

## 香川県内飲用井戸の水質年次変化に関する一考察

## Study on Annual Changes in Water Quality of Drinking Wells in Kagawa Prefecture

榊谷 奈生                      羽座 重男                      安藤 真由美                      村上 恭子  
Daiki MASUTANI              Sigeo HAZA                      Mayumi ANDO                      Kyoko MURAKAMI

## 要 旨

平成 26～令和 3 年度の 8 年間に複数回依頼のあった県内飲用井戸の水質の年次変化について解析を試みた。依頼された飲用井戸の位置を海拔 100m 以上の山間部、100m 未満の平野部に分け、項目ごとに比較を行った。大きな年次変化は見られなかったが、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、硬度は平野部で高い傾向にあり周辺環境の影響を受けている可能性が高いと考えられた。

次に、平成 30～令和 3 年度の 4 年間に依頼のあった全ての飲用井戸の水質検査結果について水道法に定める水質基準から適合判定を行った結果、浅井戸 58.1%、深井戸 27.0%で不適となった。いずれも一般細菌で不適になる割合が最も高く、続いて浅井戸では色度、深井戸では鉄となった。

さらに、一般細菌における不適となった割合(以下、不適率とする)に関して、直近 4 年間(平成 30～令和 3 年度)と 10 年前の 4 年間(平成 21～平成 24 年度)を季節ごとに比較した。その結果、直近 4 年間では冬から春にかけても不適率が高い傾向にあり、年平均気温及び地下水温の上昇が一因である可能性が考えられた。

キーワード： 浅井戸 深井戸 一般細菌 硝酸態窒素 塩化物イオン 硬度

## I はじめに

香川県は、四季を通じて温暖で、降水量が夏季に少なく冬季に多い瀬戸内気候である。そのため、深刻な水不足に悩まされ県内には多くのため池がある。

水不足を解消するため建設された香川用水全線通水後水不足は解消したかに思えたが、平成 6 年(1994 年)夏季の大渇水以降しばしば渇水の危機に見舞われるようになり、ここ数年は気候変動に伴う異常気象に起因する降水量の変化の影響ではほぼ毎年、渇水の危機に見舞われる状況となっている。

一方、飲用井戸等衛生対策要領では、有害物質等による地下水汚染等がみられることにかんがみ、飲用井戸等の衛生確保を図るため、都道府県等が水質の状況等に関する情報を収集・整理し、飲用井戸等を設置しようとする者、飲用井戸等の設置者及び管理者並びに使用者に対する啓発のため必要な措置を講ずるよう努めるものとされている。

通常時より適正な対応を図り、情報を収集することは、渇水対策はもとより、近い将来発生が予想される南海トラフ地震に備えた危機管理の面でも重要になってくると

思われる。

今回、平成 26～令和 3 年度の 8 年間に複数回依頼のあった県内飲用井戸の水質年次変化について解析を試みた。また、平成 30～令和 3 年度の水質検査結果を浅井戸と深井戸に分けて比較し、不適率やその要因について検討を行った。さらに、平成 30～令和 3 年度の 4 年間の水質検査結果について、10 年前の 4 年間(平成 21～平成 24 年度)と一般細菌の月別不適率を比較検討したところ、年平均気温及び地下水温の上昇が一因とも思われる傾向を認めたので報告する。

## II 方法

香川県環境保健研究センター(当センター)で実施している飲料水水質検査は以下の 13 項目であり、全ての項目について水質基準に関する省令の規定に基づき厚生労働大臣が定める方法(平成 15 年厚生労働省告示第 261 号)に示された方法で分析を行った。

- ・色度(透過光測定法)
- ・濁度(積分球式光電光度法)
- ・臭気、味(官能法)

