

14. 特定物質汚染井戸調査

滋賀県における地下水概況調査について (地質由来の砒素、総水銀、ふっ素、ほう素の検出)

佐貫典子・井上亜紀子・三和伸彦¹⁾・卯田隆²⁾・東善広・原良平

要約

滋賀県が1989年度より実施している水質汚濁防止法に基づく地下水質測定計画(概況調査)の調査結果について、1993年度から2006年度の14年間のデータを取りまとめた。今回は地質に由来して検出されることが多い、砒素、総水銀、ふっ素、ほう素の地下水調査結果をメッシュデータ(2km×2km)にとりまとめた。このメッシュデータを中心に、これまで得ている県内の地下水汚染状況を解析したので報告する。

1. はじめに

1.1 背景

県内の地下水は野洲川、愛知川をはじめとする琵琶湖への流入河川の伏流水や、降雨により涵養され、豊富な水量と良好な水質は、現在も水道水源の約30%に使用されている。

しかし、昔から琵琶湖東岸の特に湖岸に近いところなどにある井戸(地下水)の多くは地質の関係で、鉄による赤金気、マンガンによる黒金気等により飲用に適さないことが知られている。

県内の地質に由来する有害物質による地下水汚染は、1976年に草津市矢倉・野路地区の地下水(井戸水)から当時の飲用基準(0.001mg/l)を超える総水銀が検出されたのが最初である。

その後、1989年に水質汚濁防止法が改正され、知事が策定する地下水質測定計画に基づき地下水概況調査が実施されることになった。

概況調査では、琵琶湖東岸等において古琵琶湖層群に起因する可能性がある砒素汚染が確認された。

また、環境基準にふっ素、ほう素が追加された1999年以降の調査では、地質由来の可能性が高いと考えられるふっ素、ほう素の地下水汚染が確認されている。

なお、滋賀県では地下水汚染の未然防止のために、1998年度から2000年度までの3か年で、有機塩素系化合物を使用したことがある工場・事業場等(369事業場)に立入調査を行い、地下水汚染の有無の確認と、汚染がある場合はその範囲を確定するとともに、浄化対策や未然防止策の指導を実施した。

また2006年度には、新たな地下水等の保全のための仕組みを検討し、滋賀県公害防止条例の一部改正により、

地下水・土壌汚染の防止を図るための制度の追加を行うべく、手続きが進められている(2007年9月現在)。

1.2 概況調査について

水質汚濁防止法に基づく地下水質測定計画で定める地下水概況調査は、県内の地下水の概況把握のために、県内を2km×2km四方のメッシュに区分して、人口密集地や工場事業場等の事業活動がなされている264メッシュを選定し、1989年から2004年度までは3年で、2005年度からは、5年ですべてのメッシュを1巡できるよう調査を実施している。

なお、測定項目は、調査開始当初は有害物質13項目であったが、その後の環境基準項目の設定により1997年には、重金属(セレン)や農薬(チウラム、シマジン、チオベンカルブ)、揮発性有機化合物(以下「VOCs」)が追加され23項目になり、その後、1999年度からふっ素、ほう素、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素が追加され、現在は26項目となっている(表1)。

今回、1993年度から2006年度の14年間の概況調査結果の砒素、総水銀、ふっ素、ほう素のデータをメッシュデータとして取りまとめたので報告する。

2. 解析方法

1993年度から2006年度に実施した概況調査結果(各井戸水の分析結果)を2km×2km四方の264メッシュそれぞれのメッシュ毎の情報として整理し、各メッシュに位置する井戸の地下水濃度について、最大値、平均値を求めた。検出下限未満の場合は、定量下限値の1/2の値を用いて計算し、平均値が定量下限値の1/2以下の場合は「0」と表記した。この各メッシュの砒素、総水銀、ふっ素、

1) 滋賀県琵琶湖環境部環境管理課(現 琵琶湖再生課)、 2) 滋賀県琵琶湖環境部資源循環推進課(現 循環社会推進課)

