

# 平成 30 年汚染井戸周辺地区調査の結果について

大久保香澄・熊谷宏之

Investigation around Contaminated Wells in 2018

Kasumi OOKUBO, Hiroyuki KUMAGAI

## 1. はじめに

福井県内の地下水の汚染状況については、水質汚濁防止法第 16 条第 1 項の規定に基づき毎年作成される測定計画により監視を行っている。

地下水質調査には、概況調査、汚染井戸周辺地区調査、継続監視調査の 3 区分があるが、当センターでは、福井市を除くエリアについて、概況調査は揮発性有機化合物のみを分析し、汚染井戸周辺地区調査と継続監視調査は原則として全ての項目を分析している。

平成 30 年度の調査では、概況調査の 2 地点（2 地区）でふっ素（分析は民間委託）が検出される新たな汚染が発見された。また、事業者が自主的に行った調査により、砒素などが検出されたとの報告を受ける事案が 2 地区であった。これらの結果を受け、4 地区で汚染井戸周辺地区調査（以下、詳細調査という。）を実施したので、その解析結果について報告する。

## 2. 調査方法

4 地区の詳細調査の概要を表 1 に示す。

表 1 平成 30 年詳細調査概要

調査月	地区名	地点数	汚染物質
3 月、6 月	A 市 B 地区	3+5	砒素
8 月	C 町 D 地区	11	ふっ素
9 月	E 町 F 地区	8	ふっ素
11 月	G 市 H 地区	10	砒素、鉛

A 市 B 地区および G 市 H 地区は、事業者からの報告により汚染が発見された地区であり、また、C 町 D 地区および E 町 F 地区は、概況調査により汚染が発見された地区である。

4 地区について、汚染物質（砒素、鉛、ふっ素）と、解析項目（pH、導電率、M-アルカリ度、塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン）を分析した。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 A 市 B 地区

A 市 B 地区の詳細調査について、その結果とヘキサダイアグラム解析を図 1 に、トリリニアダイアグラム解析を図 2 にそれぞれ示す。

平成 30 年 3 月に、事業者からの報告があった汚染井戸を含む 3 地点で詳細調査を実施したところ、汚染井戸から砒素が 33  $\mu\text{g/L}$  検出され、環境基準を超過していた。一方

で、他の 2 井戸からは砒素は検出されなかった。この結果を踏まえ、さらに調査範囲を拡大して 6 月に詳細調査を実施した。その結果、いずれの地点においても、砒素は検出されなかった。

A 市 B 地区のヘキサダイアグラム解析では、汚染井戸は停滞性地下水によく見られる、重炭酸ナトリウム型に近い形となったが、一方で、砒素が検出されなかった周辺の井戸は、それとは異なる形状をしていた。よって、汚染井戸と周辺井戸は、異なる水脈由来であることが示唆された。

A 市 B 地区のトリリニアダイアグラム解析では、汚染井戸は重炭酸カルシウム型と重炭酸ナトリウム型の中間の位置にプロットされ、浅層地下水と深層地下水の中間型の特徴を有していた。一方で、砒素が検出されなかった周辺の井戸には、そのような特徴を持つ検体は見られなかった。この結果からも、汚染井戸と周辺井戸は、異なる水脈由来であることが示唆された。

また、汚染井戸からは鉄（定量下限 0.2  $\text{mg/L}$ ）が 4.4  $\text{mg/L}$  と高濃度で検出されたが、周辺井戸において、1 井戸で 0.5  $\text{mg/L}$  検出されたものの、それ以外からは検出されなかった。深層の停滞性地下水中から、砒素が鉄と共に検出されることが報告されており<sup>1)</sup>、A 市 B 地区における砒素と鉄の検出も、次のメカニズムによると考えられる。地質由来の砒素は地下水中において、微粒子（コロイド状態）の水酸化鉄鉱物にオキシアニオン（ $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ 、 $\text{HAsO}_4^{2-}$ ）の形で吸着され、見かけ上固定化されている。しかし、停滞性地下水において、水中の酸素が有機物等により消費され、極度の還元的雰囲気になることで、水酸化鉄鉱物は安定に存在し得なくなる。その結果、分解が進み、2 価鉄イオンが優勢となり、吸着、束縛していた砒素イオンが水中にリリースされるというメカニズムである。

さらに、この汚染井戸の検体は採水時無色透明であったが、時間の経過とともに変色し、搬入時は微黄色を呈していた。この変色は、2 価の鉄が大気に曝されて 3 価となり、不溶化したことによると考えられ、このことから、汚染井戸水は還元的状態にあったことが示唆される。

このように、停滞性地下水の特徴を示す井戸から鉄と共に砒素が検出されたことや、この地域の周辺に砒素を取り扱う事業所が存在しないことから、砒素は地質由来の可能性が高いと考えられる。

