

災害時利用検討のための地下水実態調査

山梨大学大学院 学	○藤波 拓矢	山梨大学大学院 正	平山けい子
山梨大学工学部 学	北浦 稜太	山梨大学大学院 正	金子 栄廣
		山梨大学大学院 正	平山 公明

1. 諸言

地震などの災害が発生すると、断水によって生活に必要な水の供給が不十分となる事態に陥り易い。井戸があれば、水道が止まったとしても地下水を汲んで水を確保することが出来る。

しかし、井戸などから汲み上げる地下水は水道水のような浄化処理を受けておらず、例えば飲用には適さない水質となっている可能性がある。そのような場合でも、洗濯等の生活用水として使うことで、他の地域から水が届くまで、また水道が復旧するまでの水供給を支えることは十分可能だと考えられる。山梨大学付近では、大学のグラウンドや相川小学校が災害時の避難場所となっている。そこで、本研究では相川小学校周辺にある井戸から汲んだ地下水の水質を調査し、災害時ではどのような用途に使用可能であるか検討する上での問題点を明らかにすることを目的とした。

2. 地下水の実態

(1) 調査井戸

相川小学校周辺には古くからの居住者が比較的多く、井戸を持つ家がある。しかし、相川小学校周辺の井戸のある家 18 軒に対して聞き込みを行った結果、今でも使用されている井戸は 13 箇所だった。井戸が使用されなくなっている原因としては、水道の普及だけではなく、井戸自体に不具合が生じ水を汲むことが出来なくなった井戸もあったためであった。具体的には、ポンプの土台が腐敗してポンプが井戸に落下した、家を建て替えた際に潰れた、水面が下がってポンプで汲み上がらなくなった等である。水



図1 採水地点と周辺地図

道が整備されたこともあり、再び掘り直してまで井戸を使う必要は無かったとの回答であった。

図1は水質を調査するために採水した地点を示した地図である。井戸水を提供して頂いた13軒の井戸のほか、比較のため武田神社の堀（測点14）と相川（測点15~17）の水質検査を行った。表1は全採水地点のうち井戸である13箇所の特徴（井戸の深さ、造られた時期、揚水の仕組み、普段の井戸水の使用用途）をまとめたものである（井戸の深さ、造られた時期は井戸の持ち主への聞き込みによるデータ）。深さは10 m以下のものが半数以上、作られた時期は昭和時代と大正時代以前がほぼ半数ずつ、くみ上げ動力はほとんどが電動ポンプであった。

キーワード 地下水、水質、災害

連絡先 〒400-0017 甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院医学工学総合研究部 Tel 055-220-8595 E-mail : keikokh@yamanashi.ac.jp

井戸水を提供して頂いた家では、13軒とも毎日井戸水を使用しているという回答があったが、井戸水の主な使用用途は植物等への散水であり、普段から

飲用や調理に使われているのは測点5と測点13の2軒のみであった。

表1 測点（井戸）の特徴

測点	深さ	井戸の作られた時期	揚水の仕組み	普段の井戸水の用途
1	約 8m	約 98 年前（大正時代）	手押しポンプ	植物等への散水、洗濯や洗浄
2	不明	不明（恐らく明治時代）	電動ポンプ	植物等への散水
3	不明（20m以下）	不明（明治時代）	電動ポンプ	植物等への散水
4	約 4m	約 80 年前（大正時代）	電動ポンプ	植物等への散水
5	約 60m	不明	電動ポンプ	調理、植物等への散水、洗濯や洗浄など
6	約 4m	不明（大正時代）	電動ポンプ	植物等への散水
7	約 7～8m	約 60 年前（昭和時代）	電動ポンプ	植物等への散水
8	不明（約 10m）	約 年前（昭和時代）	電動ポンプ	植物等への散水
9	約 7～8m	約 年前（昭和時代）	電動ポンプ	植物等への散水
10	約 20m	約 年前（昭和時代）	電動ポンプ	植物等への散水、泥物の洗浄
11	約 5m	約 30 年前（昭和時代）	電動ポンプ	植物等への散水、野菜の水洗い
12	約 6～7m	不明（昭和時代）	電動ポンプ	冷凍機の冷却、魚の解凍
13	不明	約 500 年前（戦国時代）	電動ポンプ	参拝客が飲用などに使用