表1 地下水測定項目

項目	測定方法	検出限界 (mg/l)	環境基準 (mg/l)
カドミウム	平成9年3月13日 環境庁告示第10号 別表に掲げる方法	0.001	0.01 以下
金シアン		0.1	検出されないこと
鉛		0.005	0.01 以下
六価クロム		0.04	0.05 以下
砒素		0.005	0.01 以下
総水銀		0.0005	0.0005 以下
アルキル水銀		0.0005	検出されないこと
PCB		0.0005	検出されないこと
ジクロロメタン		0.002	0.02 以下
四塩化炭素		0.0002	0.002 以下
1,2-ジクロロエタン		0.0004	0.004 以下
1,1-ジクロロエチレン		0.002	0.02 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン		0.004	0.04 以下
1,1,1-トリクロロエタン		0.002	1 以下
1,1,2-トリクロロエタン		0.0006	0.006 以下
トリクロロエチレン		0.002	0.03 以下
テトラクロロエチレン		0.0005	0.01 以下
1,3-ジクロロプロペン		0.0002	0.002 以下
チウラム		0.0006	0.006 以下
シマジン		0.0003	0.003 以下
チオベンカルブ		0.002	0.02 以下
ベンゼン		0.001	0.01 以下
セレン		0.002	0.01 以下
ほう素		0.1	1 以下
ふっ素		0.08	0.8 以下
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素		0.01	10 以下
その他の項目	pH	JIS K 0102 12.1	—
電気伝導率	JIS K 0102 13	—	—

ほう素の地下水検出濃度（最大値、平均値）をとりまとめ、可視化した。

なお、各井戸水の分析結果で、264メッシュの位置に対応していないデータ（264メッシュ外に位置するもの）は、最も近接するメッシュに位置するとして解析処理をした。

3. 結果

砒素、総水銀、ふっ素、ほう素について、264メッシュにおけるそれぞれの濃度を、最大値と平均値により、図1から図8に示した。あわせて、地表面の地質について図9に示した。

従来からの地下水汚染の状況を示すデータとして、環境白書（滋賀県、2006）に掲載されている地下水汚染状況図を図10に示した。

3.1.1 砒素

砒素は、琵琶湖東岸において、北は余呉町から南の草津市まで湖岸に近い地域と、米原市と東近江市（旧蒲生町）の内陸部で検出されている（図1, 2）。砒素が検出される地下水は、通常金気臭を有し、汲み上げ後放置すると鉄またはマンガン水酸化物または酸化物の沈殿が生じることが多い。これはかつて湖底堆積物であった古琵琶湖層群が形成される際、湖底に鉄、マンガン水酸化物または酸化物が沈殿するときに砒素も同時にこれらに取り込まれて沈殿したため、これらの沈殿物を含む地層に還元性を持つ地下水が接触した場合に、鉄、マンガとともに砒素も溶出すると考えられている。

しかし、古琵琶湖層群は県内各地で見られる「ぬり板」と呼ばれる青灰色した粘土層等であり、この青灰色の粘土層に鉄、砒素等が含有していることが確認されている

（卯田、1998）。したがって還元性の地下水との接触があれば、その地下水から砒素が検出されるはずであるが、実際には古琵琶湖層群の見られるすべての地域で砒素が検出されているというわけではなく、検出されている範囲は琵琶湖東岸付近等、県内の一部の沖積層等に限定されている。

3.1.2 総水銀

総水銀は、草津市の一部の地域で検出されている（図3, 4）。この地域では過去から原因について調査されているが、水銀を扱う事業場等は付近にはなく、地質由来の可能性が高いと考えられている。

なお、過去の調査では、この地域は水銀の吸着力が弱い土壌と、pHが低く塩素イオンが高い、過マンガン酸カリウム消費量が少ない特殊な地下水質であるなどの環境条件により、総水銀が地下水に検出されたのではないかとしている。

3.1.3 ふっ素

ふっ素は、公共用水域の環境基準調査で、琵琶湖や流入河川等でも検出され、地下水についても広く県内各地で検出されている（図5, 6）。高いふっ素濃度が確認されている地域は、地質図9と比較すると、花崗岩地域の周辺とその地域の下流にあたる地域になっており、ふっ素が地質由来であることを示唆している。また、温泉の成分調査結果でふっ素が高い値を示している地域も地下水の結果と同様の傾向を示している。

