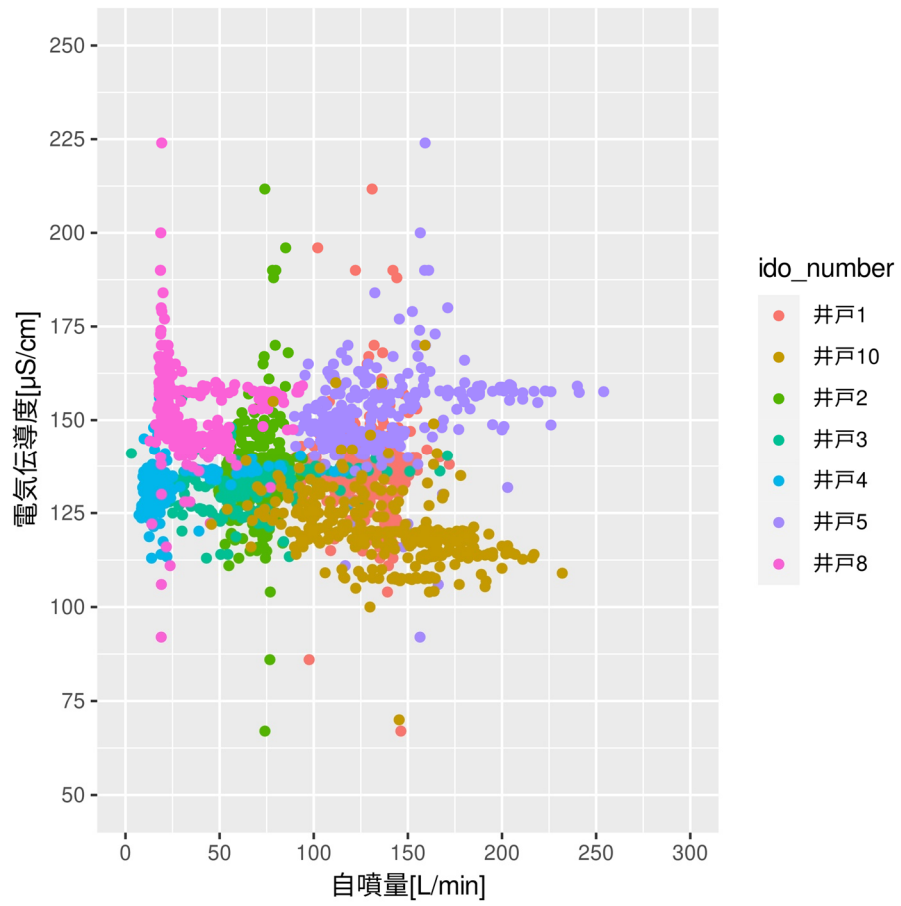


図 6 自噴水量と電気伝導度の関係

4.2 令和元年水準点成果表(集計)

提供された Excel ファイルには、1961 年から 2019 年まで国土交通省、愛知県、岐阜県、三重県、愛知県、名古屋市、名古屋港および四日市港管理組合が測量した計 1,965 点の水準点のデータが 1961 年から 2019 年まで記録されていた。ただし、すべての地点で全期間のデータが存在するわけではなく、観測された年のみデータが存在する。

この Excel ファイルでは行方向に地点別、列方向に年ごとの観測データが記載されているため、CSV ファイルを作成する際に行と列を入れ替える必要があった(図 7)。データ数が膨大だったため、手作業での編集に非常に時間を要した。

