

B1 施設の排水濃度の試算

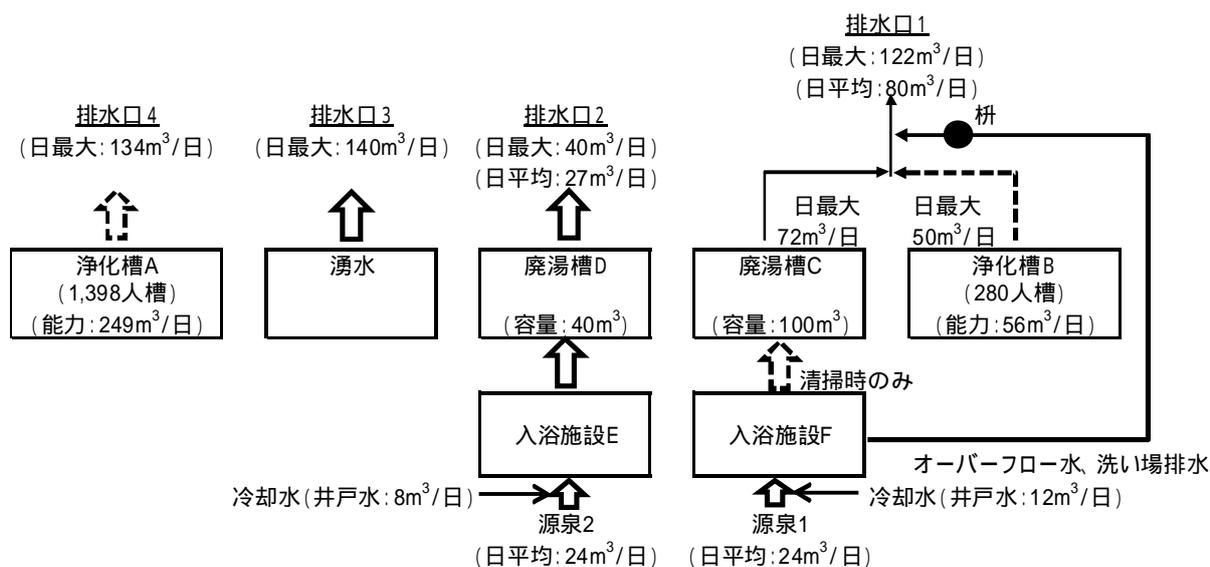
1 . 経過

温泉旅館のほう素、ふっ素排水の濃度は、これまでの検討会においても、温泉の掛け流し排水の平準化により、濃度が低下する可能性が指摘されている。

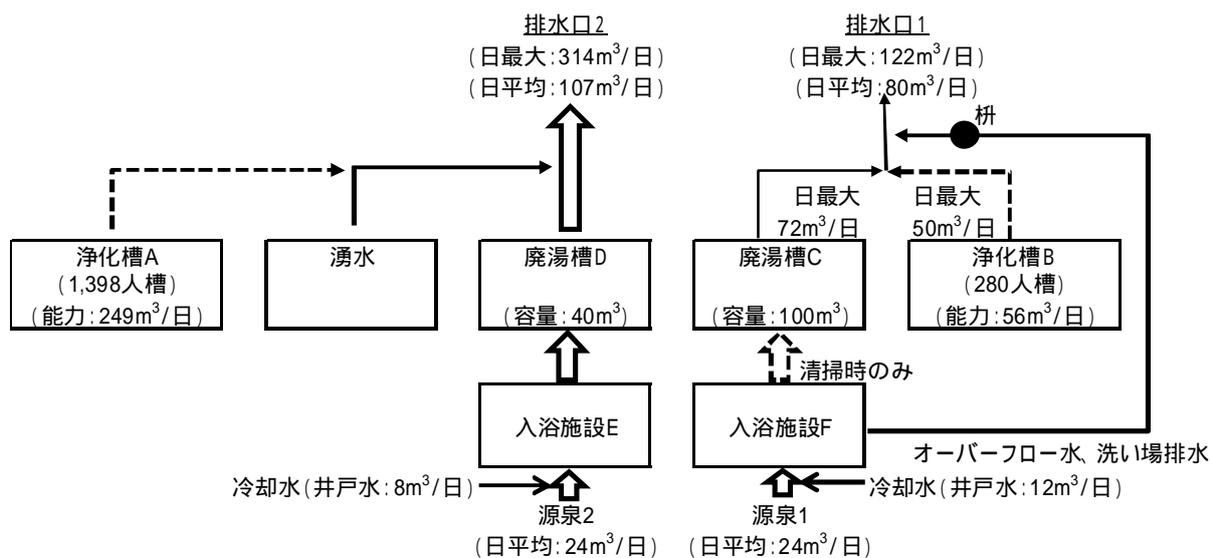
ほう素を高濃度で排出する B1 施設においては、これまで、排水のほう素濃度低減のための取り組みの一環として、平成 27 年 9 月以前は 4 箇所あった工程系の排水口を 2 箇所に統合した（図 1、その他にも雨水排水口が 3 箇所ある）。