なお、東近江と湖東地域では検出されない地域が存在している。

3.1.4 ほう素

ほう素は、甲賀地域と南湖周辺の一部、米原市と余呉町の一部など、検出は県内の一部に限られている。甲賀

地域は鮎河層群付近に、湖北地域は丹波層群付近に検出井戸があり、いずれも海底由来のほう素であることが推

定される（川本，1998）。

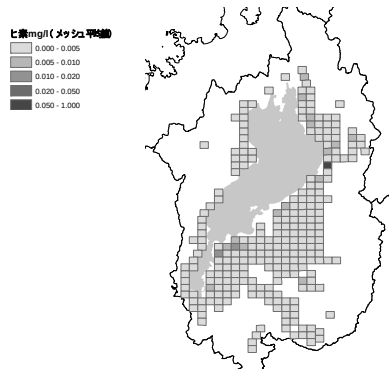


図1 ヒ素濃度（平均値）

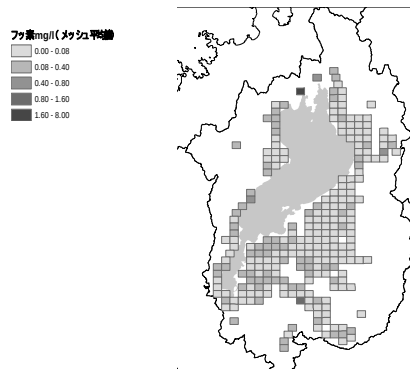


図5 フッ素濃度（平均値）

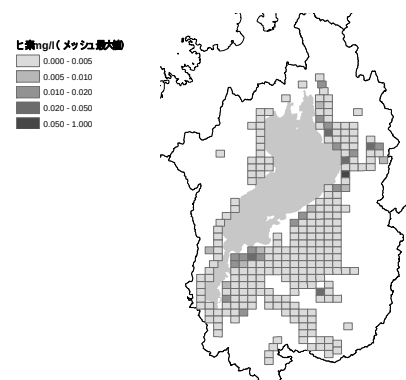


図2 ヒ素濃度（最大値）

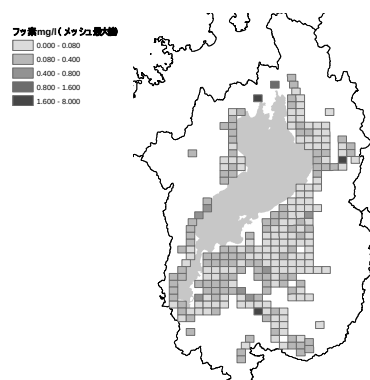


図6 フッ素濃度（最大値）

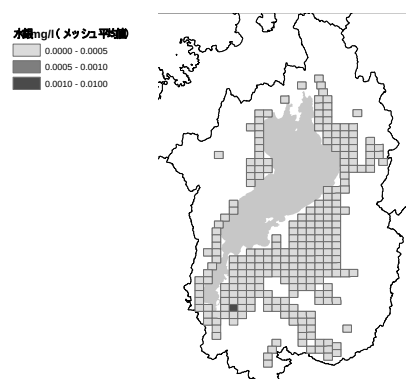


図3 総水銀濃度（平均値）

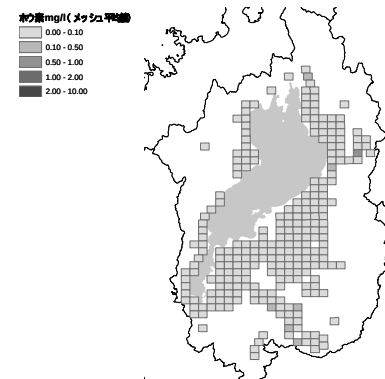


図7 ホウ素濃度（平均値）

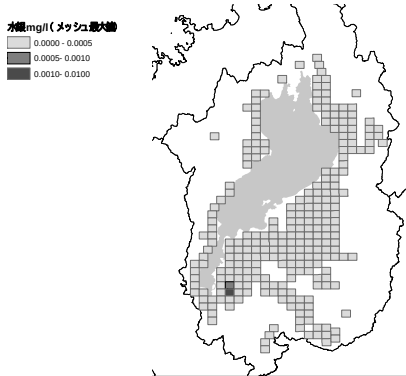


図4 総水銀濃度（最大値）

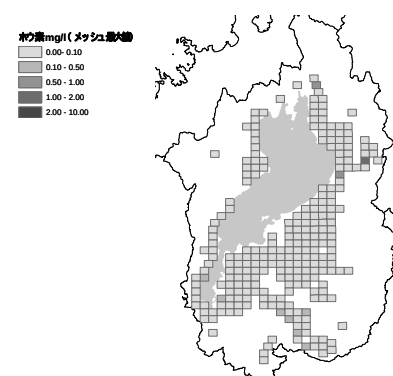


図8 ホウ素濃度（最大値）

表層地質
TYPE
半固結堆積物
固結堆積物
変成岩
未固結堆積物
火成岩類
石灰岩
花崗岩
対象外

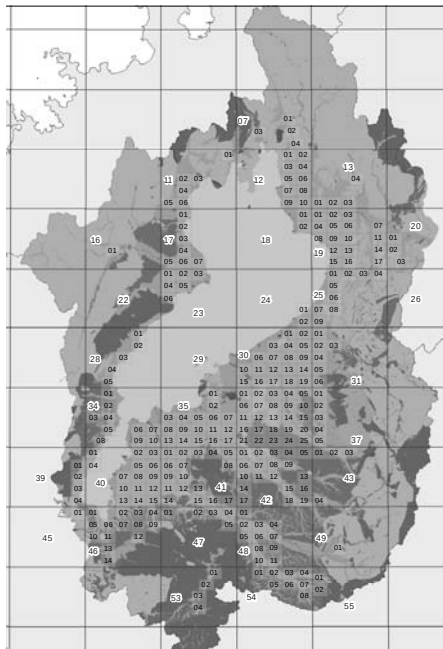


図9 概況調査実施区域と表層地質図
(表層地質は、滋賀県GISデータを用いて作図)

4. まとめ

従来からの汚染地区の地図情報(図10)をより的確に解析するため、これまでの県内地下水調査結果をメッシュデータとしてとりまとめ、可視化することができた(滋賀県, 2006)。また、2003年に土壌汚染対策法が施行され、事業場や工場等において独自に地下水が調査される機会が増えており、新たな汚染が確認された時など、汚染地域をメッシュデータとして把握し、地質図と比較することにより、地質由来の地下水汚染であるかの判断をより的確にできることが確認できた。