所管	点名	coordinates	所在地	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45
地理院	基39	136.9732867301	愛知県豊明市栄町字南館	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468	38.6468
地理院	171-1	136.9767024648	愛知県豊明市宇館									28.1134	
地理院	172	136.9653154000	愛知県名古屋港区高師字北2-1-10番地	9.4681	9.4691	9.4715	9.4662	9.4669	9.4643			9.4615	9.4593
					0.10	0.24	-0.53	0.07	-0.25			-0.28	-0.22
					0.10	0.34	-0.19	-0.12	-0.35			-0.65	-0.86
地理院	J172-1	136.9500349460	愛知県名古屋港区高師字北1-1-10番地	3.3261	3.3294	3.3333	3.3215	3.3293	3.3297			3.3197	3.3157
					0.23	0.49	-1.19	0.38	-0.15			-0.40	-0.40
					0.23	0.72	-0.46	-0.05	-0.24			-0.64	-1.04
地理院	173	136.9401646069	愛知県名古屋港区高師字北1-1-10番地	3.2119	3.2200	3.2182	3.2057	7.8238	7.8204			7.8002	7.7917
					0.81	-0.18	-1.25	保留	-0.34			-2.02	-0.85
					0.81	0.83	-0.62		-0.95			-2.98	-3.83
地理院	173-1	136.9331778999	愛知県名古屋港区高師字北1-1-10番地	13.8291	13.8362	13.8361	13.8288	13.8302	13.8294			13.8138	13.8120
					0.81	-0.01	-0.93	0.34	-0.18			-1.46	-0.18

図 7 令和元年水準点成果表データ (Excel)

作成した CSV ファイルを用いて三重県内で累積沈下量が大きい 10 地点の地盤沈下の経時変化のグラフを作成した(図 8)。

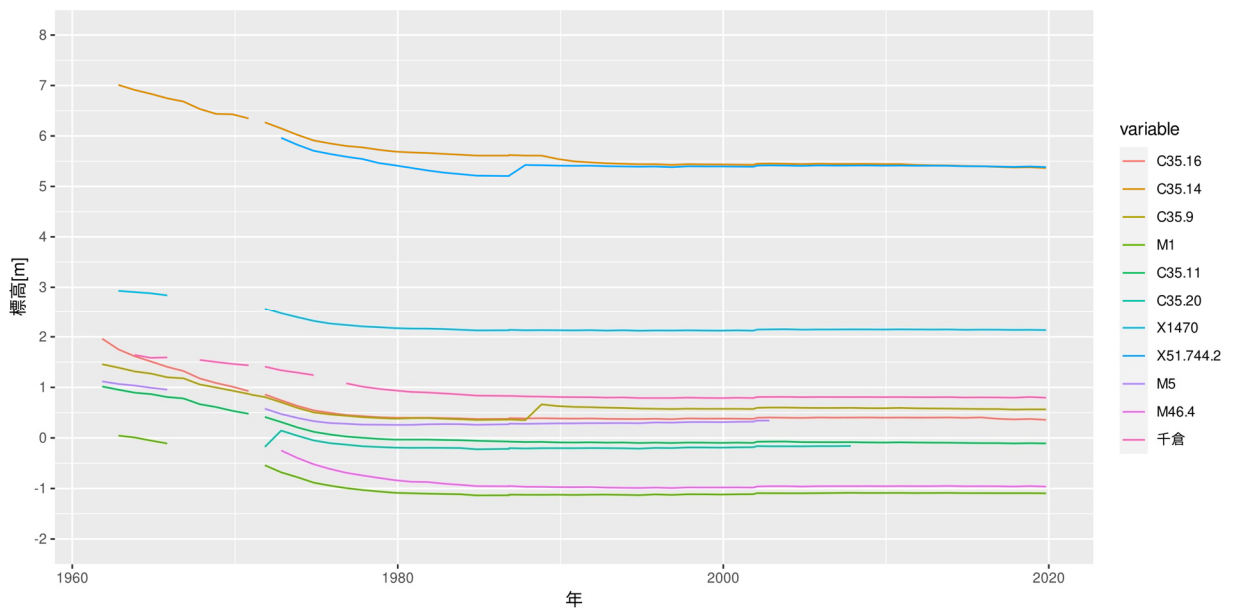


図 8 累積沈下量が大きい地点の地盤沈下経時変化 (10 地点)

各地点で所管, 地点名, 経緯度値, 所在地などに関する情報が記載されているが, 特に地点名の命名法が観測した機関によって異なるため統一感がなかった。そこで, XML を用いて観測データの意味づけを定義し, 統一的にデータハンドリングできないか考えてみた。ある地点の 1 回の測量結果に関する属性を抽出し, XML で定義した。統一感を出すために地点名の代わりに名前を定義できるようにした。1961 年の豊明市基準点 39 における観測データを XML 化した例を以下に示す。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE 水準点データ[
  <!ELEMENT 水準点データ (地点データ, 観測データ)>
  <!ELEMENT 地点データ (所管, 点名, 略称, 経緯度情報, 所在地)>
  <!ELEMENT 所管 (#PCDATA) >
  <!ELEMENT 点名 (#PCDATA)>
  <!ELEMENT 略称 (#PCDATA)>
  <!ELEMENT 所在地 (#PCDATA)>

