

環境省委託業務報告書

平成 27 年度温泉を原因とする
中毒事故等対策検討委託業務

2016 年 3 月

公益財団法人 中央温泉研究所

要約

本報告書は、平成 27 年度温泉を原因とする中毒事故等対策検討委託業務についてまとめたものである。

現在環境省では、「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(平成 18 年 3 月 1 日 環境省告示第 59 号)」「(以下「設備構造等基準」という)を定め、温泉利用許可者に対し、温泉を公共の浴用に供する施設の設備構造を示している。しかしながら、依然として硫化水素等を原因とする死亡事故が近年発生しており、何らかの対策が求められるところである。

本業務では、実際の事故事例を検証し、硫化水素、二酸化炭素等を原因とした事故を未然に防止するための方策を検討し、温泉事業者向け注意喚起(案)を作成した。

Summary

This report is a summary of the Fiscal 2015 Commissioned Project for Deliberations on Dealing with Toxic Incidents, etc. Caused by Hot Springs.

Currently the Ministry of the Environment has defined the Equipment and Construction, etc. Standard for Hot Spring Usage Facilities for Public Bathing (March 1, 2006; Notification No. 59, Ministry of the Environment; hereafter referred to as the "Equipment and Construction, etc. Standard"), to specify the equipment and construction of facilities for public bathing in hot springs for permitted users of hot springs. However, fatal accidents have continued to occur in recent years caused by substances such as hydrogen sulfide, indicating the need for some sort of countermeasures.

In this project, case studies of actual accidents were verified to examine the prevention in advance of accidents due to substances such as hydrogen sulfide or carbon dioxide, and a draft warning notice for hot spring operators was created.

目次

1. まえがき	1
1-1. 業務の目的	1
1-2. 業務の内容	1
1-3. 本業務に従事した職員	2
2. 事件事例の整理	3
3. 温泉を原因とする中毒事故に関する資料調査	50
3-1. 温泉付随ガスが原因となった事件事例	50
3-2. 温泉付随ガスによる中毒	59
3-2-1. 硫化水素中毒	59
3-2-2. 二酸化炭素中毒	62
3-2-3. 酸素欠乏（メタン，窒素，二酸化炭素，水蒸気）	65
3-3. 専門家ヒアリング	67
4. 事故未然防止策の検討	94
5. まとめ	99
6. 中毒防止パンフレット（案）	101
7. 参考文献	105
付録	A-1

1. まえがき

1-1. 業務の目的

現在環境省では、「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（平成 18 年 3 月 1 日 環境省告示第 59 号）」（以下「設備構造等基準」という）を定め、温泉利用許可者に対し、温泉を公共の浴用に供する施設の設備構造を示している。しかしながら、依然として下記のとおり硫化水素等を原因とする死亡事故が近年発生しており、何らかの対策が求められるところである。

本業務では、硫化水素、二酸化炭素等を原因とした事故を未然に防止するための方策を検討した。

発生年	温泉地	発生場所	概要（発生当時）
2005(平成 17)年	泥湯温泉 (秋田県)	旅館付近の 駐車場	4 名死亡
2013(平成 25)年	雲仙温泉 (長崎県)	貯湯槽	1 名死亡 1 名重体
2014(平成 26)年	登別温泉 (北海道)	貯湯槽	2 名死亡
2014(平成 26)年	北海道道央部	浴槽	1 名重体(硫化水素中 毒の疑い)
2015(平成 27)年	乳頭温泉郷 (秋田県)	源泉付近	3 名死亡

1-2. 業務の内容

(1) 事故事例の整理

近年発生した温泉を由来とする硫化水素又は二酸化炭素等を原因とした中毒事故について、その原因を整理した。なお、必要に応じて現地調査を実施した。

(2) 事故の未然防止策の検討

近年発生した温泉における事故を未然に防止するために必要と考えられる対策を検討した。なお、硫化水素又は二酸化炭素等が高濃度に発生する温泉地（高湯温泉（福島県）、万座温泉（群馬県）、肘折温

泉（山形県）等）における事故防止策について調査した。

検討にあたっては、関係省庁等が発出している既存のガス中毒防止策も参考にしつつ、想定する未然防止策についても検討した。なお、必要に応じて現地調査を実施した。

（3）専門家ヒアリングの実施

（1）（2）の精査のために、下記分野の専門家等に各1回1時間程度のヒアリングを実施した。

専門分野
火山性ガス専門家
医師
測定事業実施機関
温泉旅館（ホテル含）
都道府県
市町村
産業用ガス検知警報器工業会
観光協会・旅館組合

1-3．本業務に従事した職員

甘露寺泰雄	公益財団法人中央温泉研究所	専務理事・第1部長
滝沢英夫	同	第1部研究員
佐久間元	同	第3部研究員
高橋孝行	同	第2部研究員

：本業務に従事した主たる担当者

2. 事事故事例の整理

本調査では近年発生した温泉を由来とする硫化水素又は二酸化炭素を原因とした中毒事事故事例についてその原因を整理した。なお，中毒事故の報告が無くても，多量の硫化水素又は二酸化炭素を発生する温泉を利用する施設や，特徴的な利用がされている施設についても調査を行った。

硫化水素濃度と二酸化炭素濃度の現地測定には主に検知管を使用した。また，硫化水素濃度測定には定電位電解式検出器，二酸化炭素濃度測定には，非分散型赤外線式検出器も使用した。酸素濃度測定にはガルバニ電池式検出器を使用した。

調査を行った事例（事故報告の無いものも含む）

温泉地名	問題となるガスの種類	現地調査年月日
泥湯温泉	硫化水素	2015（平成27）年12月16日
乗鞍高原温泉	硫化水素	2016（平成28）年1月25日
雲仙温泉	硫化水素，二酸化炭素	2015年9月8日
登別温泉	硫化水素	文献調査のみ
北海道某所	硫化水素	2015年9月18日
田沢湖高原温泉	硫化水素	2015年12月15日，17日
寒の地獄温泉	硫化水素	2015年9月7日
七里田温泉	二酸化炭素	2015年9月7日
小浜温泉	水蒸気，二酸化炭素	2015年9月8日
松代温泉	二酸化炭素	2016年1月26日
高湯温泉	硫化水素	2015年11月13日
万座温泉	硫化水素	2015年7月22日，23日
肘折温泉	二酸化炭素	2016年2月10日
日光湯元温泉	硫化水素	2015年8月3日
青ヶ島村 地熱サウナ	水蒸気，硫化水素， 二酸化炭素	2015年8月22日

温泉地名 : 泥湯温泉
事故発生 : 2005 (平成 17) 年 12 月 29 日
概要 : 硫化水素中毒, 4 名死亡
出典 : 朝日新聞 2005 年 12 月 30 日朝刊記事より抜粋加筆

一家 4 人で 27 日から泥湯温泉の旅館に宿泊, 30 日まで滞在する予定だった。29 日午後 4 時 30 ごろ, 父親が「妻と子供がいない」と旅館に連絡し, 従業員らと周囲を探した。旅館から数 10 メートル離れたところの駐車場わきにあった雪に直径 2m, 深さ 1.5m ほどの穴が開いており, 中をのぞくと空洞に子供が倒れていた。助けようとした父親が近づいたところ, 父親も倒れた。4 人は病院に運ばれたが, 父親を除く 3 名が死亡, 父親が重体 (その後死亡) となった。

近くでは母親と子供たちが円盤状のおもちゃを投げて遊んでいたのが目撃されていた。空洞部分の表面は雪に覆われ, 落とし穴のような状態になっていたとみられ, 投げたおもちゃを取りに行き表面の雪を踏み抜いた可能性がある。

湯沢市によると, 泥湯温泉には以前から屋外に硫化水素ガスが噴出する場所が数カ所あり, 積もった雪の中を湯が流れてできる空洞にガスが溜まることがある。

現場付近ではウサギなどが倒れていることもあり, 地元ではガスが濃い場所として知られていた。救助隊が駆け付けた際, 空洞内は 125ppm まで計測できる硫化水素計測器の針が振り切れるほどガスが濃かった。

事故発生後, 湯沢市は「湯沢市泥湯温泉硫化水素調査検討委員会」を設置し, 危険個所の特定や事故の発生原因等を検討した。現在事故現場付近は立ち入り禁止になっており, 周辺の危険個所にも立入禁止柵や注意掲示板が設置されている。泥湯温泉周辺の県道では以前から噴気活動が確認されており, 硫化水素中毒防止だけでなく道路維持管理のため, 秋田県雄勝振興局が週 2 回, 湯沢市が週 1 回のペースで, 噴気の状態, 掲示板に異常がないか調べる他, 硫化水素濃度の測定を実施している。

2015 (平成 27) 年 12 月 16 日に現地調査を行った。図 1 に注意掲示板の写真を図 2 に事故現場の写真を示す。湯沢市の取り組みについてはヒアリング結果としてまとめた (3-3. ヒアリング結果のまとめ 8 参照)。



図 1 注意掲示板



図 2 事故発生現場周辺（2015年12月撮影）

図 2 の写真に見える柵の奥が事故発生現場で、積雪時には一面が雪で覆われる。写真の駐車場は一部除雪され、除雪車の転回場所として利用されている。

事故発生場所は柵の付近であるが、硫化水素は斜面に分布する低温噴気孔群から発生している。図 3 には低温噴気孔の写真を示す。



図 3 低温噴気孔

低温噴気孔の地表付近硫化水素濃度は 200～600ppm で、噴気孔地表面温度は 4.6 であった。噴気の温度が低いため、通常の噴気孔のように湯気を出すわけではなくその存在に気づきにくい。測定当日は風が吹いていたが、無風状態の際にはさらに高濃度の硫化水素が検出されるものと考えられる。

図 4 には、これら低温噴気孔群の熱映像を示す。

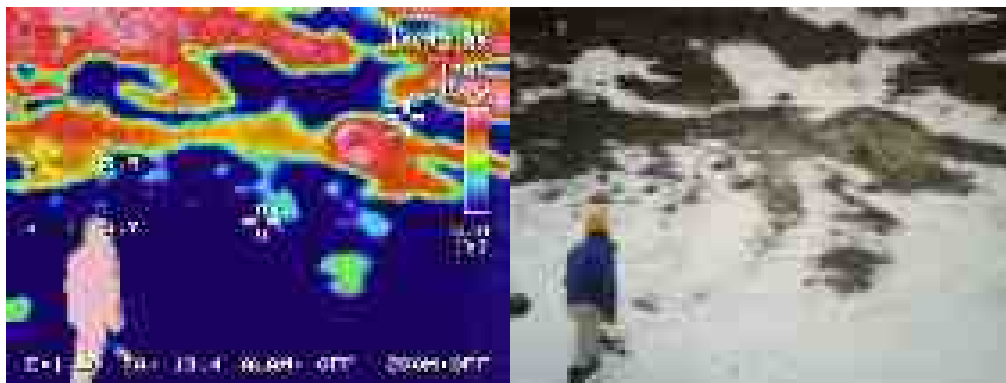


図 4 低温噴気孔群熱映像

図 4 の左側の写真が熱映像で、右側が可視光画像である。熱映像では低温部分が青く表示され、高温部分が赤く表示される。低温噴気孔は写真中ほどに横に広がる高温部分や写真下側の黄色や緑の部分に分布している。赤や白の部分や、雪中に存在する緑や黄色の部分で噴気活動が盛んになっている。広範囲に低温噴気孔が分布していることがわかる。事故発生当時はこれら低温噴気孔から発生した硫化水素が斜面を流下し雪洞内に滞留したものと考えられる。雪洞内の

空気は換気されないため、硫化水素濃度は相当高濃度に達するものと考えられる。

泥湯温泉の事故現場のような地熱地帯（いわゆる地獄）では噴気孔の位置が移動するため、常日頃硫化水素について調査する必要がある。ただし、積雪時には調査する行為自体が危険なので、積雪時には危険個所を推定し、危険個所周辺を立入禁止とする等の対応が望まれる。

温泉地名 : 乗鞍高原温泉
事故発生 : 2006 (平成 18) 年 8 月 22 日
概要 : 硫化水素中毒の疑い, 1 名重体
出典 : 信濃毎日新聞 2006 年 8 月 23 日朝刊記事より抜粋加筆

松本市安曇・乗鞍高原温泉の引湯施設の沈殿槽付近で 22 日, 男性作業員が清掃作業中に意識を失い同市内の病院に運ばれた。男性の意識は戻らず, 重体となったもの。松本署は沈殿槽内の硫化水素を大量に吸い込んだとみて調べており, 松本労基署も作業手順などを調べている。

引湯施設は, 温泉供給団体が温泉を各宿泊施設などに送る目的で 1976 年に設置。同団体によると, 沈殿槽は温泉をためて湯の花を沈殿させるための設備であるとのこと。

松本署の調べでは, 沈殿槽は高さ約 2.4m, 直径約 2.8m で, 中央に直径約 80cm のふたがある。男性従業員は沈殿槽の上で倒れており, ふたは開いた状態だった。

同団体によると, 月 1 回職員と温泉利用者が引湯施設を清掃する。この日は午前 8 時ころから 6 人で作業。男性作業員は 1 人で沈殿槽の上に乗る, 温泉を送る直径約 15cm の管を槽内側に網を伸ばして清掃していた。男性作業員は 2006 年から清掃に加わり, この日が 5 回目だったという。

当該施設では現在も温泉供給を継続している。2016 (平成 28) 年 1 月 25 日に現地調査を行った。現地調査の際には相当量の積雪がある上, 気温が低く凍結箇所もあり, 沈殿槽の調査を行うのは危険であると判断した。そこで沈殿槽直近の, 温泉温度や湯量を計測するための設備 (計量槽) で調査を行った。計量槽は FRP 製で, 計量槽は普段ふたで覆われている。調査当日の泉温は 46.8 , 気温 -7 であった。当該施設では, 計量槽から 7km ほど離れた自然湧出泉から温泉を沈殿槽まで自然流下で引湯している。計量槽までの区間にばっ気槽は設置されていないが, 途中 3 か所の中継槽には排気管を設けてガスを排出している。

図 5 にふたを外した状態の計量槽内部の写真を示す。



図 5 計量槽（2016年1月撮影）

写真の上の方から温泉が槽内に流入する構造となっており、写真下のノッチ部分で湯量測定を行っている。

ふたをした状態での計量槽付近硫化水素濃度は 10ppm で、ふたを外した状態での計量槽湯面上方 1m 付近の硫化水素濃度は最大で 200ppm であった。計量槽内温泉流入部湯面から 10 cmの硫化水素濃度は 17000～20000ppm で、二酸化炭素濃度は 15vol.%であった。また、計量ノッチ下流の温泉が落ち込んでいる場所の湯面上方 10cm の硫化水素濃度は 2000 ppm であった。また、計量槽流入部では、流れ込む温泉の中に気泡が確認できたので、気泡をガス採取袋に採取し硫化水素及び二酸化炭素濃度を測定した。硫化水素濃度は 40000ppm、二酸化炭素濃度は 35vol.%であった。

当該施設は高台に位置し、比較的風通しが良いものの、計量槽内部の清掃や配管清掃を行う際には、意識喪失レベルの高濃度硫化水素を吸入する可能性がある。

現在温泉供給団体の作業員は、作業時にガス警報器と防毒マスクを携行し、風向き等に注意した上、複数人で作業を行っている。また、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者技能講習を修了し、硫化水素の危険性について知識を共有している。

温泉地名 : 雲仙温泉
事故発生 : 2013 (平成 25) 年 6 月 11 日
概要 : 硫化水素中毒, 2 名死亡
出典 : 長崎新聞 2013 年 6 月 12 日朝刊記事より抜粋加筆

11 日午後 5 時半ごろ, 雲仙市小浜町雲仙温泉の温泉旅館から 119 番通報があった。雲仙署と県央消防本部小浜消防署によると, 屋外にある温泉をためるタンク内で男性従業員 2 人が倒れていた。病院に運ばれたが 1 人は死亡, もう 1 人も意識不明の重体 (その後病院で死亡)。小浜消防署はタンク内から微量の一酸化炭素と硫化水素を検出した。

県警は有毒ガスが発生した可能性もあると見て捜査。業務上過失致死容疑も視野に安全管理などに問題がなかったか調べている。

小浜消防署や旅館の経営会社の親会社などによると, 現場は源泉から引いた温泉を一時的にためる直方体のタンク (幅約 3m, 高さ約 2m, 奥行き約 1.6m)。上部にあるふたを開け, 直径約 60cm の穴から中に入る仕組みという。近くにいた別の従業員がうめき声を聞き, 開いたふたからタンクの中をのぞくと, そこにあおむけに倒れた 1 人がもう 1 人にが覆いかぶさるように倒れていたという。2 人ともマスクはつけていなかった。発見時温泉は入っていなかった。同日は清掃作業のため旅館は休館日で, 2 人のうち少なくとも 1 人は午後 3 時ごろからタンクに入り, 沈殿した硫黄分を含んだ汚泥を取り除く清掃作業をしていたらしい。このタンクは約 1 年前に設置。今回が初めての清掃だったという。小浜消防署はタンク内から一酸化炭素 6ppm, 硫化水素 4ppm をそれぞれ検出した。

