

温泉分野の暫定排水基準の見直しに係る検討結果

1. 検討の経緯

ほう素、ふっ素、硝酸性窒素等に係る暫定排水基準のうち、温泉を利用する旅館業については、ほう素及びふっ素に係る暫定排水基準が設定されている。

温泉排水については、共存物質が排水処理を阻害すること等により、既存の排水処理技術ではほう素及びふっ素の処理が難しいのが現状であり、旅館業において導入可能な新たな排水処理技術の開発等に関する検討を行うため、温泉分野検討会を設置し、技術的検討を行っている。加えて、一般排水基準への対応を図るため、温泉排水規制に関する検討会を設置し、温泉排水規制の在り方及び排水濃度の低減方策について検討を行っている。

平成 27 年度の温泉排水規制に関する検討会では、暫定排水基準が平成 28 年 6 月 30 日に適用期限を迎えることから、排出実態を把握し、暫定排水基準の見直し（案）や今後の低減方策について 2 回にわたり検討を行った。

2. 温泉を利用する旅館業に係る暫定排水基準について

温泉を利用する旅館業に係る暫定排水基準は、排水の排出実態、導入可能な温泉排水処理技術の開発動向を踏まえ設定している。

ほう素の暫定排水基準については、設定当初（平成 13 年 7 月）から変更していない。

ふっ素については、平成 25 年の見直しにおいて、日平均排水量 50m³ 未満の旅館業、又は、昭和 49 年 12 月 1 日に現に湧出していた温泉を利用する旅館業については、利用する源泉が自然湧出以外のものに限り、基準値を 50mg/L から 30mg/L に強化した。その他のふっ素の基準値は設定当初から変更していない。

[一律排水基準]

一般排水基準（平成 13 年 7 月 1 日施行）

ほう素：10mg/L（海域以外の公共用水域） 230mg/L（海域）

ふっ素：8 mg/L（海域以外の公共用水域） 15mg/L（海域）

暫定排水基準（平成 25 年 7 月 1 日施行）

ほう素：500mg/L

ふっ素：

| 旅館業（温泉を利用するもの） | | 日平均排水量 | |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | | 50m ³ 未満 | 50m ³ 以上 |
| 温泉の 湧出時期 | 昭和 49 年 12 月 1 日に現に湧出していた温泉を利用 | 30mg/L（自然湧出以外） 50mg/L（自然湧出） | |
| | 昭和 49 年 12 月 1 日に現に湧出していなかった温泉を利用 | | 15mg/L |

3. 排水濃度の実態把握及び新たな排水処理技術の開発動向について

(1) ほう素、ふっ素の排出実態の把握について

平成 23 年度の水質汚濁防止法の改正により、各特定事業場については、排水の汚染状態の測定頻度を 1 年に 1 回以上とし、測定結果の記録・保存を義務付けた(温泉旅館(特定事業場)については 3 年に 1 回以上)ところであり、各温泉旅館の排出実態把握のため、自治体を通じて排水の測定結果の収集を行った。

過年度調査により高濃度のほう素、ふっ素を排出する温泉旅館は限定的であることが把握できていることから、今般の暫定排水基準の見直しに係る議論を行うに当たっては、過去に高濃度排出の実態がある温泉旅館を中心として、その後の排水濃度を収集した。

具体的には、平成 23 年度までにほう素及びふっ素の高濃度排出実態(ほう素：100mg/L 以上又はふっ素：20mg/L 以上)が確認された温泉旅館について、その後の測定結果を収集するとともに、新たに高濃度であることが確認された温泉旅館の測定結果を収集した。

その結果、ほう素の排水濃度が 200mg/L を超過する施設は 2 施設、ふっ素の排水濃度が 15mg/L を超過する施設は 15 施設であり、過年度調査の結果も踏まえ、高濃度のほう素、ふっ素を排出する温泉旅館は、限定的である傾向が見受けられた。(表 1)

