

諏訪における水田湧水の水質特性

宮原 裕一

信州大学 山岳科学総合研究所

Water quality of spring water from paddy field in Suwa

Yuichi MIYABARA

Institute of Mountain Science, Shinshu University

キーワード: 諏訪、水田、湧水、主要イオン

Keywords: Suwa, paddy field, spring water, major ions

1. はじめに

諏訪湖は、わが国で最も標高の高い諏訪盆地の北側に位置し、糸魚川 - 静岡構造線上にできた断層湖である。湖面積 13.3 km²に対し、現在は最大水深が 6.9m(平均水深約 4m)と、平坦で底の浅い皿のような形状をしているが、かつてのボーリング調査では、その堆積層が 400m 以上あることが確認され[1]、集水域からの土砂の流入が多い湖であることが分かる。

諏訪湖の南東側の低平地には、水田が広がっているが、ここは、かつて湖であった場所であり、諏訪盆地特有の軟弱な地層となっている。腐植を含む粘土層やシルト層からなる分厚い堆積物が、諏訪湖湖底を含め、諏訪湖の周囲、特に湖の南東側に分布している[1]。これら堆積層からは天然ガスが採取され、ガスとともに栄養塩を多く含む地下水が排出されている[2,3]。さらに、諏訪湖東側と西側の断層付近には、温泉が湧出している。

2011 年秋に収穫を終えた、諏訪市の水田内で湧水が確認された。この湧水はガスを含み、また、湧き出した周囲の雪が溶けるなど、その水温が高いことも確認された(写真1、2)。