そこで本資料では、今後の B1 施設の排水濃度の動向について試算を行った。加えて、ほう素に関する暫定排水基準値の低減可能性について検討を行うため、今後さらに排水濃度の平準化対策を図った場合に、どの程度の低減が見込めるか試算を行った。なお、排水濃度の試算に当たっては、県への水質汚濁防止法に基づく届出値の日平均値を基本としたが、当該届出に日平均値の記載のない情報については、事業者から聞き取った値を用いた。

変更前(平成27年9月以前)



現状(平成27年10月以降)



注: 冷却水量および日最大排水量、日平均排水量は届出値であり、源泉取水量は旅館への聞き取り結果である。
 破線の矢印は、間欠的に排水が排出され、実線の矢印は、定常的に水が流れていることを示す。

図1 B1施設の排水経路(雨水排水口3箇所は省略)

2 . 排水の水質

これまでの立ち入り調査結果、自主調査結果、環境省調査結果を整理すると、以下の表1のとおりである。平成24年度までの自主調査では、排水口1手前の枡で浴槽オーバーフロー水および洗い場排水を採水していた。排水口1の平均値は666mg/L、枡の平均値は251mg/Lであり、枡の方が濃度は低くなっていた。これは、洗い場排水等によって浴槽水の濃度よりは希釈されるためと考えられる。

表1 源泉および排水のほう素濃度

(単位)ほう素として mg/L

日付	源泉		排水			暫定排水基準	調査主体
	源泉1	源泉2	排水口1手前の枡	排水口1	排水口2		
H23.5.31			278		0.24	500	自主
H23.7.28			154		321	500	自主
H23.8.17	1,030	939	344		507	500	環境省
H23.8.17	1,070	822	703		610	500	環境省
H23.8.18	1,060	1200	295		261	500	環境省
H23.8.25			242		714	500	自主
H23.8.25			910		500	500	自治体立入
H23.9.15			476		635	500	自主
H23.10.21			128		614	500	自主
H23.11.28			118		382	500	自主
H23.12.9			148		381	500	自主
H24.1.20			138		236	500	自主
H24.1	1,570			402		500	環境省
H24.2.17			103		411	500	自主
H24.3.8			59.2		252	500	自主
H24.4.25			152		158	500	自主
H24.5.18			232		488	500	自主
H24.6.27			105		115	500	自主
H24.7.13			130		534	500	自主
H24.8.10			116		371	500	自主
H24.8.30				96	420	500	自治体立入
H24.9.14			195		548	500	自主
H25.6.13				270	710	500	自治体立入
H26.6.12				110	460	500	自治体立入
H26.10.9				1,130	612	500	自主
H26.12.10				466	483	500	自主
H27.1.16				770	761	500	自主
H27.2.13				648	407	500	自主
H27.3.13				984	336	500	自主
H27.4.17				524	642	500	自主
H27.5.15				786	308	500	自主
H27.7.2				500	780	500	自治体立入
H27.7.10				1,190	524	500	自主
H27.8.21				1,630	756	500	自主
H27.9.11				693	483	500	自主
H27.11.16				576	726	500	自主
H27.12.11				542	616	500	自主
平均値	1,183	987	251	666	474		
標準偏差	-	-	211	385	189		

