

温泉利用施設に関する調査結果のまとめ

1. 調査目的と調査内容

温泉利用施設における排水の実態（全体像）を把握し、排水のほう素、ふっ素濃度低減のための対応方策、温泉排水規制に関する検討を行うため、これまでに以下の3つの調査を実施してきた。

○温泉源泉等調査（平成22年度に実施）

温泉利用施設からの排水のほう素、ふっ素濃度が一律排水基準を超える恐れのある源泉とこれを利用する施設を抽出するため、自治体に対してアンケート調査を実施した。（平成20年度末の時点で、ほう素濃度が10mg/l超またはふっ素濃度が8mg/l超の源泉とこれを利用する施設の抽出を行った。）

回答のあった源泉（18,607本）の内訳（利用）

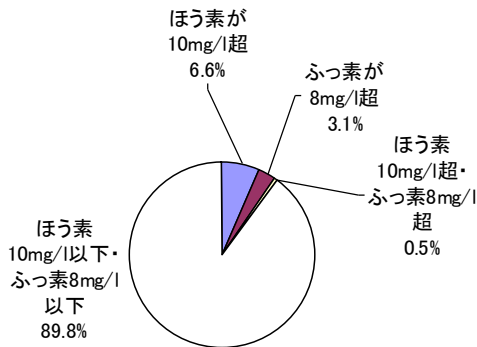


図 1 全国の利用源泉（18,607本）のうちほう素、ふっ素濃度が高い源泉本数の割合（ほう素 1,317本、ふっ素 678本が濃度が高い源泉）

表 1 濃度が高い源泉のゆう出形態別濃度別本数（利用源泉のみ）

ほう素濃度	自噴		動力		小計
	自然湧出	掘削自噴	掘削自噴	動力揚湯	
10～20mg/l	73	139	524		736
20～30mg/l	23	27	184		234
30～40mg/l	11	8	93		112
40～50mg/l	11	8	41		60
50～100mg/l	16	30	72		118
100～200mg/l	6	11	22		39
200mg/l～	1	6	11		18
小計	141	229	947		1317

ふっ素濃度	自噴		動力		小計
	自然湧出	掘削自噴	掘削自噴	動力揚湯	
8～16mg/l	65	49	417		531
16～24mg/l	11	7	89		107
24～32mg/l	0	1	30		31
32～40mg/l	0	0	6		6
40mg/l～	1	0	2		3
小計	77	57	544		678

○温泉排水実態調査

温泉を利用する施設の排水水質の立ち入り調査結果等を収集するため、自治体に対してアンケート調査を実施した。(平成13年から平成22年度末までの排水水質の調査結果を収集した。)

平成23年度は、ほう素、ふっ素濃度が一律排水基準の3倍(ほう素:30mg/l、ふっ素:24mg/l)を超える源泉を利用する施設を対象として、温泉利用施設からの排水水質の立ち入り調査結果等を収集した。

○事業者ヒアリング等調査(平成23年度に実施)

上記の温泉源泉等調査の結果から、ほう素、ふっ素濃度が極めて高い源泉(ほう素200mg/l超、ふっ素40mg/l超の利用源泉(ほう素18本、ふっ素3本))を利用する全ての施設。および、ほう素濃度が100mg/l~200mg/l、ふっ素濃度が20mg/l~40mg/lの源泉の中から無作為に抽出した源泉(ほう素4本、ふっ素9本)を利用する施設を対象として、ヒアリング、源泉、排水の水質調査を実施。

これらの調査結果から、温泉利用施設のほう素、ふっ素濃度の実態等について以下に取りまとめた。

【参考】ほう素、ふっ素の排水規制について(詳細は参考資料1を参照)

人の健康の保護に関する知見の集積、公共用水域および地下水の検出状況の推移等を踏まえ、1999年(平成11年)2月にほう素、ふっ素、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素が公共用水域および地下水の人の健康の保護に関する環境基準項目に追加された。

排水基準は排水量と河川水量の比率や河川等における希釈等を勘案し、環境基準の10倍としており、ほう素については10mg/l、ふっ素については8mg/lとなっている。これらの排水基準は、2001(平成13年)7月に設定されている。

温泉を利用する旅館業については、以下の暫定排水基準が適用されている。

業種	制限等	ほう素				ふっ素			
		H13.7 ~ H16.6	H16.7 ~ H19.6	H19.7 ~ H22.6	H22.7 ~ H25.6	H13.7 ~ H16.6	H16.7 ~ H19.6	H19.7 ~ H22.6	H22.7 ~ H25.6
		旅館業	49年以前湧出した温泉を利用	500	500	500	500	50	50
49年以後湧出した温泉を利用	日排水量 50m ³ 未満	15	15					15	15
	日排水量 50m ³ 以上								

2. 事業者ヒアリング等調査の対象

事業者ヒアリング等調査を実施した施設は以下の49施設である。1～34番の施設は平成23年8月に調査を実施した施設であり、35番以降の施設については平成23年12月以降に追加的に調査を実施した施設である。

表2 事業者ヒアリング等調査を行った49施設

施設番号	濃度が高い項目	施設区分	経営主体	特定施設の設置の届出	特定施設の種類の	施設の源泉			備考
						利用源泉本数	源泉のほう素・ふっ素濃度(温泉分析書より)(mg/l)	温泉ゆう出の形態(温泉法に基づく掘削・動力の装置の許可状況より判定)	
1	ほう素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ハ・72	2	1580・1540	2本とも掘削自噴	
2	ほう素	公衆浴場	公営	無		1	738	自然湧出	
3	ほう素	公衆浴場	-	無		1	202	動力揚湯	
4	ほう素	公衆浴場	-	有	66-5	1	210	動力揚湯	
5	ほう素	公衆浴場	公営	無		1	245	掘削自噴	
6	ほう素	公衆浴場	-	無		1	244	動力揚湯	
7	ほう素	宿泊施設	公営	有	66-2イ・66-2ハ	1	226	掘削自噴	
8	ほう素	公衆浴場	公営	無		1	226	掘削自噴	施設番号7と同じ源泉を利用
9	ほう素	公衆浴場	公営	無		1	226	掘削自噴	施設番号7と同じ源泉を利用
10	ほう素	その他	-	無		1	226	掘削自噴	施設番号7と同じ源泉を利用
11	ほう素	その他	公営	無		1	300	掘削自噴	
12	ほう素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ロ・66-2ハ	1	300	掘削自噴	施設番号11と同じ源泉を利用
13	ほう素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ロ・66-2ハ	2	202・162	掘削自噴・動力揚湯	
14	ほう素	公衆浴場	-	無		2	170・152	掘削自噴・一	施設番号13と同じ温泉地であったため調査
15	ほう素	その他	公営	無		1	386	動力揚湯	
16	ほう素	公衆浴場	公営	無		1	258	動力揚湯	
17	ほう素	公衆浴場	-	無		1	270	動力揚湯	
18	ほう素	公衆浴場	-	無		1	245	動力揚湯	
19	ほう素	公衆浴場	-	無		1	453	動力揚湯	
20	ほう素	公衆浴場	-	無		5	542・18・一・39・219	5本とも動力揚湯	3号井の濃度は不明
21	ほう素	宿泊施設	-	無	下水道接続	1	215	動力揚湯	施設番号26と同じ源泉を利用
23	ほう素	宿泊施設	-	無	下水道接続	1	215	動力揚湯	施設番号26と同じ源泉を利用
24	ほう素	宿泊施設	-	無	下水道接続	1	215	動力揚湯	施設番号26と同じ源泉を利用
25	ほう素	宿泊施設	-	無	下水道接続	1	215	動力揚湯	施設番号26と同じ源泉を利用
26	ほう素	その他	-	無		1	215	動力揚湯	
27	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2	1	86.7	自然湧出	
28	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2・72	1	86.7	自然湧出	施設番号27と同じ源泉を利用
29	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2	1	86.7	自然湧出	施設番号27と同じ源泉を利用
30	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2	1	86.7	自然湧出	施設番号27と同じ源泉を利用
31	ふっ素	公衆浴場	-	無		1	84.8	動力揚湯	
32	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ロ・66-2ハ	1	40.9	動力揚湯	
33	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ロ・66-2ハ	1	33.0	動力揚湯	施設番号32と同じ温泉地であったため調査
34	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ロ・66-2ハ	1	30.6	動力揚湯	施設番号32と同じ温泉地であったため調査
35	ほう素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ハ	1	181	自然湧出	
36	ほう素	公衆浴場	公営	無		1	153	動力揚湯	
37	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イロハ	3	27.5(3つの混合泉)	動力揚湯	
38	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イロハ	3	27.5(3つの混合泉)	動力揚湯	施設番号37と同じ源泉を利用
39	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イロハ	3	27.5(3つの混合泉)	動力揚湯	施設番号37と同じ源泉を利用
40	ふっ素	公衆浴場	-	無		1	24.5	動力揚湯	
41	ふっ素	公衆浴場	-	無		1	24.3	動力揚湯	
42	ふっ素	公衆浴場	-	無		2	26.9	動力揚湯	
43	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イ . ハ . 72	1	30.3	動力揚湯	
44	ふっ素	宿泊施設	公営	無		1	32.1	動力揚湯	
45	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2イ・66-2ハ	1	32.1	動力揚湯	施設番号44と同じ源泉を利用
46	ふっ素	その他	公営	無		1	20.4	掘削自噴	
47	ふっ素	その他	公営	無		1	20.4	掘削自噴	施設番号46と同じ源泉を利用
48	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2	1	20.4	掘削自噴	施設番号46と同じ源泉を利用
49	ふっ素	宿泊施設	-	有	66-2	1	20.4	掘削自噴	施設番号46と同じ源泉を利用
50	ふっ素	公衆浴場	公営	無		1	20.4	掘削自噴	施設番号46と同じ源泉を利用

