

水道施設における生物学的な水質調査

Biological Research for Public Water Supply Systems

那須 務 名村 真由美 郷右近 順子*¹
菅原 優子 川野 みち 加藤 玲子
梅津 幸司 助野 典義*² 千葉 圭子
後藤 つね子 日野 久美子 氏家 雪乃
小林 妙子 及川 敏彦 大場 修*³
大庭 和彦*⁴

Tsutomu NASU, Mayumi NAMURA, Junko GOUKON
Yuko SUGAWARA, Michi KAWANO, Reiko KATO
Koji UMETSU, Noriyoshi SUKENO, Keiko CHIBA
Tsuneko GOTO, Kumiko HINO, Yukino UJIIE
Taeko KOBAYASHI, Toshihiko OIKAWA, Osamu OBA
Kazuhiko OBA

キーワード：公共水道，降雨，水質

Key Words : Public Water Supply Systems , Rainfall , Water quality

宮城県内の、ろ過施設を有していない水道施設の原水及び栓水について、水質調査を実施した。その結果、従属栄養細菌の把握は、水道原水の安全性を確保するための適切な指標になると推察された。

1 はじめに

厚生労働省は、水道水の安全を確保するための細菌学的汚染指標として大腸菌、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌及びウェルシュ菌芽胞等の検査を求めている。

今回は、水質管理の資料を得る目的で、ろ過施設を有していない12の水道施設の原水及び栓水について、上記指標菌のほかに、上水試験方法で汚染指標とされる一般細菌、従属栄養細菌、好気性芽胞菌を加え、さらに地形や降雨（降雪）などの自然状態の影響を加味しながら、実態調査を行った。

2 方法

2.1 調査地点（図1）

対象とした施設の水源は湧水7、浅層地下水3、深層地下水2箇所、その所在地から丘陵地の施設と低地の施設に分類した。

丘陵地：湧水A（川崎町）、湧水B（白石市）、湧水C、浅層地下水H、浅層地下水I（蔵王町）、湧水E、浅層

地下水J（鳴子町）、深層地下水K（岩出山町）

低地：湧水D（蔵王町）、湧水F、湧水G（涌谷町）、深層地下水L（南郷町）

2.2 調査時期（表1）

降雨期及び降雪期を含む平成13年5月から平成14年2月までに計7回の調査を行った。

2.3 採水日の降雨（表1）

対象施設に近い鳴子町、鹿島台町、川崎町及び白石市におけるアメダスのデータから、採水日以前の3日間の降水量の合計が、20mm以上の時を降雨日とした。



図1 採水施設

* 1 現 総合衛生学院

* 2 現 財団法人 宮城県環境事業公社

* 3 現 瀬峰病院

* 4 現 仙台保健福祉事務所塩釜総合支所

2.4 検査方法と項目

上水試験方法¹⁾に基づいて、次の検査を実施した。

- ① 一般検査項目：気温、水温、残留塩素
- ② 理化学検査項目：色度、濁度、pH、過マンガン酸カリウム消費量
- ③ 細菌検査項目：大腸菌群、大腸菌、糞便性大腸菌群、大腸菌群、糞便性連鎖球菌、好気性芽胞菌、ウェルシュ菌芽胞、一般細菌、従属栄養細菌（R2A寒天培地、25℃、7日間培養）

3 結果

3.1 一般検査項目（表1）

3.1.1 採水時の降雨

延べ81回の採水日（ポイント）のうち、19日（23%）が降雨日であった。なお、降雨量の最高値は60mmであった（7月18日、湧水A）。

3.1.2 気温、水温

最高気温は32℃であり（7月23日、浅層地下水J及びL）、最低気温は-0.8℃であった（1月29日、湧水G）。最高水温は20.5℃であり（7月23日、深層地下水Lの原水）、最低水温は3.1℃であった（1月29日、湧水Eの原水）。