3 . 排水のほう素濃度の試算

(1) 排水濃度の試算条件

排水のほう素濃度を試算する上での諸条件は、表 2 のように設定した。

表 2 B1 施設の排水ほう素濃度を試算するための条件設定

設定項目	届出値、聞き取り結果など	排水濃度を試算する上での設定値
源泉のほう素濃度	調査結果：源泉 1 の濃度は 1,030~1,570 mg/L、源泉 2 の濃度は 822~1,200 mg/L であった。	調査結果を元に、源泉のほう素濃度を以下のように設定。 源泉 1：1,200mg/L 源泉 2：1,000mg/L
源泉取水量	届出値：日最大 110m ³ /日 聞き取り：バルブを開閉して、源泉を貯留するタンク（容量 12m ³ ×2 槽）を 1 日に 2 回満タンにしている。	日平均の実態に近い聞き取りの結果を元に、源泉取水量を以下のように設定。 源泉 1：24m ³ /日 源泉 2：24m ³ /日
加温、冷却のための加水量	届出値：なし 聞き取り：源泉取水量の 1 割程度。	水道、井戸水の使用量に含まれるため、数値は設定しなかった。
水道使用量	届出値：なし 聞き取り：平成 20、21、22、24 年度の水道水の日平均使用量はそれぞれ 79、73、62、71m ³ /日であり、平均値は 71 m ³ /日である。（平成 23 年度は東日本大震災の影響を含むと考えられるため、除外した。）	聞き取り結果を元に、旅館全体での水道使用量を 70m ³ /日と設定。
井戸水使用量	届出値：最大 40m ³ /日（うち 20m ³ /日は洗車や散水に使用） 聞き取り：使用量不明	届出値より、冷却用水量を以下のように設定 入浴施設 E：8m ³ /日 入浴施設 F：12m ³ /日
湧水量	届出値：140m ³ /日 聞き取り：量は不明。	施設全体の日平均排水量から逆算して、以下のように設定。 187 m ³ /日 - (24+24+70+20) = 49m ³ /日
排水口からの合計排水量	届出値：日平均 187m ³ /日 日最大 436m ³ /日	図 1 の日平均排水量を使用

以下(2)～(4)では、平成27年10月の排水経路の変更前後の排水口1、2からの排水濃度を試算した。(5)では、今後排水口1、2がさらに統合される等のさらなる平準化対策が講じられた場合の排水濃度について試算を行った。

(2) 排水口1のほう素濃度の試算

廃湯槽Cのほう素濃度は、入浴施設Fからの浴槽水が流入するため、

$$\frac{24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1,200 \text{ mg/L}}{(24 \text{ m}^3/\text{日} + 12 \text{ m}^3/\text{日})} = 800 \text{ mg/L}$$

(源泉1取水量) (源泉1取水量) (冷却用井戸水)

と程度と推定される。

排水口1に係る水道水使用量(入浴施設Fの加水、温泉を使用しない浴槽の水、入浴時の洗い場の水、厨房やトイレに使用される水の量)は、排水口1の日平均排水量が80m³/日であることから、

$$80 \text{ m}^3/\text{日} - (24 \text{ m}^3/\text{日} + 12 \text{ m}^3/\text{日}) = 44 \text{ m}^3/\text{日}$$

(源泉1取水量) (冷却用井戸水)

程度と推定される。従って、人の入浴があり、平均的な水道水の使用があるときの排水口1のほう素濃度は、

$$\frac{24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1,200 \text{ mg/L}}{(24 \text{ m}^3/\text{日} + 12 \text{ m}^3/\text{日} + 44 \text{ m}^3/\text{日})} = 360 \text{ mg/L}$$

(源泉1取水量) (源泉1取水量) (冷却用井戸水) (排水口1に係る水道水)