事故が起きたタンクは撤去され, 現在は新たな温泉タンク (温泉源泉タンク) が設置されている。2015 (平成 27) 年 9 月 8 日に現地調査を行った。現地調査は, 温泉源泉タンクで行った。温泉源泉タンクは FRP 製で, ふたは施錠され, 温泉源泉タンクの周囲には, 有毒ガスが発生する可能性があることが示された注意書きが掲示されている。調査当日の泉温は 49.8 , 気温 20 であった。当該施設では, 温泉源泉タンクから 600m ほど離れた源泉から温泉を引湯している。図 6, 7, 8 及び 9 に温泉源泉タンクの写真を示す。



図 6 温泉源泉タンク外観



図 7 温泉源泉タンク側面注意書き



図 8 温泉源泉タンク上部ふた



図 9 温泉源泉タンク上部ふた施錠箇所

現地調査では，上部ふたから内部のガス濃度を測定した。硫化水素濃度は 1.3ppm であった。また酸素濃度は 14vol. %，二酸化炭素濃度は 20vol. %以上であった。硫化水素濃度は，新聞報道の値のように低い値を示した。ただし，事故発生当時，被災者救出のためタンクは電気のごぎりで切断されており，事故直後の小浜消防署の測定した硫化水素濃度は必ずしも事故発生当時の値を反映したものとは言えない。

しかしながら，今回測定した酸素濃度は 14 vol. %，二酸化炭素濃度は 20 vol. %以上(測定に用いた非分散型赤外線検出器の検出上限が 20vol. %)を示しており，酸欠や二酸化炭素中毒が起きかねない濃度となっていた。

また，新聞報道によると，当時作業員はタンク底にたまった汚泥を除去する作業を実施していたようである。雲仙温泉の温泉は多量の温泉沈殿物(湯の花)を発生することが知られており源泉の底にも多量の沈殿物が堆積している(図 10)。温泉沈殿物の主成分は水分を含んだ鉄やアルミニウムの硫酸塩鉱物であるとの報告がある(長崎県衛生公害研究所 1989)。硫酸塩鉱物は，嫌気環境で硫酸塩還元菌(細菌や古細菌)の活動により分解され，硫化水素を発生し，発生した硫化水素は湯の花の中に貯留されることがある。下水汚泥を除去する際に発生した事故では，汚泥をかき混ぜたために作業環境中の硫化水素濃度が上昇し死亡事故に至った事例が報告されている。また，二酸化炭素濃度は，1vol. %を超えると呼吸促進が起き，9 vol. %を超えると，数分で人は死亡する。したがって，二酸化炭素濃度が直接死に至る濃度に達していなくても，二酸化炭素中毒により硫化水素の吸引が助長された可能性もある。

当該事故事例では，原因ガスとして硫化水素の他二酸化炭素が疑われる。また，タンク内に沈殿した汚泥(湯の花)も原因となった可能性が推察される。



図 10 雲仙小地獄に溜まった湯の花

温泉地名 : 登別温泉
事故発生 : 2014 (平成 26) 年 6 月 29 日
概要 : 硫化水素中毒, 2 名死亡
出典 1 : 日本経済新聞電子版 (2014/6/30 12:17) 記事より抜粋加筆

29 日午後 1 時 25 分ごろ, 北海道登別市登別温泉町, 独立行政法人地域医療機能推進機構「登別病院」にある貯水タンク内に男性 2 人が倒れているのを男性職員が発見し, 110 番した。道警室蘭署によると, 2 人は死亡が確認された。

室蘭署は 30 日, 死亡した 2 人はいずれも同機構職員であると明らかにした。

同署によると, タンクは幅約 2 m 奥行き約 1 m 高さ約 1.5 m。温泉水が入っていたとみられ, 内部で硫化水素が検出された。

病院によると, 29 日午前 0 時ごろ, 死亡した 1 人の家族から「帰宅せず, 連絡が取れない」と電話があり, 職員数人で病院内を捜していたという。

出典 2 : 室蘭民報電子版 (2014/7/01 11:16) 記事より抜粋加筆

登別市登別温泉町の独立行政法人地域医療推進機構「登別病院」の 2 階「分湯槽」貯水タンク内で職員 2 人が死亡した事故で, 室蘭署は 6 月 30 日, 司法解剖の結果, 2 人の死因はいずれも硫化水素中毒の疑いがあると発表した。

捜査関係者によると, 硫化水素を吸った時などに見られる皮膚の変色が 2 人にあったことが判明。また, 2 人に外傷は見られなかったという。室蘭署などは, 2 人が作業中に意識を失った可能性があるとして, 事故原因を調べている。

同署によると 2 人は清掃作業で同月 28 日にタンク内に入った。遺体発見時, それぞれ T シャツ姿で, バケツと汚泥を取り除く棒があったという。内部を調べた結果, 下部から 30 cm ほど汚泥が堆積しており, 1 人は倒れ汚泥を飲み込んでいた。

現在当該事例は民事訴訟係争中であり, 現地調査を実施しなかった。報道からの推測であるが, 被災者のうちの 1 人が汚泥を飲み込んでいたことから, 被災した 2 人の作業員は, もともと分湯槽内の空気中に溜まっていた硫化水素だ

けでなく、汚泥を攪拌したことにより、硫酸塩還元菌の活動により汚泥中に溜まっていた硫化水素をタンク内に充満させ、この硫化水素により中毒を起こし、意識喪失後溺死した可能性も否定できない。

下水施設等の清掃作業では、作業開始前に硫化水素の濃度が作業基準(10ppm)以下であることを確認し、作業を開始したにもかかわらず、下水や汚泥を攪拌したため、硫化水素を発生させ死亡事故に至った事例が報告されている。

貯湯槽や分湯槽等換気の行いにくい場所で湯の花を攪拌したり、湯の花の溜まった槽内に飛下りる行為は危険である。

温泉地名 : 北海道某所
 事故発生 : 2014 (平成 26) 年 10 月 8 日
 概要 : 硫化水素中毒の疑い, 1 名重体
 出典 : 消費者庁 News Release 平成 26 年 11 月 13 日
 消費者安全法の重大事故等に係る公表について
 別紙 関係行政機関及び地方公共団体等からの通知
 管理番号 141105-001

宿泊施設の温泉(内湯)を利用したところ, 硫化水素ガス中毒(疑い)による意識不明の重体。

現在同宿泊施設は営業を停止しており, 警察の管理下で捜査が行われている。2015 (平成 27) 年 9 月 18 日に現地で硫化水素濃度等測定した。図 11 に内湯の平面概略図を示す。本施設の温泉は多量の硫化水素を溶存し, 温泉湧出口は浴槽底部に位置し, 多量の温泉水が直接浴槽底から湧出している。

調査当日内湯の窓は解放されており, 風が通る状況にあった。図 11 平面図の測定点 A, B, C, D, E とカラン付近についてそれぞれ湯面(床面)から上方 10cm の場所と 70 cm の場所の硫化水素, 二酸化炭素及び酸素の濃度を測定した結果を表 1 に示す。

表 1 各測定点の硫化水素, 二酸化炭素及び酸素濃度

測定点	測定位置	硫化水素濃度 [ppm]	二酸化炭素濃度 [vol. %]	酸素濃度 [vol. %]
A	70 cm	190	0.12	20.9
	10 cm	200	0.08	20.9
B	70 cm	110	0.14	20.9
	10 cm	60	0.13	20.9
C	70 cm	80	0.07	20.9
	10 cm	100	0.09	20.9
D	70 cm	100	0.08	20.9
	10 cm	50	0.11	20.9
E	70 cm	150	0.07	20.9
	10 cm	200	0.10	20.9
カラン	70 cm	200	測定せず	測定せず
	10 cm	120	測定せず	測定せず

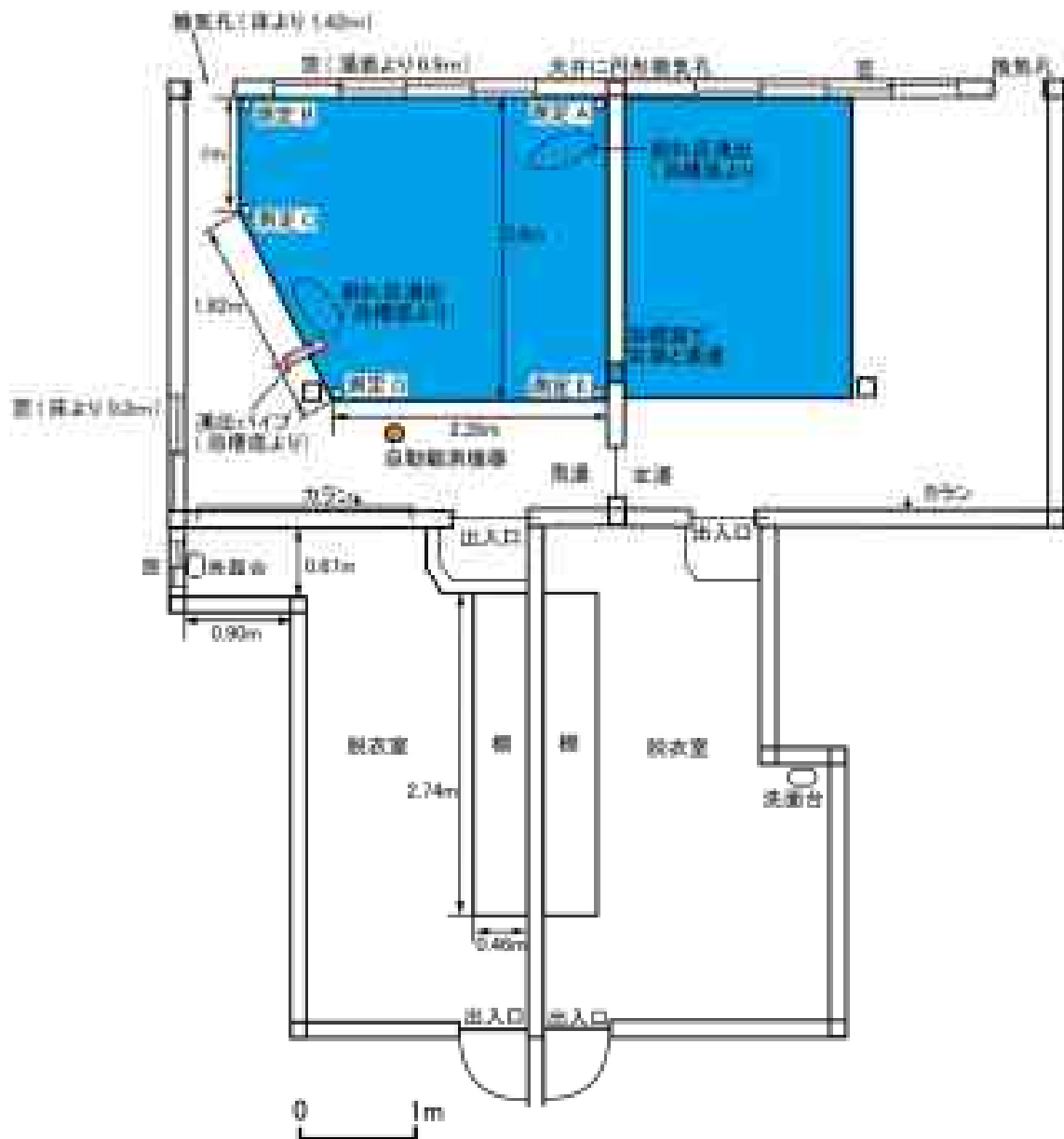


図 11 内湯平面概略図

男性脱衣室内の硫化水素濃度は出入口扉解放時で床面から上方 10 cm の位置が 80ppm，床面から上方 70 cm の位置が 200ppm であり，出入口扉を閉めた際には，床面から上方 10 cm の位置が 200ppm，床面から上方 70 cm の位置が 150ppm，床面から上方 70 cm の位置の酸素濃度は 19.9vol.% であった。また，女湯浴室の出入口を閉めた状況での女湯浴槽湯面から上方 10 cm の位置の硫化水素濃度は 100ppm，湯面から上方 70 cm の位置の硫化水素濃度は 200ppm であった。

いずれの測定点でも浴槽設備構造等基準に定められた硫化水素濃度よりも著

しく高い値が検出された。

男湯浴槽の水温は 39.0 ，男湯浴室気温は 20.5 で，男湯脱衣室の気温は 21.6 であった。温泉水中の遊離硫化水素濃度は 62.7mg/L，硫化水素イオン濃度は 2.8mg/L であった。ガス測定用密閉容器に男湯温泉水を満水状態に採取し持ち帰り測定を行ったところ，pH5.7，遊離二酸化炭素濃度 330.9mg/L であった。

当該浴槽では硫化水素を多量に含む中性に近い比較的低温の温泉水から相当量の硫化水素が継続的に浴室空气中に拡散しているものと考えられる。さらに状況を悪くしているのが，温泉の湧出量が多量なうえ，湧出口が浴槽底部にあるため，常に多量の硫化水素を含む温泉が浴槽に供給されていることである。このような構造では，入浴客がしばらく続くと，浴槽温泉水中に溶存する硫化水素の飽和度が上昇する。硫化水素が過飽和となった浴槽に人が入浴し温泉水に物理的な刺激（浴槽をかき混ぜる等）を与えると，溶存していた硫化水素が浴槽湯面から浴室空气中に拡散する可能性がある。その際，物理的な刺激の強さと，浴槽水中の硫化水素の飽和度によっては，急激な硫化水素濃度の上昇も起きかねない。浴槽水中の硫化水素の飽和度は水温と硫化水素を含む温泉水の供給量に左右される。

当該施設では，本来であれば，ばっ気装置を設けたうえで浴槽に温泉を引湯すべきところをばっ気槽を浴槽にしてしまったような状況であるといえる。

各測定点の高さに関係なく高濃度の硫化水素が検出されているのは，多量の硫化水素が湯面全体から空气中に拡散し，室内の換気が追い付かない状況で，我々複数の調査員が室内の空気をかく乱したためと考えられる。実際に事故が起きた当時の換気状況は不明であるが，窓を閉めた状態で室内に1人で静かに入浴していた場合，低所での硫化水素濃度は，さらに高濃度に達するものと考えられる。

調査終了時に目の不調を訴える者が複数いた。いわゆるガス目と言われる症状（結膜炎）を発症したものと考えられる。

温泉地名 : 田沢湖高原温泉
事故発生 : 2015 (平成 27) 年 3 月 18 日
概要 : 硫化水素中毒, 3 名死亡
出典 : 朝日新聞 2015 年 3 月 19 日朝刊記事より抜粋加筆

18 日午後 5 時ごろ, 秋田県仙北市田沢湖生保内の乳頭温泉郷に近い源泉で, 「源泉の調整をしていた男性 3 人が倒れた」と, 作業に同行した市職員の男性から市に通報があった。市によると, いずれも市内の作業員 2 人と市工務課の男性の 3 人の死亡が確認された。県警と消防は, 硫化水素による中毒の可能性があるとみて調べている。

市と消防によると, 作業員の 2 人は, 宿泊施設「休暇村乳頭温泉郷」から約 700m 東にある市管理の温泉施設「カラ吹源泉」の調整作業をしていた。施設では吹き出す蒸気を造成棟のタンクで水と混ぜて 70~80 度の湯を作り, 乳頭温泉郷とは別の田沢湖高原温泉郷の温泉宿にパイプを通して送っている。市の説明では, 作業当時, 施設敷地には雪が積もっていた。2 人は施設から約 200m 離れた深さ約 2m の穴の中で, パイプ内の空気を抜き, バルブを開閉して水量を調節していた。

穴は複数あり, 順次中に入って同じ作業を繰り返した。ほぼ作業を終えた午後 5 時前, 最初に作業した穴の中に置いた荷物を取りに戻ったところ, 2 人は相次ぎ倒れた。助けようと穴に入った工務課の男性も倒れたという。県警と消防は, 穴の中に硫化水素が充満したとみて調べている。

「カラ吹源泉」付近は, 硫化水素が立ち込めることがあり, 市が看板を立てて注意を呼びかけていた。作業員はガスマスクを着けていなかったとみられる。

事故発生後, 仙北市は事故対策委員会を組織した。その後事故対策委員会は役割を「仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会」へ移行した。事故調査委員会は秋田大学林信太郎教授を委員長とし, 東京工業大学野上健治教授, 秋田県県北地域振興局長, 大曲仙北広域市町村圏組合角館消防署署長, 仙北市温泉利用連絡協議会会長及び源泉掘削・給湯設備を設置した事業者で成る委員会で, 2015 (平成 27) 年 12 月 15 日までに計 5 回の委員会を開催し, カラ吹き源泉の事故再発防止策を検討した。

検討の結果, カラ吹き源泉からばっ気装置により硫化水素を取り除くことは

困難であるとの結論に至り、将来はカラ吹き源泉の使用を停止し、別源泉による供給を行うこととした。しかしながら、別源泉の供給設備が完成するまでは現在のカラ吹き源泉を使用せざるを得ないため、「安全作業マニュアル」を作成し、温泉供給を受ける事業者に周知徹底することとした。

「安全作業マニュアル」は、巻末に掲載した。また、本件事故が発生した際に東京工業大学火山流体研究センターの野上教授が作成した事故報告書を仙北市から提供していただいたので次頁以降に掲載する。