22番の施設は調査が実施できなかった施設である。

注1：源泉のほう素・ふっ素濃度は温泉分析書に記載されている濃度である。

注2：温泉ゆう出の形態については温泉法に基づく掘削、動力設置の許可状況を元に分類したものである。

【施設区分について】

温泉源泉等調査では温泉を利用する施設について、「宿泊施設」、「公衆浴場」、「その他」の3つに区分して調査を実施している。ここでいう、宿泊施設、公衆浴場の定義は以下のとおりである。

表 3 宿泊施設、公衆浴場の定義

用語	用語の定義	備考
宿泊施設	旅館業法（昭和23年法律第138号）第2条第1項に規定するもの	以下の施設を設置する特定事業場は排水規制の適用を受ける。 ・旅館業（旅館業法第2条第1項に規定するもの（下宿営業を除く。）をいう。）の用に供する施設であって次に掲げるもの イ ちゅう房施設 ロ 洗濯施設 ハ 入浴施設
公衆浴場	公衆浴場法（昭和23年7月法律第139号）第1条に規定するもの	

【公衆浴場、その他施設の事例】

表2に示す温泉利用施設（宿泊施設、公衆浴場、その他）については、事業者ヒアリング等調査を行ったが、ヒアリング時の現地状況から「公衆浴場」、「その他」の事例を表4に整理した。

表4中の「公衆浴場」、「その他」の事例は、ここでは下記のように定義して分類している。

- ・日帰り温泉施設：一般利用者が料金を支払い入浴する施設
- ・共同浴場：料金を徴収しない施設
- ・浴場：特定の人（例えば、施設に入所している人）しか利用できない施設
- ・温泉スタンド：一般利用者が温泉を持ち帰るための施設（現地状況により判断）
- ・足湯：全身の入浴ではなく、足だけ浸かる施設（現地状況により判断）

表 4 公衆浴場、その他施設の事例

施設番号	濃度が高い項目	施設区分	経営主体	「公衆浴場」、「その他」の事例
1	ほう素	宿泊施設	-	
2	ほう素	公衆浴場	公営	日帰り温泉施設(老人福祉施設内)
3	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
4	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設(ゴルフ場に設けられた施設)
5	ほう素	公衆浴場	公営	日帰り温泉施設
6	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
7	ほう素	宿泊施設	公営	
8	ほう素	公衆浴場	公営	共同浴場(温泉団地内)
9	ほう素	公衆浴場	公営	日帰り温泉施設(老人福祉施設)
10	ほう素	その他	-	浴場(老人ホーム内)
11	ほう素	その他	公営	日帰り温泉施設(保健福祉施設内)
12	ほう素	宿泊施設	-	
13	ほう素	宿泊施設	-	
14	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
15	ほう素	その他	公営	温泉スタンド
16	ほう素	公衆浴場	公営	日帰り温泉施設
17	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
18	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
19	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
20	ほう素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
21	ほう素	宿泊施設	-	
23	ほう素	宿泊施設	-	
24	ほう素	宿泊施設	-	
25	ほう素	宿泊施設	-	
26	ほう素	その他	-	足湯
27	ふっ素	宿泊施設	-	
28	ふっ素	宿泊施設	-	
29	ふっ素	宿泊施設	-	
30	ふっ素	宿泊施設	-	
31	ふっ素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
32	ふっ素	宿泊施設	-	
33	ふっ素	宿泊施設	-	
34	ふっ素	宿泊施設	-	
35	ほう素	宿泊施設	-	
36	ほう素	公衆浴場	公営	日帰り温泉施設
37	ふっ素	宿泊施設	-	
38	ふっ素	宿泊施設	-	
39	ふっ素	宿泊施設	-	
40	ふっ素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
41	ふっ素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
42	ふっ素	公衆浴場	-	日帰り温泉施設
43	ふっ素	宿泊施設	-	
44	ふっ素	宿泊施設	公営	
45	ふっ素	宿泊施設	-	
46	ふっ素	その他	公営	共同浴場(町民のための施設)
47	ふっ素	その他	公営	共同浴場(町民のための施設)
48	ふっ素	宿泊施設	-	
49	ふっ素	宿泊施設	-	
50	ふっ素	公衆浴場	公営	

日帰り温泉施設の例（施設番号 16）



日帰り温泉施設の例（施設番号 36）



共同浴場の例（施設番号 46）



足湯の例（施設番号 26）



日帰り温泉施設の例（施設番号 9）



共同浴場の例（施設番号 8）



共同浴場の例（施設番号 47）



温泉スタンドの例（施設番号 15）

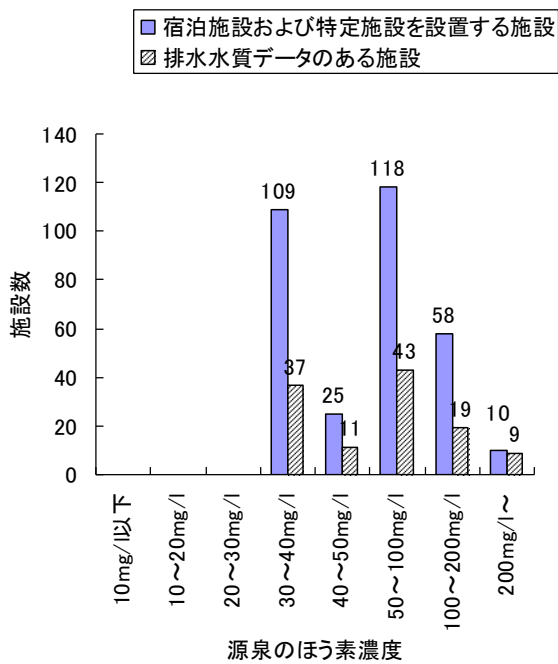


3. 調査結果

(1) ほう素濃度別の施設数

排水規制の対象となる宿泊施設および特定施設を設置する公衆浴場等をみると、200mg/l 超の源泉については1施設、100～200mg/l の源泉を利用する施設では39施設の排水水質のデータが収集できていない。しかし、排水のほう素濃度が200mg/l を超える施設は2施設のみであることが把握された。また、特定施設を設置しない公衆浴場やその他施設でも、ほう素濃度が高い源泉を利用している施設がある。