程度と推定される。

一方、水道使用量の44m³/日のうち、40m³/日が入浴施設Fで入浴に伴って使用されると仮定すると、人の入浴がない、かけ流しの状態では、

$$\frac{24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1,200 \text{ mg/L}}{(24 \text{ m}^3/\text{日} + 12 \text{ m}^3/\text{日} + 4 \text{ m}^3/\text{日})} = 720 \text{ mg/L}$$

(源泉1取水量) (源泉1取水量) (冷却用井戸水) (浄化槽B)

程度と推定される。排水口1のほう素濃度は、入浴施設Fでの水道使用量によって大きく変動するものと考えられ排水口1の濃度測定結果をみると、概ね720mg/L以下となっている(表1)。

(3) 排水口 2 (排水経路変更前) のほう素濃度の試算

排水口 2 および排水口 4 に係る水道水の使用量 (入浴施設 E の洗い場の水、厨房やトイレに使用される水の量) は、旅館全体での水道使用量を 70m³/日と仮定していることから、

$$70 \text{ m}^3/\text{日} - 44 \text{ m}^3/\text{日} = 26\text{m}^3/\text{日}$$

(水道水) (排水口 1 に係る水道水)

程度と推定される。このうち、20m³/日が入浴施設 E で使用されると仮定すると、人の入浴があり、平均的な水道水の使用があるときの廃湯槽 D のほう素濃度は、

$$24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1000 \text{ mg/L} \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 8 \text{ m}^3/\text{日} + 20 \text{ m}^3/\text{日}) = 462 \text{ mg/L}$$

(源泉 2 取水量) (源泉 2 取水量) (冷却用井戸水) (入浴施設 E に係る水道水)

程度であると考えられる。一方、人の入浴が無いときには、

$$24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1000 \text{ mg/L} \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 8 \text{ m}^3/\text{日}) = 750 \text{ mg/L}$$

(源泉 2 取水量) (源泉 2 取水量) (冷却用井戸水)

程度であると考えられる。排水口 2 の濃度測定結果をみると、概ね 750mg/L 以下となっている (表 1)。

(4) 排水口 2 (排水路変更後) のほう素濃度の試算

人の入浴があり平均的な水道水の使用があるときの排水口 2 の濃度は、

$$24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1000 \text{ mg/L} \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 8 \text{ m}^3/\text{日} + 26 \text{ m}^3/\text{日} + 49 \text{ m}^3/\text{日}) = 224 \text{ mg/L}$$

(源泉 2 取水量) (源泉 2 取水量) (冷却用井戸水) (排水口 2 に係る水道水) (湧水)

程度となり、人の入浴が無いときには、

$$24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1000 \text{ mg/L} \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 8 \text{ m}^3/\text{日} + 6\text{m}^3/\text{日} + 49 \text{ m}^3/\text{日}) = 276 \text{ mg/L}$$

(源泉 2 取水量) (源泉 2 取水量) (冷却用井戸水) (浄化槽 A) (湧水)

程度まで低下すると考えられる。ただし、湧水による希釈効果を除くと、人の入浴がないかけ流しの状態では、

$$24 \text{ m}^3/\text{日} \times 1000 \text{ mg/L} \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 8 \text{ m}^3/\text{日} + 6\text{m}^3/\text{日}) = 632 \text{ mg/L}$$

(源泉 2 取水量) (源泉 2 取水量) (冷却用井戸水) (浄化槽 A)