2015年12月15日には仙北市担当職員にヒアリングを行い、17日は給湯施設の現在の状況等現地調査を行った（図12）。



図 12 温泉分湯槽の状況

仙北市火山ガス死亡事故災害 調査結果

東京工業大学火山流体研究センター
野上健治

第1回目の現地調査（3月20日）

事故現場を確認し、雪洞内部の硫化水素濃度を検知管によって測定した。雪洞底部で約 190ppm、開口部と底部の間で約 60ppm だった。雪洞開口部から内部を観察したが、ガス発生源を特定することができなかった。雪洞内部に温泉のシアーブレイクがあり、温泉配管網からも引湯管が這入りを繰り返していることが判った。雪洞は、引湯管からの熱によって形成されたと考えられるが、この時点で熱源についても特定は出来なかった。雪洞内部に腐食の痕跡が見られるように見られるところがあるが、温泉水の成分は確認できなかった。



写真1 雪洞内部の様子

雪洞内の硫化水素濃度は最高でも 190ppm 程度であり、致死濃度ではなかったが、成井川温泉が湧く。硫化水素が雪洞内もくもくを出ていく可能性があると考えられた。気温が上がって雪洞が消失する前に、雪洞内の硫化水素が濃縮する状況を監視する再現実験を行うこととした。

■ 雪止期間の現地調査（11月まで）

① 雪止期間の現地調査と探検記録

雪止期間を機に調査エリアで計測した結果、ほぼ中央部に有て凍結した雪面域が
あることが判った。この凍結域には、雪面内に凍結氷塊の孔、もしくは凍結氷
層等に繋がる凍気孔の存在が強く予想される。

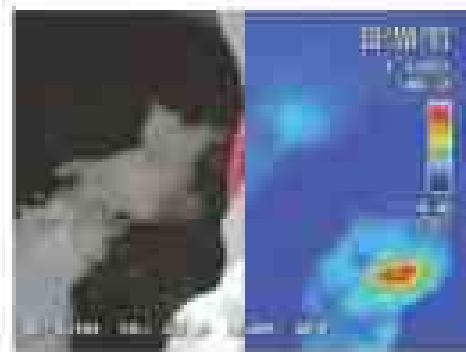


写真2 雪面内部の凍結域



写真3 雪面内部で凍結化した凍結域の探検の様子

雪面域の中心に、直径 20cm× 厚さ 20cm の凍結域で凍る 発見した。この場と雪
の内部には厚い凍結氷層が認められる。そこが氷塊の凍結域であった。極

付管内底から漏出している純出水濃度を前年度で測定した初期（N-01000000）と同様の状況であった。

漏水管の行



写真4. 再埋埋りた付一管パイプ

② 再埋埋り

事故発生時の付管内底の泥水も濃度を測定するため、埋埋埋り管をブルーシートで覆う。事故発生時の状況を再現した。



写真5. 再埋埋り管の様子

個人差はあるものの、大気中の硫化水素濃度が 20～30ppm では眼の炎症を起こし、50～150ppm で頭痛、目眩、嘔吐感を催す。150ppm 以上になれば、視覚の麻痺により臭気を感じなくなる。700ppm～800ppm では意識不明になり、1000ppm を越えると、一呼吸で失神、痙攣、呼吸停止から死に至る。

24 時間後に雪洞内の硫化水素濃度を検知管で測定した結果、致死濃度の 500ppm まで上昇していた。雪洞内にあった検知管から漏出している硫化水素が雪洞内に滞留して、雪洞内は極めて高濃度になることが判った。雪洞の大きさを考慮に入れると、事故発生当時の雪洞内の硫化水素濃度は 5000ppm 以上あったと考えられる。

3) 温泉造成槽・集湯槽内の硫化水素濃度

汽水と火山ガスを混合させている温泉造成施設内の集湯槽内部の硫化水素濃度は 1% だった。造成した温泉水、分湯槽での温泉水の分析結果を表 1 に示す。pH が 5.8 と弱酸性であることから、造成槽に導入されている火山ガス中には SO_2 は殆ど含まず、 H_2S 、 CO_2 が主要成分であると言える。集湯槽での造成温泉水中の硫化水素濃度（遊離硫化水素）濃度は本沢温泉第 3 分湯槽での測定値の 50 倍以上であり、十分高濃度であると言える。山麓分湯槽まで流下しても遊離硫化水素濃度は 17.6 mg/L であり、集湯槽で換気をしていないため、温泉水中の硫化水素は高濃度に保たれた状態で流下していると考えられる。

表 1 温泉水の分析結果

採取場所	温度(℃)	pH	遊離硫化水素*	遊離二酸化炭素*
集湯槽	77.0	5.8	25.9	244.3
山麓分湯槽	54.4	5.7	17.6	124.1
休暇村分湯槽	63.2	5.6	28.8	241.2
休暇村浴槽	56.2	6.0	10.3	38.2
高甲分湯槽	57.0	6.1	17.4	104.0
本沢温泉第 3 分湯槽	51.1	6.8	0.5	154.5

* : mg/L

中央温泉研究所 滝沢英夫氏分析

遊離硫化水素とは、 HS^- として温泉水中に溶存している H_2S を示し、遊離二酸化炭素とは CO_2 として温泉水中に溶存している二酸化炭素を示す。



写真1. 集塵槽の穴部



写真2. 集塵槽内部

結論

事故現場の地表温度は40℃を超えており、引湯管に接続している塩ビ管から出ている蒸気と引湯管から伝わる熱で積雪の一部が融けて雪洞が形成されていたものと考えられる。温泉水から遊離した硫化水素が引湯管に接続している塩ビ管から漏出しており、再現実験によって雪洞内の硫化水素濃度は極めて高くなることが確かめられた。雪洞の大きさを考慮すれば、事故発生当時の雪洞内の硫化水素濃度は500ppm以上の極めて濃度の高い状態にあったと推察できる。

温泉地名 : 寒の地獄温泉
事故発生 : 事例無
調査理由 : 古くから利用される硫黄冷鉱泉で浴槽直近で湧出する温泉を加温せず、低温の浴槽に入浴する入浴法が特徴的であるため。

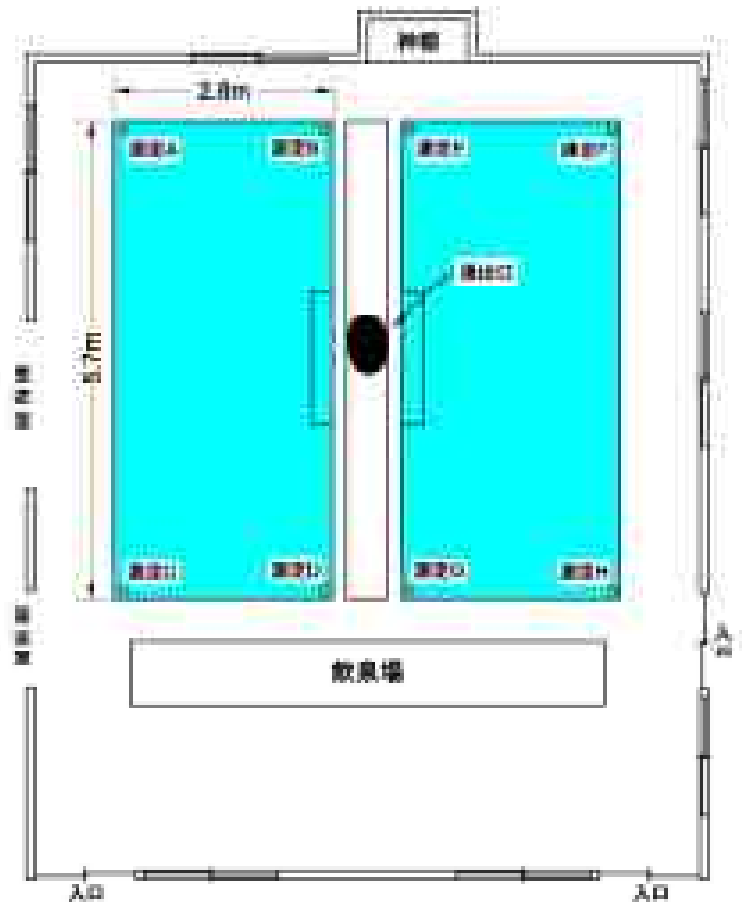
2015年(平成27)9月7日に調査を行った。寒の地獄は古くから利用されている硫黄冷鉱泉で、湧き出す冷鉱泉をそのまま浴室で利用している。図13に写真を示す。



図13 寒の地獄浴槽

寒の地獄温泉では、浴槽直近に源泉があり、そこから直接浴槽に引湯している。調査当日の泉温は、13.8℃、浴室室温は17.4℃であった。温泉水の電気伝導率は31.4 mS/m(25℃)、pHは4.6であった。温泉は弱酸性であるため、浴室には浴槽から硫化水素が浴室空気に拡散しているはずである。図14には、各測定点で測定を行った結果を示す。A~H地点の硫化水素濃度は定電位電解式検知器を用いて測定した。

寒の地獄温泉調査結果 2015/9/7 19:10



測定場所	H ₂ S[ppm]		O ₂ [vol%]	
	高さ10cm	高さ70cm	高さ10cm	高さ70cm
A	7.7	3.6	21.0	21.0
B	3.2~39.5	2.5	21.0	21.0
C	7.6	6.2	21.0	21.0
D	4.4	2.0	21.0	21.0
E	47.5	4.2	21.0	21.0
F	31.9	0.9	21.0	21.0
G	8.7	3.9	21.0	21.0
H	6.4	1.9	21.0	21.0

図 14 寒の地獄温泉空气中ガス濃度（瞬間最大値）

上述のように定電位電解式センサを用いて測定を行ったところ、B、E、及び F 地点で瞬間的に高い値が計測されることがあった。そこで高い瞬間値が多く観測された B 地点の湯面から上方 10 cm と床面から上方 70 cm で検知管を用いて改

めて測定を行ったところ、その値は、それぞれ 6ppm と 3ppm であった。定電位電解式センサの測定値もおおむね同じ値（10cm：6ppm，70cm：3ppm）を示しているが、瞬間的に高い値を示すことがあった。定電位電解式センサと検知管では測定感度に差が無いので、使用する機器の感度による差ではなく、定電位電解式センサでは、ごく短い間の濃度上昇をとらえたものと考えられる。寒の地獄温泉の源泉からは、ごくわずかに温泉付随ガスが湧出しており、表 2 には、源泉湧出口で採取した温泉付随ガスの気泡をガス採取袋に採取し分析を行った結果を示した。硫化水素以外の成分はガスクロマトグラフで測定し、硫化水素についてはガス採取袋からガスを直接検知管に導入して測定した。ガスクロマトグラフ測定では、酸素、窒素及び二酸化炭素に熱伝導度検出器を使用し、メタンからヘキサンまでの炭化水素は、水素炎イオン化検出器を使用した。

表 2 寒の地獄温泉付随ガス分析結果

成分名	濃度 [vol. %]
酸素 (O ₂)	1.12
窒素 (N ₂)	90.84
二酸化炭素 (CO ₂)	8.00
メタン (CH ₄)	0.041
エタン (C ₂ H ₆)	<0.001
プロパン (C ₃ H ₈)	<0.001
ブタン (C ₄ H ₁₀)	<0.001
ペンタン (C ₅ H ₁₂)	<0.001
ヘキサン (C ₆ H ₁₄)	<0.001
硫化水素 (H ₂ S)	0.01
計	100

表 2 からわかるようにガスの主成分は窒素で、副成分として二酸化炭素を含んでいる。また、硫化水素を 0.01vol. % (=100ppm) 含んでいる。このガスは、空気起源のガスに火山性のガスが少量混じったものであると考えられる。温泉付随ガスの気体比重は、1.01 でほぼ空気と同じである。瞬間的に高い値が計測されたのは、室内の風下にある計測点であり、ほぼ空気と同じ比重の温泉付随ガスが浴槽水面付近を風に乗って漂っていったものをとらえたと考えられる。

寒の地獄温泉の浴室は風通しがよく、室内のいたるところに通風孔が設けられている。瞬間的に硫化水素の値が上がることはあっても、浴室内の通風を確

保することにより硫化水素中毒を防止できてきたものと考えられる。

硫化水素や二酸化炭素は、空気より比重の重いガスで低所に溜まりやすい傾向があるが、窒素やメタンを主成分とする温泉付随ガスに硫化水素が混合した場合、空気とほぼ同じ比重のため、ガスが空気中を漂い、不規則な分布域を形成する可能性がある。

温泉地名 : 七里田温泉
事故発生 : 事例無
調査理由 : 二酸化炭素を高濃度に含む温泉で，インターネット上の一部のサイトで二酸化炭素濃度が高く危険な温泉として紹介されている。

2015（平成 27）年 9 月 7 日に調査を行った。七里田温泉下湯は古くから集落で共同利用されていた二酸化炭素泉で，浴槽脇から湧出する温泉をそのまま浴槽に引湯し利用している。図 15 に写真を示す。



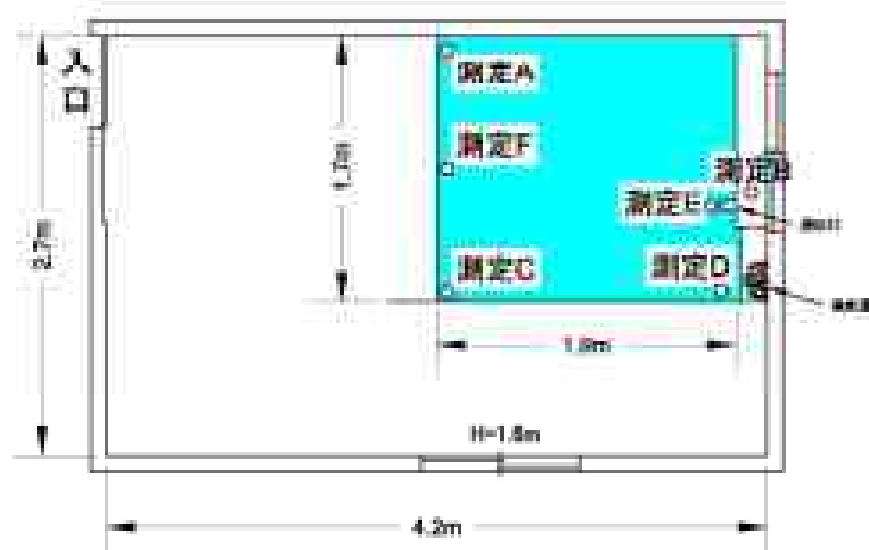
図 15 七里田温泉下湯男性浴室

泉温は，36.3 ，浴室内気温は 24.7 であつた。温泉水の電気伝導率は 370 mS/m (25)，pH は 6.2 であつた。温泉水に含まれる遊離二酸化炭素濃度を測定したところ以下の数値を得た。

湯口における温泉水中遊離二酸化炭素（図 16 測定 B 参照） : 1110 mg/L

湯口と反対側の浴槽水中遊離二酸化炭素（図 16 測定 F 参照） : 533 mg/L

浴室におけるガス濃度を調査したところ，次項の結果を得た。A～D 地点の二酸化炭素濃度は非分散型赤外線式検知器，E 及び F 地点の二酸化炭素濃度は，検知管を用いて測定した。



七里田温泉測定結果				
測定場所	CO ₂ [vol%]		O ₂ [vol%]	
	高さ10cm	高さ70cm	高さ10cm	高さ70cm
A	0.28	0.23	20.9	20.9
B	0.35	0.32	20.9	20.9
C	0.15	0.22	20.9	20.9
D	0.53	0.24	20.9	20.9
E	1.00	-	-	-
F	0.30	-	-	-

図 16 七里田温泉空气中ガス濃度（瞬間最大値）

図 16 の測定 E は、源泉から注がれる温泉が浴槽に落ちている場所であり、浴槽湯面上にはガスの気泡が確認できた。測定点 E の湯面から上方 10 cm の位置の二酸化炭素濃度は 1.0 vol.% であり、高濃度ではあるが、重篤な中毒を起こす濃度ではなく、呼吸が促進される程度の濃度であった。図 15 の写真にあるように浴室には、本温泉が高濃度に二酸化炭素を含有する温泉であり、飲酒をしての

入浴や仰向けに低い姿勢をとっての入浴をしないように注意する掲示物が設置されている。

施設の支配人によると、テレビ番組等で温泉から発生する二酸化炭素により中毒を起こす可能性のある日本一危険な温泉であると取り上げられたため、ネット上には入浴時に換気扇を作動させないと危険であるとの書き込みがあるが、換気扇は常時作動しており近年事故の発生はなく、17～18年前に建物を建て替える前は換気扇が無かったものの、その当時は建物が隙間だらけで通気が良く事故の記録はないとのことであった。

かつては地域の共同浴場として使用されており、戦後まもなくの頃地域の方が浴槽内で亡くなっているのが発見される事故が起きたが、被害者は一人で入浴していた上、当時の詳しい記録などない。二酸化炭素中毒や酸欠ではなく、神経調節性失神等により意識を失い溺死した可能性も否定できない。

温泉地名 : 小浜温泉
事故発生 : 事例無
調査理由 : 国内でも有数の高温温泉を湧出する温泉で，水蒸気ガスを発生しているため。

2015（平成 27）年 9 月 8 日に一般社団法人小浜温泉エネルギーに協力いただき調査を行った。温泉分析書によると小浜温泉の泉質はナトリウム - 塩化物泉が一般的で，ほぼ 100 の泉温を持ち，中には泉温が 102 を記録する源泉もある。温泉水と共に加圧蒸気が発生していると考えられる。温泉分析書に示された遊離二酸化炭素濃度は，多くても 20mg/kg となっている。今回小浜歴史資料館とほっとふっと 105 で，酸素濃度，二酸化炭素濃度及び硫化水素濃度を測定した。二酸化炭素濃度は非分散型赤外線式検知器及び検知管，硫化水素濃度は，検知管を用いて測定した。