そこで、本研究では、この湧水の水質の特徴と

由来を明らかにするため、諏訪盆地南東部において、対象となる湧水だけでなく、河川水や天然ガス井の排水などについても水質調査を行った。



写真1 ガスと共に湧出する水



写真2 水田からの湧水 中央矢印

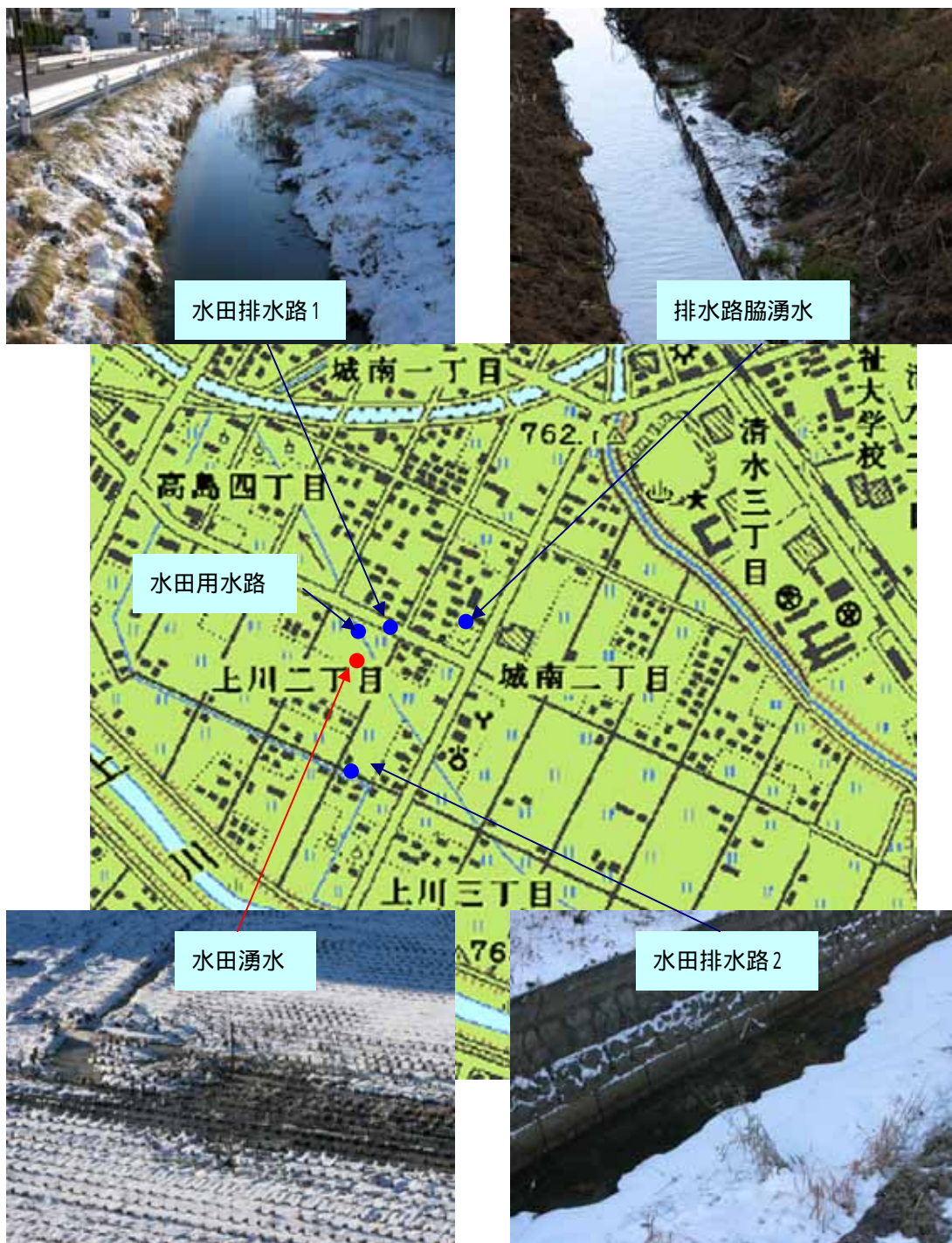


図1 試料採取地点の概要

2. 方法

2-1 調査地点

湧水が確認された諏訪市の上川右岸の水田とその付近の水田用水路、排水路から、試料を採取した(図1)。また、排水路1に流れ込む、宅地下からの湧水、諏訪市が供給している水道水および温泉水、さらに、諏訪湖の主要な流入河川水、および天然ガス井からの排水も採取し(写真3、4)、それぞれ分析に供した。



写真3 諏訪市の天然ガス井



写真4 天然ガス井からの排水

2-2 現場での観測

現場では、pH と電気伝導度および水温の測定を行った。また、水田からの湧水の水温変化を見るため、温度データロガー(Onset社製 HOBO U22 Water Temp Pro v2)を、湧出地点(地下30cm)に設置し、1時間ごとの水温を連続観測した。

2-3 分析方法

試料水は、メンブレンフィルター(孔径 0.2 μm)でろ過し、イオンクロマトグラフ(DIONEX社製

ICS-1500)によって主要イオンの分析を行った。

陽イオン分析には、ガードカラムに DIONEX社製 CG12A、分析カラムに同社 CS12A、溶離液に 20mmol/l メタンスルホン酸溶液(流速 1ml/min)、サブレッサーに CSRS-300(電流 60mA)を用いた。陰イオン分析には、ガードカラムに DIONEX社製 AG12A、分析カラムに同社 AS12A、溶離液に 2.7mmol/l 炭酸ナトリウム溶液と 0.3mmol/l 炭酸水素ナトリウム溶液の混合溶液(流速 1.3ml/min)、サブレッサーに DIONEX社 ASRS-200を用いた。検量線は関東化学社製のイオンクロマトグラフ用混合標準液を用い作成した。