なお、砒素、総水銀、ふっ素、ほう素の地下水汚染地域の分布状況は次のとおりにとまとめられる。

- 1 砒素の検出は、琵琶湖東岸地域の沿岸部に、帯状にみられるほか、米原市と東近江市の内陸部等に見られる。
- 2 総水銀の検出は、草津市の内陸部の一部にみられる。
- 3 ふっ素の検出は、広く全県的に及ぶが、東近江と湖東地域では検出されない地域がある。
- 4 ほう素の検出地下水汚染地域は、甲賀地域と南湖周辺の一部、米原市と余呉町の一部にみられる。

5. 課題

今回の解析により、地質由来と考えられる地下水汚染状況をより視覚的に把握することができるようになった。メッシュデータは2km×2km四方のデータであり、井戸の位置情報をより細分化したメッシュ情報で整理することも可能である。

また、砒素汚染が確認されている琵琶湖東岸はこれま

で、古琵琶湖層群の地質に起因して砒素が溶出してくることがあると整理されてきたが、古琵琶湖層群の地質すべてから砒素が溶出してくるわけではなく、さらにその溶出の機構を解明することが必要である。このように、GISを用いることにより、ボーリングデータなどの地質等のデータと併せて解析することが可能となり、滋賀県内の地下水の詳細な解析が可能となった。

今回は述べなかったが、東近江市から安土町、近江八幡市にかかるトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン等の広域汚染をはじめ、VOCsによる地下水汚染についてもメッシュデータ化することにより、汚染状況とその範囲の視覚化等により的確な把握が可能と考えられる。

今回は、1993年度以降のデータについて考察したが、地下水データベースに関して、概況調査が始まった当初のデータ等について、データベース化されていないデータもあり、今後も引き続きデータの整備を進めていきたい。



図10 地下水質の状況(平成18年度)

引用文献

- 川本 寛(1998): 滋賀県下の温泉について(1956～1997)。
滋賀県の水道(2005年度版)(2006): 滋賀県。
滋賀県環境白書(2006): 滋賀県。
園 正(1977): 草津市矢倉地区における地下水の水銀汚染について(第2報). 滋賀県立衛生環境センター所報。
卯田 隆(1998): 琵琶湖水中の砒素、アンチモンについて. 滋賀県立衛生環境センター所報。