

〔資 料〕

石川県におけるひ素による地下水汚染状況 (2019年度～2024年度)

石川県保健環境センター 環境科学部
深山 敏明・西下 昌志・岡田 真規子
吉田 秀一

〔和文要旨〕

2024年度現在、石川県内でひ素汚染が発見されている井戸について、近年の汚染状況の概要を調べた。汚染の発見された井戸数は、2021年度に増加し、その後は横ばい傾向であった。また2024年度のひ素濃度が2019～2023年度までのひ素濃度の平均値から標準偏差の3倍の範囲外であったのは5井で、すべてが同一メッシュ内であった。汚染が発見された井戸は、通常の項目に加え、鉄イオン、硫酸イオン、アルカリ度の変動を注視していく必要があると考える。また、当該メッシュ内では令和6年能登半島地震で液状化による噴砂などの被害があり、これによる水質変化の可能性も考えられた。今後、ひ素濃度と併せてその他の水質変動を把握した上で、定期調査の測定頻度も見直し効率化を図るのが望ましいと考える。

キーワード：ひ素汚染、地下水汚染、地下水質モニタリング

1 はじめに

本県では、毎年、水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第15条及び16条の規定に基づき、「石川県水質測定計画」を作成して、県内全域の地下水質の概況を把握する概況調査を年1回行い、汚染が発見された場合には汚染範囲を確認する汚染井戸周辺地区調査を実施した上で、確認された汚染の状況を継続的に監視する定期モニタリング調査（以下、「定期調査」という。）を夏、冬各1回実施している。ひ素による汚染井戸数は、2019～2023年度の概況調査で新たに8井増加し、2024年度現在では35井となっており、近年、地下水のひ素の汚染が顕在化する傾向がみられる¹⁾²⁾。

本報では、近年の地下水のひ素汚染について概要を把握するため、2019～2024年度におけるひ素による地下水汚染の傾向を調べ、今後のモニタリングの参考として若干の考察を行ったので報告する。

2 方 法

2・1 調査の概要と調査井戸

石川県水質測定計画に従い、概況調査では県内を4kmメッシュに区分し、さらにこのメッシュを2kmメッシュに4分割した区域内において調査井戸を選定した（図1）。なお、概況調査は調査区域を毎年順次変えるローリング方式を用いて実施し、新たな汚染が発見された場合は汚染井戸周辺地区調査を実施して汚染が確認された井戸を定期調査の調査井戸としている。

本報では、ひ素が環境基準を超過し、2019～2024年度に定期調査を行っている井戸（以下、「対象井戸」という。）を対象とした。

2・2 調査項目

調査項目は、対象井戸における水温、水素イオン濃度指数(pH)、電気伝導率(EC)及びひ素の計4項目である。

2・3 分析法

試料の分析は、環境庁告示³⁾及び日本産業規格K0102(2018)に準じ、ひ素は「ICP-MS法」(Agilent社製7700x)、

Trends of Groundwater Pollution by Arsenic in Ishikawa Prefecture during 2019-2024. by MIYAMA Toshiaki, NISHISHITA masashi, OKADA makiko, and YOSHIDA syuichi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Arsenic Contamination, Groundwater Pollution, Groundwater Quality Monitoring