表 1. 暫定排水基準が適用される温泉旅館の排水実態調査結果(ほう素、ふっ素)

| 源泉または排水のほう素濃度 | 全施設(源泉濃度別) | 排水データのある施設 | | 源泉または排水のふっ素濃度 | 全施設(源泉濃度別) | 排水データのある施設 | |
|---------------|------------|------------|-------|---------------|------------|------------|-------|
| | | 源泉濃度別 | 排水濃度別 | | | 源泉濃度別 | 排水濃度別 |
| 10mg/l以下 | | | 40 | 8mg/l以下 | | | 11 |
| 10～20mg/l | | | 9 | 8～15mg/l | | | 7 |
| 20～30mg/l | | | 27 | 15～30mg/l | 326 | 23 | 11 |
| 30～40mg/l | 89 | 33 | 8 | 30～50mg/l | 11 | 6 | 3 |
| 40～50mg/l | 19 | 10 | 5 | 50mg/l～ | 4 | 4 | 1 |
| 50～100mg/l | 107 | 44 | 21 | 計 | 341 | 33 | 33 |
| 100～200mg/l | 57 | 22 | 1 | | | | |
| 200mg/l～ | 4 | 4 | 2 | | | | |
| 計 | 276 | 113 | 113 | | | | |

注 1：複数の源泉を利用している場合には濃度の高い方を代表源泉として集計した。

また、複数の排水水質データがある場合には、その最大値を施設の代表値として集計した。

1) ほう素の排出実態について

排水のほう素濃度が 200mg/L を超える 2 施設 (B1 旅館、B3 旅館) は掘削自噴であり、源泉取水量が 100m³ 以上であるなど、源泉取水量の制御が難しく、かつ、希釈効果が働きにくい施設となっている。排水濃度は B1 旅館が突出して高く、排水濃度の平均値は 680mg/L (最大値 1,630mg/L) であった。(表 2)

表 2 . ほう素濃度が高い温泉旅館の排水濃度

| 温泉地 | 温泉旅館 | 源泉の湧出形態 | 源泉取水量 m ³ /日 | 源泉ほう素濃度 | | 届出排水量 m ³ /日 | 排水のほう素濃度の測定結果 | | | | 暫定排水基準 mg/L |
|-----|-------|---------|----------------------------|---------------|---------------------|----------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|----------------|
| | | | | 分析書 mg/L | 調査 mg/L | | データ数 | 平均値 mg/L | 標準偏差 mg/L | 最大値 mg/L | |
| ア温泉 | B1旅館 | 掘削自噴 | 最大110 | 1580・1540 | 1030・1070・1060・1570 | 209 排水口1:102 排水口2:27 | 15 | 680 | 407.6 | 1630 | 500 |
| イ温泉 | B2旅館 | 自然湧出 | 不明 | 181 | 173 | 4.6 | 1 | 0.08 | | 0.08 | 500 |
| ウ温泉 | B3旅館 | 掘削自噴 | 1004 | 226 | 241・238・261 | 450 | 3 | 218 | 21.6 | 244 | 500 |
| | B4旅館 | 掘削自噴 | 2 | 300 | 226・217・220 | 540 | 3 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 500 |
| | B5旅館 | 掘削自噴 | 432・1008 | 170・152 | 140・80.1 | 8 | 1 | 134 | | 134 | 500 |
| エ温泉 | B6旅館 | 動力揚湯 | 10・88・116・62・- | 542・18・39・219 | 460・15.8・<0.1・39.8 | 135 | 2 | 48 | 13.9 | 62 | 500 |
| オ温泉 | B7旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 162.6 | - | 2 | 7 | 8 | 1.8 | 10 | 500 |
| | B8旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 162.6 | - | 18.5 | 7 | 113 | 9.0 | 130 | 500 |
| | B9旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 162.6 | - | 185 | 7 | 65 | 16.7 | 96 | 500 |
| | B10旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 162.6 | - | 1 | 4 | 17 | 6.8 | 21 | 500 |

排水口が複数ある場合には、濃度が最大となっている排水口について平均値、標準偏差、最大値を集計した。

2) ふっ素の排出実態について

暫定排水基準 50mg/L が適用されている温泉旅館

自然湧出であり、昭和 49 年 12 月 1 日に現に湧出していた温泉を利用する 1 地区の 4 旅館では、源泉取水量が大きいために希釈効果が働きにくい施設となっている。排水濃度の最大値は 27.1~37mg/L であった。

暫定排水基準 30mg/L が適用されている温泉旅館

自然湧出以外の源泉を利用する日平均排水量が 50m³ 未満の 6 地区の 6 旅館のうち、最高濃度の F14 旅館では、源泉ふっ素濃度の変動により、排水濃度の最大値が 32mg/L であった。

暫定排水基準 15mg/L が適用されている温泉旅館

日平均排水量が 50m³ 以上で、かつ、昭和 49 年 12 月 1 日に現に湧出していなかった温泉を利用する 3 地区の 6 旅館のうち、1 地区の 4 旅館で排水濃度の最大値が 16.9~25.7 mg/L であった。