令和元年度からは、A 市 B 地区の汚染井戸で継続監視調査が行われる予定である。

### 3. 2 C 町 D 地区

C 町 D 地区の詳細調査について、その結果とヘキサダイアグラム解析を図 3 に、トリリニアダイアグラム解析の結果を図 4 にそれぞれ示す。

C 町 D 地区において、平成 30 年 6 月の概況調査でふっ素が 0.9  $\text{mg/L}$  と環境基準を超過して検出されたため、詳細調査を実施した。その結果、1 地点からふっ素が 0.1  $\text{mg/L}$  検出されたが、それ以外の地点からは検出されな

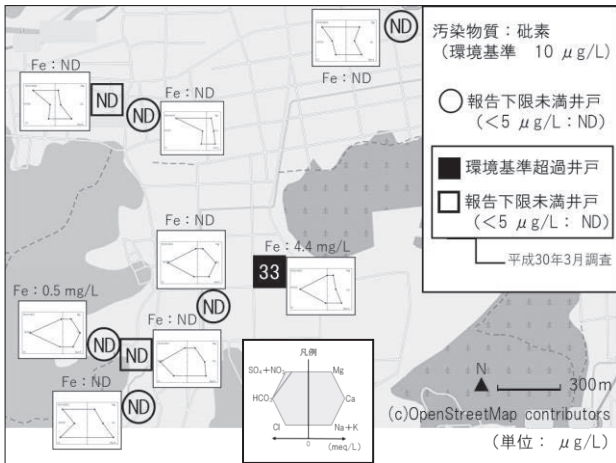


図1 A市B地区の結果

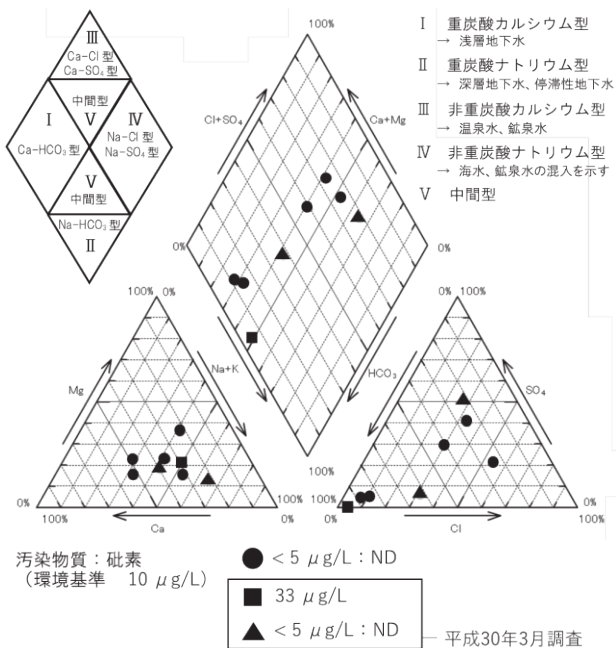


図2 トリリニアダイアグラム (A市B地区)

った。周辺井戸のヘキサダイアグラム解析では、いずれも似たようなダイヤモンド型を示しており、同じ水脈由来であることが示唆された。また、トリリニアダイアグラム解析において、周辺井戸の検体は、重碳酸カルシウム型領域から中間型領域に集合してプロットされ、一般的な循環性地下水の特徴を示すとともに、同じ水脈由来であることが示唆された。しかし、今回の詳細調査では、概況調査井戸の検体が入手できず、ヘキサダイアグラム解析ができていないため、概況調査井戸と周辺井戸が同じ水脈かどうかは不明である。

なお、今回調査した最北端の井戸からはふっ素が検出されなかった。地形や河川流向から推定される地下水流向は南から北方向であるため、最北端の井戸と概況調査井戸が同一帯水層であれば、更なる下流域での汚染の拡がりはないと考えられる。

