

温泉利用施設における硫化水素中毒事故防止のための
ガイドライン

2017（平成 29）年 9 月

環 境 省

目次

1. ガイドラインの目的	1
2. 用語解説集	5
3. 硫化水素中毒事故防止のための基礎情報	8
4. 法第 15 条第 1 項の許可処分等にあたり、都道府県等が確認すべき事項	10
5. 温泉利用許可者等が硫黄泉を公共の浴用に供する場合に設置すべき設備構造等について	14
6. 温泉利用許可者等が硫化水素濃度を測定する際の注意事項、測定方法等	16
7. 浴室外において、温泉利用許可者等が注意すべき硫化水素中毒防止に必要な事項	19
8. 参考文献	22
9. 参考資料	23

1. ガイドラインの目的

本ガイドラインは、平成 29 年 10 月 1 日から施行される「公共の浴用に供する場合の温泉利用施設の設備構造等に関する基準」（以下「設備構造等基準」という。）を補足するためのガイドラインである。なお、設備構造等基準は、平成 29 年 9 月 1 日付け環境省告示第 66 号として官報に掲載されている。

本ガイドラインは、総硫黄（硫化水素イオン、チオ硫酸イオン及び遊離硫化水素に対応するものをいう。）が 1 キログラム中 2 ミリグラム以上含有する温泉（以下「硫黄泉」という。）を温泉法（昭和 23 年法律第 125 号。以下「法」という。）第 15 条第 1 項に基づき公共の浴用に供しようとする場合又は供している場合において、都道府県又は法第 36 条第 1 項の規定に基づく政令で定める市又は特別区（以下「都道府県等」という。）の担当者が法第 15 条第 1 項に基づく許可処分、法第 34 条に基づく報告徴収及び法第 35 条に基づく立入検査の際の確認事項等として参考となるように作成したものであり、都道府県等担当者は、温泉由来の硫化水素中毒を防止する観点から、本ガイドラインを踏まえた法の運用が求められる。

また、法第 15 条第 1 項の許可を受けて公共の浴用又は飲用に供し、又は供しようとする者や施設の管理者等（以下「温泉利用許可者等」という。）が安全確保の観点から、施設の設置や管理にあたって遵守すべき情報も記載した。

公共の浴用に供する場合の温泉利用施設の設備構造等に関する基準（環境省告示第 66 号）

温泉法（昭和 23 年法律第 125 号。以下「法」という。）は、温泉利用の適正化を図ることをその目的の一つとしており、温泉を公共の浴用又は飲用に供しようとする者は、法第 15 条第 1 項に基づき、環境省令で定めるところにより、都道府県知事に申請してその許可を受けなければならないとされている。

温泉には種々の成分が含有されており、その利用方法あるいは温泉利用施設の管理等が適切でない場合において、人体に対して健康被害を与える場合がある。このため、総硫黄（硫化水素イオン、チオ硫酸イオン及び遊離硫化水素に対応するものをいう。以下同じ。）を 1 キログラム中 2 ミリグラム以上含有する温泉を、法第 15 条第 1 項の規定による許可を受けて公共の浴用又は飲用に供し、又は供しようとする者（以下「温泉利用許可者」という。）が遵守すべき基準を定め、硫化水素が衛生上有害となった場合における事故の防止や利用者の安全確保を図るものである。

都道府県知事及び法第 36 条第 1 項の規定に基づく政令で定める市又は特別区の長（以下「都道府県知事等」という。）においては、本基準に沿った適正な温泉利

用が行われるよう、必要に応じて行政指導や行政処分を行うことが望ましい。

このため、法第 15 条第 1 項の許可処分の判断の一要素として当該基準を参照するほか、本基準の遵守状況等を法第 34 条の報告徴収や法第 35 条第 1 項の立入検査により確認し、その結果等を踏まえ、必要に応じて、行政指導や法第 31 条第 1 項第 1 号の許可の取消し等を検討することも可能である。

1 適用対象となる温泉

本基準の適用対象となる温泉は、1 キログラム中、総硫黄を 2 ミリグラム以上含有する温泉とする。

2 温泉利用施設の設備構造

温泉利用許可者は、硫化水素を原因とする事故の防止のため、温泉を公共の浴用に供する施設を(2)及び(3)において示す設備構造等とすることにより、浴室（露天風呂の場合は、利用空間をいう。以下同じ。）内の空気中の硫化水素濃度を(1)に示す基準を超えないようにすること。

(1) 浴室内の空気中の硫化水素濃度

- イ 浴槽湯面から上方 10cm の位置の濃度 20ppm
- ロ 浴室床面から上方 70cm の位置の濃度 10ppm

(2) 換気孔等又はばっ気装置等

イ 温泉を公共の浴用に供する施設の設備構造等として、以下のいずれかの設備構造等とすること。

(イ) 換気孔若しくは換気装置（以下「換気孔等」という。）（常時開放して浴室内に設置する場合に限る。以下同じ。）を有する構造

(ロ) ばっ気装置等（源泉から浴室までの間に設置する場合に限る。以下同じ。）を有する構造

(ハ) 換気孔等及びばっ気装置等を有する構造

ロ 換気孔等の設置については、浴室内に 2 か所以上設け、かつ、そのうち 1 か所は、浴室の床面と同じ高さに設けること。（別図 1 参照）

ハ 浴室には、硫化水素が局所的に滞留するような構造又は装置（ばっ気装置と同様の構造を持つ装置等）を設けないこと。

(3) 浴槽

イ 浴槽の湯面は、浴室の床面より高くなるように設けること。（別図 1 及び 2 参照）

ロ 浴槽への温泉注入口は、浴槽の湯面より上方に設けること。（別図 1 及び 3 参照）

3 浴室等の管理

温泉利用許可者は、利用者の安全を確保するため、浴室等において以下の内容を行うこと。

(1) 換気状態の確認

浴室内の硫化水素濃度が常に適正に維持されるよう換気孔等に対する確認を怠らないこと。また、浴室に隣接する脱衣室等においても、硫化水素が滞留しないよう、換気に十分配慮すること。特に、積雪の多い地方については、積雪により換気孔等の適切な稼働が妨げられることのないように十分留意すること。さらに、周囲の地形、積雪等により硫化水素が滞留するおそれがある露天風呂を利用に供している場合は、風速、風向等の気象条件の状況、変化等に十分配慮すること。

(2) 濃度の測定

都道府県知事等が必要と認めたときは、浴室内の空気中の硫化水素濃度を、検知管法又はこれと精度が同等以上の方法により、原則として毎日2回以上測定し、濃度に異常のないことを確認すること。なお、この測定のうち1回は、浴室利用開始前に行うこととし、測定場所は、浴室内において最も空気中の硫化水素濃度が高くなる地点（温泉注入口付近等）を含むこと。