表 3 . ふっ素濃度が高い温泉旅館の排水濃度

| 温泉地 | 温泉旅館 | 源泉の湧出形態 | 源泉取水量 m3/日 | 源泉ふっ素濃度 | | 届出排水量 m3/日 | 排水のふっ素濃度の測定結果 | | | | 暫定排水基準 mg/L |
|-----|-------|---------|---------------|-------------|------------|---------------|---------------|-------------|--------------|-------------|----------------|
| | | | | 分析書 mg/L | 調査 mg/L | | データ数 - | 平均値 mg/L | 標準偏差 mg/L | 最大値 mg/L | |
| カ温泉 | F1旅館 | 自然湧出 | 240 | 86.7 | 73.6~80 | 176.06 | 4 | 33.3 | 1.4 | 34.5 | 50 |
| | F2旅館 | 自然湧出 | 833-891 | 86.7 | 69.2 | 782.2 | 1 | 27.1 | 0.0 | 27.1 | 50 |
| | F3旅館 | 自然湧出 | 41 | 86.7 | 59.8 | 1539 | 2 | 30.85 | 4.9 | 35.7 | 50 |
| | F4旅館 | 自然湧出 | 432 | 86.7 | 56.4 | 950 | 2 | 36.35 | 0.6 | 37 | 50 |
| ク温泉 | F9旅館 | 動力揚湯 | 7 | 27.5 | 21.7 | 33.3 | 1 | 2.31 | | 2.31 | 30 |
| コ温泉 | F11旅館 | 動力揚湯 | - | 32.1 | 30.4 | 7 | 1 | 20.5 | | 20.5 | 30 |
| サ温泉 | F12旅館 | 掘削自噴 | 69 | 20.4 | 14.6 | 34.5 | 1 | 13.2 | | 13.2 | 30 |
| シ温泉 | F14旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 12.4 | - | 22 | 7 | 10.2 | 10.4 | 32 | 30 |
| ス温泉 | F15旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 19.6 | - | 15 | 7 | 5.5 | 5.5 | 16 | 30 |
| セ温泉 | F16旅館 | 掘削自噴 | 不明 | 8.4 | - | 6 | 6 | 8.3 | 6.7 | 21 | 30 |
| キ温泉 | F5旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 40.9 | 17 | 291.5 | 1 | 16.9 | | 16.9 | 15 |
| | F6旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 33 | 26 | 150 | 2 | 22.9 | 2.85 | 25.7 | 15 |
| | F7旅館 | 動力揚湯 | 215 | 30.6 | 22.9~26.9 | 400.5 | 3 | 22.6 | 1.6 | 24.7 | 15 |
| | F8旅館 | 動力揚湯 | 不明 | 26 | - | 85 | 1 | 21 | | 21 | 15 |
| ケ温泉 | F10旅館 | 動力揚湯 | 14.7 | 30.3 | 36.9 | 268 | 2 | 5.8 | 4.4 | 10.1 | 15 |
| サ温泉 | F13旅館 | 掘削自噴 | 不明 | 20.4 | 14.1 | 155 | 1 | 14 | | 14 | 15 |

排水口が複数ある場合には、濃度が最大となっている排水口について平均値、標準偏差、最大値を集計した。

(2) 温泉排水処理技術実証試験について

温泉旅館から排出される排水には、ほう素及びふっ素の他にも多種多様な共存物質が比較的高い濃度で成分として含まれている場合があり、これらの共存物質が排水処理を阻害すること等により、既存の排水処理技術では、ほう素及びふっ素の除去が難しいのが現状である。

温泉排水中のほう素及びふっ素濃度の低減のためには、新たな温泉排水処理技術の開発等が不可欠であり、環境省においては、平成 18 年度より継続的に温泉排水処理実証試験を実施し、温泉旅館における処理技術導入の可能性を検証してきた。その結果は表 4 及び表 5 に示すとおりである。

試験結果については、ほう素、ふっ素とも全ての処理技術において、温泉排水を対象とした場合でも処理水質目標は達成されたが、目標とするコストレベル（イニシャルコスト：1,000 万円、ランニングコスト：300 万円/年（1日 100m³の排水量を想定した場合の目標））を達成している技術はなかった。