図 17，18 に写真を示す。



図 17 小浜歴史資料館

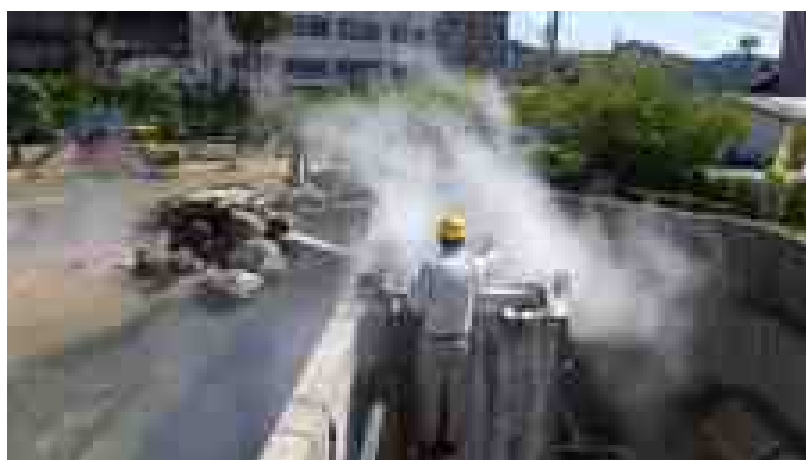


図 18 ほっとふっと 105

それぞれの源泉で以下の値を得た。

小浜歴史資料館（貯湯槽換気孔で測定）

貯湯槽換気孔気温 : 72.2
酸素濃度 : 20.9 vol.%
二酸化炭素濃度 : 1.0 vol.%（非分散型赤外線検出器）
硫化水素濃度 : 13 ppm

ほっとふっと 105（貯湯槽ふたの隙間から測定）

貯湯槽気温 : 101.3
酸素濃度 : 11.6 vol.%
二酸化炭素濃度 : 9.0 vol.%（検知管）
硫化水素濃度 : 9 ppm

ほっとふっと 105 貯湯槽内は、二酸化炭素濃度、酸素濃度共に、中毒や酸欠により死にいたる濃度に達していた。小浜温泉は、100 近い高温泉が水蒸気を伴い湧出する温泉であり、水蒸気による火傷に注意する必要があることは明白であるが、温泉分析書から判断する限り二酸化炭素泉でも硫黄泉でもなく、特にガス対策が必要な源泉ではないと判断されかねない。これは、通常の温泉分析では、浴槽で利用する状態である液状の温泉を分析するためであり、湧出直後に空気中に拡散される温泉付随ガスの分析が行われなかったためである。

温泉分析書で二酸化炭素や硫化水素が検出されていない温泉でも、貯湯槽等密閉構造となる場所では、これら有害ガスによる中毒が発生しかねないという認識を持つことが重要である。

温泉地名 : 松代温泉
事故発生 : 事例無
調査理由 : 多量の二酸化炭素を伴い湧出しているため。

2016(平成28)年1月26日に調査を行った。松代温泉は、二酸化炭素泉ではないものの、自噴する温泉と共に多量の二酸化炭素を発生する温泉である。温泉は貯湯槽にいったん貯められ、二酸化炭素をばっ気した上で施設に給湯されている。図19,20に貯湯槽の写真を示す。



図 19 松代温泉貯湯槽



図 20 松代温泉貯湯槽上部排気口

酸素濃度，二酸化炭素濃度及び硫化水素濃度を測定した。二酸化炭素濃度は非分散型赤外線式検知器及び検知管，硫化水素濃度は，検知管を用いて測定した。

松代温泉貯湯槽内温度は 45.1 ，気温は-1.6 であった。槽内の酸素濃度は 0.5vol.%，検知管測定による二酸化炭素濃度は 90vol.%，硫化水素濃度は 8ppm であった。

また，松代温泉の露天風呂には別の温泉貯湯槽が設けられており，貯湯槽上部のふたの隙間から漏れ出すガスと，露天風呂湯口付近で，酸素濃度，二酸化炭素及び硫化水素濃度を測定した（図 21 参照）。



図 21 松代温泉露天風呂

貯湯槽上部のふたの隙間から漏れ出すガスは，酸素濃度 0.2vol.%，二酸化炭素濃度約 100vol.%（検知管による測定），硫化水素濃度 8ppm であった。松代温泉の 2 つの貯湯槽（ばっ気槽の機能も併せ持つ）内は，いずれも二酸化炭素中毒及び酸欠で瞬時に死亡する濃度に達していた。ただし，貯湯槽と浴槽の間に設けられた中継槽の出口部分（図 22）の二酸化炭素濃度は最大で 8vol.%（非分散型赤外線検知器による測定）を記録したものの，実際に温泉が浴槽に流れ落ちている湯面の上方 10cm の場所の二酸化炭素濃度は 0.75vol.%（検知管による測定）であった。



図 22 中継槽（検知管を挿入している場所が「中継槽出口」）

貯湯槽内は二酸化炭素中毒や酸欠により瞬時に死にいたる濃度に達しているものの、浴槽では二酸化炭素濃度が問題となるほど高濃度になっていなかった。単純な構造のばっ気装置であるが、二酸化炭素のばっ気に関しては十分な能力を持つものと考えられる。

温泉地名 : 高湯温泉
事故発生 : 硫化水素中毒が疑われる事例が以前あるものの、近年事故報告はない
調査理由 : 国内有数の高濃度硫黄泉が湧出する温泉地であるため。

高湯温泉は、国内有数の高濃度硫黄泉の湧出する温泉地で、以前硫化水素中毒が疑われる事故が発生している。高湯温泉では各温泉施設の施設管理者や高湯温泉旅館協同組合が中心となり、事故対策を講じている。2015年11月13日に現地調査を行い、高湯温泉旅館協同組合事務局長永山博昭様に現地の状況についてご説明ご案内いただいた。高湯温泉の取り組みについてはヒアリング結果としてまとめた(3-3.ヒアリング結果のまとめ 10 参照)。

高湯温泉では、源泉やばっ気装置の存在する区域を立入禁止としており、その内部で作業する作業員は、ばっ気装置の修理等の特殊な場合を除き、源泉所有者や各旅館の施設管理専門職員に限られている。冬季積雪時には必ず複数人で作業を行い、雪洞の位置を把握する等硫化水素中毒に対して対策を講じている。図 23 に立入禁止区域の写真を示す。



図 23 高湯温泉立入禁止区域

高湯温泉では、設備構造等基準に上乗せする取り組みも実施されている。例えば、浴槽湯面から上方 10 cmの位置の硫化水素濃度及び浴室床面から上方 70 cmの位置の硫化水素濃度を 1 日 3 回測定し、保健所による年 2 回の浴槽硫化水素濃度調査の際にチェックを受けている。

また、各源泉から利用施設までの配管経路の他、全てのエア抜き管の位置や

ばっ気装置の位置を詳細に調査し，高湯温泉旅館協同組合が図面を保管している。2015（平成 27）年の田沢湖高原温泉の事故ではこのエア抜き管（空気弁）が事故原因となったことが指摘されている。事故当時，田沢湖高原温泉には空気弁の位置を記録した図面が存在しておらず，事故調査委員会では，事故後に空気弁を調査しすべての空気弁の位置を把握した。田沢湖高原温泉の事故のように積雪時に空気弁が雪の下に存在すると，その周囲に雪洞や窪地が形成され，高濃度硫化水素の溜まった危険個所になりかねない。積雪の状況によっては，2005（平成 17）年に 4 名が死亡した事故の際に形成されたような，一呼吸で即死する濃度の硫化水素が溜まった落とし穴が形成される可能性があり注意が必要である。他温泉地ではあまり例がないことであるが，源泉位置だけでなく，配管経路やエア抜き管の位置及びばっ気装置の位置を温泉地内で一元的に管理する取り組みは他温泉地でも実施されることが望まれる。

また，万座温泉で聞かれたことであるが，立入禁止の看板を掲示しておくも，不心得者がその中に侵入し，ブルーシート等で浴槽を作ったり，柵を破壊する事例があるとのことであった。高湯温泉でも立入禁止区域への観光客などの立入を憂慮しており，掲示を 2 段階に分ける工夫を行っている。第 1 段階として，観光客の人目に触れる立入危険個所の入り口付近には，比較的柔らかい表現の立入禁止看板を設置し，本来関係者しか立ち入らない，立入禁止区域内の危険な場所には，2 段階目の生命の危険を想起させる文言を用いた看板を設置している（図 24，25）。

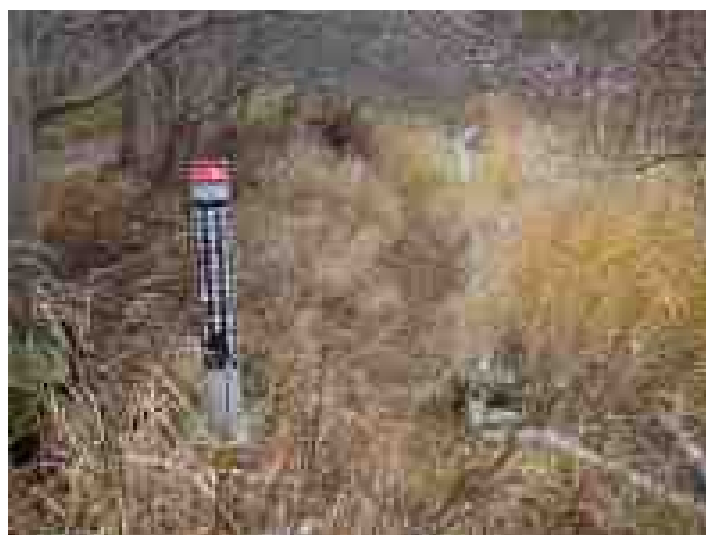


図 24 第 1 段階目の掲示版



図 25 第2段階目の揭示版

温泉地には温泉利用客の他，トレッキングや山菜採取の観光客等が立ち入ることが想定される。観光地であるため，過激な色の看板や文言は，敬遠されがちであるが，トレッキング客や一部常軌を逸した温泉利用者に対して注意を行う上で，2段階の表示形式は効果的である。

温泉地名 : 万座温泉
事故発生 : 複数
調査理由 : 国内でも有数の高濃度硫黄泉が湧出する温泉地であるため。

万座温泉及び草津温泉ではこれまでいくつかの硫化水素中毒事故が発生しているが、草津温泉では、スキー場等屋外で事故が多く起きているのに対し、万座温泉では温泉施設でも事故が多く発生している。この点を鑑み、群馬県では万座温泉の旅館利用客が増加する前の7月、12月及び2月に浴槽硫化水素濃度調査を実施している。通常調査は、群馬県薬務課（温泉担当課）、吾妻保健福祉事務所（管轄保健所）、嬭恋村役場（地元村役場）、万座温泉協会（地元観光協会）及び群馬県から依頼を受けた測定事業者等からそれぞれ数名が参加し、2班編成で調査を実施している。各旅館では旅館関係者が調査に立ち会い、設備構造等基準に示された、浴槽湯面から上方 10 cmの位置の硫化水素濃度、浴室床面から上方 70 cmの位置の硫化水素濃度を測定する他、脱衣室内床面から上方 70 cmの位置の硫化水素濃度及びばっ気装置解放面上方 70cmの硫化水素濃度測定を行っている。設備構造等基準を超える濃度の硫化水素濃度が検出された際には、群馬県担当者がその場で直ちに旅館関係者に改善を指導している。2015（平成27）年7月22日～23日に万座温泉現地調査を行い、23日に群馬県調査に同行した。

図 26 に群馬県調査時の写真を示す。



図 26 万座温泉浴槽調査

群馬県調査では、ばっ気されていることを確認するため、ばっ気装置解放面

上方 70cm の硫化水素濃度測定を参考測定するほか，積雪の無い7月調査時には資源量調査を目的とした源泉の泉温や湧出量及び電気伝導率の値も測定している。その際，周辺の立入禁止柵の状況等についても確認し，問題があれば改善するよう指導している。

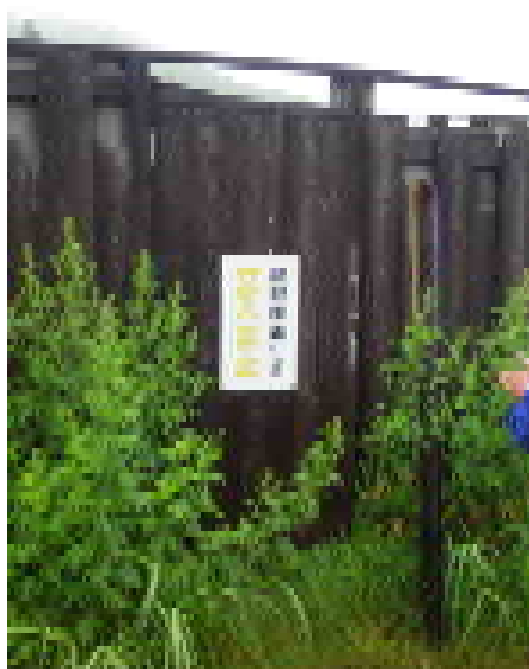


図 27 ばっ気槽立入禁止柵と注意看板



図 28 源泉付近の立入禁止を示す看板



図 29 立入禁止区域内にあるエア抜き孔

図 27, 28 は、ばっ気装置や源泉付近の立入禁止を示す看板である。図 29 に示すような高濃度硫化水素が発生するエア抜き管や源泉施設が複数あり、中毒事故の危険性のある場所では、危険個所ごとに掲示を行うことが困難であるため、その付近一帯を立入禁止としている。

このように県の調査が年 3 回実施され、地元温泉地では硫化水素に対する意識が高い万座温泉であるが、昨年事故が発生した。

温泉地名 : 万座温泉
事故発生 : 2015 (平成 27) 年 12 月 14 日
概要 : 硫化水素中毒, 2 名一時意識不明
出典 : 毎日新聞電子版 (2015/12/15 20:55) 記事より抜粋加筆

群馬県嬭恋村のホテルで 14 日, 配管の修理作業中だった男性作業員 2 人 (作業員 A, 作業員 B) が倒れ, 硫化水素中毒で一時意識不明となった。重体だった作業員 A は 15 日意識を取り戻し, 会話が出来る状態まで回復した。

県警長野原署やホテルによると, 14 日午後 5 時半ごろ, 作業員 2 人が湯量や湯温を調整する「調整室」で倒れているのを宿泊客が発見。作業員 A が意識不明の重体で救急搬送され, 作業員 B は搬送中に意識を取り戻した。

2 人は水漏れがあった温泉の配管を修理するため午後 5 時ごろから修理を始め, いったん現場を離れた作業員 B が戻ると, 作業員 A が倒れていた。助けようとした作業員 B も意識を失ったという。原因は, 温泉成分に含まれている硫化水素による中毒だった。

同署と消防が 15 日, 現場検証で温泉を配管に流したところ, 硫化水素の発生を確認した。

上述のように大事には至らなかったものの, 作業員が硫化水素中毒になり意識を失い, 助けようとした作業員も二次被害にあう事故が起きた。硫化水素の危険性について十分認識しているはずの温泉地でも事故が再発してしまう点や, 救助に向かった作業員が二次災害にあった点等参考とすべき事例である。

温泉地名 : 肘折温泉
事故発生 : 事例無
調査理由 : 国内有数の二酸化炭素を多量に発生する高温泉が湧出する温泉地であるため。

肘折温泉では、かつて高温岩体発電試験プラントが同じカルデラ内に建設されたため、温泉資源量の変化を把握するため、地元温泉青年部が中心となり、月 1 回程度の温泉資源量観測が始められた。現在高温岩体発電試験プラントは廃止されているが、青年部では温泉資源量把握のため、月 1 回程度の主力源泉を対象とした調査を継続している。2016(平成 28)年 2 月 10 日の温泉資源量調査に同行した。

肘折温泉には掘削深度が浅いか、自然湧出する源泉と、比較的掘削深度の深い源泉が存在する。主力源泉は比較的深度の深い源泉で、高温で多量の二酸化炭素を発生するナトリウム - 塩化物・炭酸水素塩温泉が自噴している。

特に組合 2 号泉は、温泉街に位置するため、狭い源泉小屋の中に源泉と温泉貯湯槽が収納されている。図 30 に組合 2 号泉源泉小屋の写真を示す。



図 30 組合 2 号泉源泉小屋

肘折温泉青年部では、組合 2 号泉の正確な湧出量を測定するため、湧出量測定時には、源泉小屋内でバルブ操作を行い湧出する温泉水を全量小屋の外に放出する。バルブ操作の際には温泉水が小屋内にあふれ出すため、小屋内の二酸化炭素濃度が上昇する。バルブ操作直後の源泉小屋内の二酸化炭素濃度は、6.0vol.% (非分散型赤外線式検知器による測定)、酸素濃度は 19.8vol.% であつ

た。青年部の作業員の方に伺ったところ、測定中は小屋の中の空気が換気されるよう、全ての窓を開け放って測定を行っているが、頭痛やめまいを起こすことがあったようである。肘折温泉では、2015（平成 27）年の田沢湖高原温泉の事故を教訓に温泉槽の清掃や横穴状の源泉に立ち入る際には酸素警報器を携行することとしたとのことである。

肘折温泉のような二酸化炭素を多量に発生する温泉地では、浴槽での二酸化炭素中毒の危険性は殆どなくても、源泉や貯湯槽では二酸化炭素中毒に注意が必要であると考えられる。