(3) 測定結果の記録及びその保管

硫化水素濃度の測定結果を記録し、都道府県知事等から硫化水素濃度の測定結果について報告を求められたときは、直ちに提出できるようにその記録を保管しておくこと。

(4) その他

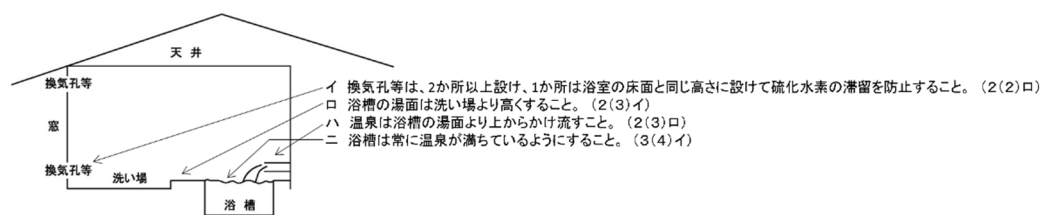
イ 浴室が利用に供されている間は、常に浴槽に温泉が満ちているようにすること。（別図1参照）

ロ 利用者の安全を図るため、浴室内の状態に常時気を配ること。

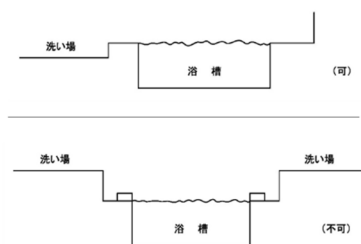
4 立入禁止柵等の設置

源泉における揚湯設備、湯畑その他のばっ気装置、パイプラインの排気装置、中継槽、貯湯槽等の管理者は、立入禁止柵、施錠設備、注意事項を明示した立札等を設けること。特に、総硫黄の含有量が多い温泉を利用し、又は硫化水素濃度が高くなるおそれがある大規模な貯湯槽等を使用する場合は、動力等による拡散装置等を設けることにより、硫化水素を原因とする中毒事故の防止に万全を期すこと。

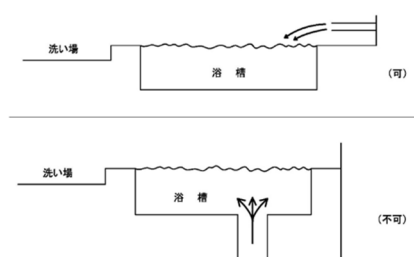
別図1



別図2



別図3



2. 用語解説集

本ガイドラインで使用する用語の内容は以下に示すとおりである。

・硫化水素（遊離硫化水素）

硫化水素は、ガス状の物質であり、人体に極めて有害な物質である。本ガイドラインでは、遊離硫化水素を硫化水素と呼ぶ。なお、イオン状の物質である硫化水素イオン (HS^-) やチオ硫酸イオン ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) は、酸の添加行為等により硫化水素に変化する。なお、アルカリ性や弱アルカリ性の硫黄泉には、硫化水素はほとんど含まれず、硫化水素イオンやチオ硫酸イオンが含まれる。しかしながら、アルカリ性や弱アルカリ性の硫黄泉であっても、源泉から浴室までの間に硫化水素が発生することがあるので注意が必要である。事例として、アルカリ性の硫黄泉で、源泉湧出口付近では空気中の硫化水素が検出されないものの、貯湯槽内の空気中の硫化水素濃度が 100ppm を超える場合（図1）や、浴室の温泉注入口で硫化水素濃度が 10ppm を超える事例が報告されている。

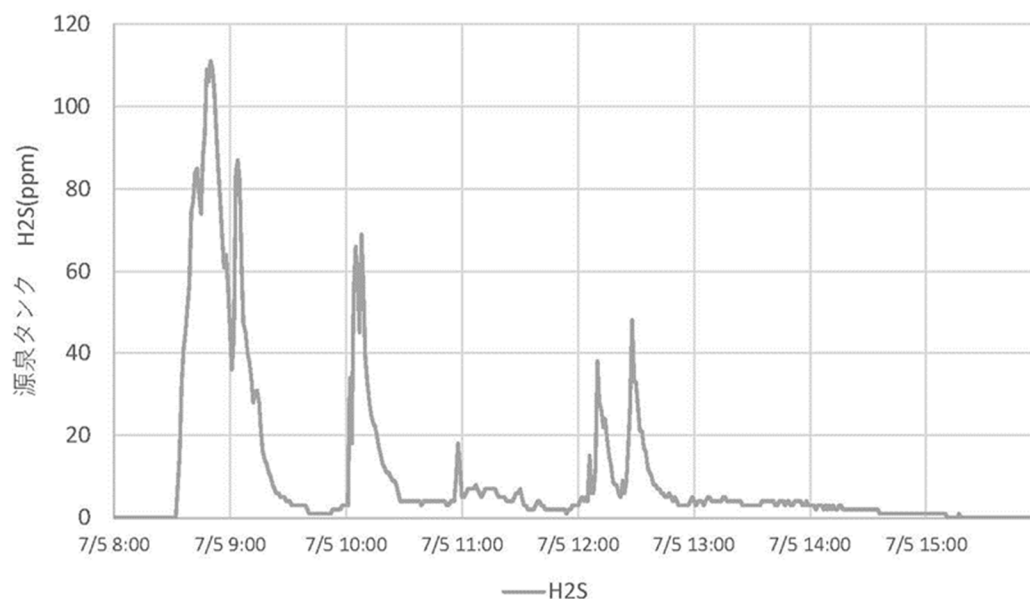


図1 アルカリ性硫黄泉（pH8.8）の貯湯槽内空気中硫化水素濃度の変化
（間欠湯沸しており、ポンプ稼働すると濃度が上昇する）

・ノックダウン

硫化水素中毒では、硫化水素の数回の呼吸による意識消失・呼吸停止・心停止を起こすことが知られており、この状態がノックダウンと呼ばれる。

・換気孔等

換気孔等とは、換気孔若しくは換気装置のことで、設備構造等基準では常時解放して浴室内に設置されるものに限られる。容易に開閉できるようなものは換気孔等として認められない。

・ばっ気装置等

ばっ気装置等とは、温泉から硫化水素を空気中に放出させる装置のことで、温泉を高所から落下させて硫化水素を抜くタイプ（落下式）や、樋を通過させるタイプ（樋流下式）、温泉中に空気を送り込んで硫化水素を抜くタイプ（送気式）の他、これらの仕組みを持つ貯湯槽や湯畑等のことをいう（図2～図4）。

特に硫化水素型の硫黄泉は、温泉に含まれる硫化水素や二酸化硫黄の他、酸性ガスを伴うので、腐食対策を講じる必要がある。ばっ気装置の素材は松のような樹脂を多く含む木製やFRP製のものが多くみられる。木製のものは釘を使用せず木組みで成形したものが一般的である。