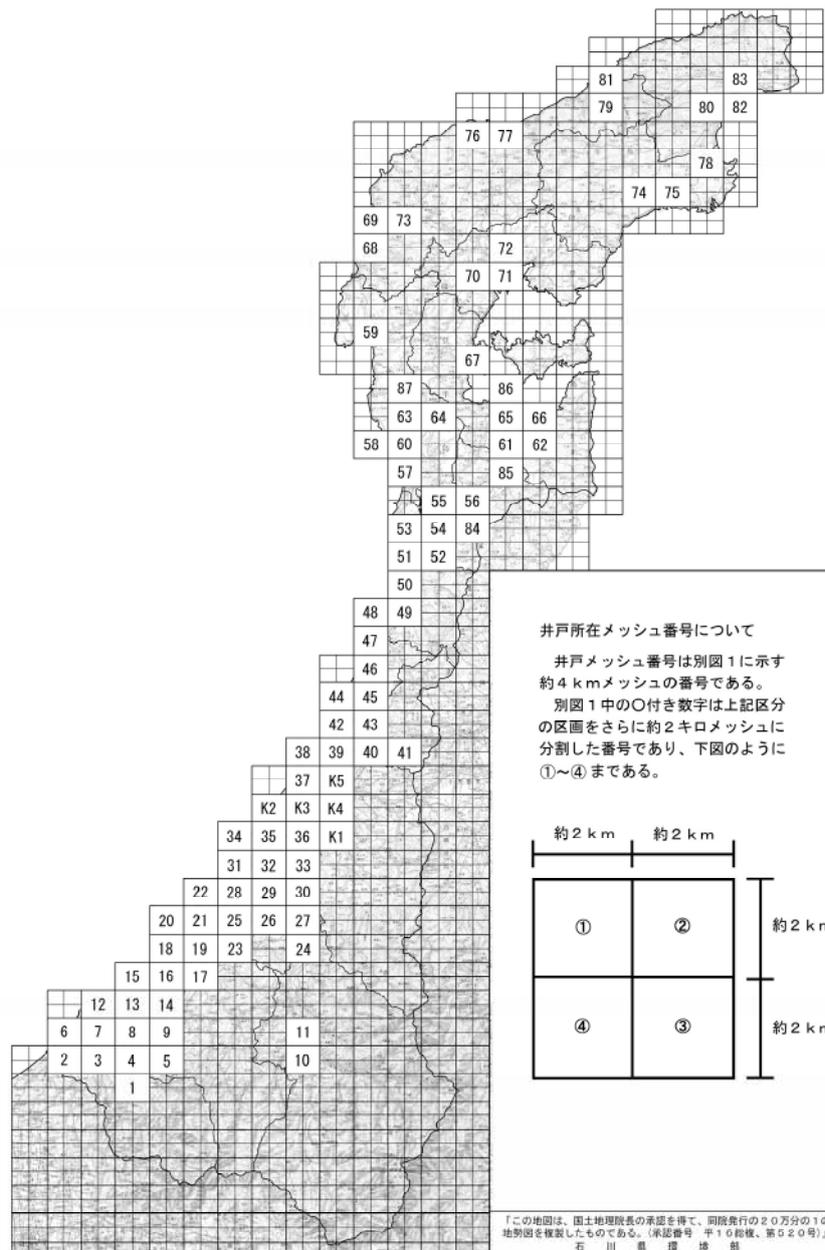


図1 概況調査区図

またpH, ECはガラス電極法で行った。

3 結 果

3・1 近年のひ素の環境基準値超過井戸数

図2に、ひ素の環境基準値(0.01mg/L)超過が確認された井戸数の推移(2019～2024年度)を示した。

県全体で見ると、2021年度に羽咋市で新たな基準超過井戸が多数確認されたことなど、2023年夏まで増加傾向であった。2024年度は、令和6年能登半島地震(以下、「地震」という。)で甚大な被害があり輪島市、珠洲市、穴水町、能登町で採水ができなかった井戸があったため、これらの地域で基準超過が確認された井戸の数は減少となった。その他の地域は横ばいであった。

3・2 令和6年能登半島地震(2024年1月)前後の比較

地震前後の変化を確認する目的で、地震前の2019～2023年度(以下、「過去5年」という。)の結果と地震後の2024年度のひ素濃度を比較した。地震の影響で採水ができなかった輪島市、珠洲市、穴水町及び能登町の計7井、2024年度から調査を始めた4井を除いた計24井について、過去5年の定期調査結果の平均値から標準偏差の±3倍の範囲(以下、「3σの範囲」という。)を算出し、2024年度の測定値がこれ以内に入っているかを調べた結果を図3に示す。2024年度の定期調査結果が2回とも過去5年の3σの範囲内であったのは計19井であった。1回以上範囲外であったのは計5井(いずれも羽咋市釜屋町)、16、19(いずれも羽咋市大川町)及び