温泉地名 : 日光湯元
事故発生 : 事例無
調査理由 : 硫化水素を発生する源泉が、児童の自然観察授業が実施されている散策路内に存在するため。

日光湯元温泉は、一大観光地である日光に位置し、湯ノ湖畔に広がる湿地帯そばに源泉が点在している。日光湯元の源泉は硫化水素を発生する温泉であるが、古くから源泉は小屋囲いされ、源泉周囲は自然散策路として整備されている(図31)。2015(平成27)年8月3日に現地調査を行った。



図 31 湯元源泉公園

給湯事業を行う奥日光開発株式会社に話を伺った。日光湯元温泉では、死亡に至るような硫化水素中毒事故は近年報告されていない。しかしながら、日光湯元温泉には、修学旅行や林間学校で宿泊する児童が多く、源泉公園では児童の自然観察会が開かれることがある。奥日光開発株式会社や日光湯元旅館協同組合では、児童や旅行客が不用意に源泉付近に立ち入らないよう掲示物や立入禁止柵を設置し注意喚起を行っている。特に児童は源泉小屋の中に顔を入れて中を覗き込むような予期せぬ行動をとることが考えられるため、観光地に似つかわしくないものの、見やすく派手な看板を設置している(図32)。



図 32 エア抜き管付近の立入禁止措置

温泉地名 : 青ヶ島村
事故発生 : 事例無
調査理由 : 湧出する水蒸気をそのまま利用する施設であるため。

青ヶ島は、伊豆諸島最南端に位置する周囲 9km の火山島である。青ヶ島には池之沢噴気孔群があり、その一角に噴気を直接サウナ室内に引き込みサウナとして利用する地熱サウナ風呂がある。2015(平成 27)年 8 月 22 日に別件で青ヶ島村に伺う用件があり、青ヶ島村役場職員のご案内で日常管理の方法等現地調査を行った。

青ヶ島は活火山の山頂が海上に突き出した島であり、地熱サウナは旧火口内に位置する。現在地熱サウナ内の酸素濃度や硫化水素濃度は問題となる濃度に達していないが、東京都も、火山活動に伴う噴気活動の変化を憂慮している。青ヶ島村役場職員によると月 1 回の検知管による硫化水素濃度測定と、全ての営業日の開業前の臭いによる異常確認を行っているとのことであった。

3. 温泉を原因とする中毒事故に関する資料調査

3-1. 温泉付随ガスが原因となった事故事例

国内の温泉付随ガスの主成分は、二酸化炭素、窒素、メタンであり、硫化水素はわずかに含まれる成分で主成分とはならない。温泉利用では、まれな事例であるが、100 近い温泉の温泉付随ガスや噴気孔の噴気では水蒸気が主成分となる。

これまで温泉施設（入浴施設のみならず給湯施設や旅館周辺観光地を含む）で温泉付随ガスに含まれるガスが原因となった重大事故で、報告のあるものは硫化水素による中毒事故、水蒸気による爆発・火傷、メタンガスによる爆発・火災事故が主なものである。しかしながら、温泉付随ガスにはほとんど酸素が含まれていないので、温泉付随ガスが空気を置換すれば酸欠事故が起きかねない。また、1997（平成9）年7月には青森県八甲田山中で窪地に溜まった火山性の二酸化炭素を吸ったことが原因で、訓練中の自衛隊員12名が救急搬送され、その内3名が死亡する事故が発生している。二酸化炭素は国内では中毒を起こすガスとしての認識が乏しく、空気を置換し酸欠環境を作り出し、人を窒息させるガスとの認識が一般的であるが、二酸化炭素を有害ガスとして認識すべきであるとする識者もいる。海外では火山噴火や、二酸化炭素を多く含有する水（国内の炭酸泉と同じものといえる）を蓄えた火口湖から流れ出した二酸化炭素による事故が報告されており、1979（昭和54）年にはインドネシアのディエン高原で142名が死亡する事故、1986（昭和61）年8月には、カメルーン共和国ニオス湖のふもとの村で1700名以上が死亡する事故が報告されている。また、阿蘇中岳では、たびたび二酸化硫黄ガスによる死亡事故が報告されているが、二酸化硫黄は水に溶けやすいガスであり、浴室等で二酸化硫黄が原因となった中毒事故の報告はない。

温泉付随ガスに含まれるガスによる災害には以下のようなものが考えられる。

硫化水素	: 中毒
二酸化炭素	: 中毒, 窒息 (酸欠によるもの)
窒素	: 窒息 (酸欠によるもの)
メタン	: 窒息 (酸欠によるもの), 爆発
水蒸気	: 火傷, 肺の火傷による窒息, 爆発

硫化水素については、空気中の濃度が4200ppm以上で燃焼する可燃性ガスであるが、硫化水素4200ppmは中毒により即死する濃度であり、本報告では可燃

性ガスとしての扱いはしない。

前述のように温泉施設で報告されている死亡事故の原因となったガスは、硫化水素、メタンのみであるが、実際には、貯湯槽清掃時に酸欠、あるいは二酸化炭素中毒により死亡したことが疑われる事例も存在する。表3は、これまで報告された火山や温泉地で発生した死亡事故について報告した既存報告に最近の死亡事故を加筆したものである。

表3 日本国内で報告された火山ガス中毒死亡事故（小坂他：1998）に加筆

No.	西暦	発生場所	死者	ガス	事故の状況
1	1951	湯の花沢	2	H ₂ S	男子2人野天風呂で中毒死
2	1952	湯の花沢	1	H ₂ S	女子1人浴室内で死亡
3	1954	地獄谷	1	H ₂ S	40才男性客露天風呂で中毒死
4	1958	御鉢平	2	H ₂ S	有毒温泉で大学生2人死亡
5	1961	地獄谷	1	H ₂ S	道に迷い27才男性カジャ付近で中毒死
6	1961	御鉢平	2	H ₂ S	旧火口で大学生2人死亡
7	1967	地獄谷	2	H ₂ S	男子2人がキャンプ中に中毒死
8	1969	鳴子温泉	1	H ₂ S	自宅浴場で女子1人死亡
9	1970	地獄谷	1	H ₂ S	温泉源泉で山小屋の作業員死亡
10	1971	振子沢	6	H ₂ S	スキー中の6人死亡
11	1972	大涌谷	1	H ₂ S	8人倒れうち1人死亡
12	1972	湯本	1	H ₂ S	入浴中1人死亡
13	1972	地獄谷	1	H ₂ S	温泉源泉で19才作業員中毒死
14	1975	地獄谷	1	H ₂ S	15才男子少年ガス中毒で失神死
15	1976	白根沢	3	H ₂ S	集団登山中の36人中3人死亡
16	1980	くろがね小屋	1	H ₂ S	大学2年生雪洞に転落死亡
17	1985	地獄谷	1	H ₂ S	湯溜りで男性1人中毒死
18	1986	叫沢	1	H ₂ S	付近の沢で1人中毒死
19	1989	中岳	1	SO ₂	火口付近で67才男性死亡
20	1989	新湯	2	H ₂ S	脱衣所で母娘2人死亡
21	1990	中岳	1	SO ₂	火口付近で観光客70才男性死亡
22	1990	中岳	1	SO ₂	火口付近で観光客78才男性死亡
23	1990	中岳	1	SO ₂	火口付近で観光客54才女性死亡
24	1994	中岳	1	SO ₂	観光の69才女性心不全で死亡
25	1997	田代平	3	CO ₂	窪地に転落自衛隊員3人死亡
26	1997	沼の平	4	H ₂ S	登山中の14人中女性4人死亡
27	1997	中岳	2	SO ₂	火口付近で観光客2人別々に死亡
28*	2005	泥湯	4	H ₂ S	旅館付近で1家4人死亡
29*	2013	雲仙温泉	2	H ₂ S	温泉貯湯槽で作業中に死亡
30*	2014	登別温泉	2	H ₂ S	温泉貯湯槽で作業中に死亡
31*	2015	田沢湖高原	3	H ₂ S	源泉付近で作業中に3名死亡

*：今回加筆したもの。 H₂S:硫化水素, SO₂:二酸化硫黄, CO₂:二酸化炭素

表 3 に示された事例は、あくまで報告された事故をまとめたものであり、表 3 以外の死亡事故事例が相当数存在するはずである。特に浴室で死亡事故が起きた場合、解剖（剖検）を行わずに死亡原因が特定される事例が多く、硫化水素が原因で意識を失い溺水死したのではないかと疑われる事例が少なからずあることを指摘する文献が存在する。実際、硫黄泉を利用するある温泉地では 3 年間の間に浴槽で 12 名が溺れて亡くなったが、剖検が行われたのはわずか 2 例だけであるとの報告がある。

最近報告されている温泉を原因とする中毒事故は、2014（平成 26）年 10 月 8 日に北海道某所で起きた入浴中に硫化水素中毒の疑いで 1 名が重体となった事例があるものの、2013（平成 25）年に雲仙温泉貯湯槽で 2 名が清掃作業中に死亡、2014（平成 26）年登別温泉分湯槽で 2 名が清掃作業中に死亡、2015（平成 27）年に田沢湖高原温泉で配管保守作業中の 2 名と救助に向かった市職員 1 名が死亡する事故のように浴室ではなく温泉給湯施設で多く発生している。これらの事故は、労働災害として処理されており、田沢湖高原温泉の事故は重大災害として扱われた。2015（平成 27）年 3 月 30 日には、厚生労働省から都道府県労働局労働基準部長宛に「温泉関係施設における硫化水素中毒防止対策の徹底について（基安労発 0330 号第 2 号）」が通知されている。

次頁に「温泉関係施設における硫化水素中毒防止対策の徹底について（基安労発 0330 号第 2 号）」を示す。

基安労発 0330 第 3 号
平成 27 年 3 月 30 日

都道府県労働局長労働基準部長 殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部労働衛生課長
(契 印 省 略)

温泉関係施設における硫化水素中毒防止対策の徹底について

酸素欠乏症等防止規則(昭和 47 年労働省令第 42 号、以下、「酸素欠乏規則」という。)に定める酸素欠乏危険場所で行う作業については、酸素欠乏危険作業として、酸素欠乏規則に基づき、各種措置を講ずるよう定められており、特に労働安全衛生法施行令(昭和 47 年政令第 318 号)別表第 6 第 8 号の 3 及び 9 号の場所においては、酸素欠乏症の防止のみならず、硫化水素中毒防止のための各種措置も講ずるよう定めているところである。

また、酸素欠乏危険場所以外での有害な業務については、酸素欠乏規則は適用されず、労働安全衛生規則(昭和 47 年労働省令第 32 号)第 3 編衛生基準に定める各種措置を講ずることとなる。

今般、秋田県内の温泉関係施設で、硫化水素中毒が原因と考えられる災害により、一度に労働者 3 名が死亡するという重大な労働災害が発生したところであり、過去においても、温泉を溜めている貯湯タンク内での清掃作業を行っていた労働者が、硫化水素中毒により死亡に至った労働災害が少なからず発生しているところである。

このため、温泉関係施設における硫化水素中毒による労働災害防止のため、別紙のとおり関係団体に対して文書を送付しているのでお知らせたい。

また、青島管内の温泉関係施設にも周知徹底を図られたい。

基安労発 0330 第1号
平成27年3月30日

別添1の団体の長 殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部労働衛生課長

温泉関係施設における硫化水素中毒防止対策の徹底について

労働基準行政の推進につきましては、日頃から格別の御配慮をいただき厚く御礼申し上げます。

さて、平成27年3月18日に秋田県内の温泉関係施設において、硫化水素中毒が原因と考えられる災害により、労働者3名が死亡するという重大な労働災害が発生しました。

現在、原因等の詳しい状況については調査中ですが、過去においても温泉を溜めている貯湯タンク内で清掃作業を行っていた労働者が硫化水素中毒により死亡に繋がる等の労働災害が発生しております。

については、過去の硫化水素中毒災害の発生状況も踏まえ、同様の作業を行う場合は、下記事項に留意し、労働者の安全を確保するよう、貴団体の会員への周知をお願いいたします。

記

- 1 事業者は、硫黄泉等の硫化水素を含む温泉の温泉関係施設において、温泉の貯湯タンク内の清掃や、源泉からの送湯管内の空気抜き等の作業等、高濃度の硫化水素が生じるおそれがある場所における作業を行うに当たっては、以下の事項を行うこと。

(1) 作業を行う前に作業場所の硫化水素濃度を測定し、その濃度が10ppmを超える場合は、10ppm以下になるよう換気すること。換気を行うことが困難である場合は、労働者に呼吸用保護具を使用させること。

なお、硫化水素濃度を測定する際には、高濃度の硫化水素が発生している可能性もあるため、保護具を着用した上で測定する、離れた場所か

ら測定器を近づける等、十分に注意すること。

〔2〕作業が終了するまでの間は、酸化水素濃度が 10ppm 以下になるよう換気を行うこと。

〔3〕酸化水素濃度が 10ppm を超える場所で作業を行わせる場合は、労働者に呼吸用保護具を使用させることはもとより、作業者以外が立ち入ることがないように、立入禁止の表示を見やすい箇所に付け、関係者以外の上入を禁止すること。

〔4〕積雪の多い地域については、積雪により換気が妨げられることのないよう十分留意すること。

2 安全衛生教育の実施

事業者は、事前に作業の手順及び緊急時の救助方法等について作業標準を定め、関係労働者に教育すること。

近年における温泉関係施設での硫化水素中毒の事例

災害発生場所	被災労働者数（人）		災害概要
	死亡	休養	
温泉付湯の送湯管のバルブ周辺	3	0	送湯管のバルブから空気を強く作業を行っていたところ、送湯管から放出された硫化水素を吸い込み死亡したものと見られる。
湯の花製造のための貯湯タンク内	0	1	貯湯タンク内の清掃作業を行っていたところ、異臭を感じ意識を消失し、被災したものと見られる。
温泉水と温泉沈殿物を分離するタンク内	2	0	タンク内で温泉沈殿物を除去する作業中、温泉水と沈殿物を攪拌したことによって放出された硫化水素を吸い込み死亡したものと見られる。
温泉貯湯タンク内部	2	0	貯湯タンク内部の温泉沈殿物の水洗作業中に、貯湯タンク内部の硫化水素を吸い込み死亡したものと見られる。
温泉貯湯タンク上部	0	1	貯湯タンク内にある、湯の花をそぎ落とすための固形状の物質を回収するため、タンク上部の蓋を開け、回収作業を行っていたところ、何らかの原因で発生した硫化水素を吸い込み被災したものと見られる。
温泉施設近くの雪のくぼ地	0	2	温泉施設付近にあった雪のくぼ地に落ちた観光客を救出するため、救出作業にあたった労働者が、くぼ地に溜まった硫化水素を吸い込み被災したものと見られる。

別添 1

全国旅館ホテル生活衛生同業組合連合会
 全国公衆浴場生活衛生同業組合連合会
 一般社団法人日本温泉協会

「温泉関係施設における硫化水素中毒防止対策の徹底について（基安労発0330号第2号）」にも記載されているように、厚生労働省は「酸素欠乏症等防止規則（昭和47年労働省令第42号。以下「酸欠則」という。）を制定し、酸欠則に定める酸素欠乏危険個所で行う作業については、酸素欠乏危険作業として、酸欠則に基づき、各種措置を講ずるよう定められており、特に労働安全施行令（昭和47年政令第318号）別表第6第3号の3及び9号の場所においては、酸素欠乏症の防止のみならず、硫化水素中毒防止のための各種措置も講ずるよう定めている。

労働安全施行令（昭和47年政令第318号）別表第6第3号の3

海水が滞留しており、若しくは滞留したことのある熱交換器、管、暗きよ、マンホール、溝若しくはピット（以下この号において「熱交換器等」という。）又は海水を相当期間入れてあり、若しくは入れたことのある熱交換器等の内部

労働安全施行令（昭和47年政令第318号）別表第6第3号の9

し尿、腐泥、汚水、パルプ液その他腐敗し、または分解しやすい物質を入れてあり、又は入れたことのあるタンク、船倉、槽、管、暗きよ、マンホール、溝又はピットの内部

上記二つの場所での作業は、第2種酸素欠乏作業とされ、酸欠則の適用される作業となる。しかしながら、上記二つの場所には温泉施設が含まれていない。温泉施設のような酸素欠乏危険場所以外での有害な業務については、酸欠則は適用されなくても、労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）第3編衛生基準に定める各措置を講ずることとなっている。表3の雲仙温泉、登別温泉、田沢湖高原温泉の事故は、労働災害ではあるものの、酸欠則に定める第2種酸素欠乏危険作業には当たらない。

労働安全施行令（昭和47年政令第318号）別表第6第3号の12には、「前各号に掲げる場所のほか、厚生労働大臣が定める場所」との記載があり、今後温泉施設での事故が続けば、温泉施設が酸欠則の適用になる可能性がないわけではない。酸欠則が適用された場合、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習を修了した者のうちから、酸素欠乏危険作業主任者を選任しなければならない（酸欠則第11条）。また、現在温泉地で行われている作業の中には、酸欠則においては作業手順に問題があり、今のまま継続することができなくなる作業もある。

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などが二次災害にあ

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 頁には、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。