図 2 落下式ばっ気槽

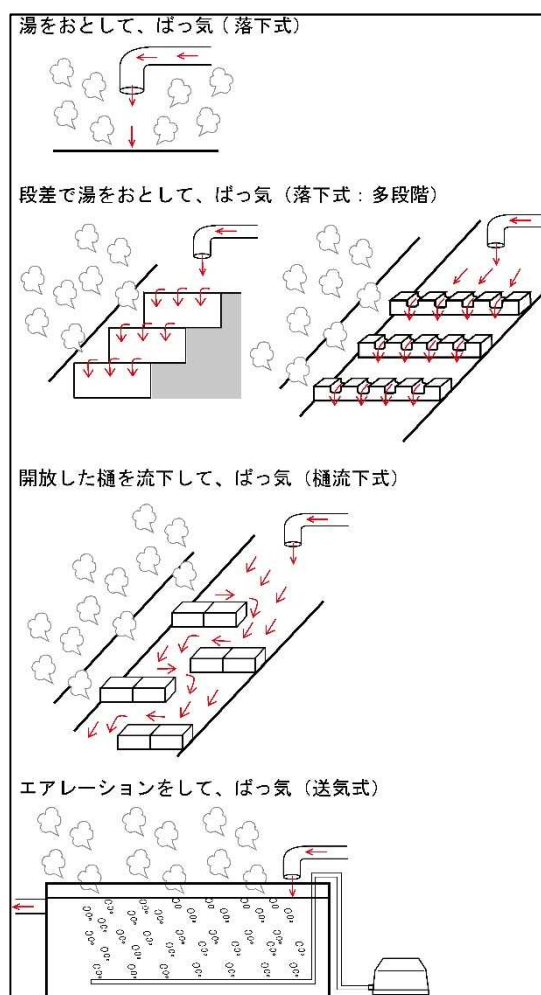


図 3 ばっ気装置概念図



図 4 送気式ばっ気装置(実証試験器)

・ ガス抜き孔

ガス抜き孔とは、温泉配管やばっ気装置に開けられた孔。「空気弁」と呼ばれることもある。ガス抜き孔からは高濃度硫化水素が放出されており、死亡事故の原因となることがある。

3. 硫化水素中毒事故防止のための基礎情報

(1) 硫化水素の毒性に関する基礎的知見

温泉を原因とする中毒事故は、そのほとんどが硫化水素が原因と考えられる。硫化水素は無色の空気より重いガスで、「卵が腐ったような」と形容される独特な腐乱臭を発する。可燃性ガスでもあるが、硫化水素が燃える濃度は、人体に有害な濃度をはるかに超える高濃度である。硫化水素は、主に火山の噴気地帯や火山周辺の温泉で排出されるが、ビルの下水槽やどぶ川、下水溝等からも排出されている。

硫化水素の中毒症状については多くの文献がある。僅かながら差はあるものの、50ppm を超えると人間に対して急性で生命の危険を伴いかねない毒性を発揮するといわれている。硫化水素濃度と人体に及ぼす影響を表1に示す。硫化水素は、低濃度でも長く吸い続けると嗅覚中枢を麻痺させるので臭いを頼りに硫化水素の有無の判断を行わないことが重要である。また、硫化水素中毒によるノックダウンを起こした場合、被災者の致死率が高いだけでなく、一命は取り留めたものの植物状態となってしまった事例や救助者が二次災害に遭い死亡した事例が多くある。なお、硫化水素は空気より重いガスであり、一般的に低い場所に滞留することにも留意する必要がある。

表 1 硫化水素濃度と人体に及ぼす影響

ガス濃度 [ppm]	作 用
0.025	臭いで感知しうる限界
0.3	明瞭に感知される
5～10	悪臭を強く感じる
20～50	目の炎症
50～150	頭痛、めまい、吐き気
150～200	悪臭の麻痺により臭気を感じなくなる
300	亜急性中毒（意識不明）
700～800	臭気を感じずに意識不明、30分で生命危機
1000～2000	失神、痙攣、呼吸停止、死に至る

（「地獄谷歩道沿いの管理作業における安全対策マニュアル作成の手引き」

平成 24 年 3 月環境省長野自然環境事務所）

(2) 総硫黄を2mg以上含有する温泉の確認方法

設備構造等基準は硫黄泉を対象としている。総硫黄の計算方法については、鉱泉分析法指針（平成26年改訂）（平成26年7月1日付け環自総発第1407012号自然環境局長通知）2ページ*4に以下の記載がある。

- 4 温泉法には総硫黄(S)との記載があることから、総硫黄(S)とは、 $\text{HS}^- + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{S}$ の硫黄(S)に相当するものを合計したものとし、次の計算式を用いること。
総硫黄(S) = $[\text{HS}^-]^* \times 32.06/33.0679 + [\text{H}_2\text{S}]^* \times 32.06/34.0758 + [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]^* \times 32.06 \times 2/112.1182$
* : $[\text{HS}^-]$, $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]$ はそれぞれの成分濃度 mg/kg

なお、総硫黄が1キログラム中2ミリグラム以上を含有する温泉の温泉分析書には、単純硫黄泉や泉質名の前に「含硫黄ー」と記載されており、泉質名をもって判断することも可能である。

4. 法第 15 条第 1 項の許可処分等にあたり、都道府県等が確認すべき事項

(1) 法第 15 条の第 1 項の許可処分に際し、都道府県知事等が確認すべき事項

法第 15 条第 1 項の許可処分に際し、特に硫黄泉で確認すべき事項には以下のものがあげられる。なお、これら事項を確認するためには、許可申請者に対して温泉法施行規則（昭和 23 年厚生省令第 35 号。以下「規則」という。）第 7 条第 2 項第 2 号に基づき、「温泉の成分が衛生上有害であるかどうかを審査するために都道府県知事が必要と認めた書類」として、提出させることも考えられる。具体的な運用にあたっては、すべての書類を一律に求めるのではなく、個々の申請に応じて判断されることが望ましい。

また、下記で示す事項は法第 34 条に基づく報告徴収及び法第 35 条に基づく立入検査においても参考となるものである。その際の記録用紙の例を記載する。

<確認事項と参照すべき書類>

確認事項	参照すべき書類
① 浴室内硫化水素濃度	・ 測定場所及び測定条件を明記した浴室内硫化水素濃度を示す書類
② 換気孔等の設置状況やばっ気装置等の有無等	・ 設備構造図（平面図及び換気孔等の場所等がわかる立図面） ・ 源泉から浴槽までの配管経路やガス抜き孔の位置、ばっ気装置等の位置、仕様、構造図が明記された書類
③ 浴室等の管理状況	・ （状況に応じて）積雪等の状況 ・ 浴室内硫化水素濃度測定計画
④ その他安全管理上必要な対応	・ 事故発生時の対処方針等

① 浴室内硫化水素濃度

確認点	確認すべき事項
硫化水素濃度測定場所	温泉注入口等の浴室内で最も空气中硫化水素濃度が高い地点で測定しているか。

硫化水素濃度測定状況	設備構造等基準2に示す状況（換気孔等の稼働、湯面の状況等）で測定しているか。なお、濃度以外にも日時、泉温、湯量、加水率、pH等を確認することが望ましい。
-------------------	--

※浴室内硫化水素濃度は、浴室容積、換気構造、給湯量等により変化するため、男湯、女湯、内湯、露天風呂等で著しく濃度が異なる場合があるので注意すること。

※具体的な濃度測定方法は、参考資料9-2.を参照すること。

② 換気孔等の設置状況及びばっ気装置等の有無等

確認点	確認すべき事項
換気孔等のみが設置されている場合	浴室内に2か所以上設置されているか、そのうち1か所は浴室床面と同じ高さか。なお、床面と同じ高さとは、浴室床面付近のことである。また、積雪等の影響も確認すること。
ばっ気装置等のみが設置されている場合	源泉から浴室までの間に設置されているか。なお、ばっ気装置周辺の立入禁止柵や、施錠状況等も確認することが望ましい。
換気孔等及びばっ気装置等が設置されている場合	上記事項を共に確認すること。
浴室内その他構造	・硫化水素が局所的に滞留するような装置・構造がないか（※）。 ・浴槽湯面は、浴室床面より高いか。 ・温泉注入口は、浴槽湯面より上方か。