  <!ELEMENT 経緯度情報 (経度, 緯度)>
  <!ELEMENT 経度 (#PCDATA)>
  <!ELEMENT 緯度 (#PCDATA)>

  <!ELEMENT 観測データ (観測年月, 観測値)>
  <!ELEMENT 観測年月 (#PCDATA)>
  <!ELEMENT 測定値 (#PCDATA)>
]>

<水準点データ>
  <地点データ>
    <所管>地理院</所管>
    <点名>基 39</点名>
    <略称>基準点 39</略称>
    <経緯度情報>
      <経度>136.97928679019099718</経度>
      <緯度>35.05937338178490137</緯度>
    </経緯度情報>
    <所在地>愛知県豊明市栄町字南館</所在地>
  </地点データ>
  <観測データ>
    <観測年月>1961/11</観測年月>
    <測定値>38.6468</測定値>
  </観測データ>
</水準点データ>
```

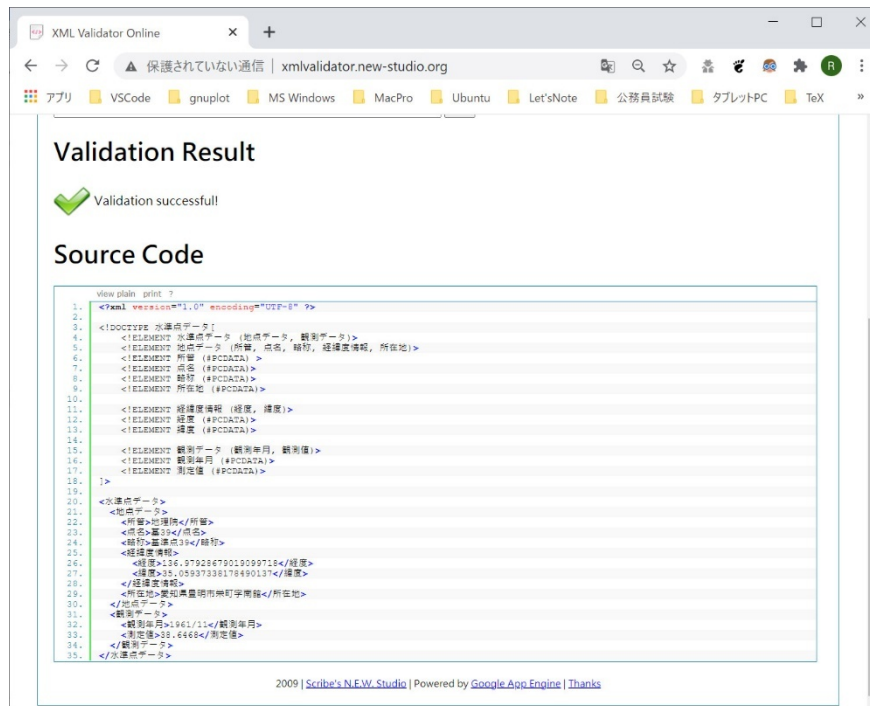


図 9 水準点データの XML 化

5. まとめ

自噴井観測データと水準点成果表の Excel データを用いて、オープンデータ化で汎用性が向上する特定のアプリケーションに依存しない汎用性を有する「非独占の形式」に属する CSV ファイルを作成することができた。作成された CSV ファイルのデータを用いてフリーソフト R でグラフを作成した。ただし、データ数が多く、行と列を入れ替える必要があるファイルでは編集作業に手間がかかった。

また、サンプル数が多い水準点成果表のデータを容易に扱うことができるようにするため、観測データの XML 定義を考案した。今回は手作業で XML ファイルを作成したが、全データを手作業で変換するのは現実的でないので、XML ファイルを自動生成する仕組みづくりを考える必要がある。

最後に、貴重なデータをご提供いただいた大野研教授と三重県庁環境生活部大気・水環境課に感謝の意を表す。