表1. 年度別の井戸水水質検査結果

## A) 海拔 100m 未満 (平野部)

年度	色度(度)	濁度(度)	pH値	硝酸(mg/L) <sup>1)</sup>	亜硝酸(mg/L) <sup>2)</sup>	塩化物(mg/L) <sup>3)</sup>	TOC(mg/L) <sup>4)</sup>	硬度(mg/L)	鉄(mg/L)
H26	1.0	0.2	6.7	3.0	0.004	22.6	0.5	70.6	0.04
H27	1.7	0.6	6.7	3.4	0.004	42.2	0.7	76.9	0.09
H28	3.7	3.6	6.9	3.3	0.004	37.2	0.6	79.7	0.59
H29	2.5	0.2	6.8	2.5	0.007	35.7	0.6	90.9	0.17
H30	0.3	0.1	6.7	2.9	0.027	68.0	0.6	98.3	0.03
R1	2.2	0.3	6.9	2.5	0.005	78.7	0.5	99.7	0.13
R2	0.4	0.1	6.8	2.9	0.005	28.9	0.3	79.3	0.03
R3	0.4	0.2	6.8	3.0	0.004	53.3	0.4	95.8	0.04

## B) 海拔 100m 以上 (山間部)

年度	色度(度)	濁度(度)	pH値	硝酸(mg/L) <sup>1)</sup>	亜硝酸(mg/L) <sup>2)</sup>	塩化物(mg/L) <sup>3)</sup>	TOC(mg/L) <sup>4)</sup>	硬度(mg/L)	鉄(mg/L)
H26	2.2	0.5	6.9	3.2	0.004	15.0	0.5	58.5	0.07
H27	2.2	0.5	6.8	1.1	0.004	10.4	0.5	51.6	0.09
H28	3.7	0.5	7.0	1.5	0.004	9.6	0.4	51.5	0.13
H29	9.1	1.0	6.9	1.9	0.010	6.3	0.6	44.9	0.57
H30	2.3	0.7	6.7	1.8	0.005	12.7	0.4	55.7	0.15
R1	9.9	0.9	7.1	1.1	0.004	10.6	0.4	59.3	0.28
R2	2.9	0.6	7.2	1.4	0.005	8.9	0.4	60.9	0.12
R3	2.1	0.5	7.2	1.4	0.004	6.8	0.6	61.6	0.09

1) 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素 2) 亜硝酸態窒素 3) 塩化物イオン 4) TOC: 全有機炭素

- ・pH 値(ガラス電極法)
- ・亜硝酸態窒素、硝酸態窒素(イオンクロマトグラフ(陰イオン)による一斉分析法)
- ・全有機炭素(以下、TOC)(全有機炭素計測定法)
- ・塩化物イオン、硬度(滴定法)
- ・鉄及びその化合物(以下、鉄)(誘導結合プラズマ発光分光分析装置による一斉分析法)
- ・一般細菌(標準寒天培地法)
- ・大腸菌(特定酵素基質培地法)

依頼書、分析結果をもとにデータを集計し、以下の内容について解析を行った。

## 1 飲用井戸水水質の年次変化

対象は、保健福祉事務所を通じて、当センターに分析依頼のあった飲用井戸(平成 26～令和 3 年度の 8 年間に複数回依頼のあったもの)55 本。

## 2 飲用井戸水の不適率

対象は、保健福祉事務所及び小豆総合事務所を通じて、当センターに分析依頼のあった全ての飲用井戸水(平成 30～令和 3 年度)754 検体。内訳は、浅井戸(30m 未満)478 検体、深井戸(30m 以上)176 検体。

## 3 一般細菌の月別不適率(平成 21～24 年度と平成 30～令和 3 年度との比較)

対象は、2 の飲用井戸水(平成 30～令和 3 年度)754 検

体に加えて同様に当センターに分析依頼のあった全ての飲用井戸水(平成 21～24 年度)1572 検体。

## III 結果及び考察

## 1 飲用井戸水水質の年次変化

平成 26～令和 3 年度の 8 年間に複数回依頼のあった県内飲用井戸 55 本について、海拔 100m 未満の平野部(42 本)と海拔 100m 以上の山間部(13 本)に分けて解析を行った。飲料水化学試験のうち味、臭気以外の項目について年度ごとの平均値を表に示した(表1)。さらに、山間部と平野部で明らかな差がみられた硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、硬度の年次変化をグラフに示した(図 1、2、3)。いずれの項目も大きな年次変化はみられなかったが、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、硬度については平野部で高い傾向が確認できた。

硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が平野部で高いのは、家庭からの生活排水に加え、農耕地での施肥や家畜糞尿の影響による可能性が高い<sup>1)</sup>との報告があり、これらも可能性の1つとして考えられる。

塩化物イオンについては、海水の影響によるものだけでなく高速道路における凍結防止剤<sup>2)3)</sup>やカリ肥料に含まれる塩化カリウムなど<sup>4)</sup>の人為汚染の影響も考えられる。

硬度は、水中のカルシウムイオン及びマグネシウムイオンの量を、炭酸カルシウムの量(mg/L)に換算して表したも

の<sup>5)</sup>とされている。カルシウムイオン、マグネシウムイオンは、水田の湛水により出水での濃度が河川水よりも高くなる<sup>6)</sup>ことが報告されており、塩化物イオンと同様に、肥料などの人為汚染の影響も考えられる。

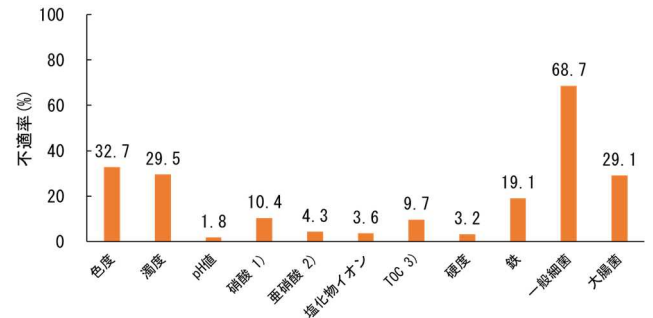
また、地下水中に存在するイオン濃度は、地下水の存在場が高位置から低位置にかわるにしたがって、その濃度は高くなる傾向<sup>7)</sup>がある。これは、傾斜が急で水の滞留時間が短い山間部に比べて、高低差の少ない平野部では水の滞留時間が長くなり、結果として周辺環境由来の成分が溶け込みやすくなるためと考えられる。このように飲用井戸水水質に影響を与える要因は多くあげられるが、実際には複雑で複合的なものと考えられる。安全な飲用井戸水水質の確

保のためには、県内における複数地点の飲用井戸について今後継続調査し、その影響や変化について把握する必要がある。

## 2 飲用井戸水の不適率

平成30～令和3年度の4年間に依頼のあった飲用井戸水のうち、浅井戸478検体、深井戸176検体について項目ごとの不適率を比較した(図4)。

### A) 浅井戸



### B) 深井戸

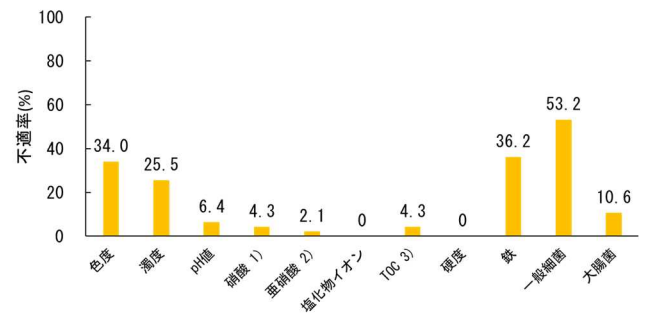


図4 飲用井戸水の項目別不適率

1) 硝酸態窒素および亜硝酸態窒素、2) 亜硝酸態窒素、3) 全有機炭素

深井戸よりも浅井戸で不適率が高くなった項目は、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、塩化物イオン、TOC、硬度、一般細菌、大腸菌であり、浅井戸よりも深井戸で不適率が高くなった項目は鉄であった。これらの結果は、過去の報告<sup>8)9)</sup>と概ね同様の傾向であった。

浅井戸は、水が浸透しやすい不圧帯水層から採水しているものを指すことが多い。上部に粘土層などの不透水層がないため地表から汚染物質が浸透しやすく、井戸周辺の土地利用や採水時期によって水質が大きく影響を受ける<sup>10)</sup>という報告がある。一方、深井戸は粘土層などの不透水層により遮断されている地下水(被圧地下水)から採水しているものを指すことが多い。上部に不透水層があるため、地表からの汚染を受けにくい<sup>10)</sup>という報告がある。このような井戸の特性が不適率の違いに影響を及ぼしたと考えられる。