※浴室内に設けられた湯温を調整するための混合槽等で、その内部が落下式のばっ気装置と同等の構造となっているもの。

③ 浴室等の管理状況

浴室等の管理については、温泉利用許可者等が実施するものであるが、都道府県等は、当該管理が適切に実施されているかを確認することが望まれる。

確認点	確認すべき事項
（状況に応じて）積雪等の状況	・積雪等により換気孔等の適切な稼働が妨げられていないか。 ・周辺の地形や風等により硫化水素が滞留しないか
硫化水素濃度の測定	・測定頻度、測定場所、記録方法、保管方法等

※測定機器については、附属説明書に基づき保守点検を適切に実施すること。

④ その他安全管理上必要な対応

設備構造等基準 4 では、浴室外での事故を防ぐための対応が記載されており、温泉利用許可者等は事故を防ぐために適切に対処すること。

また、硫化水素中毒事故は、被害者の救出時に二次被害が発生することがあり、過去の事故を教訓として、事故が発生した時の対処方針をあらかじめ策定することや従業員教育を行うことが重要である。参考となるものとして、警防活動時における安全管理マニュアル（参考資料 9－3．に抜粋）等があり、これらを参照し方針を決めること。

（２）法第 15 条第 4 項に基づく条件の事例

都道府県知事は法第 15 条第 1 項に基づく許可処分に際し、同条第 4 項に基づく条件を付すことができるとされている。過去に環境省が実施した調査に基づき、実際に過去に都道府県等が付した条件を記載する。

概要	具体例
設備構造等に関する こと	・ 浴室内に硫化水素等の有毒ガスが滞留しないよう換気に十分配慮すること。 ・ 浴室及び隣接する脱衣室、客室等における硫化水素の滞留を防止するため、換気が適切に行われるよう換気設備等の維持管理を行い、換気を阻害する行為を行わないように利用者に知らせしめること。
管理に関する こと	・ 毎日硫化水素濃度に異常が無いことを確認し、測定結果を記録の上保管すること。 ・ 1 日につき 4 回（営業開始前、午前中、昼、営業終了時）の硫化水素濃度を測定すること。
その他	・ 環境省告示第 59 号（平成 18 年 3 月 1 日（当時））の基準を遵守すること。 （環境省告示 59 号の基準を超えた場合には直ちに浴槽の使用を中止する旨の誓約を営業者より書面にて提出させている例もある。） ・ 万一中毒事故が発生した場合の応急措置について従業員等に徹底すること。 ・ 1 回あたりの供給量中の H_2S の量（硫化水素濃度 (mg/L) × 温泉の供給量 (L) が 200mg を超えないこと）

※実際には上記のものを組み合わせて条件として付している。

測定記録紙の例

測定記録紙（行政担当者向け）

測定日	年	月	日	測定者
浴槽の設置場所				
住所				
施設名				
浴槽名				
浴室内における測定値				
浴槽湯面から上方10cmの位置の濃度				[ppm]
測定場所:				
浴室床面から上方70cmの位置の濃度				[ppm]
測定場所:				
測定時の天候及び露天風呂では、風の状況				
天候:晴・曇・雨・雪・霧 風の状況: 無風・微風・強風				
浴槽の設備構造(該当するものがあれば□にチェックを入れる)				
☐ 浴槽の湯面が浴室の床面より高くなっている				
☐ 浴槽への温泉注入口が浴槽の湯面より上方に設けられている				
浴室内の空気中の硫化水素濃度を低減させるための措置				
☐ 換気孔 個数:				
☐ 換気扇 個数:				
☐ ばっ気装置 個数:				
ばっ気装置の形式(例:ばっ気槽内で温泉水を落下させるとともに送気)				
当該浴槽に係る空気中の硫化水素濃度の測定状況 (該当するものがあれば□にチェックを入れる)				
☐ 1日2回以上測定				
☐ 定期的に測定 回 /				
別紙添付資料等(該当するものがあれば□にチェックを入れる)				
☐ 分析書:				
☐ 平面図及び立面図:				
☐ 写真:				
☐ その他資料(室温、泉温、給湯量等):				
備考				

5. 温泉利用許可者等が硫黄泉を公共の浴用に供する場合に設置すべき設備構造等について

温泉利用許可者等は、硫黄泉を法第15条第1項に基づき公共の浴用に供する場合には、設備構造等基準に基づき、換気孔等、ばっ気装置等又はその両方の設備を設置することが求められる。具体的には、4-(1)②「換気孔等の設置状況及びばっ気装置等の有無等」に記載された事項を踏まえた構造とすること。以下に、換気孔等及びばっ気装置等の優良事例を記載する。

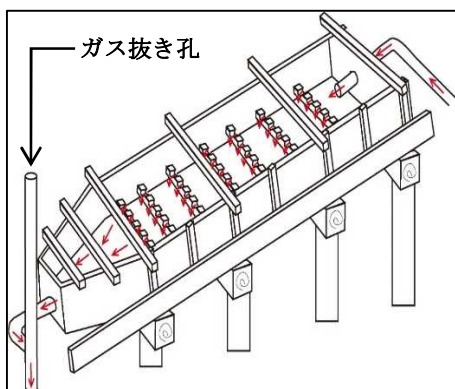
優良な換気孔等の設置例



換気孔等を温泉注入口付近の壁に浴室から室外に空気を排出するように設置し、温泉注入口付近で発生する硫化水素を浴室内に拡散する前に浴室外に排気している。ただし室内へ供給される空気量が少ないと効果的な排気が行えないことに注意すること。

図 5 温泉注入口付近に設置された換気孔等

優良なばっ気装置等の設置例



ばっ気装置等の優良事例として、通常の落下式ではなく、舟形のばっ気装置内に複数堰を設ける事例(図6)や階段式の槽内を流下させ、温泉から硫化水素をばっ気する事例(図7)がある。

図 6 舟形ばっ気装置
(赤の矢印が温泉の流れる方向)

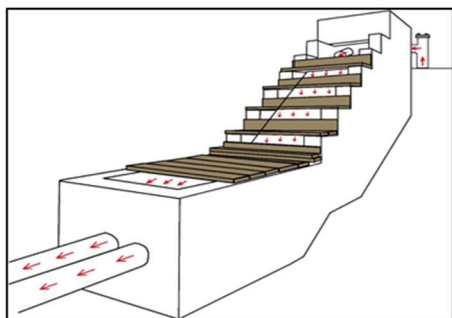


図 7 階段式ばっ気装置
(赤の矢印が温泉の流れる方向)



図 8 樋の中に設置されたレンガ

樋流下式ばっ気装置では、樋の中にレンガを配置し、乱流を発生させ、硫化水素をばっ気している事例がある。この方法は、温度低下やばっ気の程度をレンガを設置することで調整することができる（図8）。比較的重量のあるレンガを設置すれば、簡単にばっ気装置の改造を行うことができる。

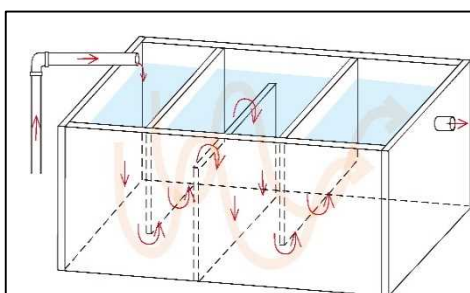


図 9 湯もみ槽
(赤の矢印が温泉の流れる方向)