3.1.3 残留塩素

栓水での最高値は1mg/L（湧水A、E及び浅層地下水J）であった。また、4ポイント（4.9%、施設数3）では、残留塩素が検出されなかった。

3.2 理化学検査項目（表2）

3.2.1 色度

最高値は5度であった（浅層地下水I及びJの原水）。

3.2.2 濁度

最高値は2度であった（浅層地下水Jの原水）。

3.2.3 pH

原水では6.2（浅層地下水J）～7.7（湧水B、D及びG）、栓水では6.3（湧水A）～7.8（湧水D）であった。

3.2.4 過マンガン酸カリウム消費量

最高値は7mg/L（6月14日、浅層地下水Iの原水）であった。

3.3.1 大腸菌群・大腸菌（表3）

原水では大腸菌群は延べ47ポイント（58%、施設数10）から検出され、大腸菌は延べ15ポイント（19%、施設数8）から検出されたが、栓水では双方とも検出されなかった。

また、深層地下水K及びLでは原水、栓水ともに大腸菌群及び大腸菌は検出されなかった。

3.3.2 糞便性大腸菌群

原水では延べ15ポイント（19%、施設数6）から検出されたが、栓水からは検出されなかった。

また、深層地下水K及びLでは原水、栓水ともに検出されなかった。

3.3.3 糞便性連鎖球菌

原水では延べ22ポイント（27%、施設数9）から検出されたが、栓水では検出されなかった。

さらに、湧水A、D、浅層地下水H及びIの原水から

は、*E. faecalis* が検出された。

また、深層地下水K及びLでは原水、栓水ともに検出されなかった。

3.3.4 好気性芽胞菌

原水では延べ13ポイント（16%、施設数6）から検出され、栓水では1ポイント/81ポイント（1.2%、施設数1）から検出された。

また、深層地下水K及びLでは原水、栓水ともに検出されなかった。

3.3.5 ウェルシュ菌芽胞

全施設の原水及び栓水から検出されなかった。

3.3.6 一般細菌（以下一般菌と略す。）

原水では延べ55ポイント（68%、施設数12）から検出され、最高値は280cfu/mL（5月31日、浅層地下水Iの原水）であった。また、栓水では11ポイント（13%、施設数10）から検出され、最高値は14cfu/mL（5月31日、浅層地下水J）であった。

3.3.7 従属栄養細菌（以下従属菌と略す。）

原水では39ポイント（95%、施設数12）から検出され、最高値は5,520cfu/mL（8月30日、浅層地下水Hの原水）であった。また、栓水では32ポイント（78%、施設数10）から検出され、最高値は300cfu/mL（11月28日、湧水G）であった。

4 考察

今回は、水質に影響すると思われる水源種別や、地形あるいは降雨量についても調査の範囲を広げて検討した。降雨量については、最高値が60mmであったものの、検査項目への影響は認められなかった。また、水源種別や立地条件では水質の差異が認められなかった。

さらに、それぞれの対象施設の理化学検査結果は大きな差がなかったこと及び原水で汚染指標菌が恒常的に検出されなかったこと、栓水はすべて水質基準に適合していたことから、調査対象施設は適正に管理されていると考えられた。

次に、浄水処理過程や消毒課程での細菌の挙動を評価するには従属菌の方が一般菌より優れているといわれている事実を確認するため¹⁾²⁾施設ごとの従属菌と一般菌との集落数について比較検討した。

どの施設でも従属菌は一般菌より $10^1 \sim 10^3$ cfu/mL多く検出された（表2）。特に、浅層地下水Hでは、従属菌が一般菌より $10^2 \sim 10^3$ cfu/mL多く検出された（図2）。

さらに、湧水Gでは栓水（残留塩素0.3mg/L検出）のHPCが原水より $10^1 \sim 10^2$ cfu/mL多く検出され（11月28日及び2月19日、図3）、中間での汚染の可能性が示唆されるとともに、従属菌の測定感度の高さが確認された¹⁾²⁾。