表2 各水質項目の測定結果

測点	一般細菌	大腸菌	大腸菌群	従属栄養細菌	BOD	Cl ⁻	NO ₂ -N	NO ₃ -N	SS
	CFU/mL	CFU/mL	CFU/mL	CFU/mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	281	0	21	1143	0.48	6.85	0.05	8.69	4.3
2	389	0	11	5400	1.22	40.60	0.00	16.85	1.8
3	615	0	41	2943	0.34	19.07	0.00	62.17	3.8
4	22	0	4	5568	0.68	12.55	0.14	17.15	2.2
5	0	0	0	195	0.74	9.72	0.00	14.88	2.2
6	96	0	34	683	0.46	13.78	0.00	27.18	1.5
7	2	0	0	90	0.79	14.15	0.00	23.05	1.5
8	11	0	4	7425	0.64	10.67	0.00	16.67	1.5
9	75	0	9	1908	0.69	8.22	0.01	32.50	3.2
10	180	0	18	1535	0.18	1.83	0.00	0.95	2.3
11	294	2	46	5065	0.40	7.42	0.00	12.33	3.5
12	4570	0	508	28360	0.47	31.67	0.00	27.75	7.8
13	0	0	0	8	0.67	17.57	0.00	16.94	1.0
14	1101	3	356	6022	2.87	6.47	0.18	3.50	31.2
15	921	6	146	5681	0.75	5.39	0.00	2.95	4.5
16	1111	5	251	4728	1.51	4.74	0.00	3.12	5.2
17	872	5	201	4880	1.06	4.78	0.00	2.96	5.8

（2）地下水水質

本研究で測定した水質項目と測定3回分の平均値を表2に示す。表2中の網掛け部分は、水道水質基準値以上の値となったことを示す。表2より、Cl⁻（塩化物イオン）やNO₃-Nは地下水の方が高い値が

得られ、それ以外は河川や堀の方が高い濃度が測定される傾向にあった。また測定した水質項目のうち、一般細菌、NO₃-N（硝酸態窒素）、及びSS（浮遊物質濃度）の3回分の測定値をまとめたグラフをそれ

それ図2、図3、及び図4に示す。

a) 一般細菌、大腸菌、従属栄養細菌

水道水質基準の値では、一般細菌が 100 CFU/mL 以下、大腸菌が検出されないこと、そして水質管理目標設定項目にある従属栄養細菌の目標値が 2000 CFU/mL 以下と定められている。これら細菌類が全て水道水質基準値以下の測点は 5、7、13 であった。河川水は基準値や目標値を超えていた。

測点 12 は一般細菌、従属栄養細菌共に非常に多く、図2より一般細菌は最大で 6000 CFU/mL を超えている。測点 12 での採水では、ホースなどの管理にも問題がある可能性がある。

b) $\text{NO}_3\text{-N}$ (硝酸態窒素)、 $\text{NO}_2\text{-N}$ (亜硝酸態窒素)

多くの測点で $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度が水道水質基準値の 10 mg/L を超えていた。調査した地域は田畑が多く、昔から畑に撒かれていた肥料に含まれる窒素が、土壌を通じて地下水に流出したことが原因と考えられる。河川水は 10 mg/L 未満であった。

c) SS (浮遊物質濃度)

平均値では河川水も含めいずれの測点でも 1.0 mg/L 以上であった。地下水が出て来る蛇口に古いホースが繋げてある井戸では、ホース内部に付着していたと考えられる微細な藻類などの固形物が採水した井戸水中に観察された。

3. 災害時の地下水利用についての検討

(1) 断水から水道復旧までの日数

実際に災害によって断水が発生し、給水に井戸水が用いられた状況を知るために、例として東日本大震災での給水事情を参考とした。東日本大震災の後、宮城県仙台市や千葉県浦安市では断水日数に関するアンケートが実施された¹⁾。断水が 1 日未満で済んだ家もあれば 1 ヶ月以上続いた家もあり、日数にはばらつきがあった。仙台市では 4 日～7 日、浦安市では 8 日～10 日、及び 2 週間～