単純な落下式ばっ気装置ではなく、槽内に仕切り板を設け、槽内を複数の区画に分け、温泉を上下（湯もみ）させて硫化水素を抜くばっ気装置があり、効果を上げている事例もある（図9）。

6. 温泉利用許可者等が硫化水素濃度を測定する際の注意事項、測定方法等

(1) 測定にあたり注意すべき事項

浴室内の硫化水素濃度を測定する際には、正確かつ安全に作業を行う必要があるが、危険を感じるような場合には測定を行わず、退避すべきである。安全に測定を実施するためには、最適な測定場所を選び測定計画を策定することや、測定器の正しい使用方法を理解し、保守点検作業を欠かさないことが重要である。また、実測時に設備構造の安全確認を行い、測定結果と共に測定時の状況を記録することも重要である。

測定にあたっては、複数人での実施や体調に気をつけることが求められるが、測定に関して理解を深めるために、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者講習や公益財団法人日本保安用品協会等が開催する講習会を受講する方法もある。

なお、測定に関する注意事項や測定方法については都道府県等が法第 35 条に基づき実施する立入検査等に際しても参考となるので留意すること。

(2) 測定の方法

浴室内の硫化水素濃度測定ポイントは以下のとおりである。

測定場所	浴槽湯面から上方 10 cm	温泉注入口付近等の浴室硫化水素濃度が最も高い地点
	浴室床面から上方 70 cm	浴槽縁付近かつ温泉注入口の風下付近等の浴室硫化水素濃度が最も高い地点
測定時間	原則として毎日 2 回以上測定し、そのうち 1 回は浴室利用開始前に行うこと。	
測定方法	検知管法又はこれと精度が同等以上の方法	

※測定は実際の浴室の利用状態に即して行うこと。

※浴室のそばに湯畑や噴気等の地熱地帯がある場合や、源泉やばっ気装置より低所に浴室が設置されている場合、風向きによっては、必ずしも温泉注入口付近とその風下が最も空気中の硫化水素濃度が高くなる地点とならないことがあるので注意すること。

※空気の流れが複雑な構造の浴室やごく小規模な浴室では事前に複数箇所で測定を実施し、最も空気中の硫化水素濃度が高くなる地点を調査したうえで測定場所を定めること。

※浴室利用開始前の測定については、浴槽に温泉が満ちている（浴槽の縁から温泉があふれ出ている）ことを確認して行うこと。

※測定のタイミングについては、ロガータイプの測定器を用いると利用時間内の濃

度変化を把握することができるので参考となる。

(3) 測定器の使用方法和保守点検作業

空気中の硫化水素の測定は、検知管法又はこれと精度が同等以上の方法により行うことが定められている。以下表 2 にその特徴を示すとともに測定記録用紙の例を提示する。なお、測定器の具体的使用方法や保守管理方法は参考資料 9-2. に示す。

表 2 空気中の硫化水素濃度を測定する方法の特徴

方 法	メリット	デメリット
検知管法 (JIS T 8204)	・イニシャルコストが安価（ガス採取器は 2 万円前後） ・ゼロ点調整の必要が無い	・検知管は消耗品（10 本 2 千円前後）なので測定頻度が多い場合ランニングコストが高い ・使用済み検知管を特別管理産業廃棄物として処分が必要な場合がある
検知管法と精度が同等以上の方法 (硫化水素計) (JIS T 8205)	・ランニングコストが安価 ・測定値がデジタル表示されるのでわかり易い ・反応時間が短い	・イニシャルコストが高額（10 万円前後） ・メーカーによる定期点検が必要（説明書に従う） ・水没に弱い



図 10 検知管法ガス採取器



図 11 拡散式硫化水素計



図 12 吸引式硫化水素計

(4) 測定時に行う確認作業

浴室内の硫化水素濃度測定時には、同時に設備構造等基準に定める内容が遵守されているかを確認することが安全対策の観点から必要である。特に換気装置の稼働状態や積雪、落ち葉等により換気孔等が閉塞し、硫化水素が滞留していないかを確認すること。

測定記録紙の例

測定記録紙（利用許可者向け）

[illegible]

7. 浴室外において、温泉利用許可者等が注意すべき硫化水素中毒防止に必要な事項

温泉利用許可者等が温泉利用設備に関する保守管理等にあたっては、一義的には労働安全衛生法（昭和 47 年法律第 57 号）や労働基準法（昭和 22 年法律第 49 号）等といった法令を遵守することが必要である。以下には、温泉利用設備について注意すべき事項を記載する。

（1）引湯経路の確認とガス抜き孔等高濃度硫化水素発生個所の把握と対策

温泉を自然流下させる場合、多くの施設でガス抜き孔が設置されているが、このガス抜き孔からは 1000ppm を超える高濃度硫化水素が放出されていることがある。このようなガス抜き孔の上部に積雪があると、温泉付随ガスによりガス抜き孔の直上部の雪が溶け、高濃度硫化水素が滞留することがある。不用意にそのような場所を掘ったり、知らずにそのような場所に踏み込むと死亡事故に至ることがある。そのため、ガス抜き孔の位置については温泉利用許可者等のみならず、地元観光協会や自治体とも共有しておくことが望ましい。



図 13 高濃度硫化水素を放出するガス抜き孔に析出した針状硫黄結晶

（2）温泉利用許可者等が高濃度硫化水素発生個所に係る設備の保守等を行う際の注意点

貯湯槽清掃に伴い底の湯の花を攪拌したところ、高濃度硫化水素が発生した事例もあり、特に貯湯槽等の密閉される場所の清掃は、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者のいる専門業者に作業を依頼すべきである。

硫化水素の代謝には当日の体調が大きく影響する。作業員は体調管理に努め、無理な作業を行わないことも重要である。酸素欠乏症等防止規則では、硫化水素中毒にかかるおそれのある場所では、事前に酸素濃度

及び硫化水素濃度を測定した上で、硫化水素濃度が 10ppm を超える場合には、監視人を置き安全帯・命綱を着用し空気呼吸器を装着したうえで立ち入ることとしている。

図 14 に酸素欠乏症等防止規則で定める硫化水素が 10ppm を超える場所に立ち入る際に必要な装備を示す。



図 14 安全帯と空気呼吸器を装備した作業員

貯湯槽等、温泉付随ガスがたまりやすい場所での作業は行うべきではないが、配管清掃等、やむを得ず比較的高濃度に硫化水素が検出される場所で作業を行う場合には以下の点に注意すること。

- ・ 事前に作業計画を策定し、複数人で作業を行うこと（※ 1）
- ・ 比較的低濃度の硫化水素が検出される場所では、防毒マスクを着用すること（※ 2）
- ・ 従業員には硫化水素の危険性について普段から教育を行うこと。

※ 1 装着型硫化水素検知警報器や酸素検知警報器を装着し、硫化水素中毒や酸欠事故に注意すること。

※ 2 防毒マスクを着用する際には、吸収缶に示された破過時間を厳守すること。また防毒マスクには、硫化水素を除去する能力しかないので、温泉付随ガスがたまる貯湯槽内部等の酸欠環境では、全く効果がなく数回の呼吸で死に至る可能性があることを認識しておく必要がある。