【宿泊施設および特定施設を設置する施設】



【特定施設を設置しない公衆浴場、その他施設】

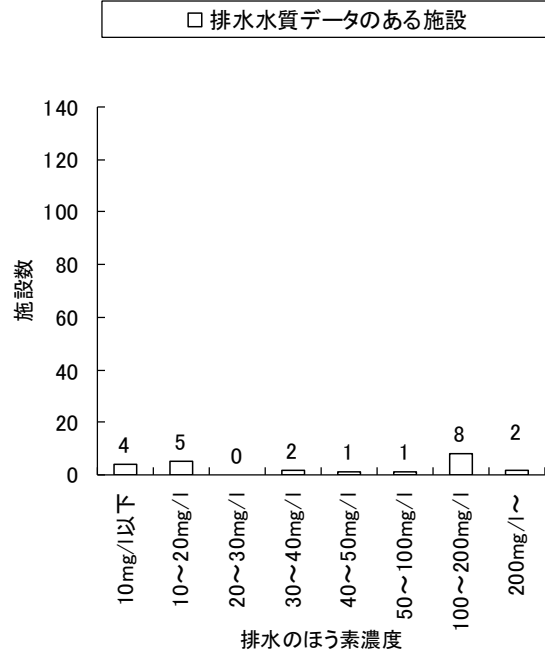
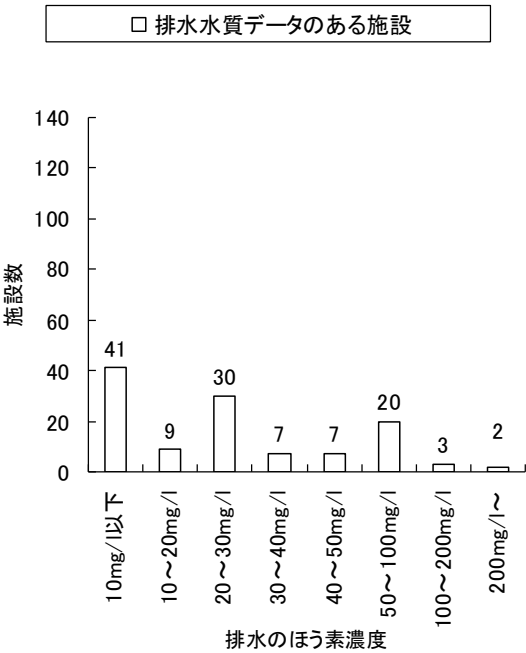
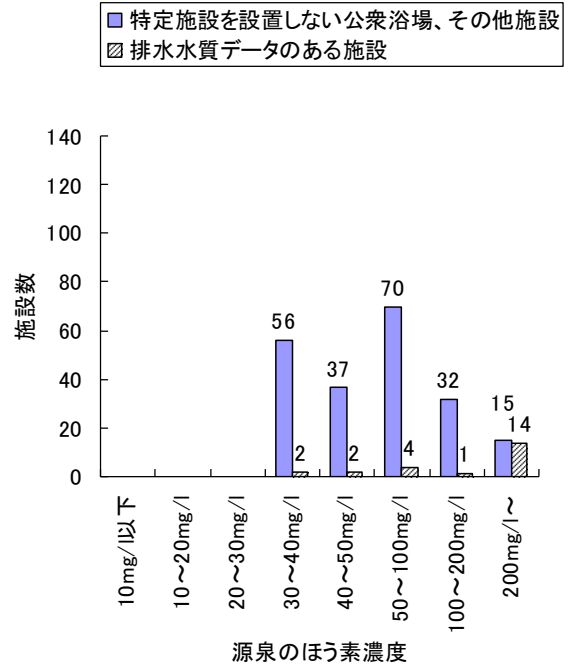
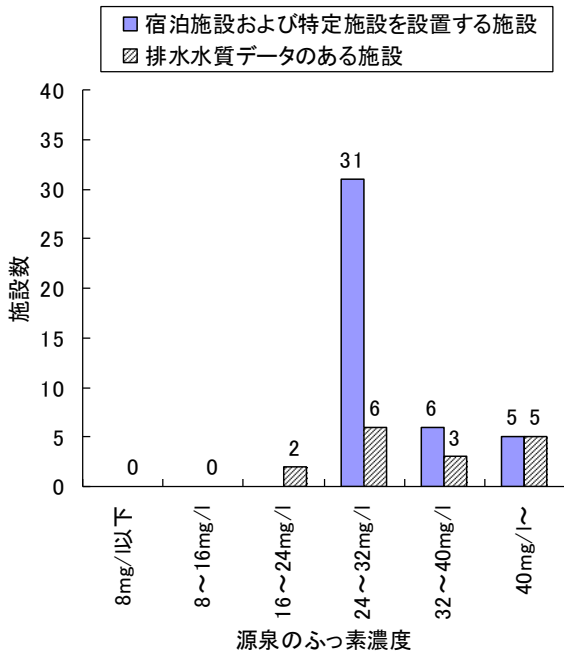


図2 ほう素濃度（温泉排水実態調査、事業者ヒアリング等調査結果を反映）

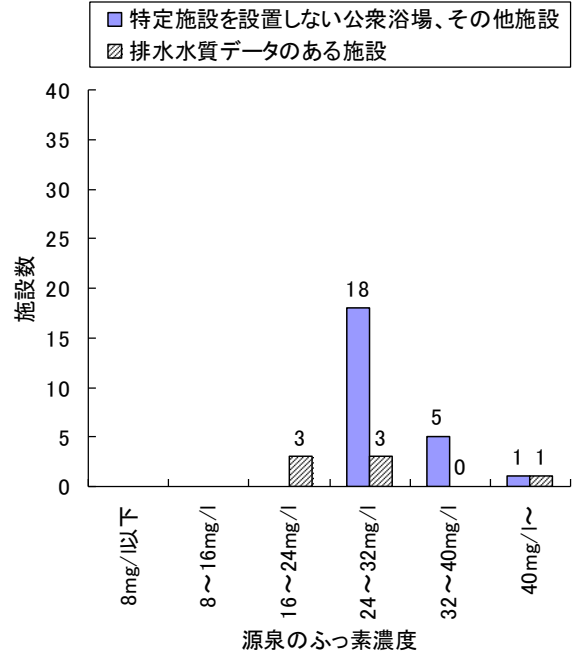
(2) ふっ素濃度別の施設数

排水規制の対象となる宿泊施設および特定施設を設置する公衆浴場等をみると、24mg/l 超の源泉については 28 施設の排水水質のデータが収集できていない。しかし、排水のふっ素濃度が 40mg/l を超える施設は 1 施設のみであることが把握された。また、特定施設を設置しない公衆浴場やその他施設でも、ふっ素濃度が高い源泉を利用している施設がある。

