

## 7) 緑川下流左岸地域における井水中ふっ素濃度と井戸深度

小笹 康人

### はじめに

平成7年度から、県が実施した各種地下水質調査時にイオン成分等のデータを蓄積してきた。これを基にふっ素の濃度を、1kmメッシュごとに色区分し濃度分布状況を表した(図1)。これにより、阿蘇カルデラ内、緑川下流左岸地域等に、ふっ素の地下水に係る環境基準値(0.8 mg/l以下)を超える井戸が多く分布していることが判明し、ふっ素の地域偏在性が確認された<sup>1)</sup>。

緑川下流左岸地域の井水について、水質特性および地質分布と井戸深度に着目し、基準超過の原因を検討したので報告する。

### 調査方法

県内の井水中ふっ素(F)濃度の分布状況を表したメッシュ地図および井戸情報から、緑川下流左岸地域における基準超過井戸の詳細な分布範囲を特定した。

当該地域の水質をキーダイアグラム等で比較・解析し、ふっ素濃度基準超過井戸の特徴を求めた。

当該地域の地質断面図<sup>2)</sup>に調査井戸位置および井戸深度を重ね取水層を比較した。調査井戸のほとんどが民有井戸でストレナの位置が不明であるため、井戸底部までの複数の滞水層から取水していると仮定して、ふっ素濃度基準超過の原因を検討した。

本報では、使用したイオンクロマトグラフの機種の違いにより定量下限値に差異があったため、最も高い値のF:0.05 mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:0.1 mg/l, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:0.03 mg/l, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:0.08 mg/lを定量下限値とした。

### 結果及び考察

緑川下流左岸地域(宇土市、熊本市富含町の一部)における62井戸(延べ69井戸)のふっ素濃度は、0.05~2.35 mg/l, 平均0.59 mg/lであった。ふっ素濃度基準超過井戸は、南北を緑川とJR三角線に挟まれ、東西は走潟町から国道3号線東側までの範囲に分布し、深度55mまでの井戸に見られた。その外側、雁回山山麓およびJR三角線より南側では基準超過井戸は見られず低い濃度であった。その分布状況を図2に示す。図中の縦横の線は地質断面線を示す。