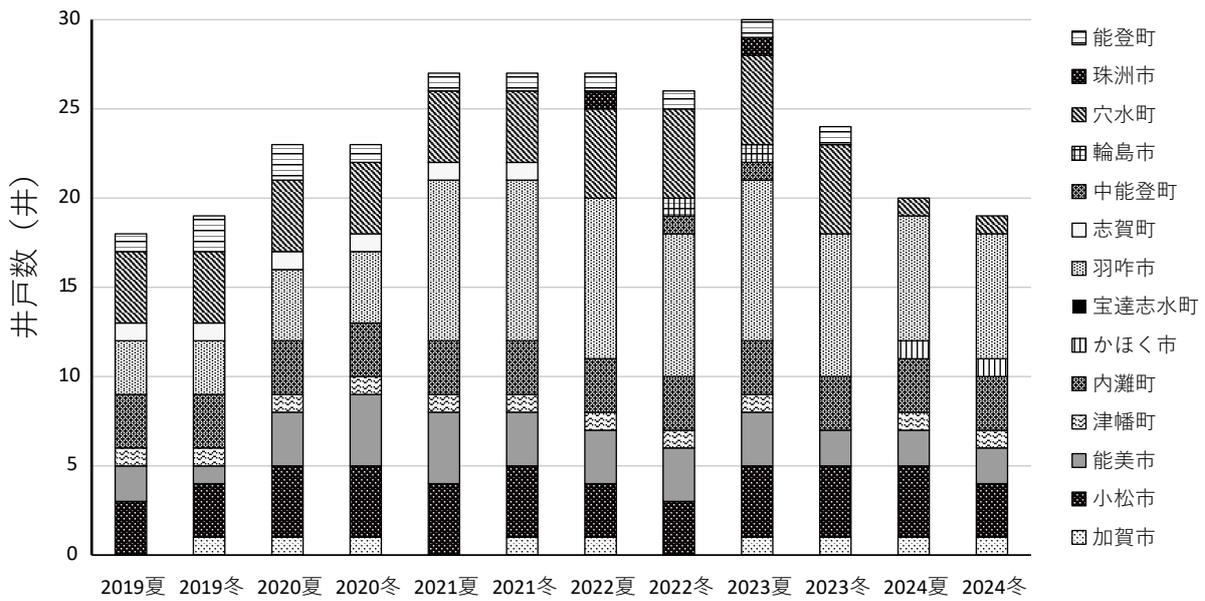


図2 ひ素が環境基準を超過した井戸数

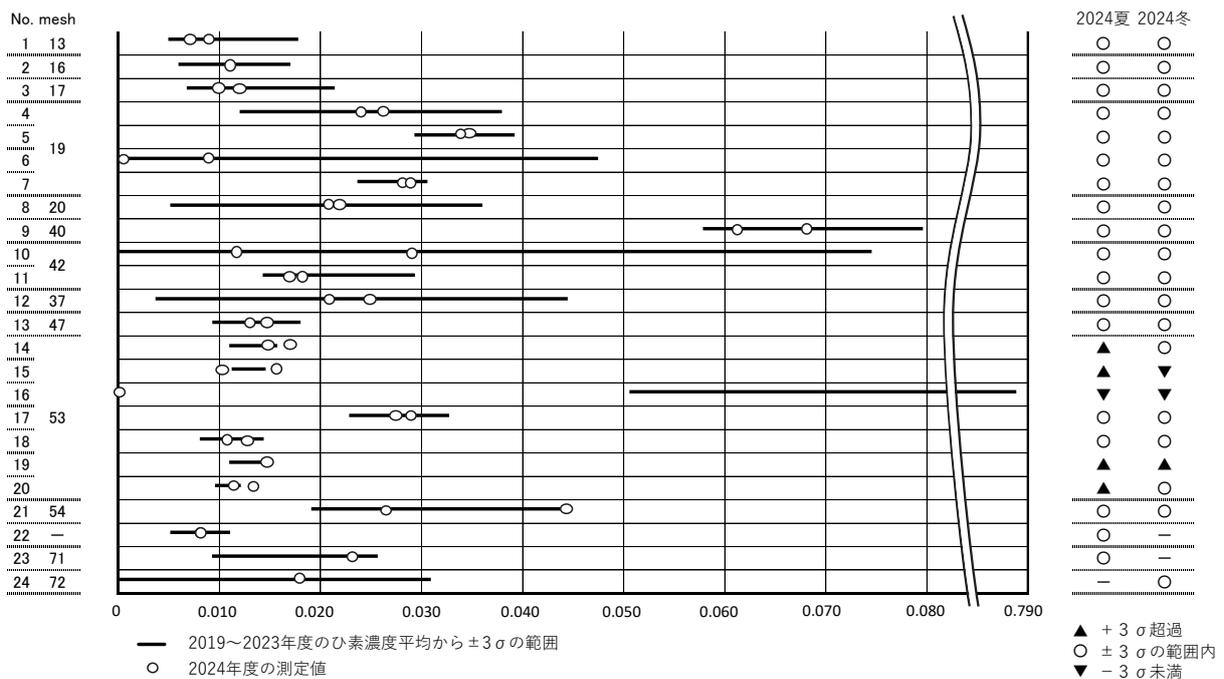


図3 2019～2023年度までの地下水中ひ素濃度平均から3σの範囲と2024年度測定値との比較

20(羽咋市羽咋町)の5井は、すべて図1に示すメッシュ53内であった。なお、No.16については、過去5年にひ素を検出していたが2024年度は2回とも不検出であった。

なお、No.22(輪島市滝又町)、No.23(穴水町緑が丘)及びNo.24(穴水町七海)については、2回の定期調査のうち1回は採水ができず、残りの1回は3σの範囲内であった。

4 考 察

(1) 過去5年の範囲を超えた井戸についての考察

過去5年の3σの範囲を超えた対象井戸5井がすべてメッシュ53内であったことを受け、この水質の変化について考察を行ってみた。

この地域は、1976～1980年の邑知潟低地の地下水調査の結果によれば、地下水位にはかんがい期の上昇や降雨の多少による変化は現れず、人為的な揚水によって大きく降下し、農業用地下水の採取の時期及び量とよく相関し、その変化の幅は浅層部では少なく、深層部で大きいとの知見があった⁴⁾。よって、この地域における地下水質変動は、農業用地下水の採取が主たる要因となって

いると推察された。灌漑用地下水の大量汲み上げによる大気中酸素の地下浸透が酸化条件をつくる場合もありうるとの知見もあり⁵⁾、地下水の揚水と汚染との関連について注視していく必要があると考える。

次に、地震の影響については、この地域が砂丘の裾に接する旧河道の造成地であったことから、至るところに墳砂が確認されるなど液状化の被害があったと報告されている⁶⁾。地下水位が高く、砂質堆積物からなるような土地では、地震に伴って液状化が発生することがある⁷⁾。液状化とは、地下水が存在する状態で地震が起こると、緩詰な砂質土のかみあわせが外されて、粒子は周辺の間隙水に放出され浮いたような状態になり、水のおよそ2倍の重さを持つ流体のような挙動を示すというものである⁸⁾。液状化層の支持力の低下・喪失・流動の影響により、表土層には噴砂・噴石および亀裂・段差・ずれ・落ち込み・沈下・隆起・傾斜などの地盤変状が発生するといわれており⁹⁾、地中の間隙水が土壌とともに攪拌され、通常とは異なる水質変化が起こりうると思われる。