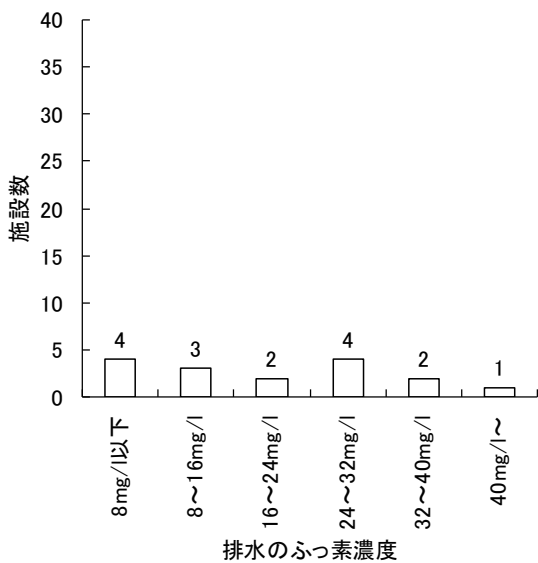
【宿泊施設および特定施設を設置する施設】



【特定施設を設置しない公衆浴場、その他施設】



□ 排水水質データのある施設



□ 排水水質データのある施設

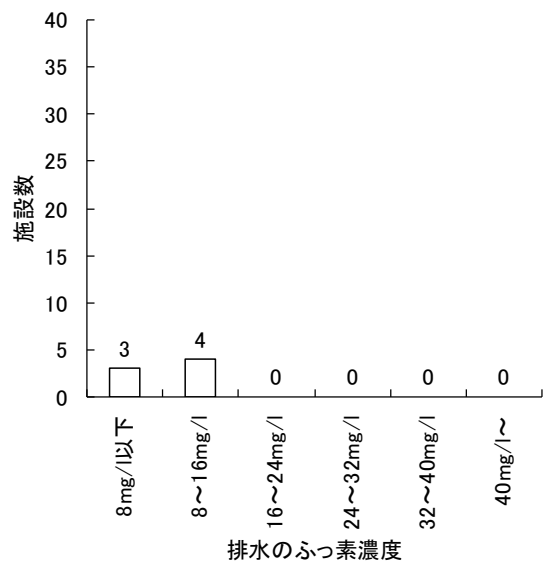


図 3 ふっ素濃度（温泉排水実態調査、事業者ヒアリング等調査結果を反映）

表 5 排水水質データ（ほう素）の収集状況（温泉排水実態調査、事業者ヒアリング等調査結果より）

源泉または排水のほう素濃度	計			宿泊施設および特定施設を設置する施設			特定施設を設置しない公衆浴場・その他施設		
	全施設(源泉濃度別)	排水水質データのある施設		全施設(源泉濃度別)	排水水質データのある施設		全施設(源泉濃度別)	排水水質データのある施設	
		源泉濃度別	排水濃度別		源泉濃度別	排水濃度別		源泉濃度別	排水濃度別
10mg/l以下			45			41			4
10～20mg/l			14			9			5
20～30mg/l			30			30			0
30～40mg/l	165	39	9	109	37	7	56	2	2
40～50mg/l	62	13	8	25	11	7	37	2	1
50～100mg/l	188	47	21	118	43	20	70	4	1
100～200mg/l	90	20	11	58	19	3	32	1	8
200mg/l～	25	23	4	10	9	2	15	14	2
計	530	142	142	320	119	119	210	23	23

6

表 6 排水水質データ（ふっ素）の収集状況（温泉排水実態調査、事業者ヒアリング等調査結果より）

源泉または排水のふっ素濃度	計			宿泊施設および特定施設を設置する施設			特定施設を設置しない公衆浴場・その他施設		
	全施設(源泉濃度別)	排水水質データのある施設		全施設(源泉濃度別)	排水水質データのある施設		全施設(源泉濃度別)	排水水質データのある施設	
		源泉濃度別	排水濃度別		源泉濃度別	排水濃度別		源泉濃度別	排水濃度別
8mg/l以下		0	7		0	4			3
8～16mg/l		0	7		0	3			4
16～24mg/l		5	2		2	2		3	0
24～32mg/l	49	9	4	31	6	4	18	3	0
32～40mg/l	11	3	2	6	3	2	5	0	0
40mg/l～	6	6	1	5	5	1	1	1	0
計	66	23	23	42	16	16	24	7	7

注：複数の源泉を利用している施設の場合、最もほう素・ふっ素濃度が高い源泉を当該施設の代表源泉として集計した。また、複数の排水水質のデータがある場合、過去最大値を当該施設の代表の排水水質データとして集計を行った。