さらに、深井戸で鉄が高くなった要因としては、本県の地

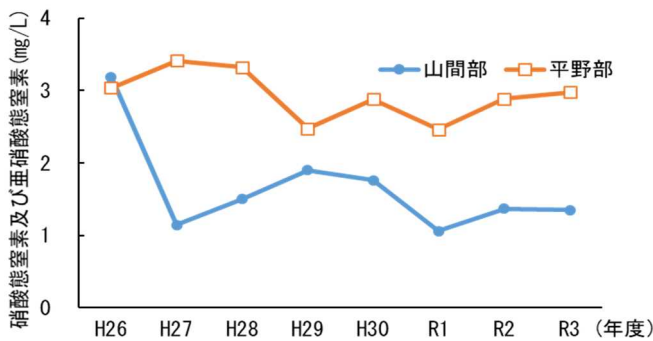


図1 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素の年次変化

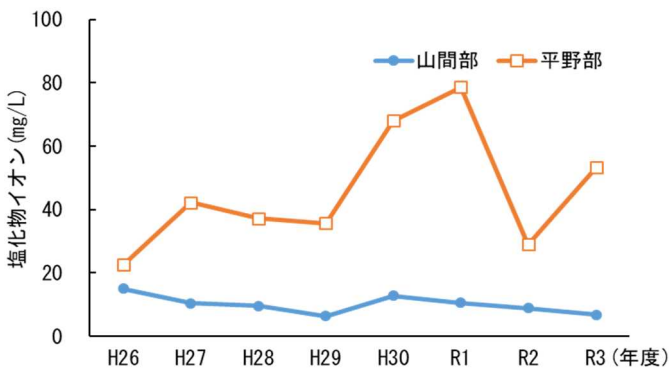


図2 塩化物イオンの年次変化

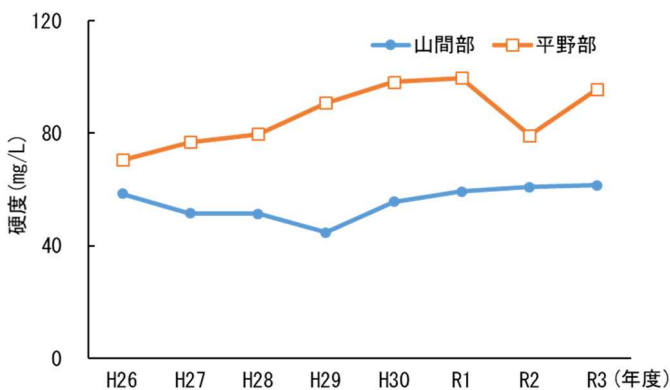


図3 硬度の年次変化

質の多くは地表から10mないし15mくらいは砂礫が多く、それ以上深くなると鉄が増加する<sup>11)</sup>という報告があることから地質由来の影響が考えられる。

### 3 一般細菌の月別不適率(平成21~24年度と平成30~令和3年度との比較)

浅井戸、深井戸ともに一般細菌で不適と判断されるものが最も多い。そこで、一般細菌の不適率について、直近4年間(平成30~令和3年度)と10年前4年間(平成21~24年度)の平均を月別に算出し、比較した(図5)。

10年前4年間については、夏季を中心とする7~11月に不適率が高く、冬~春期の1~4月には不適率が低くなる傾向を示したが、直近4年間については全体に不適率が高くなった。特に冬から春の増加割合が高くなり、4、6、7、12、3月については、10年前4年間と直近4年間の間に5%水準で有意差が認められた(t検定:n=4)。

このことは、年平均気温及び地下水温の上昇が一因である可能性が考えられる。地下水温については、平成6年度から14年間、毎年着実に上昇し続けている<sup>12)</sup>という報告があることから、県内飲用井戸の水温についても今後定期的にモニタリングし、一般細菌との相関性についてより一層把握していきたいと考えている。