上述のように二次災害の防止に重点が置かれている。温泉施設でも救助に向かった者が二次災害に遭遇し死亡する事例が報告されている（田沢湖高原温泉の事故等）。

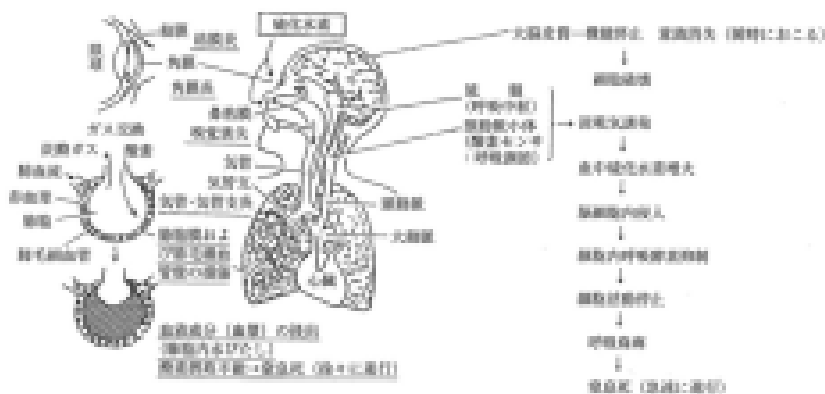
以上硫化水素中毒について述べたが、中毒事故ではないが、水蒸気を原因とした爆発事故が発生している。2013（平成 25）年 5 月 23 日に、小国温泉で温泉水タンクが爆発したもので、蒸気から温泉水を分離するセパレーター内の蒸気圧力が上昇し、タンクが爆発した。幸い人的被害はなかったものの、破片が 100 m 先の水田に落下。タンク内の金属板 1 枚が約 40m 離れた家屋の 3 階部分に突き刺さり、他の 1 枚がその家屋の横をすり抜け裏にある蒸し場に落下した。

温泉を原因とする中毒事故は、浴室での発生件数は少ないものの、温泉施設で多数発生している。また、多くの事例で硫化水素が中毒の原因となっている。硫化水素による中毒事故では、硫化水素自殺の事例と同じく救助に当たった者が二次災害に遭う事例が報告されている。

3-2. 温泉付随ガスによる中毒

3-2-1. 硫化水素中毒

温泉を原因とする中毒事故は、そのほとんどが硫化水素を原因としている。硫化水素の中毒症状については多くの文献があるが、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は以下の図と表が掲載されている。



濃度 ppm	部位別作用・反応		
0.0081	嗅覚 気敏な人は特有の臭気を感じ得る（嗅覚の限界）		
0.1 3～5	誰でも臭気を感じ得る 不快感を感じる中程度の強さの臭気		
10		目の結膜の刺激下限界	
20～30	耐えられるが臭気の慣れ（嗅覚麻痺）で、それ以上の濃度に、その強さを感じなくなる	呼吸器 肺を刺激する最低限界	
50		眼	
100～300	2～15分で嗅覚神経麻痺で、かえって不快感が減少したと感じるようになる	8～48時間連続ばく露で気管支炎、肺炎、胸水腫による窒息死	結膜炎（ガス眼）、眼のかゆみ、痛み、赤み、涙が入った感じ、まぶしい、充血と腫脹、角膜の脱臼、角膜破壊と剥離、視野のゆがみとかすみ、光による痛みが増強
170～300		気道粘膜の灼熱的な痛み 1時間以内のばく露ならば、重篤症状に至らない限界	
350～400		1時間のばく露で生命の危険	
600		30分のばく露で生命の危険	
	脳神経		
700	短時間過濃の呼吸環境直ちに呼吸麻痺		
800～900	意識喪失、呼吸停止、死亡		
1000	昏倒、呼吸停止、死亡		
5000	即死		

「中毒百科」には硫化水素中毒に関して以下の記載がある。

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でよくみられたので、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 で腐乱臭を感ずるが、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。

硫化水素中毒では、硫化水素ガス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ている。ノックダウンを起こした場合、すぐにその場から被災者を救助し、救急措置を

行わないと、かなり高い確率で死にいたるか、重篤な後遺症を発症する。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も多くある。

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) 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。

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と考えられる。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。また、一般的に児童は、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。また、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が、児童は呼吸器の位置が低いので、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、低濃度 (50 ~ 200 ppm) 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、健常者における症状について示されたものである。温泉施設の中には、浴槽のように高齢者や児童の利用する場所があり、そのような場所では、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) 年に硫黄泉浴槽で起きた事故では、児童 (9 歳) が祖母・叔母と共に 3 人で 1 時間ほど硫化水素泉の浴槽に入浴していたが、祖母・叔母が話に夢中になり、湯から出るとき浴槽内において変死していた児童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、低所に溜まりやすく、児童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。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。しかしながら、硫化水素は必ずしも低所に溜まるわけではなく、温泉付随ガスとして放出されるガスは、主成分を二酸化炭素や窒素が占めており、比較的高温の場合は、ガス比重が空気とあまり変わらない場合がある。その場合、硫化水素を含む温泉付随ガスは風に乗って漂うため、高濃度硫化水素を含有するプリューム (空気中を漂うガスの塊) が発生する可能性がある。このようなプリュームが発生した場合、プリュームの移動経路では局所的に硫化水素濃度が上昇する。2010 (平成 22) 年に青森県酸ヶ湯近辺の山中で起きた事故では、山菜取りの家族 4 人が休んでいたところ、その中で 1 名のみが、ガス中毒 (硫化水素を含む二酸化炭素を主成分とする火山ガス) により死亡する事故が発生している。

3-2-2 . 二酸化炭素中毒

これまで温泉施設で二酸化炭素が原因とされる中毒事故報告はないが、1997（平成9）年7月に青森県八甲田山中で訓練中の陸上自衛隊員3名が二酸化炭素中毒で死亡する事故が起きている。事故発生現場は、八甲田山中の高原地帯で以前は牛の放牧が行われていた。牛が放牧されていた当時は、窪地に落ちた牛が死亡することから「ガス穴」として恐れられていた。事故はこのガス穴に訓練中の自衛隊員が落ち、二酸化炭素中毒になったことにより死亡したものである。事故後の調査により窪地の下には二酸化炭素を多量に含んだ地下水流が存在しており、窪地の中には高濃度の二酸化炭素を噴出する横穴が確認された。

「中毒百科」には二酸化炭素中毒に関して以下の記載がある。

二酸化炭素が一定空間に噴出した場合、酸素濃度の低下を伴うので、二酸化炭素による障害を酸素欠乏によるものとする誤った見方が依然として通用している。正確な情報とその評価が欠落しては、的確な事故対策が立てられない。

表 4 二酸化炭素の濃度とヒトに対する作用

0.5%	許容濃度（米国国立職業安全衛生研究所 NIOSH, 米国産業衛生専門家会議 ACGIH）
3%	短時間暴露許容濃度（同上）
4%	脱出限界濃度（米国国立職業安全衛生研究所 NIOSH）
3～5%	めまい，呼吸困難，頭痛，錯乱（Dreisbach1987, Thienes1972）
9%・5分	最小致死濃度（化学物質毒性登録 RTECS）
10%	視覚障害，耳鳴り，ふるえ，1分で意識消失
10%・1分	最小致死濃度（化学物質毒性登録 RTECS）
30%	ほとんど即時に意識消失（Dreisbach1987, Thienes1972）

二酸化炭素の濃度とヒトに対する作用は、表4のとおりである。

1 気圧における酸素濃度(vol.%)と症状との関係は、表5のごとくである（Gilman1985）。

表 5 1 気圧における酸素濃度と症状の関係

酸素濃度 (vol.%)	症状
12～13	視力・情動・筋肉の細かい協同運動に障害
11	判断力低下，無痛，筋肉の協同運動の著しい障害
10	意識消失と，進行する中枢神経の抑制

酸素の人体に対する作用は，濃度ではなく分圧で決まる。高度が高くなると気圧が低くなるので，酸素濃度は変わらないが分圧が低下し人体に影響が出る。大気中の酸素分圧は，

$$760 \times 20.9\% = 159\text{mmHg}$$

である。

成層圏を飛ぶ旅客機の客室は外気圧より 0.585 気圧だけ高くなるように与圧されている。高度 10500m の外気圧は 0.232 気圧だから，与圧された客室内の気圧は 0.817 気圧である。したがって，客室内の酸素分圧は，

$$760 \times 0.817 \times 20.9\% = 130\text{mmHg}$$

となり，1 気圧で 17%の酸素に相当（ $760 \times 17\%$ ）する。

高度 3776m の富士山頂は 0.645 気圧だから，酸素分圧は，

$$760 \times 0.645 \times 20.9\% = 102\text{mmHg}$$

となり，1 気圧で 13.5%の酸素に相当する。

以上のことから，17%程度の酸素には十分耐えられ，13.5%の酸素でも日常生活に大きな障害は起きないことがわかる。

二酸化炭素が室内に放出され濃度が 10%に達した時，室内の酸素濃度は，

$$\text{残った空気の濃度 (90\%)} \times 20.9\% = 18.8\%$$

となる。したがってこの状態では，酸素濃度は十分だが，二酸化炭素濃度は脱出限界濃度をはるかに上回り，致死濃度である（表 4）。

また，二酸化炭素濃度が 30%に達した時，室内の酸素濃度は，

$$70\% \times 20.9\% = 14.6\%$$

となり、生命に危険が及ぶ濃度ではないが（表 5）、二酸化炭素は即時に意識消失をきたす濃度である（表 4）。

以上のことから、二酸化炭素の発生が原因で起こる意識消失や死亡は、酸素欠乏症によるものではなく、二酸化炭素の毒性によっておこる中毒だということがわかる。

労働安全衛生法の「酸素欠乏症等規則」によると、18%未満が酸素欠乏とされているが、二酸化炭素の発生によって酸素濃度が 18%に低下したとすると、その時の二酸化炭素濃度はヒトの致死濃度をはるかに上回る 13.9%である。つまり労働安全衛生法では、酸素欠乏ではないが、ヒトは二酸化炭素で死亡する。

では何故、二酸化炭素の毒性が無視され、18%未満が酸素欠乏とされたか、どこでボタンの掛け違いが起きたか、おそらく以下のような事情によるものと思われる。

旧労働省安全衛生部労働衛生課の「酸素欠乏危険作業主任者テキスト」によると、二酸化炭素は、ヘリウム、窒素、アルゴン、フロンと並んで、不活性ガスとされている。そこで「不活性」を「無害」と解し、二酸化炭素を使って酸素欠乏実験を行った。すなわち、ネズミを入れた箱の中に二酸化炭素を放出し、ネズミが倒れる酸素濃度を測定したところ、酸素濃度が 18%になったところでネズミが倒れた。そこで酸素濃度が 18%以下は危険と判定し、現在の規則ができた。しかしネズミが倒れたのは酸素欠乏のためではなく、その時の二酸化炭素濃度（13.9%、上記）によってである。筆者らの実験によると、酸素濃度を 20%に保っても、二酸化炭素濃度が 10%を超えると、ネズミはふらふらし始める。

これまで温泉施設で二酸化炭素が原因とされる中毒事故報告はない上、今回現地調査を行った二酸化炭素泉には、浴槽で二酸化炭素濃度が 1vol.%を超えるものはなく、浴室で二酸化炭素中毒が起きる可能性は低いものと考えられる。しかしながら、貯湯槽や源泉付近では致死濃度に相当する二酸化炭素が検出されており、浴槽底部や浴槽直近に湧出口のある温泉や二酸化炭素が多く発生する温泉では今後事故が起きかねないと認識するべきである。

3-2-3. 酸素欠乏（メタン，窒素，二酸化炭素，水蒸気）

これまで温泉施設で酸欠が原因とされる事故報告はない。しかしながら，温泉付随ガスは二酸化炭素，窒素，メタン及び水蒸気を主成分とし，酸素が全く含まれていないという特徴がある。したがって温泉付随ガスが空気を置換してしまえば，酸素濃度が著しく低下し，酸欠環境が形成される。温泉施設では，密閉構造となる貯湯槽，分湯槽，ガスセパレータ，ガスセパレータ排気口，エア抜き管及び清掃用開口部等で酸欠環境が形成されやすい。また，多量の温泉付随ガスが溶存していれば，洞窟風呂や地下室に設置された浴室及び温泉を排水する暗きょでも酸欠環境が形成される。

表 6 に酸素欠乏・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掲載されている酸素濃度と酸素欠乏症の症状等との関係を示す表を示す。

表 6 酸素濃度と酸素欠乏症の症状等との関係

長附（ヘンダーソンの分類による）	空気中酸素		動脈血中酸素		酸素欠乏症の症状等
	濃度	分圧	飽和度	分圧	
	(%) 18	(mmHg) 137	(%) 96	(mmHg) 78	安全下限界だが，作業環境の連続換気，酸素濃度測定，安全帯等，呼吸用保護具の用意が必要
1	16～12	122～91	93～77	67～42	脈拍・呼吸数増加，精神集中力低下，単純計算まちがひ，精密計作業細劣化，筋力低下，頭暈，耳鳴，悪心，吐気，動脈血中酸素飽和度 85～80%（酸素分圧 50～45mmHg）でチアノーゼが現れる
2	14～9	100～68	87～57	54～30	判断力低下，発振状態，不安定な精神状態（怒りっぽくなる），ため息頻発，異常な疲労感，酩酊状態，頭痛，耳鳴，吐気，嘔吐，当時の記憶なし，傷の痛みを感じない，全身脱力，体温上昇，チアノーゼ，意識もうろう，階段・梯子から墜落死・溺死の危険性
3	10～6	76～46	65～30	34～18	吐気，嘔吐，行動の自由を失う，危険を感じても動けず叫べず，虚脱，チアノーゼ，幻覚，意識喪失，昏倒，中枢神経障害，チェーンストークス型の呼吸出現，全身けいれん，死の危険
4	6以下	46以下	30以下	18以下	数回のあえぎ呼吸で失神・昏倒，呼吸緩徐・停止，けいれん，心臓停止，死

酸素欠乏症の症状が現れる酸素濃度は個人差が大きく，また個人の健康状態によっても異なる。一般的には 16vol.% くらいから自覚症状が現われ，低濃度になるほど症状は重く，10vol.% 以下では死の危険が生じてくる。重筋労働中や疲労しているとき，あるいは二日酔い等の場合は重症化し，貧血や循環器障害の

既往症のある人では、表 6 の第 2 段階程度でも致命的となる場合があり、心筋梗塞等心疾患を有する場合、第 1 段階でも危険な場合がある。6vol.%以下の極限的な低濃度では、1 回の呼吸でも死にいたるとされている。酸欠環境は臭いによる判定ができないため、労働環境では以前から多く死亡事故が報告されている。

間接的な酸欠であるが、高温水蒸気を吸い込んでしまうと気道や肺に火傷を負い、結果窒息死することもある。

3-3. 専門家ヒアリング

本業務では、事故事例の整理と事故の未然防止策の検討を行う上で必要となる情報を収集するため専門家ヒアリングを実施した。

ヒアリングにご協力いただいたのは以下の専門家や機関である。

専門分野	名称，所属*	実施日
火山ガス専門家	東京工業大学火山流体研究センター 教授 野上健治	平成 27 年 7 月 24 日
火山ガス専門家	福岡大学理学部地球圏化学科 教授 田口幸洋	平成 27 年 9 月 9 日
医師	秋田大学大学院医学系研究科社会環境医学系法医科学講座 教授 美作宗太郎	平成 27 年 12 月 17 日
測定事業実施機関	アジア航測株式会社環境部森林環境課係長 岩田彰隆	平成 28 年 1 月 15 日
温泉旅館（ホテル含）	万座温泉ホテル日進館 元総支配人 市村雅昭	平成 27 年 7 月 22 日
都道府県	大分県生活環境部 生活環境企画課 自然環境保護・温泉班 主事 徳丸聖久	平成 27 年 9 月 7 日
市町村	仙北市総務部 次長兼危機管理監 加古信夫	平成 27 年 12 月 15 日
市町村	秋田県湯沢市総務部総務課総合防災班 参事兼班長 佐藤義治，主査 小川剛	平成 28 年 1 月 21 日
産業用ガス検知警報器工業会	石川嘉一，小島通夫，小山 純二，島田繁，中野信夫（五十音順）	平成 27 年 11 月 30 日
観光協会・旅館組合	高湯温泉観光協会 高湯温泉旅館協同組合 事務局長 永山博昭	平成 27 年 11 月 13 日

*：敬称略

ヒアリング結果のまとめ 1

実施日 平成 27 年 7 月 24 日

東京工業大学火山流体研究センター

教授 野上 健治 様

於:東京工業大学火山流体研究センター 草津白根火山観測所

東京工業大学火山流体研究センターの職員の方が硫化水素中毒事故現場に調査に入る際は、どのような経緯で調査を依頼されるのですか？また調査結果などは公開されることがあるのですか？

1. 火山流体研究センターの職員が事故現場に呼ばれる際には、地元自治体や地元警察から専門的意見を求めるため地元の大学に相談があり、そこから当方が紹介されることが多い。
2. これまで、火山ガスに関連した事故で、労働基準監督署から直接問い合わせがあったことはない。
3. 事故事例については、火山活動などを研究する大学の研究機関で情報が共有されることはない。
4. 調査結果については、数は多くないものの、当方で委員として参加した自治体の事故調査委員会の調査報告書が公開されたことがある。
5. 「小坂丈予，平林順一，山本雅弘，野上健治（1998）わが国に於ける火山ガス人身災害の発生要因とその防止対策，自然災害科学，Vol.17，No2，131-154 .」には火山ガスによる事故事例と防止対策がまとめられている。