また、この地区において、水質汚濁防止法の届出では過去にわたりふっ素を取り扱う事業所が存在しないことから、検出されたふっ素は、地質由来の可能性が考えられる。

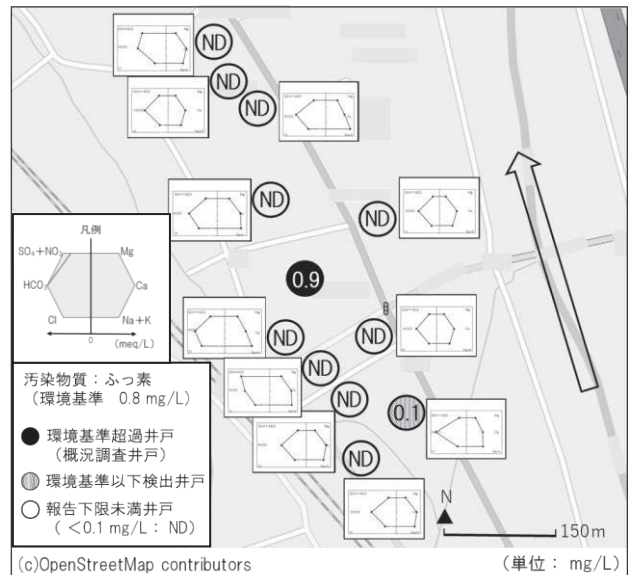


図3 C町D地区の結果

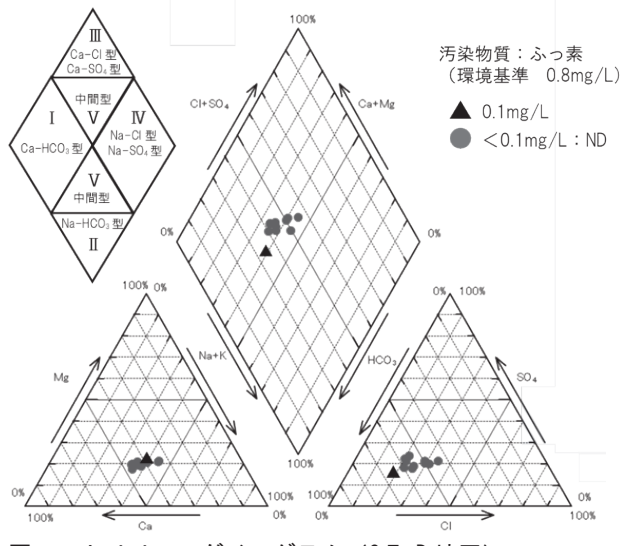


図4 トリリニアダイアグラム (C町D地区)

### 3.3 E町F地区

E町F地区の詳細調査について、その結果とヘキサダイアグラム解析を図5に、トリリニアダイアグラム解析の結果を図6にそれぞれ示す。

E町F地区において、平成30年7月の概況調査でふっ素が0.5 mg/L検出されたため、詳細調査を実施した。その結果、概況調査井戸に最も近い井戸でふっ素が0.4 mg/Lと環境基準値の2分の1の濃度で検出された。また、5地点で0.1 mg/L検出され、その他2地点では検出されなかった。周辺井戸のヘキサダイアグラム解析では、いずれも似たようなダイヤモンド型を示しており、同じ地下水脈であることが示唆された。また、トリリニアダイアグラム解析において、周辺井戸の検体は、重碳酸カルシウム型領域に集合してプロットされ、一般的な循環性地下水の特徴を示すとともに、同じ水脈由来であることが示唆された。しかし、今回の詳細調査でも、C町D地区と同様に、概況調査井戸の検体が入手できず、ヘキサダイアグラム解析が出来ていないため、概況調査井戸と周辺井戸が同じ水脈かどうかは不明である。

また、この地区の約1km離れた南東側にメッキ事業所が2箇所存在するが、地形等から地下水流向を考慮すると、当該事業所は上流域に該当しないと推測されるため、地質由来の可能性が考えられる。

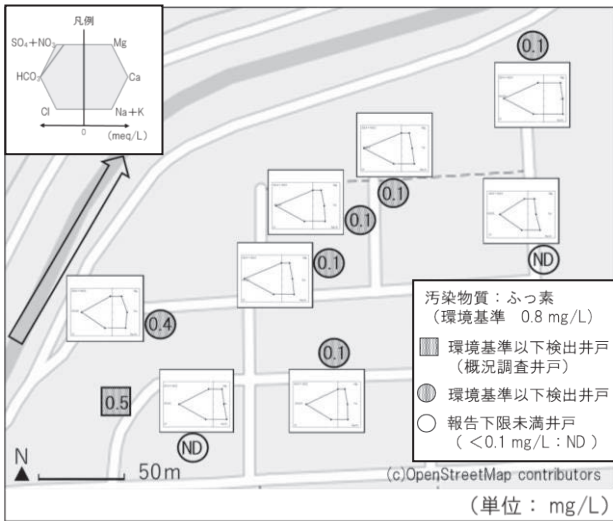


図5 E町F地区の結果

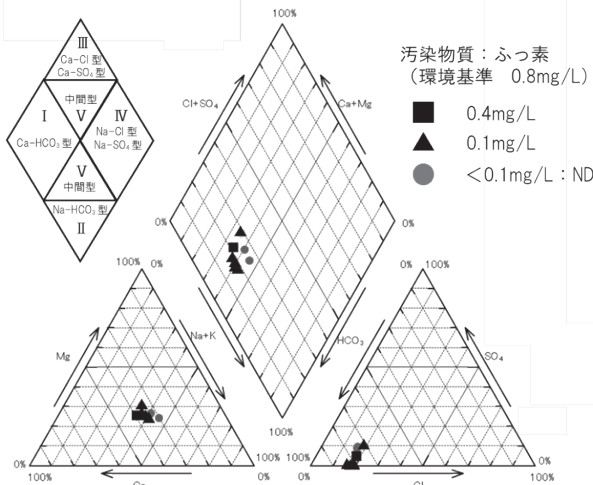


図6 トリリニアダイアグラム (E町F地区)