表 4 . ほう素除去を対象とした技術

| 処理技術名・処理方式 | 処理水質目標・達成状況 | 処理条件 |
|--|---------------------------|----------------------------|
| ポロン-C ほう素処理システム 【吸着、凝集沈殿（吸着剤注入式）】 | 10mg/L 以下・達成 | 凝集剤添加率：33.4% 滞留時間：10hr |
| グルカミン基を結合させた樹脂を用いた吸着【吸着（カラム通水式）】 | 10mg/L 以下・達成 | SV：4、5（1/hr） |
| 粉末の無機性天然鉱物をペレット状にした「アドソープ」を用いた吸着 【吸着（カラム通水式）】 | 10mg/L 以下・達成 | 設計 SV：0.05（1/hr） |
| 新型キレート繊維と高濃度対応型凝集法【吸着（カラム通水式）】 | 処理目標未設定 | SV：9.3（1/hr） |
| 天然素材凝集剤を用いた凝集法 【凝集沈殿（バッチ式）】 | 900mg/L 超を概ね 1/3 以下・達成 | 凝集剤添加率：100mg/L 助剤添加率：3% |

表5 . ふっ素除去を対象とした技術

| 処理技術名・処理方式 | 処理水質目標・達成状況 | 処理条件 |
|---|-------------------------------|---|
| 重金属吸着剤「アドセラ」 【吸着（カラム通水式）】 | 除去率 50% ・達成 | SV : 0.5、1.0 (1/hr) |
| 貝殻処理材を用いた吸着 【吸着（カラム通水式）】 | 平均 39mg/L を 8mg/L まで除去 ・達成 | SV : 0.5、1.0 (1/hr) |
| NEF-1 法 【凝集沈殿】 | 平均 36.1mg/L を概ね 半減以下 ・達成 | 凝集剤添加率 : 1mg/L 滞留時間 : 4.3hr |
| リン酸ジルコニウム微結晶を 利用した吸着 【吸着（吸着剤注入式）】 | 40mg/L 超を概ね半減 以下 ・達成 | 吸着剤添加率 : 0.5 ~ 1.5% 助剤添加率 : 0.12、0.5% |

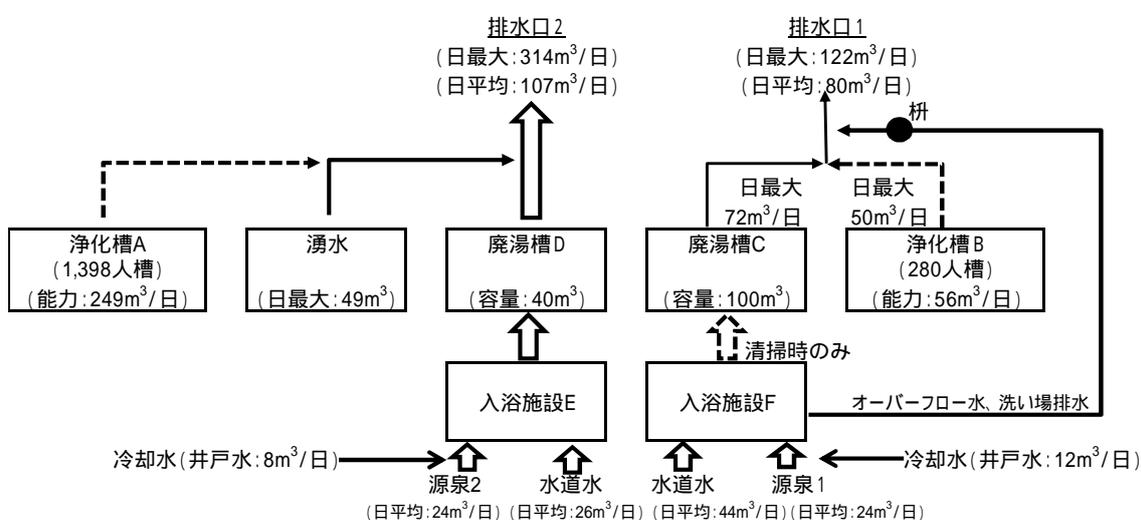
これらの技術については、技術面、コスト面等の様々な課題を有しているのが現状であり、これまで排水濃度の低減方策の導入には至っておらず、検討会における指摘も踏まえ、今後の実施方策を検討した上で、引き続き取り組みを進めていく必要がある。