また、試料水については、別途モリブデン青法によるリン酸態リン濃度および、有機炭素計(Shinadzu TOC-5000)を用いた溶存有機炭素濃度の測定も行った。

さらに、現場で、ニッスイ・コンパクトドライ培地に、滅菌したピペットを用い試料水 1ml を分注し、実験室内で培養後、大腸菌群数および一般細菌数の測定も行った。

3. 結果

水田湧水の水温変動を図2に示した。2012年1月12日朝に4 ほどの水温低下が見られたが、その前後は気温変化の影響を受けず、水温(地温)は、ほぼ一定であった。

試料水採取時の観測値、イオンクロマトグラフによる栄養塩(アンモニア・リン)、リンモリブデン青法によるリン濃度、有機炭素濃度と細菌数を表1にまとめて示した。

上述の通り、冬期に関わらず、水田湧水とガス井排水の水温は、河川水や水道水等よりも高く、約 20 程度あった。

また、イオンクロマトグラフによって、水田湧水から高濃度のアンモニアとリンが検出された。また、ガス井からは、高濃度のアンモニアが検出されたが、リンは検出されなかった。両試料とも、さらに多くのリンが、手分析(モリブデン青法)で定量された。

さらに、溶存有機炭素を測定したところ、河川

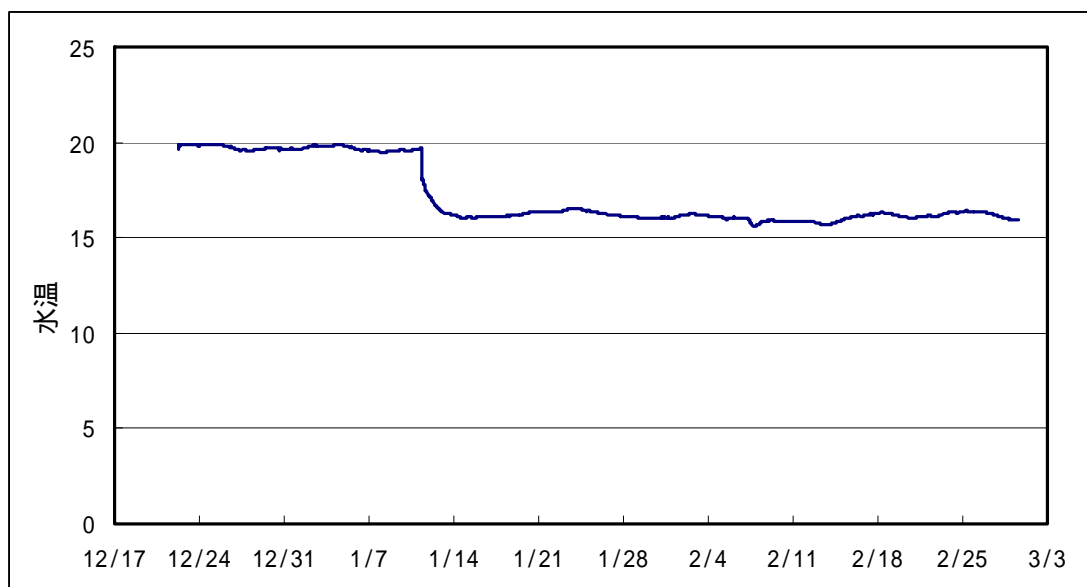


図2 水田湧水の水温変動(2011年12月から2012年2月)

表1 試料水の水質一覧(NH₄-NおよびPO₄-Pはイオンクロマトでの分析値)