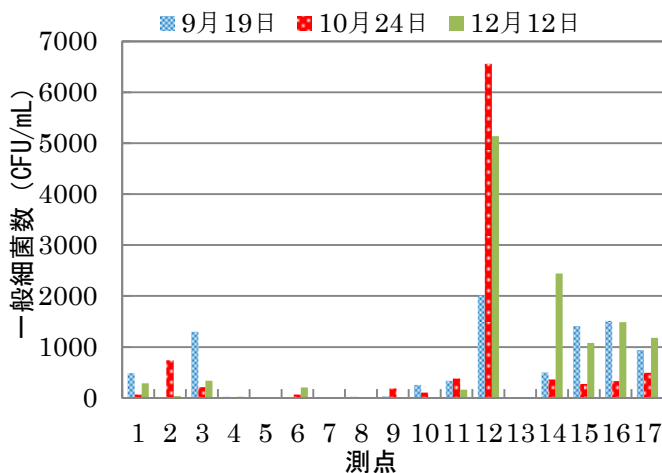


図2 一般細菌数の測定値

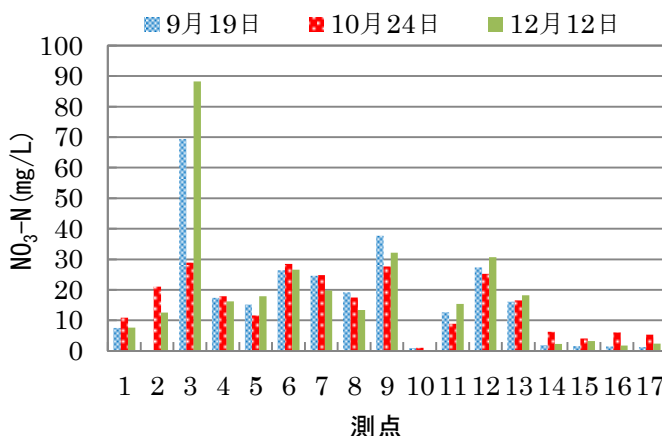


図3 $\text{NO}_3\text{-N}$ (硝酸態窒素) の測定値

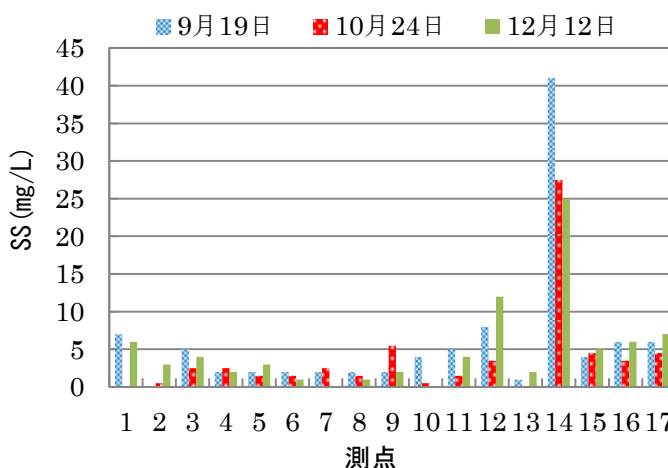


図4 SS (浮遊物質濃度) の測定値

3 週間の回答が比較的高い割合を占めていたことから、災害時の断水は短くとも 1 週間以上を想定

するべきと考えられる。なお、甲府市役所では、災害に備えた飲料水として1日の1人分を3Lとして3日分を目安に確保することを啓発している²⁾。このことから、災害によって断水が発生し他の地域から補給物資として水が運ばれてくる場合でもおよそ3日程度はかかると想定して地下水の使用用途を考えた。

(2) 地下水の使用用途

水道水質基準とは別に井戸水の水質基準を設けている地域の例として、岐阜県中津川市がある³⁾。水質は10項目(a.一般細菌、b.大腸菌、c.NO₃-N及びNO₂-N、d.Cl⁻、e.有機物等、f.pH値、g.味、h.臭気、i.色度、j.濁度)について定められており、有機物等が3mg/L以下であることを除けば、水道水質基準値と同じ値である。この基準値を元に災害時指定協力井戸として適しているかを表3に従って検討する(A指定なら飲用可能、B指定なら飲用以外の用途に使用可能)。

表3に則って本研究での測定結果を見ると、河川水(測点15, 16, 17)は煮沸すれば飲料水以外に使用できるが、井戸のうち煮沸して飲料水以外に使用できるのは測点1と測点10のみということになる。しかし、NO₃-Nが基準値を超えたことで飲用以外の生活用水としても使用できないと断定することには疑問が残る。また、浄水的手段によってはNO₃-Nや有機物を取り除くことができる可能性もあり、測点1と測点10以外の井戸水が洗濯などに用いる生活用水としても適していないのかについては、さらなる検討が必要である。また、細菌類は基本的に煮沸すれば殺菌できるが、別の成分が濃縮される可能性がある⁴⁾。そのため、細菌類とNO₃-Nを安全に取り除く方法も検討すべきだと考える。さらに、洗濯や入浴など生活用水としての使用に支障の無い水質であるのかを、より具体的に調べる必要もあろう。

表3 中津川市の井戸水の指定要件

指定	指定要件	利用上の注意事項
A 指定	・全検査項目で基準を満たしている。	利用時は煮沸又は浄水を推奨
B 指定	・a、bのいずれかの基準を満たしていない。 ・f.pH値が±1以内である。 ・g～jのいずれかの基準を満たしていない。	利用時は煮沸すること。 浄水を推奨 同上 利用時は浄水すること。 煮沸も推奨
非指定	・c～eのいずれかの基準を満たしていない。 ・f.pH値が±1以外である。	

4.まとめ

(1) 今回調査した井戸の水は、NO₃-N濃度または一般細菌が高い値で検出されており、現段階で飲用に適していると判断できる測点はない。

(2) 洗濯などの生活用水に使用できる可能性はあるため、今後は飲用以外の用途について検討していく。

(3) NO₃-Nや一般細菌を取り除く手段についても検討する。

参考文献

- 1) ミツカン水の文化センター『断水災害に力を発揮した、人とのつながり』結果レポート,3.断水への対応,3.1.回答者の経験した断水日数
<http://www.mizu.gr.jp/chousa/theme/2011.html>
- 2) 甲府市役所 HP, 防災・防犯, 予防・啓発
<http://www.city.kofu.yamanashi.jp/bosaitaisaku/bosai/bosai/yobo/lifeline.html>
- 3) 中津川市災害時協力井戸に関する要綱
https://www3.e-reikinet.jp/nakatsugawa/dlw_reiki/419909400309A00000NH/419909400309A00000NH/419909400309A00000NH.j.html#JUMP_SEQ_43
- 4) 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」, 国際環境研究協会, 地球環境 Vol.15(2010) No.2,p128 (Adobe PDF)