となる。排水口 2 のほう素濃度は、湧水量によっても大きく変動すると考えられる。

(5) 今後の排水濃度平準化対策に伴う排水濃度の低減可能性

仮に排水口 1 と排水口 2 を統合する等のさらなる平準化対策を講じた場合には、人の入浴があり、平均的な水道水の使用があるときの排水のほう素濃度は

$$\begin{aligned} & 1,200\text{mg/L} \times 24\text{m}^3/\text{日} + 1000\text{mg/L} \times 24\text{m}^3/\text{日} \\ & \quad \text{(源泉 1 取水量)} \quad \quad \quad \text{(源泉 2 取水量)} \\ & \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 24 \text{ m}^3/\text{日} + 70 \text{ m}^3/\text{日} + 20 \text{ m}^3/\text{日} + 49 \text{ m}^3/\text{日}) = 282\text{mg/L} \\ & \quad \text{(源泉 1 取水量)} \text{(源泉 2 取水量)} \text{(水道水)} \quad \text{(冷却用井戸水)} \quad \text{(湧水)} \end{aligned}$$

程度になると考えられる。

また、人の入浴がない、かけ流しの状態では、

$$\begin{aligned} & 1,200\text{mg/L} \times 24\text{m}^3/\text{日} + 1000\text{mg/L} \times 24\text{m}^3/\text{日} \\ & \quad \text{(源泉 1 取水量)} \quad \quad \quad \text{(源泉 2 取水量)} \\ & \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 24 \text{ m}^3/\text{日} + 10\text{m}^3/\text{日} + 20 \text{ m}^3/\text{日} + 49 \text{ m}^3/\text{日}) = 416\text{mg/L} \\ & \quad \text{(源泉 1 取水量)} \text{(源泉 2 取水量)} \text{(浄化槽 A,B)} \quad \text{(冷却用井戸水)} \quad \text{(湧水)} \end{aligned}$$

程度と考えられる。ただし、湧水の量は今後減少する可能性もあり、定常的な希釈効果を見込むことは困難と考えられる。湧水による希釈効果を除けば、人の入浴がない、かけ流しの状態では、

$$\begin{aligned} & 1,200\text{mg/L} \times 24\text{m}^3/\text{日} + 1000\text{mg/L} \times 24\text{m}^3/\text{日} \\ & \quad \text{(源泉 1 取水量)} \quad \quad \quad \text{(源泉 2 取水量)} \\ & \div (24 \text{ m}^3/\text{日} + 24 \text{ m}^3/\text{日} + 10\text{m}^3/\text{日} + 20 \text{ m}^3/\text{日}) = 677\text{mg/L} \\ & \quad \text{(源泉 1 取水量)} \text{(源泉 2 取水量)} \text{(浄化槽 A,B)} \quad \text{(冷却用井戸水)} \end{aligned}$$

となる。

(6) まとめ

以上より、B1 施設のほう素濃度の試算結果をまとめると、表 3 のとおりである。排水濃度の時間変動はかなり大きいと推定され、排水濃度の測定結果を裏付けている。B1 施設では、平均的な水道使用量があるときの排水のほう素濃度は、現在でも 400mg/L 以下となっていると考えられる。

表 3 B1 施設の排水のほう素濃度試算結果

排水口	時間帯	過去 (H27.9 以前)	現在 (H27.10 以降)	今後さらに排水口 を統合した場合
排水口 1	人の利用が 無いとき	最大 720mg/L	同左	最大 416mg/L (湧水の希釈効果 を除くと 677mg/L)
	平均的な水 の使用があ るとき	平均 360mg/L	同左	平均 282mg/L
排水口 2	人の利用が 無いとき	最大 750mg/L	最大 276mg/L (湧水の希釈効果 を除くと 632mg/L)	
	平均的な水 の使用があ るとき	平均 462mg/L	平均 224mg/L	

4．新たな低減方策の必要性について

ほう素、ふっ素に係る温泉排水処理技術開発については、平成 21 年度より、公募事業として実証試験を行ってきたところであるが、実際の導入には様々な課題を有している状況である。

ほう素が高濃度となっている B1 施設の排水について、処理施設で処理するという考え方だけでは、一般排水基準値を遵守することが難しい状況にある。

このため、事業者や業界団体の協力も得ながら、新たな低減方策について今後検討していく必要があると考えられる。

具体的には、

- ・排水口の統合や一時貯留槽の設置等による平準化対策
- ・源泉使用量の削減と加水量の増加

などの対策が排水のほう素濃度低減に寄与すると考えられる。