アメリカ環境保護局では、栓水の従属菌を500cfu/mL以下と定めている（EPA's Drinking Water Standards）。

今回の調査で示された従属菌 > 一般菌の傾向や湧水Gの例を加味すると、給水システムを監視する上で従属菌の検査は高感度であり、細菌の現存量を測る重要な検査項目であることを確認した。²⁾

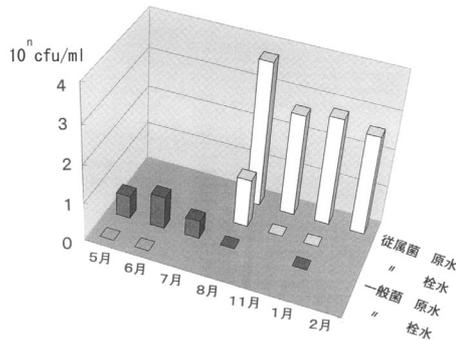


図2 従属菌と一般菌（浅層地下水H）
（平成13年5月～7月は、HPC実施せず）

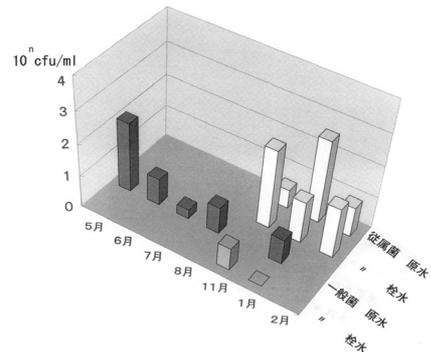


図3 従属菌と一般菌（湧水G）
（平成13年5月～8月は、HPC実施せず）

5 ま と め

今回の調査から、次の結果が得られた。

- ① 地形（丘陵地と低地）の違い、降水量（降雨、降雪）の変化、及び水温の変化によって理化学及び細菌検査項目に差は認められなかった。
- ② 深層地下水では、原水及び栓水から糞便性汚染指標

菌は検出されなかった。

- ③ すべての水道施設における 原水の従属菌は一般菌と比較して、 $10^1 \sim 10^3$ cfu/mL多く検出された。
- ④ 以上、従属菌の測定は給水システムを監視する上で重要な指標である²⁾ことを確認した。

表1 一般検査項目の結果

水道施設	平成13年5月						6月						7月						8月					
	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素
		気温	水温	気温	水温 (mg/L)			気温	水温	気温	水温 (mg/L)			気温	水温	気温	水温 (mg/L)			気温	水温	気温	水温 (mg/L)	
湧水 A	26	17	16	17	16	0.6	20	14	12	17	14	1	60	27	10	21	17.5	1	9	13	10	18	18	0.7
湧水 B	13	18	14	18	16	0.2	24	13	10	16	15	0.1	35	19	10	21	13	0.4	9	17	11	17	11	0.3
湧水 C	13	17	16	17	12	0.5	24	13	10	15	12	0.6	35	19.5	11.2	21	14.5	0.8	9	17	11	19	14	0.8
湧水 D	13	17	16	17	16	0.2	24	16	13	17	16	0.3	35	23	14	26	20	0.2	9	19	14	21	20	0.3
湧水 E	21					1	2		10.5		14.8	0.8	0	31.5	12.8	31.8	18.4	0.1	6	25.4	12.9		20.4	0.4
湧水 F	12	17		17		0.1	3	23	13		19.5	0.4	0	28	14	32	23	0.3	4	22.2	14	22.9	24.1	0.1
湧水 G	12	17		17		0.25	3		13.5		16	0.2	0	28	14	30	20	0.2	4	21.4	13.6	21.4	20	0.2
浅層地下水 H	13	17	12	17	22	<0.1	24	15	10	16	16	<0.1	35	22	11	22	20	0.1	9	18	12	19	20	0.2
浅層地下水 I	13	17	16	17	16	<0.1	24	10	12	15	18	0.3	35	21	15	24	19	0.1	9	19.5	14	20	19	0.1
浅層地下水 J	21					1	2					0.7	0	32	17.6	32	16.5	0.4	6		13.1	26.9	20.3	0.3
深層地下水 K	21					0.4	2		14		15.5	0.4	0	32	14.3	32	14.3	0.4	6	27.8	14.1	23.8	22.3	0.3
深層地下水 L	12					0.3	3	20	17.5	20	18	0.7	0	30	20.5	30	18	0.4	4	25	19	25	16	0.4