(3) 源泉濃度と排水濃度の関係

①施設種別別

(1)宿泊施設

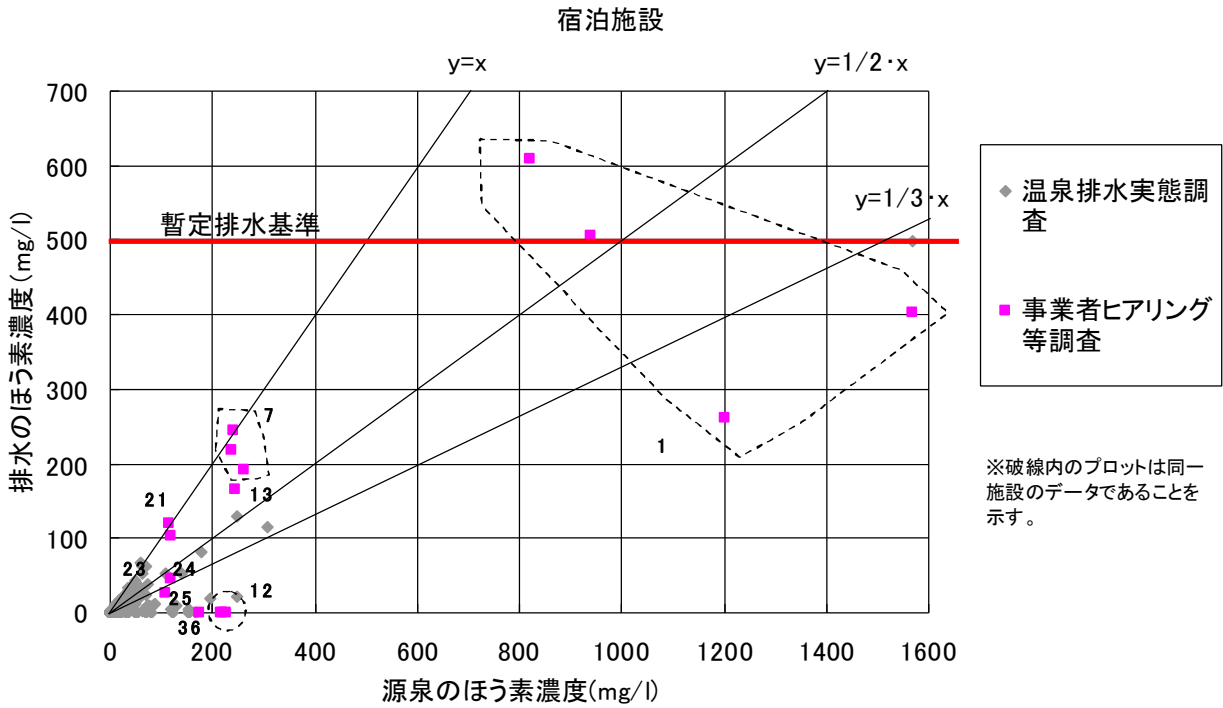


図 4 源泉と排水のほう素濃度の関係（宿泊施設：休止中の施設を含む）

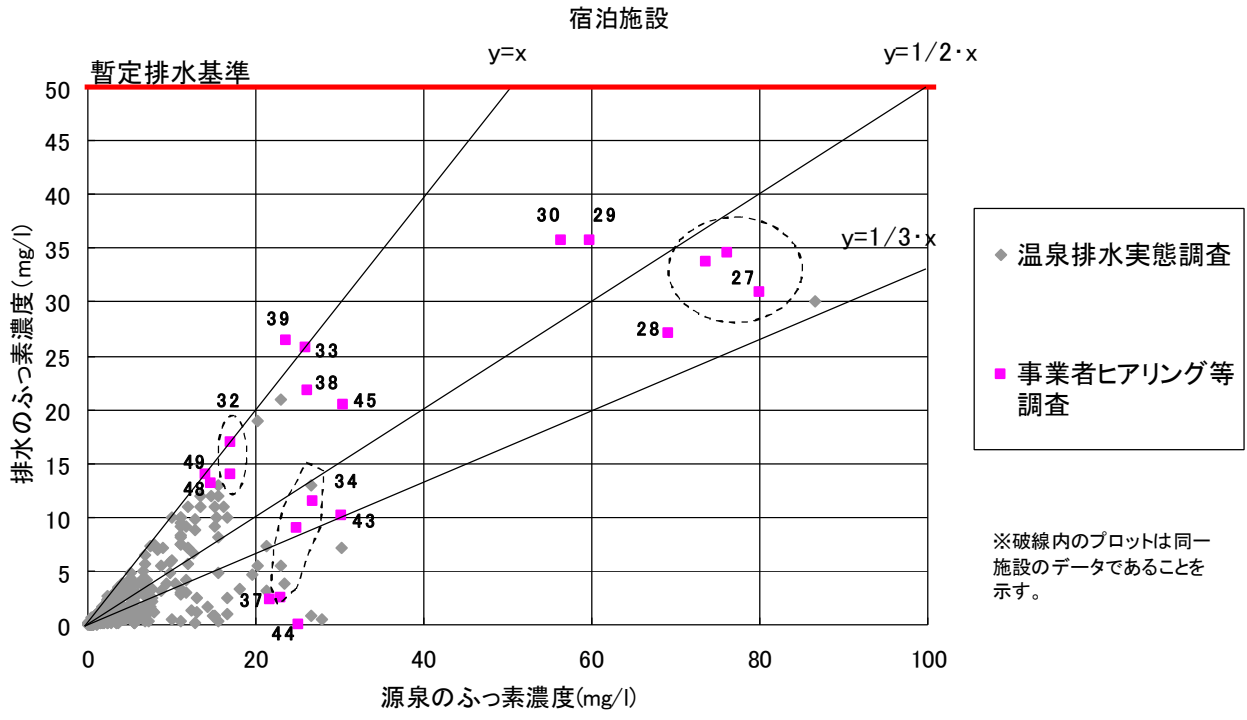


図 5 源泉と排水のふっ素濃度の関係（宿泊施設：休止中の施設を含む）

(2) 公衆浴場

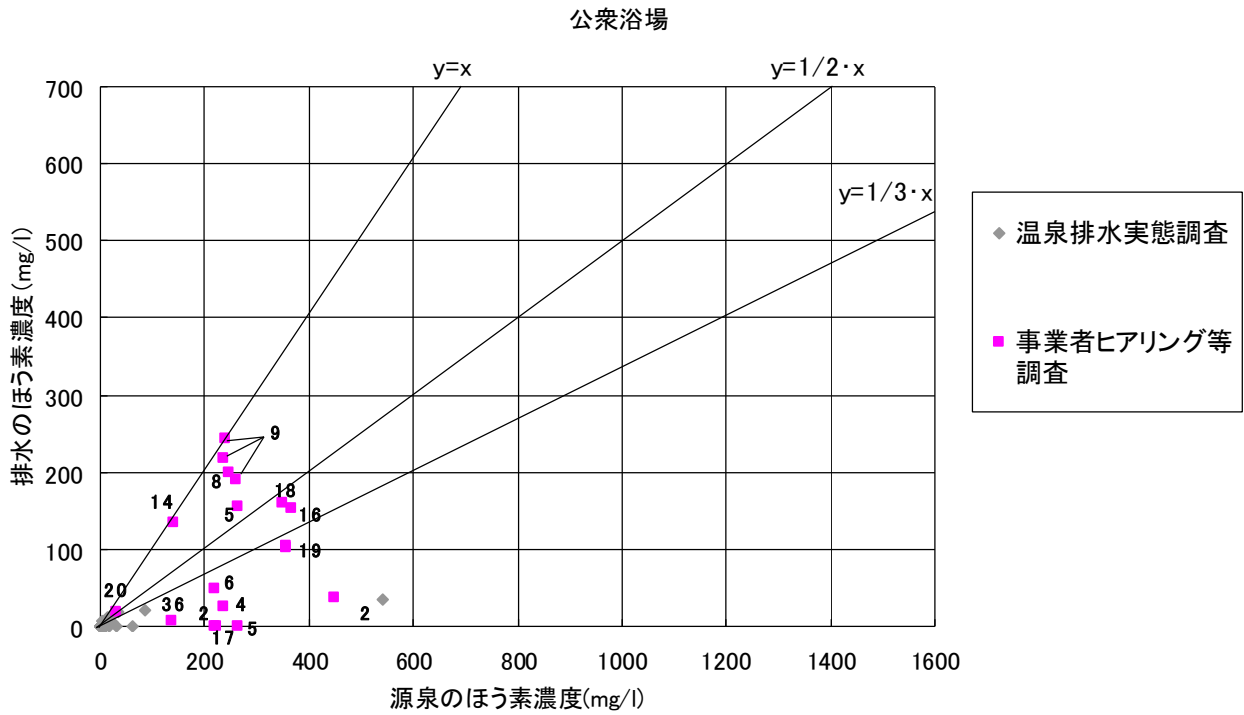


図 6 源泉と排水のほう素濃度の関係（公衆浴場：休止中の施設を含む）

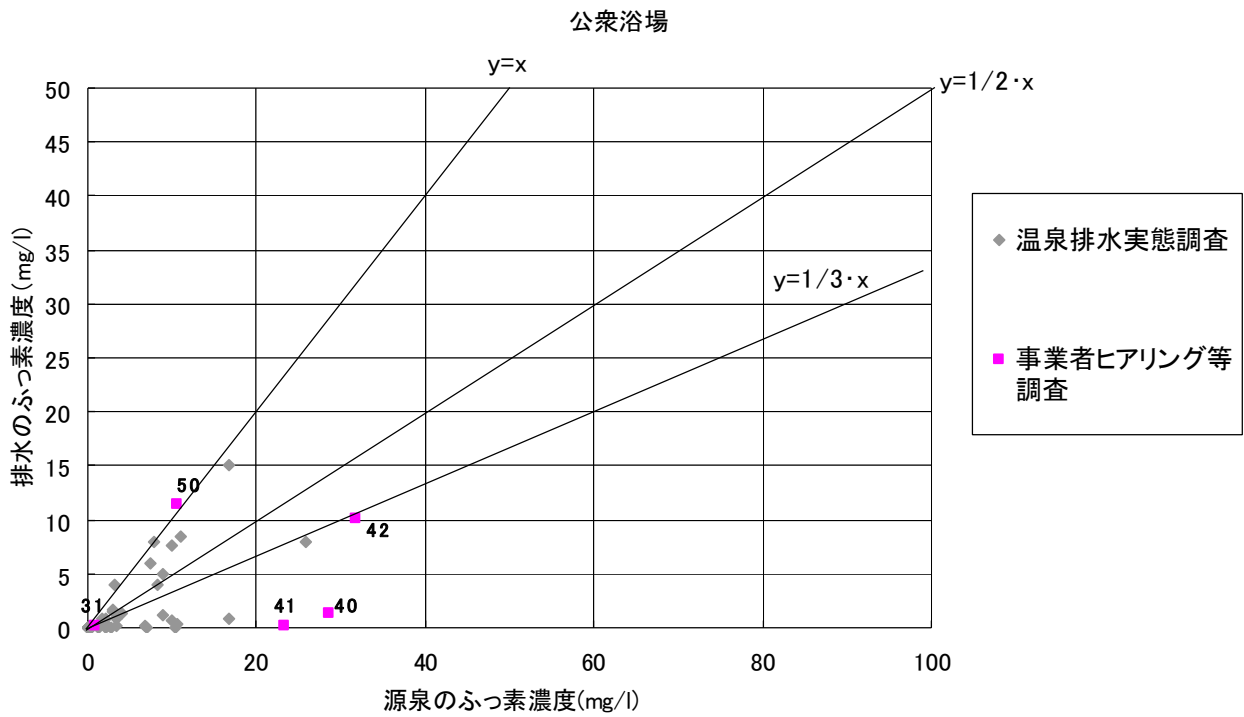


図 7 源泉と排水のふっ素濃度の関係（公衆浴場：休止中の施設を含む）

(3)その他

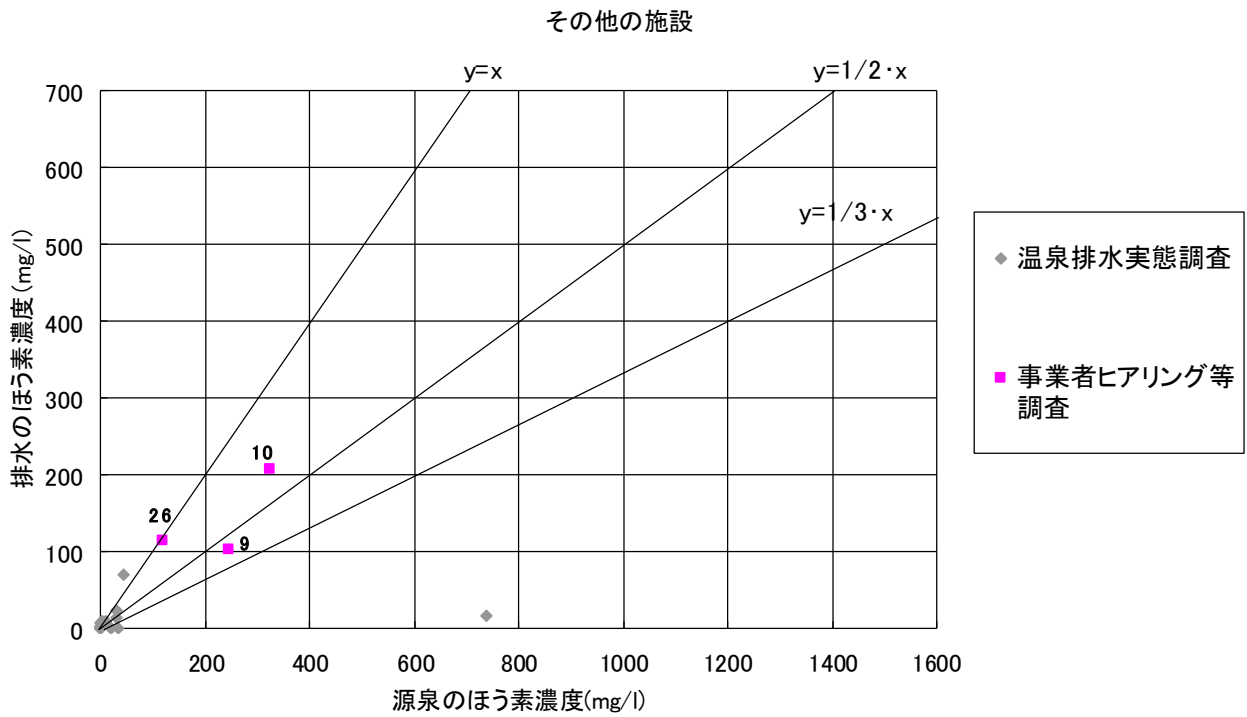


図 8 源泉と排水のほう素濃度の関係（その他の施設：休止中の施設を含む）

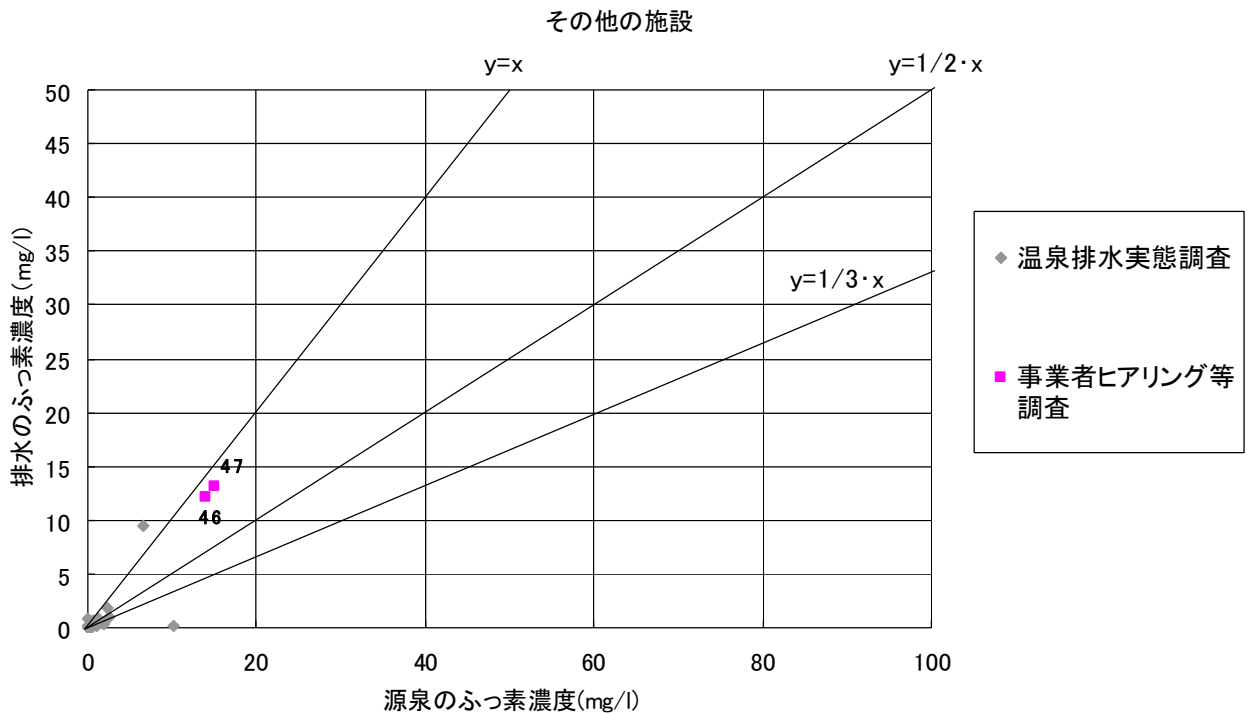


図 9 源泉と排水のふっ素濃度の関係（その他の施設：休止中の施設を含む）

②温泉取水量別

源泉と排水のほう素、ふっ素濃度を比較して、排水の段階でどの程度希釈されているかを整理した。全体的に見ると、源泉の取水量が大きい施設では希釈倍率が小さくなる傾向が見られた。