試料名	試料採取日	pH	EC補正 mS/m	Temp	NH ₄ -N mg-N/L	PO ₄ -P mg-P/L	リン酸態リン mg-P/L	有機炭素 mg-C/L	一般細菌 cfu/ml	大腸菌群 cfu/ml
水田湧水1	2012年1月6日	6.94	57.0	19.4	3.705	1.202	4.304	13.38	373	0
水田湧水2	2012年1月6日	7.08	51.0	6.3	3.666	1.102	4.093	13.56	212	10
水田湧水3	2011年12月21日	-	-	-	6.241	1.313	3.947	13.85	-	-
水田用水	2012年2月15日	8.38	14.4	2.5	n.d.	n.d.	0.037	-	-	-
排水路1	2012年1月6日	7.16	25.3	5.5	1.282	n.d.	0.093	2.14	152	1
排水路脇湧水	2012年2月15日	7.14	20.2	10.3	n.d.	0.013	0.052	-	-	-
排水路2	2012年1月6日	7.04	45.9	5.1	2.827	n.d.	0.381	4.40	613	0
水道水	2012年1月6日	6.63	16.3	9.9	n.d.	n.d.	0.020	0.20	-	-
温泉水	2012年1月6日	8.26	65.2	38.8	n.d.	n.d.	0.016	0.90	-	-
ガス井戸排水1	2012年1月5日	6.81	89.1	18.6	12.174	n.d.	5.810	13.21	-	-
ガス井戸排水2	2012年1月5日	7.02	114.8	16.8	13.397	n.d.	3.279	20.93	-	-
横河川	2012年1月5日	7.55	12.9	2.1	0.010	n.d.	0.005	0.46	-	-
砥川	2012年1月5日	7.47	9.8	3.0	0.005	n.d.	0.009	0.73	-	-
上川	2012年1月5日	7.56	13.3	2.0	0.008	n.d.	0.036	1.69	-	-
宮川	2012年1月5日	8.02	12.6	1.0	0.058	n.d.	0.021	0.68	-	-