（３）浴室外における一般利用者の中毒事故防止に関する対応措置

2005(平成 17)年 12 月には温泉旅館そばの駐車場脇で一家 4 名が亡くなる事故が発生している。設備構造等基準 4 では、源泉における揚湯設備、湯畑その他のばっ気装置、貯湯槽等の管理者は、立入禁止柵、施錠設備、注意事項を明示した立札等の設置について記載があり、分かりやすい注意喚起が効果的である（図 15）。また、一般の利用客や作業に従

事しない従業員が源泉や貯湯槽等に立ち入らないように施錠等を行うこと（図 16、図 17）。

温泉地周辺には、硫化水素を放出する噴気や泥火山が存在する地熱地帯が存在する場合がある。そのような地熱地帯は硫化水素中毒だけでなく、地盤を踏み抜いて火傷をする危険性がある。なお、地熱地帯の状況によっては、立入禁止措置等を検討する必要がある。



図 15 立ち入り禁止を示す看板（1 段階目）



（2 段階目）



図 16 タンク開口部の施錠



図 17 タンクに書かれた注意書き

8. 参考文献

- 安藤守昭（1982）硫化水素中毒後遺症の2例．日災医学会誌，Vol. 35，225-230.
- 中央労働災害防止協会（2002）2000-2001 化学物質の危険・有害便覧．中央労働災害防止協会，東京．
- 中央労働災害防止協会（2015）酸素欠乏危険作業主任者テキスト．中央労働災害防止協会，東京．
- 後藤稠，池田正之，原一郎（1992）産業中毒便覧 増補版．医歯薬出版，東京．
- 広瀬保夫（2010）硫化水素中毒の臨床，中毒研究，Vol. 23，212-216.
- 井ノ上幸典，熊谷謙，田中俊春，吉田暁，関口博史，小林かおり，広瀬保夫（2011）硫化水素中毒による致死的心筋障害の2例，中毒研究，Vol. 24，231-235.
- Kamijo, Y., Takai, M., Fujita Y., Hirose, Y., Iwasaki, Y. and Ishihara, S. (2013) A multicenter retrospective survey on a suicide terend using hydrogen sulfide in Japan. Clinital Toxicology, Vol.51, 425-428.
- 環境省長野自然環境事務所（2012）地獄谷歩道沿いの管理作業における安全対策マニュアル作成の手引．
- 警防活動時における安全管理マニュアル【改訂版】（2011）総務省消防庁．
- 国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部（2007）硫化水素：ヒトの健康への影響．国立医薬品食品衛生研究所ホームページ
<http://www.nihs.go.jp/hse/cicad/full/no53/full153.pdf>（2017年7月現在）
- 公益財団法人日本中毒情報センター（2009）医師向け中毒情報概要【硫化水素】Ver.1.07. <http://www.j-poison-ic.or.jp/homepage.nsf>（2017年7月現在）
- 内藤裕史（2002）中毒百科－事例・病態・治療－（改訂第2版）．株式会社江南堂，東京．
- 日本産業衛生学会（2016）許容濃度の勧告（2016年度），産業衛生学雑誌，Vol. 58, No. 5, 181-212.

9. 参考資料

(1) 硫化水素の毒性に関する医学及び労働衛生上の知識

医学的な所見については、「中毒百科」に以下の記載がある。

硫化水素の毒作用は、局所作用と全身作用に分けられる。水に溶けやすいため、粘膜の水に溶け、比較的低濃度で目の刺激、気管・気管支の刺激、炎症、肺水腫と、暴露濃度と時間に従って進行する。刺激作用が強いという点が、シアン化水素と違うところである。150～300ppm くらいで眼に強い刺激や痛みを感じ、結膜炎、角膜炎、眼瞼浮腫などが起こる。こうした眼症状は、人造絹糸やセロファン
の工場によくみられたので、わが国では「紡糸眼病」、外国では「gas eyes」と呼ばれてきた。皮膚からも吸収されるが、全身症状を現わすほどではない。この点もシアン化水素と違う。生体は強力な硫化水素の解毒作用をもっていて、50ppm くらいまでなら血液中に入った硫化水素はただちに肝臓や酵素ヘモグロビンで酸化され、硫酸塩のような無害なものに変わる。したがって、ここまでなら局所作用が主で、全身作用は出にくい。とはいっても、局所作用によって肺水腫も起きるから、安全というわけではない。肺水腫は 10ppm・48 時間、60ppm・30 分で起きる。硫黄温泉付近で吸う硫化水素は 150ppm くらいまでで、短時間であれば一時的な不快感、頭痛、胸部圧迫感くらいですむのが普通である。0.1ppm で腐乱臭を感じるが、100～150ppm になると嗅覚疲労が起きて臭いを感じなくなるので危険である。これを超えると、頭痛、吐き気、幻覚、意識混濁、呼吸困難、呼吸麻痺などの全身作用が現われ、30～60 分で死にいたる。

硫化水素はシアンと同じくシトクロム酸化酵素の Fe^{3+} と親和性が強く、この呼吸酵素を阻害して毒作用を現わす。シアンと並んで代表的な組織中毒性低酸素症を起こす物質である。毒性の強さもシアンと同程度である。1000ppm では、数呼吸で失神、昏倒、死にいたる。ノックダウンと言われるくらい急激で、失神の際の転倒や転落でけがをすることがある（安藤 1982）。硫化水素は、メトヘモグロビンと結合して硫化メトヘモグロビンをつくるが、ヘモグロビンとは結合しにくく、硫化ヘモグロビンは急性中毒の時、ラベンダーブルーと称される青色のチアノーゼが現われ、大脳皮質までこの色に染まるといわれているが、この色は硫化ヘモグロビンによるものではないらしい。

労働作業環境を想定した硫化水素濃度と人体に及ぼす影響については、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習で使用されるテキストに図 18 が掲載さ

れている。



図 18 硫化水素の人に及ぼす作用

酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習テキストでは、ノックダウンを起こす濃度は、700ppm とされている。他文献では、ノックダウンを起こす濃度を500ppm (広瀬 2010)、700ppm (後藤ほか 1992, 国立医薬品食品衛生研究所 2007)、800ppm (中央労働災害防止協会 2002)、800～1000 (日本中毒情報センター2009) としているものがある。文献によりノックダウンを起こす濃度には開きがある。これは、硫化水素は生体内で代謝されるが、そのような生体内での代謝能力には代謝酵素の活性等の個人差があるためである。また、飲酒や服薬の有無等も代謝酵素の活性を左右すると考えられる。一般的に子供は、硫化水素による細胞呼吸障害の影響を受けやすいとされている。硫化水素は空気より重いので低い位置の方が高濃度となりやすい。子供は呼吸器の位置が低いため、成人健常者よりも硫化水素中毒を発症する可能性が高い。さらに硫化水素は、ノックダウンを起こすほどではない低濃度 (50～200 ppm) での長時間暴露により粘膜刺激作用を発揮するので、喘息の既往症があれば、硫化水素濃度が低濃度であっても喘息発作を起こし、場合によっては致命的となる。一般的に文献で示される硫化水素の中毒症状は、成人健常者の症状について示されたものである。温泉浴槽は、高齢者や子供が利用する場所であり、より低濃度でノックダウンや重篤な中毒症状を発症する可能性がある。実際に 1960 (昭和 35) 年に浴槽で起きた事故では、子供 (当時 9 歳) が祖母・叔母と共に 3 人で硫化水素型硫黄泉の浴槽に入浴していたが、祖母・叔母が話に夢中になり、1 時間ほどして湯から出るとき浴槽内において変死していた子供を発見したという事例がある。硫化水素は比重の重いガスなので、低所ほど高濃度になりやすく、子供やペットが大人より高濃度の硫化水素にさらされやすい傾向がある。成人であっても火山学者が現地調査の際に胸ポケットから落としたペンを拾うため、かがんだ際に意識を失った事例がある。