排水のほう素濃度が 200mg/l 超の施設（施設番号 1、7、9、11）の施設については源泉取水量が日量 100～1000m³ 程度の施設であり、源泉取水量が比較的大きい施設であることが分かる。

同様に、排水のふっ素濃度が 24mg/l 超の施設（施設番号 27、28、29、30、33、34、39）についてみると、施設番号 27、28、30、34 の施設は源泉取水量が比較的大きく、施設番号 29、39 の施設は取水量が比較的小さい。（33 については源泉取水量が不明であるため図中にプロットされていない。）

施設番号 39 の施設については、調査時に温泉排水以外の排水がなかったために希釈倍率が 1 程度となった。

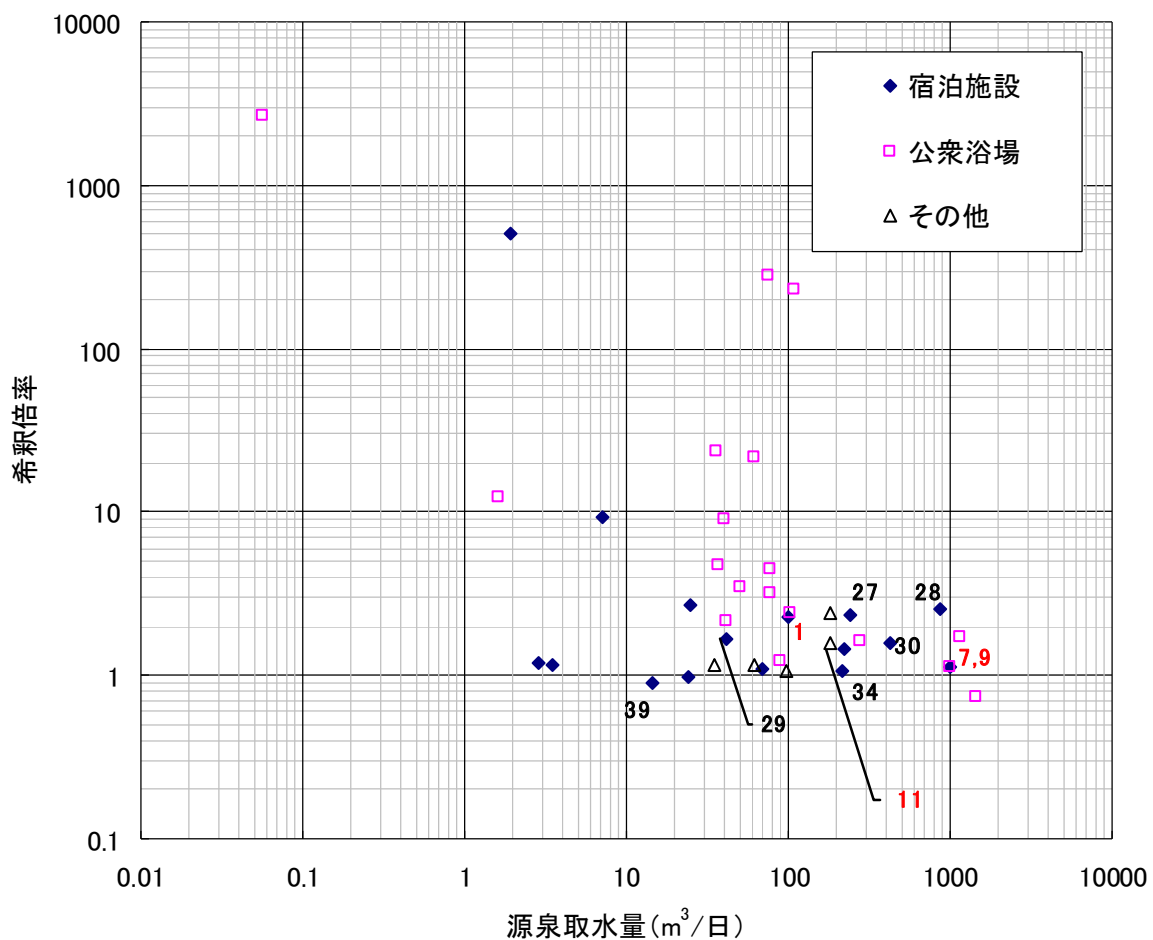


図 10 源泉取水量と源泉（ほう素、ふっ素濃度）の排水段階における希釈倍率の関係

注) 赤字は、ほう素が 200mg/l 超の施設番号を示し、黒字はふっ素が 20mg/l 超の施設番号を示す。

図に示したように、ほう素、ふっ素濃度で見た源泉の排水段階における希釈倍率は、源泉の取水量が大きいほど希釈倍率が低くなる傾向がある。このため、源泉の取水量に着目して対策を検討することとした。