濾過処理をせずに定量

n.d.: 非検出

-: 分析せず

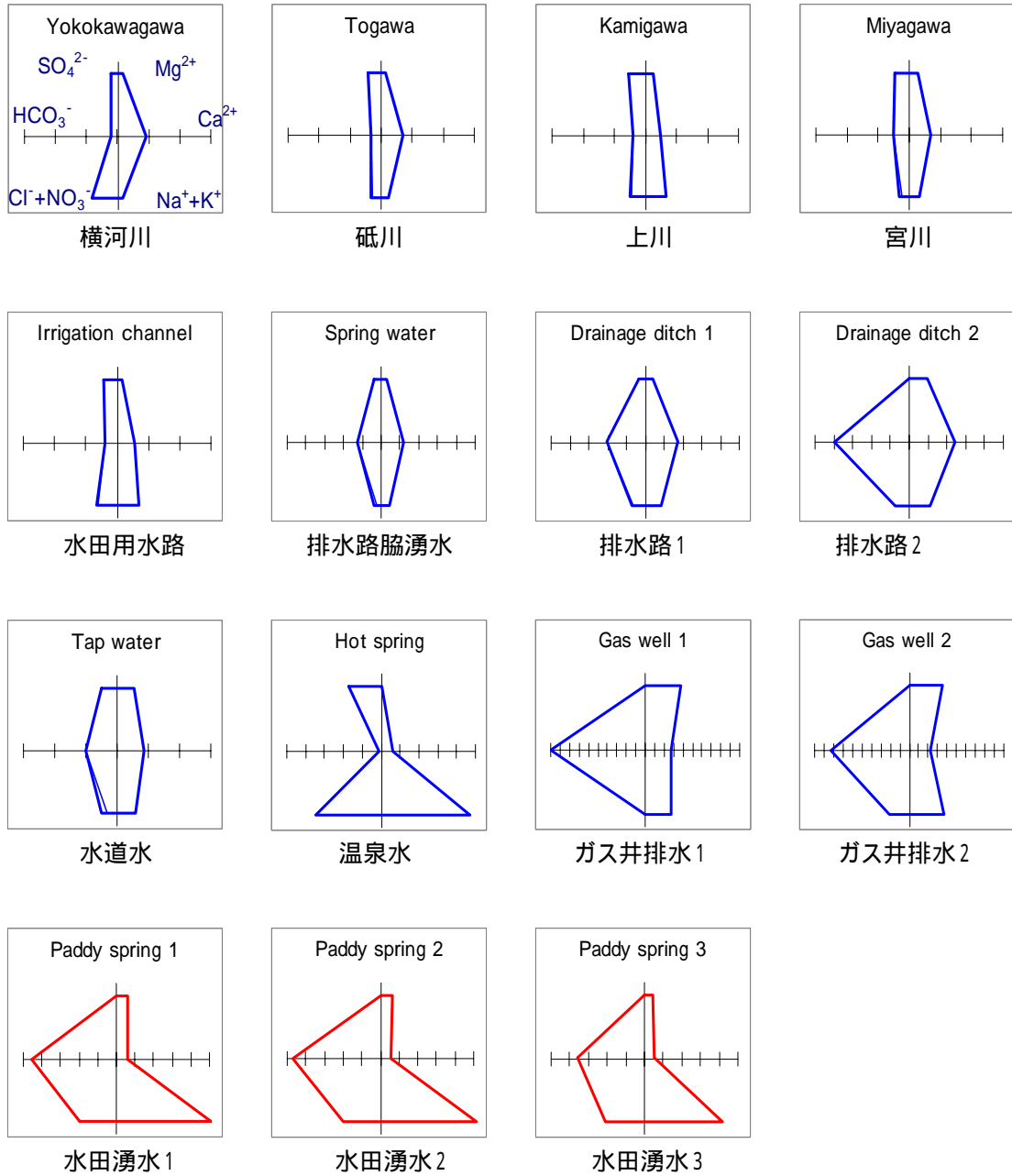


図3 試料水のヘキサダイアグラム (凡例は横河川参照のこと、1メモリは1meq(当量))

水等に比べ、水田湧水およびガス井排水中には多くの有機物が含まれていることが明らかとなった。

一方、水田湧水および排水路の水からは、一般細菌は検出されたものの(152-613cfu/ml)、大腸菌群は、いずれも0から10cfu/mlと極めて少なかった。

次いで、試料水中の主要イオンの濃度および組成をヘキサダイアグラムにまとめ、図2に示した。水田からの湧水には、ナトリウムイオンが多く含まれ、次いで、炭酸水素イオンが多く、一方、硫酸イオンや硝酸イオンはほとんど検出されなかった。なお、ここでは、イオンクロマトによって得られた陽イオンと陰イオンの当量の差から、陰イオン分析で測定できない炭酸水素イオンの濃度を算出している。

また、近傍の水田用水路や排水路(排水路脇湧水含む)、あるいは、水道水や温泉水、さらには河川水とも、そのイオン濃度や組成とは明らかに異なっていた。ガスを含み地中から湧出する天然ガス井の排水には、水田湧水と同様に炭酸水素イオンが多いという特徴が見られたものの、水田湧水と比べ、マグネシウムやカルシウムイオンが高濃度含まれていた。

4. 考察

本研究で対象とした水田からの湧水の起源として、当初、水道水、水田用水、下水の混入、温泉の湧出を考えた。しかし、水道水や水田用水とは、明らかに水質や水温が異なっていた。また、大腸菌群も検出されなかったことから、下水の混入も考えられなかった。また、この水田湧水は、近くの排水路の水質とも、明らかに異なり、通常の水田排水とは異なることも確認された。なお、水路脇の湧水は、水道水の漏水の可能性もある。

一方、温泉の湧出については、水田湧水中の有機炭素濃度が高く、温泉とはイオン組成も異なることから、その可能性は低いと考えた。

水田からの湧水と、良く似たものとして、ガス井の排水が挙げられた。ガス井の排水は、水田湧水と同様、水温、アンモニア、リンや有機炭素濃

度が高く、ガス成分を含む点は似ているものの、ガス井排水には、マグネシウムやカルシウムイオンが多いなど、水田湧水とは異なる点もあった。これは、水田湧水が、比較的地表に近いところ(およそ地下30cm)から湧出しているのに対し、天然ガスは、地中深くから採取しているため、排水直前まで高圧下にあったと考えられ、水田湧水よりもガス井排水で、溶存成分が多くなったものと考えられた。また、水田湧水にはナトリウムイオンが多く含まれていたが、この要因として、粘土層などでのマグネシウムやカルシウムイオンとのイオン交換反応が考えられた。