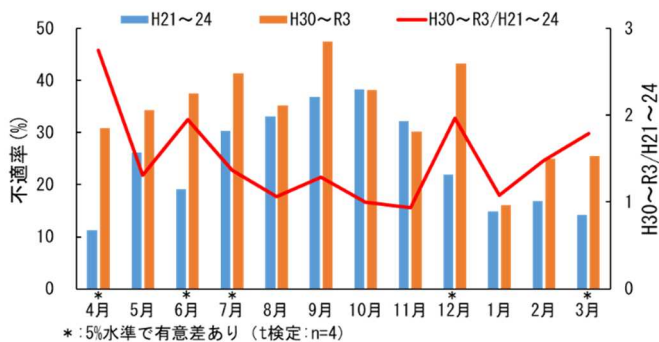


図5 一般細菌の月別不適率

## IV まとめ

平成26年度から令和3年度の8年間に複数回依頼のあった県内飲用井戸を海拔100m未満の平野部と海拔100m以上の山間部で分け、検査結果を比較したところ、いずれの項目も大きな年次変化はみられなかったが、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、硬度は、平野部で高くなる傾向にあった。平野部は、山間部と比べて宅地が多いことや農耕地の施肥などが影響を与えている可能性が考えられた。

平成30~令和3年度に依頼のあった飲用井戸の水質検査結果を浅井戸と深井戸に分け比較したところ、深井戸より浅井戸で不適率が高くなった項目は、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、TOC、硬度、一般細菌、大腸菌であり、浅井戸より深井戸で不適率が高くなった項目は鉄であった。浅井戸は周辺環境の影響を受けやすく、深井戸は地質の影響を受けやすいことが推察された。

平成21~24年度と平成30~令和3年度の一般細菌不適率を月別に比較したところ、直近4年間では冬から春にかけても不適率が高くなる傾向にあった。このことは、年平均気温及び地下水温の上昇が一因である可能性が考えられた。

## 文献

- 1) 藪崎志穂: 日本の地下水・湧水等の硝酸態窒素濃度とその特徴, 地球環境, 15(2), 121-131, (2010)
- 2) 佐々木薫, 秦二郎, 柳迫新吾, 諸泉利嗣: 塩化ナトリウムの地下への浸透による水質変化に関する研究, 公益社団法人地盤工学会中国四国支部論文報告集, 地盤と建設, 37(1), 131-137, (2019)
- 3) 秦二郎, 佐々木薫, 諸泉利嗣: 凍結防止剤の地下浸透量, 河川流出量及び飛散量の定量化, 地盤工学ジャーナル, 10(4), 461-471, (2015)
- 4) 国土交通省水質連絡会: 河川水質試験方法(案) (2008年版), 279-282, (平成21年3月)
- 5) 日本水道協会: 上水試験方法, (2011)
- 6) 香西清弘, 川田陽子: 水田地帯における出水(湧水)の水質調査 第1報 硝酸態窒素濃度の周年変化, 香川県農業試験場研究報告, 54, 59-65, (2001)
- 7) 吉岡龍馬: 地すべり(4)地すべりと水—地球化学的調査(その1), 地下水学会誌, 32(3), 147-162, (1990)
- 8) 藤本純子, 羽座重男, 衣川佳代: 香川県の飲用井戸水検査結果について, 香川県環境保健研究センター所報, 12, 83-86, (2013)
- 9) 羽座重男, 植田晶子, 安藤真由美: 井戸水の依頼検査結果について(平成29年度~平成30年度), 香川県環境保健研究センター所報, 18, 79-82, (2019)
- 10) 永井茂: 井戸と地下水の水文化学, 応用地質, 33(4), 41-50, (1992)
- 11) 吉岡倭子, 牛野照子: 香川県に於ける鉄及びマンガンの分布状況について, 香川県衛生研究所所報,

5,72-78,(1978)

12) 安井明紀, 五藤幸晴:各務原市における地下水の

水温および電気伝導度の経年変化について, 全地  
連「技術 e-フォーラム 2009」松江