(3) ほう素についての暫定排水基準低減可能性の検討

温泉旅館の排水中のほう素、ふっ素濃度は、これまでの検討会においても、排水の一時貯留等による濃度の平準化により、濃度が低下する可能性が指摘されている。

特にほう素については、高濃度で排出する温泉旅館が限られていることから、ほう素の源泉及び排水濃度が最も高いB1旅館を対象とし、源泉濃度や水道使用量をもとにして、今後の排水濃度平準化対策によってどの程度の排水濃度の低減が見込めるか試算を行った。

具体的には、現在2カ所ある工程系の排水口1、2を統合する、又は、排水の一時貯留槽を設置する等のさらなる平準化対策を講じた場合の排水のほう素濃度について試算を行ったが、人の入浴があり平均的な水道水の使用がある場合では282mg/L、人の入浴のないかけ流しの状態では416mg/Lであった。このことから、平準化対策については一定の効果が認められるが、排水経路も複雑であることから、この対策による排水濃度の大幅な低減は見込めない状況であった。



注: 冷却水量、日最大排水量及び日平均排水量は届出値であり、源泉取水量及び水道使用量は旅館への聞き取り結果である。また、湧水量は計算値である。
破線の矢印は、間欠的に排水が排出され、実線の矢印は、定期的に水が流れていることを示す。

図1 . B1施設における排水経路図

4. 暫定排水基準の見直し（案）

暫定排水基準の見直しに当たっては、各温泉旅館からの排水の排出実態、温泉排水処理技術の開発動向等を踏まえ、可能な場合はその範囲内で、暫定排水基準値を低減させることが基本である。ほう素、ふっ素とも、引き続き各施設における排水実態の把握を進め、濃度低減方策の導入可能性や新たな技術開発の状況を考慮しつつ、今後の暫定排水基準の在り方を検討していく必要がある。

（1）ほう素の暫定排水基準値の見直しについて

高濃度のほう素を排出する温泉旅館は限られており、これまで高濃度温泉ほう素排水の低減のため、新たな温泉排水処理技術の開発等を進めてきているが、導入に当たっては、技術面、コスト面等の様々な課題を有している状況である。

源泉のほう素濃度が高く、排水濃度が最も高い B1 施設については、排水濃度の平準化等の対応を進めてきており改善が見られているが、排水経路が複雑であり、平準化対策による排水濃度の大幅な低減は見込めない状況であった。

B1 旅館における、さらなる排水濃度低減の可能性を試算した結果、排水量の平準化対策だけでは排水濃度の大幅な低減は困難であり、B1 施設における排出実態を踏まえ、現行の暫定排水基準値（500mg/L）を維持することが適当と考えられる。

（2）ふっ素の暫定排水基準値の見直しについて

これまで高濃度温泉ふっ素排水の低減のため、新たな温泉排水処理技術の開発等を進めてきているが、導入に当たっては、技術面、コスト面等の様々な課題を有している状況である。

暫定排水基準 50mg/L が適用される温泉施設のうち、高濃度でふっ素を排出する温泉施設はカ温泉に限られており、F1～F4 旅館における直近の排出実態（平均：27.1～36.4mg/L、最大：27.1～37mg/L）や湧出形態が自然湧出であることを踏まえ、現在の暫定排水基準を維持することが適当と考えられる。

暫定排水基準 30mg/L が適用される温泉施設のうち、暫定排水基準値付近でふっ素を排出した実績を有する F14 旅館（平均：10.2mg/L、最大 32mg/L）の排出実態や、F15、F16 旅館の排水濃度変動の状況を踏まえ、現在の暫定排水基準を維持することが適当と考えられる。

暫定排水基準 15mg/L が適用される温泉施設については、F5～F8 旅館（キ温泉）の所在する自治体において排水実態の把握等が進められているが、排水濃度の低減には至っておらず、現在の暫定排水基準を維持することが適当と考えられる。

5 . 今後の排水濃度低減方策について

高濃度のほう素、ふっ素を排出する温泉旅館は限られており、導入可能な温泉排水処理技術の確立に至っていないことから、今後も暫定排水基準の低減に向けた新たな処理技術の開発を続けていく必要がある。

また、ほう素については、B1 旅館の源泉及び排水濃度が突出して高く、次回の暫定排水基準の見直しを見据え、排水濃度の低減が図られるよう、引き続き自治体と連携して、導入可能な排水処理低減対策を見極め、状況の確認及び指導等を進めていく必要がある。

併せて、新たな高濃度源泉の利用による汚染の拡散を防ぐため、新たに設置される特定事業場に適用される暫定排水基準の在り方について検討していく必要がある。