水道施設	11月						平成14年1月						2月					
	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素	降雨 (mm)	原水		栓水		残留塩素
		気温	水温	気温	水温 (mg/L)			気温	水温	気温	水温 (mg/L)			気温	水温	気温	水温 (mg/L)	
湧水 A	9	6	9	5	10	0.8	7	0	8	7	5	0.8	0	4	9	9	7	0.8
湧水 B	6	7	10.5	6	10	0.2	15	7	10.5	6	10	0.2	0	9	10	6	4	0.2
湧水 C	6	8	10	8	10	0.4	15	3	11	5	9	0.3	0	6	10	6	8	0.4
湧水 D	6	8.5	13	11	11	0.4	15	11	12	10	7	0.3	0	8	12	8	7	0.4
湧水 E	21	2.7	10.4	2	10.3	0.2	0	1.8	3.1	1.4		0.4	1	ND	ND	ND	ND	ND
湧水 F	2	6		6		0	0	3.3	9.4	1.8	4.6	0.1	1	1	9.3	0.5	5	0.1
湧水 G	2	6		6	11	0.3	0	-0.8	13.1	3.3	5.9	0.2	1	0.3	13.1	0.3	8	0.3
浅層地下水 H	6	6	11	6	14	0.2	15	2	7	6	8	0.2	0	5	10	6	7	0.2
浅層地下水 I	6	7	10	7	15	0.2	15	6	6	4	6	0.4	0	5	7	7	7	0.4
浅層地下水 J	21	2.3	2.3	3.2	8.4	0.8	0	-0.1		2.5	5.1	0.4	1	ND	ND	ND	ND	ND
深層地下水 K	21	6.1	13.8	6.5	11.1	0.2	0	3.4	13.6	3.1		0.7	1	ND	ND	ND	ND	ND
深層地下水 L	2	7	11.5	7	12.5	0.4	0	1	8	1	10.5	0.6	1	0.5	9.5	0.5	11	0.2

(< は未満を, ND は未実施を示す。)

表2 理化学検査項目の結果

水道施設	色度(度)				濁度(度)				pH						過マンガン酸カリウム消費量(mg/L)					
	原水		栓水		原水		栓水		原水			栓水			原水			栓水		
	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値
湧水 A	<2	<2	<2	<2	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7.3	6.3	6.7	6.9	6.3	6.6	3	1	1.8	2	1	1.5
湧水 B	<2	<2	<2	<2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7.7	6.9	7.4	7.7	7.1	7.5	2	1	1.7	2	1	1.5
湧水 C	<2	<2	<2	<2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7.6	7.0	7.4	7.7	7.1	7.5	2	1	1.7	2	1	1.3
湧水 D	<2	<2	<2	<2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7.7	7.3	7.5	7.8	7.3	7.6	2	1	1.5	2	1	1.3
湧水 E	<2	<2	<2	<2	0.5	<0.5	0.5	<0.5	7.2	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	1.5	<1	<1	<1	<1	<1
湧水 F	<2	<2	<2	<2	0.5	<0.5	0.5	<0.5	7.6	7.3	7.5	7.7	7.4	7.5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
湧水 G	<2	<2	2	<2	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	7.7	7.5	7.6	7.6	7.5	7.6	1.2	<1	<1	<1	<1	<1
浅層地下水H	<2	<2	<2	<2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7.0	6.6	6.8	7.1	6.7	6.9	2	1	0.5	2	1	1.3
浅層地下水I	5	<2	2	<2	1.5	<0.1	0.8	<0.1	7.5	6.9	7.2	7.5	7.0	7.4	7	2	3.0	3	2	2.2
浅層地下水J	5	<2	<2	<2	2	<0.5	0.5	<0.5	6.5	6.2	6.3	6.6	6.4	6.5	2.1	<1	1.2	1.2	1.2	1.2
深層地下水K	<2	<2	2	<2	0.5	<0.5	0.5	<0.5	7.1	7.0	7.1	7.3	7.1	7.2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
深層地下水L	3	<2	4	<2	0.5	<0.5	0.5	<0.5	7.3	7.1	7.2	7.4	7.3	7.4	2.2	<1	1.1	1.5	<1	1.1