以上より、今回調査対象とした湧水は、水田下の堆積層に含まれていた水が、何らかの要因により、水田の粘土層を破り、湧き出したものと言える。この湧水は、ガス井排水と同様、メタンガスを含み、硫酸イオンや硝酸イオンがほとんど含まれていないこと、さらに、アンモニアやリンが多く含まれていることから、還元的な環境下に長期間あった地下水である。

次に、この湧出の原因について考える。かつて、諏訪では、水田地帯を水路が縦横に走り、水運が盛んであったが、区画整理により水路を埋め、現在の形と変化している。区画整理前の地図を見ると、現在、水が湧出している場所の近くに大小の水路があったことが確認された(写真5 私信)。

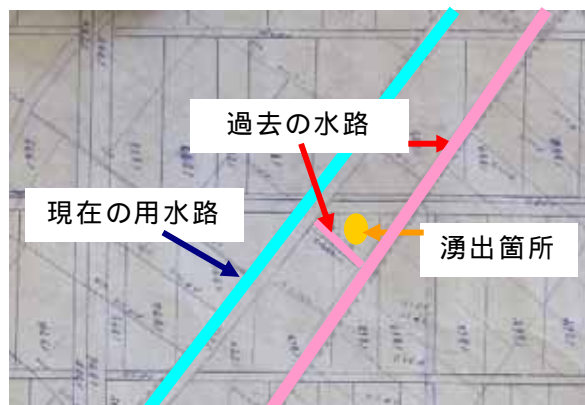


写真5 現場水田付近の区画整理

これら水路跡は、元々の水田とは地下の構造が異なり、粘土層が薄いなど、地下水が染み出し

やすいと考えられた。また、水田近傍での住宅建設による荷重・地盤の変化や、先の地震による揺れがきっかけとなって、粘土層に亀裂が生じ、水田下の水が湧き出したのかもしれない。ちなみに、近傍の住宅建設にともなう地盤調査では、地下水位が地下 40cm とされており(私信)、今回の湧出孔の深さとあまり変わらない。いずれにしても、何らかの被圧がかかり、水田から自噴しているものと言える。

最後に、資源として、この湧水について考える。この水田の湧水は、非常に規模は小さいものの、ガス井と同様、メタンガスが含まれていると思われる。諏訪地域のガス井のメタンガスの含有量は高く、その燃料としての価値が高いことが知られている[2]。かつては、諏訪の製糸産業を支えるエネルギー源として利用されていた。

また、水田湧水にはアンモニアやリンなど、いわゆる肥料成分も極めて多く含まれていることが確認された。リン資源の欠乏は、将来の食糧生産にとって深刻な問題であるが、この高濃度のリンを含む地下水の活用も、その解決方法の一つとして挙げられよう。

一方、近年の諏訪湖はリン濃度が環境基準値の 0.05mg-P/L 程度まで低下し、アオコの発生が見られなくなったが、水田湧水やガス井排水には、これよりも 2 桁も高い濃度のリンが含まれており、その排水の取り扱いには注意が必要である。

上記のように、地下水に含まれる資源は、含有する化学物質の影響を考慮した上で活用を行う必要があると言える。

さらに、水田湧水およびガス井排水の水温は、冬期にも関わらず 16 から 20 程度あり、その熱も地域暖房等に活用できるのではないか。今回のような水田湧水は、極めて稀な事例と思われるが、諏訪盆地の堆積層に含まれる水(地下水)は、諏訪地域の貴重な資源であることを示唆している。

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、調査に協力していただき、さらに貴重な図やデータを提供していただいた藤森義文様に、この場を借りて深く御礼申

し上げます。

引用文献

- [1] 熊井久雄(1997):諏訪湖の生い立ち. アーバンクボタ, 36.2-11.
- [2] 本島公司、品田芳二郎、牧真一(1953):諏訪天然ガス鉱床調査報告, 地質調査所月報, 4(9), 31-38.
- [3] 本島公司、品田芳二郎(1955):長野県諏訪ガス田におけるコア試験, 地質調査所月報, 6(7), 63-68.

(原稿受付 2012.3.2)