当該地域の水質をキーダイアグラム(図3)で示す。

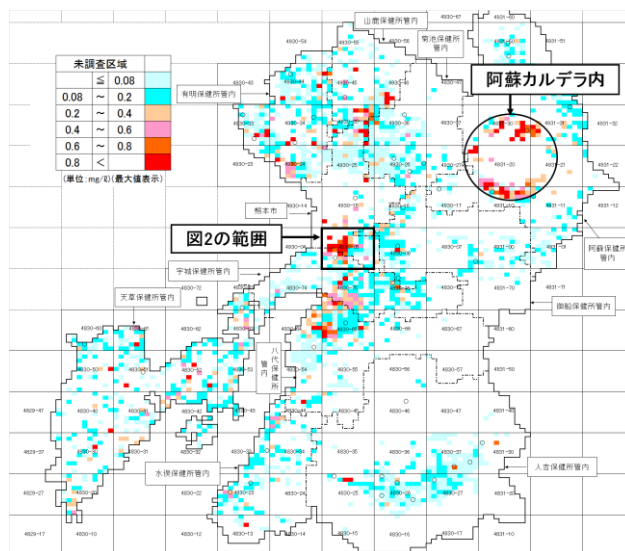


図1 県内の井水中のふっ素濃度分布状況

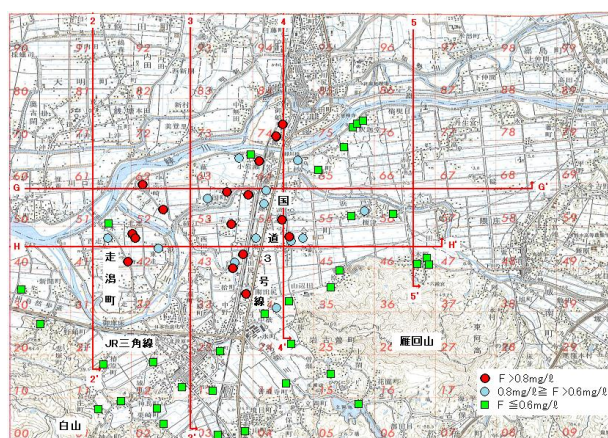


図2 緑川下流左岸地域の井水中のふっ素濃度分布

基準超過井水および基準値の約8割にあたる0.6 mg/lを超える井水のほとんどが、停滞性の水質を示す炭酸ナトリウム型(Ⅱ)で、一部が非炭酸ナトリウム型(Ⅳ)と中間型(Ⅴ)であった。さらに、基準超過井水はpH7.48~8.21と弱アルカリ性を示し、基準超過井水の35%にNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が検出された。その濃度範囲は0.11~2.21 mg/lであった。

一方、炭酸カルシウム型(Ⅰ)、非炭酸カルシウム型(Ⅲ)およびⅢ型に近い中間型(Ⅴ)を示した井水のふっ素濃度は、0.05~0.46 mg/l, 平均0.11 mg/lと低い

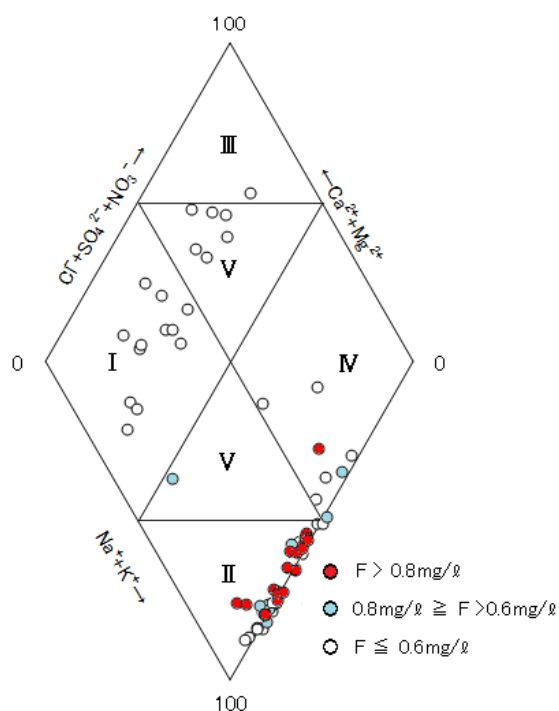


図3 緑川下流域左岸地域の水質

濃度であった。pHは5.94～7.50で弱酸性から中性を示し、これらの井水の多くが雁回山および白山山麓に分布していた。

緑川下流左岸地域は低地堆積物、有明粘土層の沖積層が広がる熊本平野南部に位置する。下位の地層には島原海湾層、託麻砂礫層、Aso-4およびAso-3火砕流堆積物が分布している。当該地域の地下水は有明粘土層が難透水性を示し、上位の低地堆積物層中に自由地下水を賦存させ、下位の島原海湾層中に賦存する地下水を被圧地下水としている。

東西方向のG-G'およびH-H'断面図に、その周辺の調査井戸を配置し、それぞれの井戸深度とふっ素濃度を重ね表示した(図4)。同様に、南北方向の3-3'および4-4'断面図に重ね表示した(図5)。

G-G'断面図から難透水性である有明粘土層中に掘削された井戸が存在していることがわかった。有明粘土層は約9千年前に形成された粘土層や砂層、火山灰層から成る未～弱固結の軟弱地質である。この厚い粘土層の間に挟まれた、やや透水性の良い砂層や火山灰層などの部分から、浅層地下水が取水できると考えられた。

G-G'断面図中の調査井戸深度は20～40 mで、すべて有明粘土層、島原海湾層または託麻砂礫層までの掘

削井戸である。これらの井水はすべて炭酸ナトリウム型(II)に属する水質を示し、ふっ素濃度が0.42 mg/l、0.59 mg/lの2井戸を除き、基準超過または0.6 mg/lを超える濃度であった。

H-H'断面図では、Aso-4層上部に達する井戸深度55 mまでの井戸では、多くが基準超過を示したが、深度100 m以上の井戸では基準超過はなかった。また、有明粘土層、島原海湾層の層厚が薄く、揚水管の大部分が御船層群中にある井戸では、濃度は0.11～0.18 mg/lと低かった。さらに、御船層群の高まりより東側ではAso-4より下位の地層に達する井戸でも、ふっ素濃度は0.12～0.15 mg/lと低かった。