これまでの知見から、この地域のひ素は酸化プロセスにより溶出して5価のひ酸の形で存在していることがわかっていて。当センターにおいては、酸化還元電位、鉄イオン、硫酸イオン、アルカリ度を指標としてひ素の濃度変化メカニズムの解明を行った結果、これらの指標がひ素濃度や化学形の手がかりとなるという一定の知見を得ており¹⁰⁾、汚染が発見された場合は、これらの項目を追加して測定し、変動を注視していく必要があると考える。なお、2024年度の結果では、No.16のひ素が定量下限値未満となったが、pHのアルカリ性から中性への低下及び塩濃度の目安となる電気伝導率の低下を確認している。

なお、液状化による被害が大きかった内灘町西荒屋及びかほく市大崎については、対象井戸がなかったため、本報においてはこれらの地域の水質変化についての知見は得られなかった。

(2) 今後の定期モニタリング

井戸の汚染が自然由来と考えられる場合は、汚染の除去等が困難であることから、現状としては、飲用井戸として利用しないなどの対策となり、その上で、引き続き汚染状況の監視を行うことになる。その結果、監視対象の井戸が増加してしまうという問題がある。環境省の地下水モニタリングの手引きによれば、定期モニタリングの測定頻度について「地下水を飲用に用いていない地域や汚染項目の濃度変動が小さい場合など、測定計画に具体的に根拠を示したうえで複数年に1回の測定とすることができる」との記載がある¹¹⁾。効率的なモニタリングのためには、汚染物質の濃度変動を把握した上で、今後、測定頻度なども検討していくことが望ましいと考える。

5 ま と め

- (1) 過去5年におけるひ素の地下水汚染の環境基準超過件数は、2023年度まで増加傾向であった。2024年度は、地震のため輪島市、珠洲市で採水ができなかった井戸があったことから減少となった。
- (2) 過去5年までのひ素濃度と、2024年度のひ素濃度を比較したところ、過去5年の3 σ の範囲を超えたのは24井のうち5井で、すべてメッシュ53内であり、この地域では液状化による被害があった。
- (3) ひ素汚染井戸が発見された場合は、通常のモニタリング項目に追加して、鉄イオン、硫酸イオン、アルカリ度の測定を行い、これらの変動について注視していく必要があると考える。
- (4) 定期調査の効率化のために、汚染物質の濃度変動を把握した上で、今後、測定頻度なども検討していくことが望ましいと考える。

文 献

- 1) 石川県：令和元年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書、97-119 (2020)
- 2) 石川県：令和4年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書、97-118 (2024)
- 3) 環境省：環水管第189号水質保全局長通知 (1989)
- 4) 農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会：日本の地下水、株式会社地球社 (1986)
- 5) 赤井純治：地下水ひ素汚染メカニズム解明への地球微生物学・鉱物学の意義と重要性：アジア3地域の研究事例、地球環境、22 (1)、35-44 (2017)
- 6) 若松加寿江：令和6年能登半島地震による液状化発生地域の土地条件と液状化履歴、日本地震工学会、https://www.jaee.gr.jp/jp/wp-content/uploads/2024/01/20240101noto_wakamatsu.pdf 2024.7.30 参照
- 7) 海津正倫編：沖積低地の地形環境学、61、古今書院 (2012)
- 8) 石原研而：地盤の液状化 発生原理と予測・影響・対策、(株)朝倉書店 (2017)
- 9) 常田賢一：令和6年能登半島地震における地盤流動に関する現地調査からの考察—地盤流動特性と地盤流動対策の概念—、LRRRI技術資料、2、1-17 (2024)
- 10) 牧野雅英、野口邦雅、吉田秀一、堅田勉、佐藤航、安田能生弘：石川県内における地下水汚染プロセスの推定、石川県保健環境センター研究報告書 61、31-35 (2024)
- 11) 環境省水・大気環境局地下水・地盤環境室：地下水水質モニタリングの手引き (2008)