一方で、硫化水素は必ずしも低所に溜まるわけではないことにも注意が必要である。

(2) 硫化水素測定手順

1. 検知管法による測定手順

I 検知管の確認

検知管の箱等にかかれている以下の項目について確認を行う。

- ① 使用する検知管が有効期限内であること。
 - ② 検知管が硫化水素用検知管であること。
 - ③ 目盛範囲が適当であること。
 - ④ ガス採取器で吸引する空気の量とその際の吸引時間。
- 検知管とガス採取器は必ず同一メーカーのものをを使用すること。
 - 検知管には多くの種類があり、多種多様な測定対象ガスやそれぞれの対象ガスについて種々の測定範囲に対応したものが販売されている。検知管を使用する際には対象ガス名(図 19 ア参照)と目盛範囲(図 19 イ参照)を確認すること。濃度が[%]のものもあるので注意すること(1%=10000ppm)。通常浴室測定では、目盛範囲の中に 10ppm あるいは 20ppm を含む検知管を選択する。また、吸引量と吸引時間を確認する(図 19 ウ参照)。
 - 検知管の濃度の範囲には、「目盛範囲」の他に「測定範囲」がある。「目盛範囲」は実際に検知管に印刷されている目盛の範囲で通常 1 回(100mL)吸引の基本操作でそのまま数値を読み取り測定値とする。一方、吸引回数を増やしたり、吸引量を減らすことにより、測定できる濃度を変えることができる。これが「測定範囲」に相当する。検知管の測定に慣れるまでは「目盛範囲」を用いること。
 - 国内で流通しているガス採取器は通常、1 回の最大吸引量が 100mL で、必要に応じて吸引量を 50mL に減らすことができるようになっている。ガス採取器にはストッパを作動させる吸引量を示すマークが本体とハンドルに示されている。現在販売されているガス採取器の多くは、100mL か 50mL かハンドルを回転させて選択できるようになっている。
 - 検知管の有効期限は、検知管の箱の外部にかかれているので、箱は中の検知管を使い切るまで保存する。他の箱の検知管と混ぜてはならない。

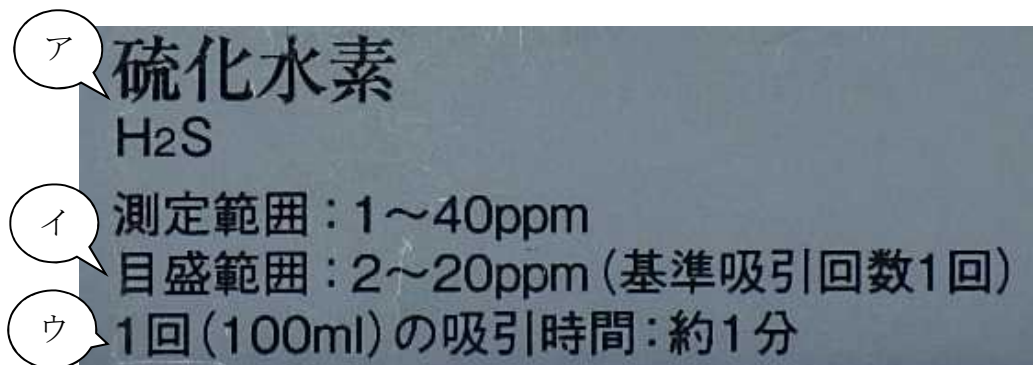


図 19 検知管の箱に記載された検知管の情報の例

II ガス採取器の空気漏れ試験（リークテスト）

- ① 未使用の両端をカットしていない検知管をガス採取器に差し込む。
 - ② ガス採取器のハンドルを完全に押し込み 100mL 吸引するための位置にマークを合わせる。
 - ③ ハンドルを一気に引き、ストッパを作動させる。そのままの状態でガス採取器説明書に書かれた時間（約 1 分）放置する。
 - ④ 時間経過後ストッパを解除（通常ハンドルを 90 度ひねる）し、ハンドルが元の位置まで戻ることを確認する。
- ストッパを解除すると勢いよくハンドルが戻るので、反動で検知管が飛び出すことがある。ストッパを解除する際には検知管が人に当たったり床に落ちて割れないようハンドルを手で引きながらゆっくり戻すこと（図 20 参照）。ただし、絶対にハンドルを押し込まないこと。
 - ハンドルが元の位置まで戻らないときはガス採取器に漏れが起きている。ガス採取器説明書を参考にし、グリスの塗りなおしや、ガス採取器先端部の検知管を差し込むゴム管等を交換し、空気漏れ試験を再度行うこと。空気漏れ試験の結果が改善されない場合は、メーカーに修理を依頼する。
 - 空気漏れが起きたままガス採取器を使用すると正しい濃度が表示されないので、測定前には必ずガス採取器の空気漏れ試験を行うこと。



図 20 ストップを解除しハンドルを引きながら戻す状況

Ⅲ 濃度測定

- ① 検知管の両端をカッターで切り取り、検知管に表示されているガスの矢印に注意し、ガス採取器の先端に空気漏れが無い様に確実に差し込む。
 - ② ガス採取器のハンドルを完全に押し込み、検知管に示された量を吸引するための位置にハンドルのマークを合わせる。
 - ③ 検知管の先端を測定場所に設置し、ハンドルを一気に引いてストップを作動させる。
 - ④ 検知管に書かれている吸引時間が過ぎたらストップを解除し、ハンドルが戻らないことを確認し測定を終える。ハンドルが戻った場合は吸引が十分でないのでその位置から再度吸引する。この間検知管を測定場所から動かしてはならない。
- 検知管の両端をカッターで切り取る際には、細かなガラスくずが発生する。浴室床に落ちたガラスくずで入浴客が足を怪我しないように注意すること。ガス採取器に付属しているカッターはガラスくずが飛散しやすいので使用しないこと。各メーカーからガラスくずが飛び散りにくい専用カッターが販売されているので、そのようなものをビニール袋に入れ、袋の中でカット作業を行う等し、ガラスくずの飛散防止に万全を尽くすこと(図 21 参照)。
 - 検知管をガス採取器に差し込む際には、切り口のガラスが鋭くなっているので注意すること。
 - 検知管の端をカットするのは測定の直前に行うこと、端をカットし、放置したものは測定に使用しない。また、一度使用した検