(<は未満を示す。)

表3 細菌検査項目の結果

水道施設	一般細菌数 (cfu/mL)						大腸菌群 (/50mL)		大腸菌 (/50mL)		糞便性大腸菌群数 (cfu/100mL)						大腸菌群数 (cfu/100mL)					
	原水			栓水			原水	栓水	原水	栓水	原水			栓水			原水			栓水		
	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	原水	栓水	原水	栓水	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値
湧水 A	25	2	8.1	0	0	0	+	-	-	-	6	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 B	3	0	0.4	0	0	0	+	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 C	11	0	3.3	2	0	0.3	+	-	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 D	10	1	2.7	1	0	0.3	+	-	+	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 E	54	0	21	1	0	0.2	+	-	+	-	1	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 F	113	0	24	4	0	0.7	+	-	+	-	200	0	29	0	0	0	40	0	5.7	0	0	0
湧水 G	148	0	24	1	0	0.9	+	-	+	-	4	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浅層地下水H	7	0	2.3	1	0	0.1	+	-	+	-	3	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浅層地下水I	280	0	61	2	0	0.3	+	-	+	-	86	0	22	0	0	0	8	0	1.1	0	0	0
浅層地下水J	3	0	1.2	14	0	3.6	+	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
深層地下水K	21	0	4.0	0	0	0	+	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
深層地下水L	6	0	0.9	0	0	0	+	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

水道施設	従属栄養細菌数 (cfu/mL)						糞便性連鎖球菌数 (cfu/100mL)						好気性芽胞数 (cfu/mL)						ウエルシュ菌芽胞数 (cfu/10mL)					
	原水			栓水			原水			栓水			原水			栓水			原水			栓水		
	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値
湧水 A	243	90	152	0	0	0	10	0	1.4	0	0	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 B	2	0	1.0	2	0	1.3	0	0	0	0	0	0	1	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 C	41	16	32	2	0	1.0	9	0	2.0	0	0	0	2	0	0.3	1	0	0.1	0	0	0	0	0	0
湧水 D	72	15	34	10	1	4.0	3	0	0.7	0	0	0	3	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 E	10	7	8.5	4	1	2.3	36	0	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 F	103	25	64	7	2	5.0	400	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湧水 G	445	4	153	300	21	120	34	0	5.3	0	0	0	1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浅層地下水H	5 520	408	1 760	18	0	5.0	3	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浅層地下水I	570	3	285	5	0	2.3	60	0	17	0	0	0	8	0	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浅層地下水J	76	40	58	1	0	1.0	1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深層地下水K	1 255	625	940	1	1	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深層地下水L	76	2	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6 謝 辞

今回の調査にご協力を頂いた各水道事業所の方々に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 安藤 ら：上水試験方法・解説 2001年版，社団法人 日本水道協会 (2001)
- 2) 金子光美監訳：飲料水の微生物学，技報堂出版，442 - 451 (1992)