3-3'断面図中、JR三角線の南側は有明粘土層、島原海湾層の端にあたり、これらの層が分布しないか薄い層で分布しているため、下位のAso-4が地表近くに分布している。よって、この周辺に位置する井戸は30～50 mの比較的浅い井戸深度であるが、いずれも揚水管の大部分がAso-4、Aso-4/3に掛かっている状況である。

すなわち、この周辺の井戸は有明粘土層、島原海湾層からの取水割合が少なく、Aso-4およびその下位の地層からの取水が多いと考えられた。ふっ素濃度は0.05～0.3 mg/lと低く、水質は炭酸カルシウム型(I)、中間型(V)であった。

4-4'断面図中に表示した、有明粘土層および島原海湾層からの取水と考えられる井戸深度15～30 mの調査井戸では、多くがふっ素濃度基準超過を示した。

南側に位置する揚水管の大半が御船層群に掛かる井戸では、ふっ素濃度は0.6 mg/l以下であった。しかし、井戸深度がAso-4あるいは御船層群に届くものの、揚水管の大部分が有明粘土層、島原海湾層にある井戸では、0.6 mg/lを超える濃度であった。

キーダイアグラムによる水質区分と各断面図における調査井戸深度から、炭酸カルシウム型(I)、非炭酸カルシウム型(III)および中間型(V)を示すこれらの井水は、多くが御船層群、大岳火山岩類中およびAso-4以深に掘削された井水であった。

これらのことから、調査井戸のストレーナ位置と数が判明しないものの、ふっ素基準超過井戸の分布状況と井戸深度範囲から推測すると、有明粘土層、島原海湾層および託麻砂礫層のいずれか、あるいはこれら全ての層からの取水が、高濃度ふっ素の原因と考えられた。このことは、これらの地層の端に当たり層厚が薄く、これらの地層からの取水割合が小さいと考えられる井戸では、ふっ素濃度が基準を超えることはなかったことから支持された。

### まとめ

ふっ素は土壌や岩石中に 200~500 mg/kg 程度含まれ、特に海成堆積層、火山性地層に多く含まれている。ふっ素は、アルミニウム錯体やヒドロキシフルオロアパタイト<sup>3)</sup>として土壌に強く吸着されているが、土壌還元化によりふっ素の溶出率の増大<sup>4)</sup>が報告されている。

また、帯水層中に雲母粘土鉱物が存在する場合、水質は還元的になりアルカリ性環境となる深層地下水には、ふっ素が溶出し易くなると報告されている<sup>5)</sup>。

以前報告された当該地域を含む1市6町におけるヒ素検出原因究明調査報告書<sup>6)</sup>において、当該地域には

停滞的で還元状態の地下水が分布していると報告されている。本報においても、基準超過の井水は停滞性の炭酸ナトリウム型(Ⅱ)を示すとともに弱アルカリ性の水質であった。さらに基準超過井水の35%にNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が0.11~2.21 mg/lの濃度で検出された。このことから、停滞性および還元状態の地下水環境、弱アルカリ性の水質であることが判明した。

当該地域の地質図に、ふっ素基準超過井戸の分布と井戸深度を重ね解析した結果、有明粘土層、島原海湾層および託麻砂礫層のいずれか、あるいは全ての層からの取水が、高濃度ふっ素の原因と考えられた。