知管は、再利用しないこと。

- 検知管の反応の大部分はハンドルを引いた直後に起きるので、必ず検知管の先端を測定地点に設置した状態でハンドルを引くこと。
- 吸引時間中、検知管に水を吸い込まないように注意すること。検知管に水を吸い込んでしまった場合には新しい検知管に取り換え測定をやり直すこと。
- 吸引時間を時計で計測するが、最近のガス採取器には吸引終了を示すインジケーターがついているので、このインジケーター（INDICATOR）を使用してもよい（図 22 参照）。



図 21 ビニール袋に入れた専用カッター



図 22 インジケーター

IV 測定値の読み取りと検知管の廃棄

検知管をガス採取器からはずし、検知管の色の変わった端の値を読み取る。
測定結果を記録し、測定を終えた検知管は適正に廃棄する。

- 検知管両端の切り口はガラスが鋭くなっているので注意すること。
- 検知管の色が変わった部分が斜めになっている場合、検知管メーカーの指定する方法で測定値を読み取ること。
- 検知管がまったく変色しないときは、検知管に表示されている最低目盛りの値未満と記録する。例えば、検知管の最低目盛りが1ppmの場合、「1ppm 未満」と記載し、検知管の最低目盛りが10ppmの場合、「10ppm 未満」と記載する。「0ppm」と記載してはならない。
- 検知管の種類によっては、水銀や鉛等の有害物質を含んでいるものがあり、そのような検知管を使用した場合は、通常の産業廃棄物としてではなく、検知管メーカーの指定する方法で処分する必要がある。検知管の説明書には廃棄の方法が記載されているので、廃棄方法に従い適正に処分すること。検知管メーカーでは鉛含有量の低減化や鉛を含まない検知管の開発を行っている。このような検知管を使用すれば、産業廃棄物の「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」として処分できる。

2. 硫化水素計による測定手順

(各メーカーにより操作方法に違いがあるので附属説明書を熟読すること)

I 点検及び起動

硫化水素計には拡散式と吸引式がある。吸引式硫化水素計を使用する場合は、吸引チューブ等に亀裂がないか確認した上、電源を投入する。

- 電池残量を確認する。必要に応じ充電又は電池交換を行う。
- 硫化水素計の検知部にはメーカーの定める調整期限がある。調整期限を過ぎた硫化水素計は使用せず、メーカーに定期点検を依頼する。通常、メーカーによる定期点検を受けると本体に次の定期点検の時期を示す証紙が張られる。
- 硫化水素計の定期点検はメーカーに依頼すると納入まで 2 週間程かかることがあるので、定期点検中は代替機や検知管を使用したり、近隣の旅館と測定器を貸し借りができるように調整しておくこと。
- 検知部の硫化水素センサは、衝撃に弱いので取り扱いに注意すること。
- 硫化水素センサは、アルコールに反応し、場合によってはセンサを劣化させることがある。拡散式のセンサ部や吸引式の吸引チューブ等の部分をアルコール含浸ティッシュペーパーで拭かないこと。
- 酸素センサ等、他のガスのセンサが付属している硫化水素計（警報器、複合式という）がある。そのようなものは、貯湯槽やばっ気装置付近での作業や、事故発生時に他の危険なガス濃度も確認できるため、安全に作業する上で有効である。しかしながら、硫化水素以外のセンサにも調整期限があり、定期点検の費用が若干高額となる。また、可燃性ガス測定用の接触燃焼式センサは硫化水素による劣化が起きやすいため、比較的高濃度に硫化水素が検出される場所で使用し続けると故障の原因になりやすい。
- センサには調整期限の他に有効期限（寿命）があり、有効期限の過ぎたセンサはメーカーに交換を依頼する。



図 23 複合式センサ警報器でアタッチメントにより吸引式になるタイプ

II ゼロ点調整

硫化水素のない空気中でゼロ点調整を行う。

- 旅館内でも硫化水素が検出される場合、旅館内でゼロ点調整を行うと、その硫化水素濃度をゼロとしてしまうため、本来の値よりも低い値を測定値としてしまう。ゼロ点調整を行う際には必ず硫化水素のない環境でゼロ点調整を行うこと。
- ゼロ点調整には気温や気圧が影響することがあるので、ゼロ点調整は毎使用時に測定場所の近く（同じ気温や気圧の場所）で行う。

III 濃度測定と測定値の読み取り

拡散式硫化水素計のセンサ部分を、又は吸引式硫化水素計の吸引チューブ先端部を測定場所に設置する。指示値が十分に安定するのを待って指示値を読み取る。測定開始後 3 分程度経過しても指示値が変動する場合は、最大の指示値を読み取る。測定結果を記録する。

- 硫化水素計本体、拡散式硫化水素計センサ部、吸引式硫化水素計の吸引チューブ先端部は、水に弱いので、測定中に本体や検知部に水がかからないように注意する。
- 測定を終えたのち、硫化水素計を硫化水素のない空気中に戻し、値がゼロになっているか確認する ($0 \pm 1\text{ppm}$)。もしゼロに戻らない場合には、再度点検の後、ゼロ点調整をやり直し再測定する。



図 24 拡散式及び吸引式硫化水素計

IV 測定後の硫化水素計の空運転と保管

温泉施設での硫化水素濃度測定では、硫化水素計は高湿度の空気を硫化水素センサに取り込んでいるので適切に保守管理を行う必要がある。

- ① 硫化水素計本体、拡散式の硫化水素センサ表面や吸引式の吸引チューブの内部に水滴等が付着している場合は、完全に拭き取る。
- ② 吸引式の場合、事務所や屋外等、低湿度の雰囲気の中で、測定場所での使用時間の 5～10 倍程度空運転を行い、硫化水素計や吸引チューブ内部の乾燥処置を行う。
- ③ 硫化水素計は、電子基板を使用しているので、微量の硫化水素であっても劣化が促進し破損することがある。使用後は硫化水素や酸性ガスにより腐食が起きないように、硫化水素のない空気環境に保管するか、密閉式の容器を用い硫化水素除害剤（活性炭等）と共に密閉保管する。

(3) 警防活動時における安全管理マニュアル（硫化水素部分抜粋）

硫化水素中毒については、硫化水素自殺が急増した 2008（平成 20）年以降、救助に当たった消防、警察関係者、同居者及び旅館従業員等が二次災害に遭う事例が多く発生した。総務省消防庁では、1984（昭和 59）年に作成した「警防活動時における安全管理マニュアル（昭和 59 年 8 月 8 日付け消防消第 132 号通知）」を改訂し、平成 23 年 3 月に「警防活動時における安全管理マニュアル【改訂版】」を作成した。「警防活動時における安全管理マニュアル【改訂版】」では、新たに硫化水素災害の項目を設けた。マニュアルの 76 ページには、硫化水素災害の際の留意事項として以下の記載がある。

1. 指揮者は、警戒区域の設定等必要な活動命令を行い、関係者や付近住民の被害の拡大防止に努めるとともに、現場における二次災害防止、隊員の体調管理等に留意する。
2. 硫化水素が発生する際は、現場が高度の酸欠状態になっている可能性もあることから、現場に侵入する際は呼吸器を必ず装着する。
3. 事故現場の内部だけでなく、現場付近や開口部付近にも硫化水素が流出したり、滞留している可能性があるため、隊員の安全管理対策と呼吸器や防護服などで防護対策を講じる。
4. 現場に最先着した隊は、異臭がする場合には、防ぎよ体勢が整うまで扉等をむやみに開放しない。