### 3.4 G市H地区

G市H地区の詳細調査について、その結果とヘキサダイアグラム解析を図7に、トリリニアダイアグラム解析の結果を図8にそれぞれ示す。

事業者観測井②で砒素が12 $\mu\text{g/L}$ と環境基準を超え、鉛が9 $\mu\text{g/L}$ と環境基準以下で検出された。また、事業者観測井①においても、砒素が8 $\mu\text{g/L}$ と環境基準以下で検出された。観測井①、②の検体の外観は茶褐色を呈し、濁質が認められ、適正な採水が行われていないと判断されたが、十分に揚水を続けても濁りは改善されなかったため、詳細調査を実施した。その結果、いずれの地点からも砒素と鉛は検出されなかった。周辺井戸のヘキサダイアグラム解析では、2箇所の深井戸を除いた8井戸について、ダイアグラムの形に一定の類似性が見られたが、2箇所の深井戸はそれ以外の井戸とは異なる重炭酸ナトリウム型に近い形を示していた。これは、2箇所の深井戸はそれ以外の井戸とは帯水層が異なるためであると考えられる。また、トリリニアダイアグラム解析において、2箇所の深井戸以外の

検体は非重炭酸ナトリウム型領域と中間型領域の間にプロットされたのに対し、2箇所の深井戸はそれらとは全く異なる領域にプロットされた。この結果からも、2箇所の深井戸とそれ以外の井戸との水脈の違いが示唆された。しかし、今回の詳細調査でも、汚染井戸の検体が入手できず、ヘキサダイアグラム解析ができていないため、汚染井戸と周辺井戸が同じ水脈かどうかは不明である。

また、今回搬入された周辺井戸の検体は、いずれも無色透明であったが、一方で、事業者観測井②の検体は、濁質成分が多く認められた。その検体を、孔径0.45 $\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過し、ろ液を分析した結果、砒素と鉛は検出されなかった。このことから、事業者観測井で検出された砒素と鉛は土壌由来である可能性が高いと考えられる。



図7 G市H地区の結果

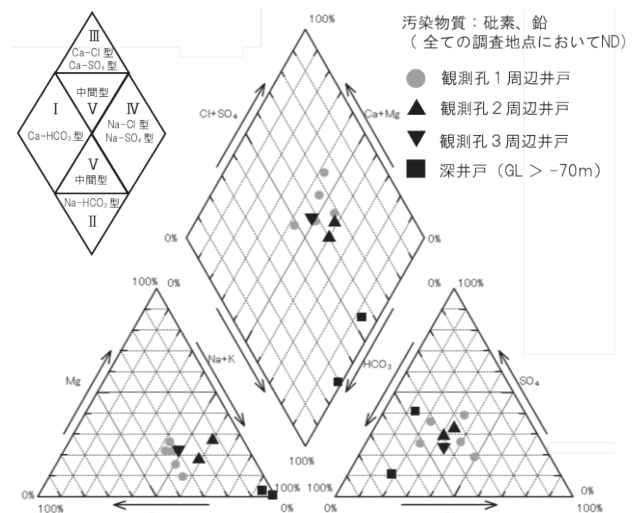


図8 トリリニアダイアグラム (G市H地区)

## 4. まとめ

当県において、平成 30 年に汚染井戸周辺地区調査を 4 地区で実施し、汚染物質は砒素、鉛、ふっ素であった。その結果、広範囲な基準超過の汚染は見られず、限定的であった。また、地下水起源の推定のために、ヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラム解析を用いて地下水の特徴を把握し、解析した。A 市 B 地区においては、汚染井戸と周辺井戸の水脈の違いが示唆されたが、その他の 3 地区においては、汚染発見時の汚染井戸の検体が入手できず、周辺井戸のみの解析となり、汚染井戸と周辺井戸との比較ができなかった。しかし、4 地区とも汚染井戸の上流側に汚染物質を取り扱う事業所が存在しないことなどから、今回検出された砒素、鉛およびふっ素は地質由来である可能性が高いと推定される。

### 参考文献

- 1) 島田允堯：自然由来重金属等による地下水・土壌汚染問題の本質：ヒ素,応用地質技術年報, **29**, 31-59(2009)