これまで事故現場に赴いて問題であると思ったことは、ありますか？

1. 硫化水素中毒による死傷者が発生した場合、警察による捜査は行われるものの、地元自治体などが、事故調査委員会を立上げて、事故の詳細や再発防止策が具体的に協議され、広く公開される例がほとんどない。私が知る限り 2005 年の泥湯の事故が最初ではなかったか。
2. 事故が起きたとしても、誰が責任を負い再発防止に向けた対策をとるべきか明確に決められないまま、幕引きとなることがある。温泉施設で発生した事故ではないが、2010 年に酸ヶ湯温泉の近くで女

子中学生が山菜採りの最中に中毒事故により亡くなった事例では、事故の詳細について公開されていないのではないかと。

3. 現場で直接管理を行っていない管理職職員の硫化水素に対する認識の不足や、旅館事業者の硫化水素に対する認識の不足を感じる。ある温泉地では、硫化水素対策を考慮していない安易な設備構造変更が定常的に行われていた。

硫化水素以外のガスが原因となった事故事例はありますか？

1. 国内では阿蘇山火口周辺で二酸化硫黄が原因となった死亡事故が報告されている。また、温泉施設ではないが1997年に八甲田山では地下水に含まれていた二酸化炭素が原因となり自衛隊員が死亡する事故が起きている。海外では、二酸化炭素が原因となった事故として、1979年のインドネシアのディエン高原の死亡事故や1986年のカメルーンのニオス湖の死亡事故の他、アメリカのマンモス山の死亡事故などがある。

野外で硫化水素濃度の鉛直方向の濃度変化を調べたのですが、複雑な濃度分布を示しました。これはどうしてでしょうか？

1. 硫化水素や二酸化炭素は空気より重いガスであるが、必ずしも低所だけが高濃度になるわけではなく、風向きにより成人の呼吸器の位置するような高所（地上160cm程）でも高濃度になることがある。濃度は変化しやすい。低所が高濃度になるのは当然であり注意すべきであるが、低所でなくとも風向きなどで、高濃度のガスが漂うことがある点注意すべきである。

今後問題として考えられることはありますか

1. 泥湯温泉の事故事例のように積雪時に硫化水素などの火山ガスがたまった雪洞が形成され、そこに人が落ちて事故が起きないようにする対策を検討するべきである。雪洞内のガス濃度は異常な高濃度になることが普通で、もしそこに人が落ちた場合、死亡事故に至る可能性が高い。雪洞は噴気孔の直上や温泉配管のエア抜き管付近などあらかじめ形成される場所が分かっているものの他、配管の漏湯箇所のように思わぬところで形成されることがあるので注意が必

要である。

2. 事故事例が詳細に報告された事例がないので、事故事例を集積する仕組みを作る必要があるのではないか。

ヒアリング結果のまとめ 2

実施日 平成 27 年 9 月 9 日

福岡大学理学部 地球圏科学科
教授 田口 幸洋 様
於:福岡大学理学部

火山地帯における事故には、硫化水素中毒の他どのようなものがありますか？

1. 1978 年 6 月 13 日朝、雲仙温泉お糸地獄の真知子岩付近の写真撮影場の端で、団体旅行をしていた観光客の 1 人が上段の石段から飛降りたところ突然地面が陥没して下半身が落込み大やけどをした事例がある。火山地帯では地面の下を熱水や蒸気が流れ空洞を形成することがある。そのような場所では地面が陥没したり、空洞内に火山ガスが滞留することがある。
2. 1963 年 9 月 5 日には、雲仙温泉清七地獄そばの九州ホテルの本館増改築現場で熱湯蒸気が噴き出し、工事中の作業員 18 人が被災した。被災者は火傷を負っており、2 日後の 9 月 7 日までに 5 人が死亡した。沸騰した地下水が岩盤中の温泉余土（岩石が温泉水により粘土状に変質したもの）で密閉、加圧され、100 以上の加熱水蒸気となって閉じ込められていたと考えられている。そのような加圧蒸気が閉じ込められた岩盤を掘削したため、多量の熱水や蒸気が噴出したものである。火山地帯では、土木工事の際に加圧蒸気や火山ガスが噴出する可能性がある。
3. 小浜町が 1989 年に発行した「雲仙・小浜温泉誌」には「硫化水素の危険性」という項が設けられており、1971 年の草津温泉の振子沢の事故や 1989 年に鹿児島県牧園町で起きた母子 2 名の死亡事故や環境庁の「温泉の利用基準について」が引用されている。雲仙温泉の浴場における硫化水素濃度測定値も記載されており、基準を超えた施設については浴室内の換気に十分注意するべきであると記載されている。
4. 2006 年 10 月 24 日には、鹿児島県牧園町の白水超地域の地熱調査井戸で噴出試験のために井戸の口元弁を解放した際に、硫化水素を含むとみられるガスが噴出し、このガスを吸引したことにより作業員等 8 名が被災し、内 7 名が入院する事故が発生した。

火山地帯で、特に硫化水素中毒について気を付けるべき点はどのような点ですか？

1. 温泉地周辺には火山地帯（地獄）があることがあり、散策路が整備されている事例がある。そのような散策路では、地獄の内部に人が立ち入らないように立て看板等設置したり、柵を設ける必要がある。
2. 硫化水素や二酸化炭素は、無風状態では窪地等に溜まりやすいので、朝風、夕風の時刻のように無風状態となるときに人が立ち入らないように対策を講じることも必要である。1人で立ち入った場合、もし事故が起こっても発見が遅れ重大事故につながりかねない。
3. 九州ホテルの事例のように火山地帯では温泉により変質した粘土層に加熱水蒸気や火山ガスが高圧で蓄えられている可能性がある。引湯管の補修等で、土地を不用意に掘削したり、杭を打ち込むのは危険である。
4. 温泉タンク内等に沈殿した湯の花（粘土）の中に硫化水素や二酸化炭素が閉じ込められている可能性がある。密閉空間となる温泉タンク内では少量のガスが発生しても重大災害となりかねない。清掃時等に不用意にタンク底の沈殿物を攪拌しないよう注意すべきである。

参考文献：長崎県衛生公害研究所 編．雲仙・小浜温泉誌．小浜町，1989．

ヒアリング結果のまとめ 3

実施日 平成 27 年 12 月 17 日

秋田大学大学院医学系研究科

社会環境医学系法医学講座 教授

美作 宗太郎 様

於：秋田大学大学院医学系研究科法医学講座

硫化水素中毒事故の死亡原因報告に「急性循環不全」というものがありますが、いわゆる「硫化水素中毒」とはどのような違いがあるのですか？

1. 硫化水素は、呼吸器から肺に空気が取り込まれる外呼吸系ではなく、肺から細胞に酸素が送られる内呼吸系に障害を及ぼす物質である。お渡しした文献（中毒百科（改訂第2版））にもあるように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表す。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り、毒性の強さもシアンと同程度である。
2. 硫化水素に長時間高濃度に暴露されると皮膚や臓器に帯緑色の変色がみられる。また、硫化水素中毒を起こした場合、体液中に硫化水素や硫化水素が代謝されて生成されるチオ硫酸塩が検出される。このような所見が認められ、さらに現地で硫化水素が発生した状況が確認されれば、「硫化水素中毒」との判断が下される。ところが、解剖しても典型的な硫化水素中毒の所見が認められなければ、被害者の病的所見、損傷といった様々な原因、薬の服用やアルコール等の摂取の影響などを調べる必要があり、結果を得るまでに時間を要することがある。ちなみに、一般には解剖すれば直ちに死因が判明すると思われがちであるが、実際には病理組織検査や薬毒物分析検査などの諸検査の結果を総合してみないと死因を確定できないケースも少なくない。そのような場合に「急性循環不全」という診断が下されることがある。「急性循環不全」とは、内因性の要因だけでなく外因性の要因によるものも含むため、解剖直後に急死所見はあるものの明確な原死因が特定されていない段階で使用される。例えば、重大事故が発生した際に警察から死因が発表される場合など、取り急ぎ原因について発表する必要がある場合に「急性循環不全」という文言が使われることがある。その後、例えば急性循環不全を起こした原因が硫化水素中毒であるということが判

明すれば、硫化水素中毒による急性循環不全と発表される。

3. 警察が医師に死亡原因の判断を求める際に、解剖ができずご遺体の外表所見、既往歴、状況のみから死因を判断する場合(検案という)、以前は「急性心不全」や「急性呼吸不全」という死因が使われたが、死亡診断書(死体検案書)の「死亡の原因」の欄に「疾患の終末期としての心不全、呼吸不全等は書かないでください」という厚労省の指示もあり現在はあまり使われていない。

硫化水素中毒の場合、血中の硫化水素濃度やチオ硫酸塩濃度を測定するといっても、それらの物質は不安定であるため、時間がたてば分析ができないのではないですか？

1. 確かに硫化水素やチオ硫酸塩は不安定な物質である。また、生体は強力な硫化水素の解毒作用を持っていて、低濃度であれば血液中に入った硫化水素は直ちに肝臓や酵素ヘモグロビンで酸化され、硫酸塩のようなものに変えられるとされている。通常解剖を行う場合には、心臓血と末梢血及び尿を採取するが、それらは速やかに採取され凍結保存される。
2. 国内で血中硫化水素を測定できる機関はわずかであるが、最近科捜研などではチオ硫酸塩を測定しているようである。

入浴施設や温泉供給施設で中毒事故が起きた場合、一定量の硫化水素が検出されれば硫化水素中毒とされることがほとんどであるが、酸欠や二酸化炭素中毒が起きていた可能性はないでしょうか？

1. 酸欠や二酸化炭素中毒の可能性、また硫化水素中毒と同時に酸欠や二酸化炭素中毒を起こしている事例も考えられる。文献(中毒百科(改訂第2版))には、二酸化炭素中毒の項目があり、二酸化炭素による中毒の危険性が指摘されており、酸素濃度が酸欠を起こす危険なレベルにならなくても二酸化炭素による毒性で死亡することが記載されている。
2. 中毒百科には、国内で火山ガスの二酸化炭素による中毒死は1997年に発生した自衛隊員が3名死亡した事例が初めてとの記載がある。
3. 二酸化炭素の中毒死が起きたとしても二酸化炭素により置換され

た酸欠による死亡と判断されてしまう場合もあるはずである。死後血中の酸素分圧や二酸化炭素分圧を測定しても、死亡原因が酸欠によるものか二酸化炭素中毒によるものか判断するのは難しいと思われる。中毒百科でもその点は問題点として指摘されており、二酸化炭素ガスを毒性ガスとして認識するべきであると記載されている。

法医学の視点から入浴関連死の事例をみて温泉施設での中毒事故についての見解はありますか？

1. 入浴関連死は年間 15000 件以上発生しているのではないかと推定されている。病死以外にも溺死や転倒などによる損傷等の外因が原因となっている場合や、比較的高濃度のアルコールや薬物が検出されるケースもあり、その原因はさまざまである。例えば、硫化水素中毒が直接の原因となった死亡事故ではなくても、硫化水素によるノックダウンが原因となって溺死したり、硫化水素の吸引が呼吸器系の疾患を悪化させるような事例もあり、解剖せずに死因診断すると原因究明が疎かになる危険性がある。
2. 浴室内の硫化水素濃度分布には、かなり偏りがあることが知られている。例えば、浴槽縁を枕にしてあおむけにのけぞるような姿勢をとっていると、硫化水素は空気より重く床や水面に近いところに溜まるため、部分的に硫化水素濃度が濃くなった空気を吸い込んでしまうことも考えられる。また、呼吸器を温泉供給口の湯面付近まで近づけた場合も同様に、硫化水素濃度が濃くなった空気を吸い込んでしまう可能性があるだろう。

参考文献

中毒百科 - 事例・病態・治療 - (改訂第2版), 内藤裕史, 2002年5月10日 第2版第3刷発行, 株式会社南江堂, 東京.

法医学 (改訂第3版), 福島弘文, 2015年1月15日 第3版1刷発行, 株式会社南山堂, 東京.

ヒアリング結果のまとめ 4

実施日 平成 28 年 1 月 15 日

アジア航測株式会社

環境部森林環境課係長 岩田 彰隆 様

於:アジア航測株式会社

貴社で硫化水素濃度を測定する際には、どのような手順で測定を行っていますか？

1. 弊社では平成 23 年度に環境省長野自然環境事務所発注業務で、立山地獄谷の調査を行い、「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」を作成した。現在環境省は、立山地獄谷の温泉を利用する山小屋等に本報告を基にマニュアルを定めるよう指導しており、弊社が継続している立山地獄谷調査では、「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」に従って作業を行っている。
2. 測定は、3 名以上のグループで実施し、安全責任者を設置し、緊急時の連絡体制を定め、作業安全記録を作成している。また、火山ガスの滞留しやすい夜間・早朝はできる限り作業を実施しないこと、風が止み火山ガスが滞留する可能性もあるので、作業時の天候に留意すること、雪洞に気を付けること等を徹底している。
3. 作業安全記録をつけることを義務付けており、作業前の KY 活動を義務付けている。
4. 作業時には、吸収缶 (SO₂, H₂S 用) を装備した防毒マスク、防毒マスクフィットチェッカー、予備の吸収缶、ゴーグル、携帯用ガス警報器、検知管、酸素ボンベ (ライフレスク)、水、携帯電話または無線機、その他安全用品 (ヘルメット、安全靴、長靴等)、ロープ (ザイル) を装備させている。
5. 立山地獄谷では、温泉と違い二酸化硫黄ガス (SO₂) や塩酸ガス (HCl) も発生しているため、携行する警報器は、硫化水素や二酸化硫黄に対応するものを携行している。これまで塩酸ガスは検知管で測定していたが、最近塩酸ガス対応の警報器も購入し携行している。

硫化水素濃度測定器や装備品の日常管理についてはどのようにされていますか？

1. 検知管については、検知管メーカーにより定められた日常点検を行っている。
2. 定電位電解式硫化水素濃度計については、高濃度の硫化水素、二酸化硫黄を測定するため、メーカー保証期間内であっても、測定実施前にメーカーによる保守点検作業を受けている。それ以外のガス警報器については、メーカー推奨の保守期間内にメーカーによる保守点検作業を受けている。
3. 防毒マスクの吸収缶は、適合する吸収缶を選択し、破過した吸収缶を使用しないように注意している。また、吸収缶が蒸気で湿ってしまうと破過が予想より早く起きたり、空気が吸えなくなることがあるので注意している。

その他測定時に注意されていることはありますか？

1. 火山地帯では、地盤がもろくなっており地面を踏み抜いてしまうことがある。弊社で事故にあった者はいないが、過去に火山地帯で地盤を踏み抜いて火傷を負う事故が発生しており、火傷防止のため長靴を履くようにしている。
2. 火山地帯では高温の噴気で火傷を負うことがある。長袖やグローブを着用し、素肌の露出を防ぐようにしている。

アジア航測さんが仙北市の事故時のように硫化水素中毒事故の現場に呼ばれることはあるのですか？

1. 弊社が硫化水素中毒事故発生時に現場に行くことはほとんどなく、仙北市や安達太良山の時のように、事故の起きた自治体の依頼ではなく、事故調査委員の先生から依頼を受けた場合に限られている。

参考資料：環境省長野自然環境事務所，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，平成 24 年 3 月．

ヒアリング結果のまとめ 5

実施日 平成 27 年 7 月 22 日

万座温泉ホテル日進館
元総支配人 市村雅昭 様
於：万座温泉ホテル日進館

浴槽施設の保守管理において、硫化水素について気を付けている点はありませんか

1. 硫化水素の測定は、環境省の通知に従い毎日行っているが、デジタルの濃度計は手軽な反面数値がばらつくことがあり、誤差が大きいように感じている。そこで、通常の測定はデジタルの濃度計を使用し、高濃度の値が検出された際には検知管式の濃度計を使用するようにしている。
2. 旅館従業員の新人研修で硫化水素についても教育している。多くの新人が硫化水素の怖さや性質を知らないので、硫化水素の危険性や硫化水素のたまりやすい場所、また硫化水素による事故を防ぐため、やってはいけない行為を周知徹底している。一例をあげると、当館では、定期的に浴槽ごとに温泉水に加水する量を調整し温度管理を徹底しているが、その際に温泉水と、うめ水を混合する水槽内には硫化水素がたまることがあるため、水槽を覗き込み続けないように指導している。

硫化水素が原因となる事故が起きたことはありますか？また、どのような対策を講じましたか？

1. 以前（1980 年代）は旅館棟内に浴槽があり、源泉からの中継槽が旅館内の廊下の下に設置されていた。ある時中継槽から漏れた硫化水素が廊下に充満し、従業員が気を失う事故があったので、浴槽や中継槽は旅館棟から別の棟に移設した。
2. 浴槽に給湯する前には、複数の源泉から温泉を集湯槽に集め、そこから硫化水素を除去するための曝気槽に送湯している。以前はこの曝気槽が建物の軒下に設置されており、周辺の硫化水素濃度が高くなりやすかった。現在は曝気槽を風通しの良い屋根の無い屋外に設置した。