4. 対応方策の検討

宿泊施設及び特定施設を設置する施設について、施設毎に対応方策を仮定した場合について検討を行った。

(1) 仮定した対応方策と考え方

各施設における対応方策の実施可能性を検討するためには、必要となるスペースやコスト、施設内の配管の敷設の可能性、水道の普及状況、当該施設の立地条件など様々な制約条件を考慮する必要がある。しかし、ここでは実際の制約条件までは考慮せずに、以下の考え方に基づいて施設毎に対応方策を仮定した。

表 7 排水のほう素・ふっ素濃度低減のための対応方策と仮定に当たっての考え方(1)

対応方策		具体的内容	仮定した対応方策の考え方
(1)	源泉変更	ほう素、ふっ素濃度が低い源泉に変更する。	以下の条件に当てはまる源泉がある場合に変更できると仮定した。(自治体へのアンケート調査の回答で「当てはまる源泉がある」という場合に変更できると仮定した。) <ul style="list-style-type: none"> 施設の近傍(数百メートル以内)から取水可能である未利用源泉 当該施設が必要な湯量を取水可能と考えられる未利用源泉
(2)	源泉取水量削減 +循環ろ過	源泉の取水量を減らし、循環ろ過とする。 (取水量は現状の半分の値まで削減することを仮定)	<源泉取水量削減の考え方> 「源泉が1本しか無く、かつ、掘削自噴の場合」以外は取水量を減らすことができると仮定した。 <ul style="list-style-type: none"> 源泉が複数ある場合は源泉を1本だけにする(源泉を一部廃止する) 自然湧出の源泉の場合には施設への取水量を削減する 動力揚湯の源泉の場合にはポンプ取水量を削減する <循環ろ過の考え方> 現在、循環ろ過を行っているか否かに関わらず、源泉の取水量を削減に伴い、循環ろ過を行うこととした。
(3)	源泉取水量削減 +加水	源泉の取水量を減らし、その分加水量を増やす。 (取水量は現状の半分の値まで削減することを仮定)	<源泉取水量削減の考え方> (2)の場合と同じ <加水の考え方> 現在、加水を行っているか否かに関わらず、源泉の取水量を削減した分だけ、他の水(上水道、井戸水等)で加水を行うこととした。いずれの対象施設においても上水道、井戸水等からさらなる取水が可能であると仮定している。

表 7 排水のほう素・ふっ素濃度低減のための対応方策と仮定に当たっての考え方(2)

対応方策	具体的内容	仮定した対応方策の考え方
(4) 排水処理技術（個別処理）	排水処理技術の導入（全量进行处理することは困難と考えられたことから、水量の1割进行处理することとした。）	排水処理施設（個別処理）については、すべての施設において実施することを仮定した。
(5) 排水処理技術（共同処理）	同上	排水処理施設（共同処理）については、近傍に複数の温泉利用施設が集まっている場合に実施することを仮定した。

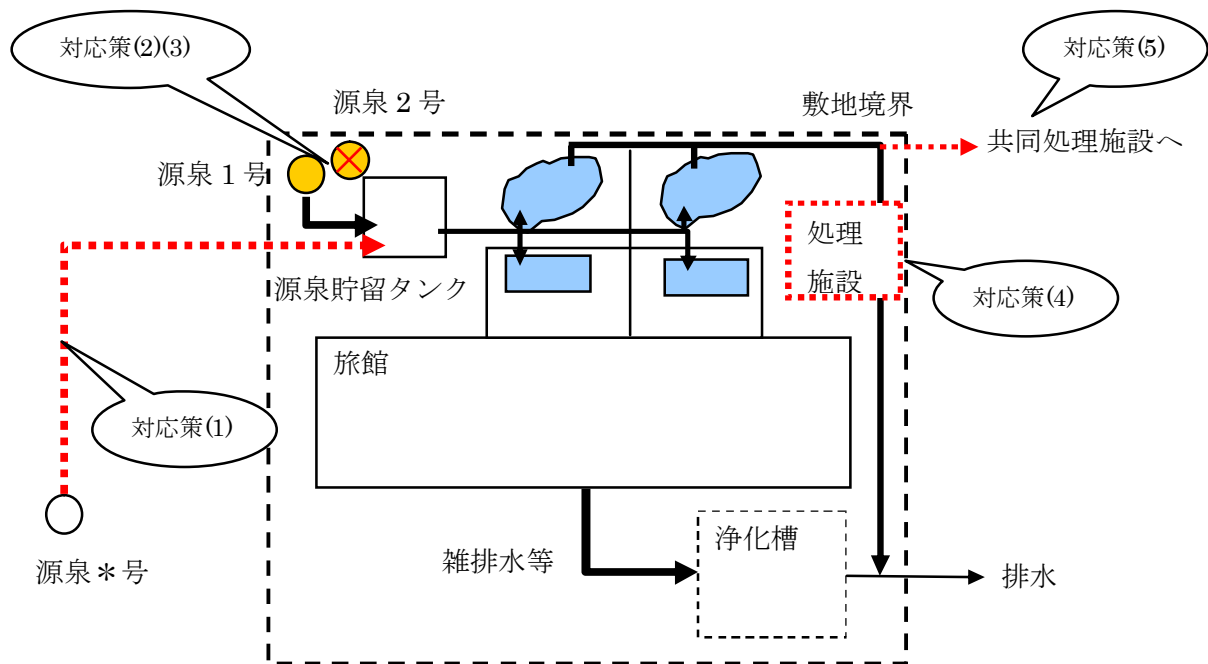


図 11 検討を行った対応方策のイメージ

(2) 対応方策を仮定した場合の排水濃度の計算方法

施設毎に対応方策を仮定した場合の排水濃度について計算を行った。排水濃度は、施設の排水経路、源泉の濃度変動や温泉以外の水使用量の時間変動（季節変動）、浴槽の清掃頻度などの状況によって大きく変動することが考えられる。しかし、ここではこれらの状況までは考慮せずに、以下の方法で排水濃度の計算を行った。

基本的な計算方法

$$(\text{計算される排水濃度}) = (\text{ほう素、ふっ素の物質質量}) \div (\text{排水量})$$

※施設の排水口ごとの水量比率については不明であることから、排水口は1つという条件を仮定して計算を行った。

(1)源泉変更 ※今回の調査対象には、該当する温泉なし

$$\text{計算される排水濃度 (mg/l)} = \frac{\text{変更後温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times \text{変更後の源泉濃度 (mg/l)}}{\text{変更後温泉取水量 (m}^3/\text{日)} + \text{温泉以外の排水量(m}^3/\text{日)}}$$

(2)源泉取水量削減+循環ろ過

$$\text{計算される排水濃度 (mg/l)} = \frac{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.5 \times \text{源泉濃度 (mg/l)}}{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.5 + \text{温泉以外の水量(m}^3/\text{日)}}$$

(3) 源泉取水量削減+加水

$$\text{計算される排水濃度 (mg/l)} = \frac{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.5 \times \text{源泉濃度 (mg/l)}}{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.5 + \text{温泉以外の水量(m}^3/\text{日)} + \text{新規加水量*(m}^3/\text{日)}}$$