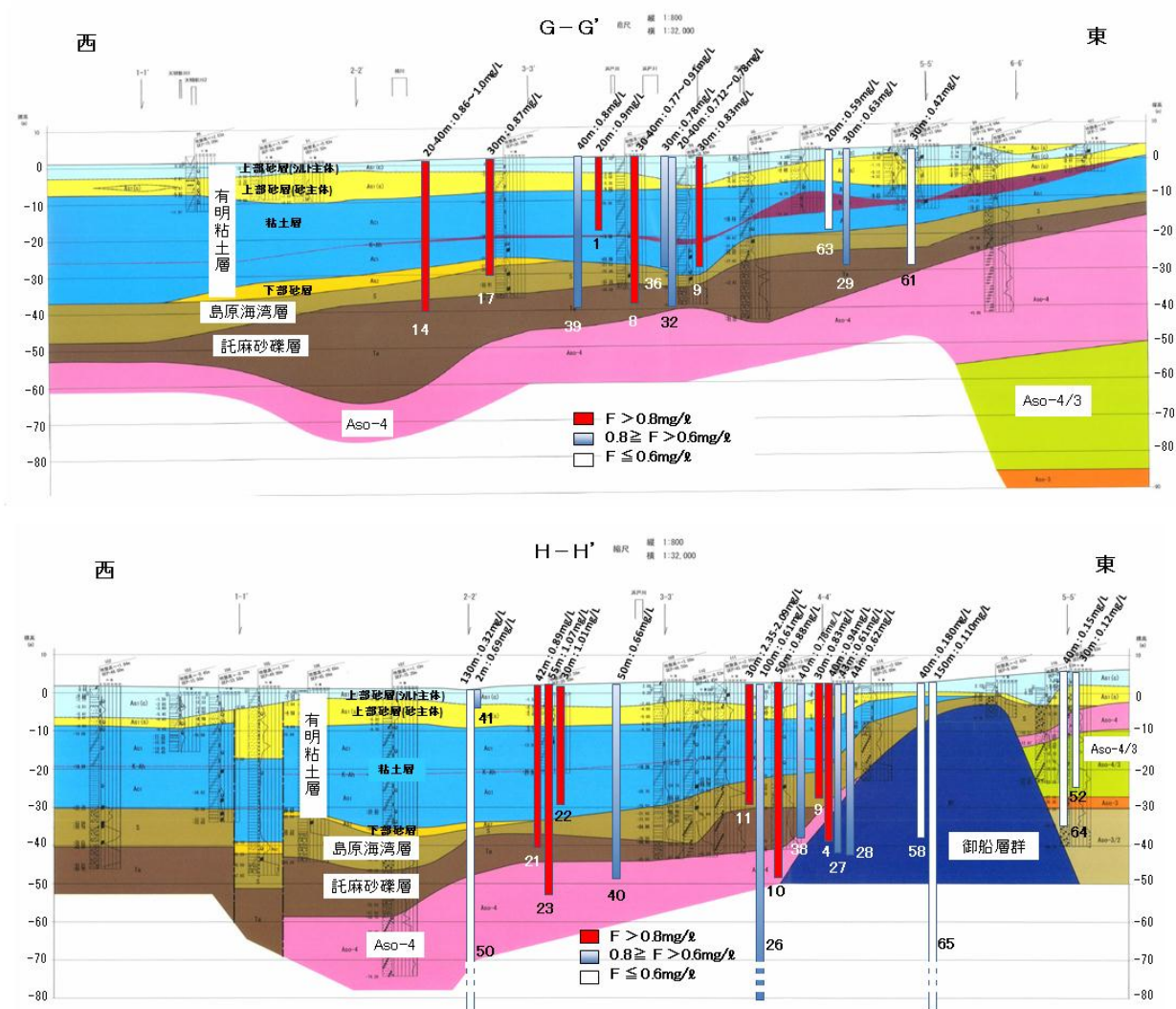


図4 地質断面図(G-G', H-H')と調査井戸の深度とふっ素濃度



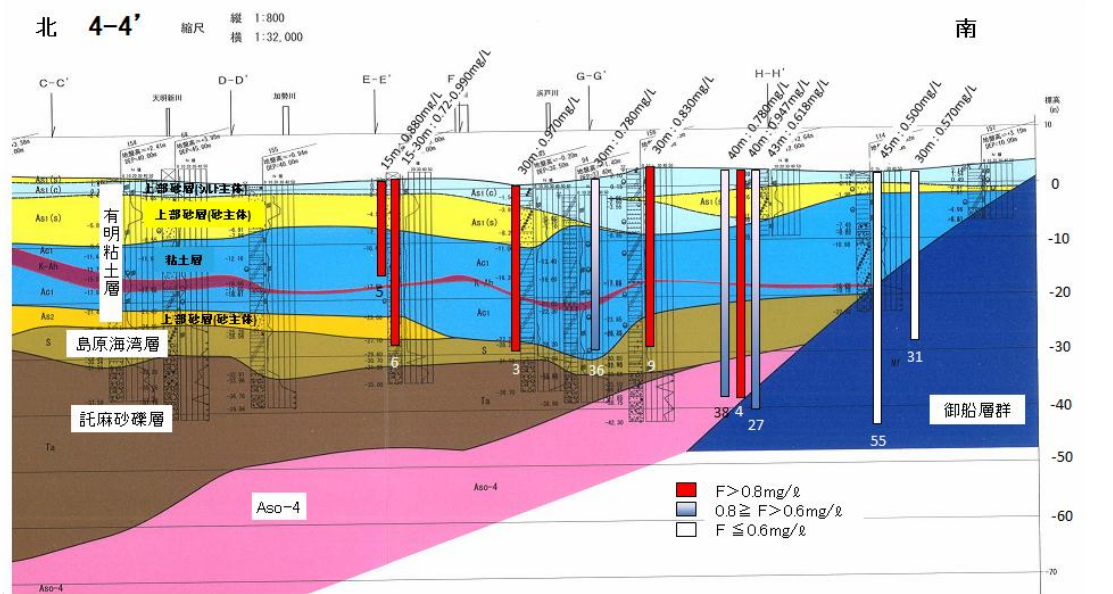
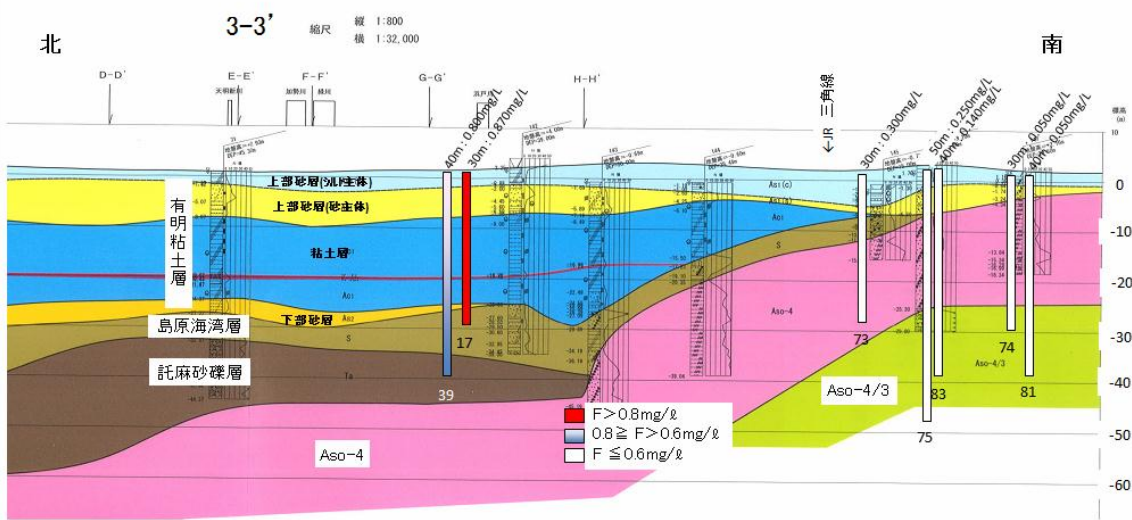


図5 地質断面図(3-3', 4-4')と調査井戸の深度とふっ素濃度

### 謝 辞

本報で記述、表示した当該地域の地質分布状況および断面図は、(社)熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編「熊本市周辺地盤図」から引用させていただいた。

また、本報の執筆に当たり環境立県推進課嘱託田中伸廣氏に詳細な地質情報や助言をいただいた。併せてここにお礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 小笹康人：熊本県保健環境科学研究所報，33，43-48(2003)。
- 2) (社)熊本県地質調査業協会 地盤図編纂委員会編「熊本市周辺地盤図」，2003年。
- 3) 熊本県保健環境科学研究所：「火山性河川水に由来する化学成分の地下水における挙動」，平成21年。
- 4) 結田康一：「ヨウ素およびフッ素の土壌・地下水系における分布と移行」，KURRI-KR，(1999)。
- 5) 島田允堯：応用地質技術年報，30，3-29(2011)。
- 6) 熊本県環境公害部環境保全課：地下水に係ると素検出原因究明調査について，平成4年3月。