*新規加水量は温泉取水量(m³/日)×0.5に相当。

(4)(5)排水処理（個別処理、共同処理）

$$\text{計算される排水濃度 (mg/l)} = \frac{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.9 \times \text{源泉濃度 (mg/l)} + \text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.1 \times \text{排水処理後の濃度* (mg/l)}}{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} + \text{温泉以外の水量(m}^3/\text{日)}}$$

*排水処理後の濃度は0mg/lになると仮定する。

※温泉以外の排水量が不明の場合（以下の式により温泉以外排水量を推定してから計算される排水濃度を計算）

$$\text{温泉以外の排水量(m}^3/\text{日)} = \frac{\text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)} \times \text{源泉濃度 (mg/l)}}{\text{現在の排水濃度 (mg/l)}} - \text{温泉取水量 (m}^3/\text{日)}$$

計算される排水濃度の試算結果を表 8 に示す。

排水のほう素の濃度が 100～610mg/l となっている施設については、対応方策を仮定した場合には計算される排水濃度は 200mg/l 以下となった。

排水のふっ素の濃度が 20～35.7mg/l となっている施設については、対応方策を仮定した場合には計算される排水濃度は 20mg/l 以下となった。

ふっ素については 24～40mg/l の源泉を利用する 28 施設について事業者ヒアリング等調査は実施しておらず、全ての施設で計算される排水濃度が 20mg/l 以下となったわけではない点に留意する必要がある。（図 3 参照）

また、これらの計算結果はあくまでも前述の考え方に従って計算を行った結果であり、コスト面も含め、実際に対応方策を実施できるかについては施設毎に詳細な検討が必要である。

対応方策については今後、各施設の実情を踏まえ、自治体と共に検討していくこととしたい。

表 8 対応方を仮定した場合の仮想的なほう素、ふっ素の排水濃度

(水質汚濁防止法に基づき排水規制が適用される施設、または、下水道法に基づき排水の濃度を排除基準に適合させる必要のある施設について記載)

施設の概要					施設の源泉			温泉等の利用状況(現状)					現状のほう素、ふっ素濃度(mg/l)		対応方策の仮定					排水濃度の計算結果(mg/l)					
施設番号	濃度が高い項目	施設区分	経営主体	規制対象注1	利用源泉本数	源泉のほう素・ふっ素濃度(温泉分析書より)(mg/l)	温泉ゆ出の形態(温泉法に基づく掘削・動力設置の許可状況より判定)	温泉利用			温泉以外の水利用		可能性のある希釈倍率(最大値)	温泉排水単独で排水/他の水と混合して排水	源泉	排水	(1)源泉変更	(2)源泉取水量削減+循環ろ過	(3)源泉取水量削減+加水	(4)排水処理(個別処理)	(5)排水処理(共同処理)	(2)源泉取水量削減+循環ろ過	(3)源泉取水量削減+加水	(4)排水処理(個別処理)	(5)排水処理(共同処理)
								取水量 m ³ /日	加水実施	循環ろ過	上水道使用量 m ³ /日	井戸水使用量 m ³ /日													
1	ほう素	宿泊施設	-	○	2	1580・1540	2本とも掘削自噴	110(2本合計)	有		170	180	4.2	単独	822~1570	261~610	×	○ (1本廃止)	○ (1本廃止)	○	×	215	189	340	-
4	ほう素	公衆浴場	-	○	1	210	動力揚湯	40		10.8	>108	4.0	混合	235	26.1	×	○(半減)	○(半減)	○	×	34	30	53	-	
7	ほう素	宿泊施設	公営	○	1	226	掘削自噴	1004(施設9と共同)			108	14	1.1	混合	238~261	191~244	×	×	×	○	○	-	-	190~209	190~209
12	ほう素	宿泊施設	-	○	1	300	掘削自噴	2	有	有	83.4	184	141.7	混合	217~226	0.3~0.5	×	×	×	○	×	-	-	1.5	-
13	ほう素	宿泊施設	-	○	2	202・162	掘削自噴・動力揚湯	225(2本合計)	有		1.3	0	1.0	単独	243	166	×	○ (1本廃止)	○ (1本廃止)	○	×	240	121	217	-
21	ほう素	宿泊施設	-	○	1	215	動力揚湯	24	有	149	300	19.4	混合(下水道)	117	120※	×	○(半減)	○(半減)	○	×	6	5	10	-	
23	ほう素	宿泊施設	-	○	1	215	動力揚湯	4	有	不明	不明	不明	混合(下水道)	120	104※	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-	
24	ほう素	宿泊施設	-	○	1	215	動力揚湯	25	有	123	19.3	6.7	混合(下水道)	119	44.8	×	○(半減)	○(半減)	○	×	17	16	29	-	
25	ほう素	宿泊施設	-	○	1	215	動力揚湯	不明	有	0.5	不明	不明	混合(下水道)	109	27.2	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-	
27	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	86.7	自然湧出	240	有	0	360	2.5	混合	73.6~80	30.9~34.5	×	○(半減)	○(半減)	○	○	22	17	31	32	
28	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	86.7	自然湧出	833-891	有	0	1200	2.4	単独	69.2	27.1	×	○(半減)	○(半減)	○	○	23	18	33		
29	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	86.7	自然湧出	41	有	322.4	0	8.9	混合	59.8	35.7	×	○(半減)	○(半減)	○	○	23	18	32		
30	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	86.7	自然湧出	432	有	123.8	220	1.8	混合	56.4	35.7	×	○(半減)	○(半減)	○	○	23	18	32		
32	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	40.9	動力揚湯	不明	有	1.4	不明	不明	単独	17.0	13.9	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-	
33	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	33.0	動力揚湯	不明		0	2~3	不明	混合	26.0	25.7	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-	
34	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	30.6	動力揚湯	215	有	0.5~1.0	1.0~2.0	1.0	単独、混合	22.9~26.9	2.5~24.7	×	○(半減)	○(半減)	○	×	26	13	24	-	
35	ほう素	宿泊施設	-	○	1	181	自然湧出	不明	有	有	不明	不明	不明	混合	173	0.08	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-
37	ふっ素	宿泊施設	-	○	3	27.5(3つの混合泉)	動力揚湯	7	有	有	0	不明	1.0	混合	21.7	2.31	×	○(半減)	○(半減)	○	×	1	1	2	-
38	ふっ素	宿泊施設	-	○	3	27.5(3つの混合泉)	動力揚湯	3		有	3	不明	2.0	混合(下水道)	26.2	21.7	×	○(半減)	○(半減)	○	×	-	7	-	-
39	ふっ素	宿泊施設	-	○	3	27.5(3つの混合泉)	動力揚湯	14		有	13.3	不明	1.9	混合(下水道)	23.6	26.4	×	○(半減)	○(半減)	○	×	-	7	-	-
43	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	30.3	動力揚湯	14.7		有	32.7	2.03	3.4	混合	36.9	10.1	×	○(半減)	○(半減)	○	×	6	5	10	-
44	ふっ素	宿泊施設	公営	○	1	32.1	動力揚湯	不明		有	10.2	0	不明	混合(下水道)	25.2	<0.08	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-
45	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	32.1	動力揚湯	不明	有	有	不明	0	不明	混合(下水道)	30.4	20.5	×	○(半減)	○(半減)	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-
48	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	20.4	掘削自噴	69	有	67.1	7.6	2.1	単独(雑排水は下水道へ)	14.6	13.2	×	×	×	○	×	6	5	9	-	
49	ふっ素	宿泊施設	-	○	1	20.4	掘削自噴	不明			7.2-8.7	2.7-3.3	不明	単独(雑排水は下水道へ)	14.1	14.0	×	×	×	○	×	計算不能	計算不能	計算不能	-

※排水のほう素濃度が100mg/lを超えているのは、施設の構造上、他の排水と混合した水が採水できなかったためであり、実際には雑排水等との混合により濃度が100mg/l以下となっていることが期待される。

注1：排水濃度の計算結果については、提出されている源泉の濃度から算出しており、現状の排水濃度を上回っている場合があることに留意する必要がある。

注2：計算不能とは、源泉の取水量、温泉以外の水利用量が不明であるために排水濃度を計算できないことを示す。

注3：37番の施設については、温泉以外の水利用量が不明であるが、源泉と排水濃度の測定値から温泉以外の排水量を推定してから排水濃度の計算を行っている。