3. 当館では近年、浴槽における転倒などの事故は起きているものの、硫化水素中毒による事故は発生していない。

源泉や給湯施設の保守管理において、硫化水素について気を付けている点がありますか

1. 源泉や給湯施設の管理は当館の保守管理職員が行っている。職員は7名で、新人が入れば一般旅館職員と同じく硫化水素の危険性について教育しているほか、一般職員が立ち入らない給湯施設や源泉における作業についても硫化水素を原因とする事故を防ぐための教育を徹底している。
2. 万座温泉のような硫黄泉では配管内に硫黄がたまり、給湯に障害が出ることもある。旅館内の配管などは、こまめに配管の外側を叩き、付着した硫黄を温泉水とともに流して除去するようにしている。配管を外して硫黄を除去する作業は危険なうえ、作業場所の確保など手間がかかるためである。
3. 源泉や湯畑から集湯槽へ送湯する配管は、細い樹脂製のパイプ(いわゆる黒パイプなど)やローブなどで清掃することがあるが、源泉付近には危険個所が多く存在するので、ガスセンサーを携行し必ず複数の作業員で作業を行うことにしている。
4. 源泉など危険な場所は柵で囲うとともに注意書きの立て看板を立てて注意を促している。今までそのような場所にお客様が立ち入って事故が起きたことはない。

硫化水素についてその他注意されていることはありますか

1. 万座温泉に長く住まわれている人は、どのような場所が危険かということをよく知っている。保守管理に携わる保守管理職員は、危険な場所を熟知しているだけでなく、硫化水素はどこにたまっているかわからないという認識を常に持って作業をしている。

ヒアリング結果のまとめ 6

実施日 平成 27 年 9 月 7 日

大分県生活環境部 生活環境企画課
自然環境保護・温泉班
主事 徳丸 聖久 様
於：大分県生活環境部 生活環境企画課

ネット上には、かつて七里田温泉下ノ湯で炭酸ガスによる死亡事故が起きたとされる書き込みがありますが、大分県は事故について把握されていますか？

1. 大分県生活環境部には該当する記録は保存されていない。事故があったことは七里田温泉の支配人も承知していたが、死亡時期については把握されていない。支配人によると、事故当時集落の共同浴場として使われていた七里田温泉下ノ湯の浴槽で朝方男性が 1 名亡くなっているのが発見されたそうである。また、大分県温泉調査研究会の会員（現・大分大学名誉教授）に聞き取りを行ったところ、事故が起きた事実があることは記憶にあるとのこと。その方の情報でも事故原因及び正確な発生日年月日については不明である。過去の新聞記事等調べたが、該当するものは今のところ見当たらない。
2. 七里田温泉下ノ湯については、昭和 24 年の文献（地学雑誌）に記載があり、明治 45 年 4 月 8 日の観測で、炭酸ガスの湧出を伴う 35 度の温泉湧出が確認できたことが記載されている。

大分県では二酸化炭素泉の危険性について問題視されていますか？

1. 大分県では二酸化炭素泉の危険性についてかねてから憂慮している。平成 13 年 3 月発行の「大分県温泉管理基本計画」において、「第 3 節 温泉の適正利用の推進」の項で、県、市町村及び県民が主体的に取り組むべき施策として「温泉の利用基準（昭和 50 年 7 月 12 日 環境庁自然保護局長通知。なお平成 18 年の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が環境省告示第 59 号として発出。）」について、大分県の多様な泉質の温泉を安全に利用してもらうために、浴用利用基準の追加等による強化を図る必要がある。としており、炭酸泉については、炭酸泉の浴用施設の構造については、換気施設の設置を新たに基準として設けて、安

全性を高める。と提言している。

2. 「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（平成 18 年 3 月 1 日 環境省告示 59 号）」は、硫黄泉を対象としているため、硫黄泉については浴槽設置の際に指導を行うことができるが、二酸化炭素泉の場合には明確に危険性が予見されない限り指導は注意喚起程度にとどまっている。

参考文献

大分県温泉管理基本計画．大分県生活環境部生活環境課，2001.3. 70p．
佐藤（1912）豊後七里田の炭酸泉．地学雑誌，Vol.24，No.7.

ヒアリング結果のまとめ 7

実施日 平成 27 年 12 月 15 日

秋田県仙北市総務部次長兼危機管理監
加古 信夫様
於:仙北市田沢湖庁舎

2015 年 3 月 18 日に事故が発生してからどのような対応をされましたか？

現地から事故発生が報告された後、被害者の救出・救護や事故に対する捜査協力、当面の事故再発防止対策を講じることを最優先した他、その時点で判明していた事故の情報を整理し、警察・消防を含む関係機関、温泉利用関係者、事故に遭われたご家族を含む市民に正確な情報を提供することにも重点を置いた。主な対応としては以下のようなものがあげられる。

1. 事故対策室立ち上げ
2. 仙北警察署への捜査協力
3. ホテル・旅館業等へ注意喚起
4. 定例記者懇談会での事故経緯説明
5. 事故に遭われたご家族に対する説明
6. 専門家(野上教授)による現地調査
7. 市関係職員への教育
8. 専門家(野上教授)による現地再調査
9. ホテル・旅館業等への教育
10. 「安全作業マニュアル」(案)の策定
11. 源泉等硫化水素発生地点付近の立ち入り禁止区域の設定
12. 専門業者による現地調査
13. 仙北市が硫化水素検知警報器を購入し、各分湯槽に硫化水素検知警報器を収納する箱を設置し、温泉事業者(別荘等個人利用も含む)が分湯槽での清掃作業時や浴室内の硫化水素濃度測定に利用できるようにした。併せて温泉事業者の作業中の防毒マスクの着用をお願いした
14. 仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会の立ち上げ(計5回開催)
15. 仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会の提言に基づき集湯槽の排ガス管の設置、造成塔の排ガス管の排気効率の向上、周囲への立ち入り禁止措置の徹底、空気弁の設置個所の把握、逆勾配区間の改修、

必要最小限の空気弁を除く空気弁の閉鎖、分湯槽等の硫化水素を発生する可能性のある施設への進入禁止看板設置・改修、温泉受給施設配管図の作成及び、分湯槽の換気施設の改修等を行った。また、改修前後で詳細な化学分析を行い、硫化水素の除去効率に関する検討を行った。

16. 仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会に諮り「安全作業マニュアル」の策定

事故対策委員会（仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会）立ち上げに際し委員の人選等はどのように行われましたか？

1. 事故対策本部は、市長、副市長、各部部長及び次長に相当する担当者からなる部長等会議メンバーで構成されている。今回も事故直後の市長判断で部長等会議をそのまま事故対策委員会とし、迅速かつ行政として統一的な対応をとる目的で組織した。その後事故対策委員会は役割を事故調査委員会へ移行した。
2. 事故調査委員会の有識者の人選は副市長から一任された。その際、事故調査委員会の委員長は地元の有識者にすべきとの指示があり、当時秋田駒ヶ岳・秋田焼山の火山防災協議会で面識のあった秋田大学の林先生にお願いすることにした。また野上副委員長は林委員長の推薦である。その他の委員は、秋田県の地域振興局、事故当時救助を行っていただいた消防関係、地元の温泉利用連絡協議会及び源泉掘削及び給湯設備を設置した事業者で編成した。

仙北市温泉事業 安全作業マニュアルを作成する際にはどのようなことを考慮しましたか？

1. 事故当時、当面の安全を確保して温泉利用を継続するため、早急に安全作業マニュアルを作成する必要がある旨市長から指示を受けた。市長が各地方の温泉給湯事業者等の温泉関係の有識者に協力を依頼し、硫化水素泉を使用する温泉地の作業マニュアルを収集するとともに温泉及び労働安全にかかわる関係法令に基づいて安全作業マニュアル（案）を作成し、労働基準監督署にチェックをお願いした。
2. 事故発生後安全作業マニュアル（案）として公開したものはその後仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会での議論を踏まえ改定を行っ

た。

3. 特に配慮したのは、硫化水素中毒の危険性を明記するとともに作業手順、特に空気弁の取り扱いについて詳しく記載した。市設置の空気弁については、今まで温泉事業者が市の許可なく操作していたが、今後は事業者が操作することを禁じた。配管内の清掃等の作業で市設置の空気弁を操作する必要がある際には、事業者から市に作業を依頼することとした。また、温泉事業者が旅館施設内等に自ら設置した空気弁を操作する際には作業前に必ず市に連絡することを安全作業マニュアルに明記した。これにより温泉事業者が空気弁の作業を行う際には市が作業の把握を行えると共に必要に応じて作業手順に関する指導を行えるようにした。

今後、市としてはどのような対応を考えられていますか？

1. 安全作業マニュアルを温泉事業者すべてに送付するとともにインターネット上でも公開し、温泉事業者に安全作業マニュアルの周知徹底を図るようする。
2. 今後 1 年程度をめどにカラ吹き源泉から硫化水素をほとんど含んでいない水沢源泉への切り替えを行う予定である。ただし、上流で温泉利用している 2 施設については今後もカラ吹き源泉を使用する予定であり、今後カラ吹き源泉を使用しない方法がとれないか検討していくこととしている。具体的には、現在湧出量の低下している他の源泉をしゅんせつして使用できないかを検討している。
3. いまだに硫化水素中毒の防止対策に無関心な温泉事業者がいるため、引き続き温泉利用連絡協議会の会合等で硫化水素に関する安全啓発や安全作業マニュアルの解説を行い、安全作業マニュアルの周知徹底を図りたい。併せて会議等に参加しない温泉利用者に文書の通知を行うことも考えている。
4. 今回の事故調査委員会でも問題になったことであるが、硫化水素対策に消極的な事業者がいる。今まで事故が起きていなかったのは、たまたま運が良かっただけで死亡事故が起きなかったのが幸運だったとの見解を持つべきであり、今後も教育、啓発活動等を行いたい。

仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会林委員長からの提言

1. 今回、各種の対策を講じる中で、ばっ気塔を設置したのにもかかわらず、温泉水から硫化水素を減少させることが難しく、カラ吹き源泉の継続使用をあきらめざるをえなかった。中性の硫化水素泉から硫化水素をばっ気するのは技術的に難しく、使用の際に十分な注意が必要である。
2. 今回のような事故が2度と起きないように、環境省には硫化水素泉を使用する際のマニュアルの策定をお願いしたい。

ヒアリング結果のまとめ 8

実施日 平成 28 年 1 月 21 日

秋田県湯沢市総務部総務課総合防災班

参事兼班長 佐藤 義治様

主査 小川 剛様

於:湯沢市役所

泥湯温泉周辺の硫化水素対策は現在どのように行っていますか？

1. 現在，秋田県雄勝地域振興局（県）が週に 2 回，湯沢市（市）が週に 1 回のペースで泥湯温泉入口の噴気の状態や危険周知看板・立入禁止柵等の点検を目視で行っており，複数の場所で硫化水素濃度の定点観測を継続している。市は県及び消防等関係機関並びに泥湯温泉旅館関係者との間で情報共有を図るとともに立入禁止の措置・防護マスク・備蓄の配備・緊急時の避難要領等対策を講じている。
2. 市は，看板や立入禁止柵等に不備があれば補修を行い，新たな危険箇所が見つければ，関係各所に連絡し，看板や立入禁止柵等の設置を行うなど注意喚起を行っている。
3. 事故発生現場は，泥湯地区内にある駐車場東側に位置する。市にとって泥湯温泉は市民が生活する場所であるとともに大事な観光資源であることから安全管理活動を継続して行っている。
4. 泥湯地区では，以前から活発的な噴気活動が確認されており 2005 年の事故以前から県が道路の維持管理の一環で，噴気の監視や注意看板の設置，道路改良等を行ってきた。1 年ほど前から温泉街入り口付近で新たな噴気活動が活発になり，県をはじめ市も警戒を強めているところである。

硫化水素濃度測定はどのように行っていますか？

1. 市は死亡事故発生後，硫化水素濃度測定について，湯沢雄勝広域消防本部に依頼し，測定結果についてはその都度報告を受けている。現在はそれと並行して週に県が 2 回，市が 1 回，泥湯温泉入口付近の噴気の状態や危険周知看板・立入禁止柵等の点検を目視で行っており，複数の場所で硫化水素濃度の定点観測を継続している。
2. 現在硫化水素濃度の測定には，湯沢雄勝消防本部保有の理研計器株

式会社製の GX-2000 (定電位電解式センサ)¹を使用している。測定箇所は、複数ある測定点の地上 10 cm, 70 cm, 150 cm の位置でそれぞれ行っており、天候や気温のほか風速なども記録している。

3. 市は、2005 年の事故発生を受け、専門委員 4 名、市議会議員 2 名、森林管理事務所 1 名、秋田県生活環境部自然保護課 1 名、秋田県雄勝地域振興局 1 名、秋田県雄勝地域振興局福祉環境部(秋田県湯沢保健所) 1 名、秋田県衛生科学研究所 1 名、湯沢市広域消防本部 1 名、地域住民(旅館関係者) 4 名の計 17 名からなる「湯沢市泥湯温泉硫化水素調査検討委員会」が立ち上げられ、当時泥湯温泉周辺の危険箇所や事故の発生原因、立入禁止区域の設定や注意喚起看板の設置対策などが調査・検討された。泥湯温泉の硫化水素濃度測定はそれ以降継続しており、今後も継続する予定である。

湯沢市では、泥湯温泉以外の場所でも硫化水素濃度を測定していますか？

1. 市には、観光名所であり泥湯温泉と同地区内に「川原毛地獄」がある。川原毛地獄は霊場として開山された場所で、泥湯温泉同様活発な噴気活動を伴う火山地帯の一部に位置する。川原毛地獄でも、散策路内の硫化水素濃度が測定され、その際に高濃度の硫化水素が確認されたため、一部散策路は閉鎖し、現在も立ち入り禁止としている。
2. 川原毛地獄は冬期間における道路(県道)通行止めに伴い閉山され、例年ゴールデンウィーク前の道路(県道)通行止め解除に合わせて立入りが可能となる。この立入りを解除する前、散策路内に設置されている看板等の掲示物に破損や不備がないか確認するとともに、湯沢雄勝消防本部に散策路周辺の硫化水素濃度測定を依頼している。

¹()内は、中央温泉研究所による加筆

ヒアリング結果のまとめ 9

実施日 平成 27 年 11 月 30 日

産業用ガス検知警報器工業会

石川嘉一様, 小島通夫様, 小山 純二様, 島田繁様, 中野信夫様(五十音順)

於: 理研計器株式会社 テクニカルセンター

硫黄泉の浴槽管理者からは, 定電位電解式硫化水素濃度計 (ES: いわゆるデジタル式警報器) とガス検知管の測定値には差があるとの指摘がありますが, 測定値に差はあるのでしょうか?

検知管と ES の感度にはほとんど差がなく, サンプリングバックに採取されたガスを測定すればほぼ同じ値が得られるはずである。ES は測定時の瞬間値を表示するが, 検知管は, 100mL 程度のガスを 1 分程度吸引したときの平均値を表している(検知管の種類により容量, 吸引時間が異なる)。とはいっても, 最初の 10 秒ほどで検知管の 5 割, 30 秒前後で 9 割が反応している。

ES を使用する際の注意点にはどのようなものがありますか?

各メーカーとも連続測定時の耐久試験を実施し販売しているので通常の利用方法であれば, 推奨される定期点検期間の中でセンサが劣化することは考えにくい。ただし, 湿度が高いとセンサのガス透過膜に水が結露し, ガスの透過性が低下するので測定値が低く表示されたり, 測定されなくなることがある。ES はガスが透過膜を透過して検知されるので, 高湿度は測定にマイナスの誤差を生じることがある。

ES の校正や定期メンテナンスの時期はどのようになっているのでしょうか?

正確な測定を維持するため, 1 か月に 1 回校正をしている例があるが, メーカーでは 6 か月に 1 回の校正を推奨している。校正は標準ガスを用いるため, ユーザーが行うのは一般的でなく, メーカーに機器を送ってもらいメーカーで校正を行っている。

なお, アンブルに封じた硫化水素を一定容量に発生させる方法, 化学的に発生させてバックに採取して検知管で濃度を検定して標準

ガスの代わりにする方法もあるがユーザーが操作方法の経験または訓練なしで行うには一般的でない。

ES で警報を鳴らさないものはありますか？

多くの ES は硫化水素に対する安全衛生を目的としており、高濃度硫化水素を検知した場合の警報機能を有している。警報をならなくすることはできるが、それでは警報器としての基本性能を失うことになり好ましくない。

定置形の硫化水素濃度計はあるのですか？

定置形の硫化水素濃度計は、工場などで設置されている例はあるが、対象ガスの湿度対策や、腐食対策などが必要となるため、浴室のような高湿度環境では一般的でない。浴室に定置形硫化水素濃度計を設置するのは技術的に可能であるが、湿度・腐食対策などで高額なものとなる。

ES 以外の硫化水素センサはあるのですか？

通常の濃度（安全濃度）の硫化水素センサについては、ES が一般的であり、それ以外の方式のセンサは一般的でない。

ガス検知管使用上の注意点などありますか？

ES は、定期的な校正が必要なため山奥の一軒宿のような場合、ES よりも検知管の方が現実的と思われる。検知管であれば、有効期間内の検知管を使用し、ガス採取器のメンテナンス（専門的な技術を要するものでなく、ガス採取器の漏れ確認を行い漏れがあった場合にはユーザーによる補修で対応できる）を行っていけば、特にメーカーによる校正の必要はない。ただし、硫化水素用検知管には、鉛などの有害物質を使用しているものもあり、検知管説明書に従って適正に産業廃棄物として処分する必要がある。最近各メーカーとも有害物質を使用しない検知管の開発を進めている。

その他

- 「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」が最初に通知されたのは昭和 50 年 7 月 12 日であり、労働安全衛生法施行令に硫化水素危険作業が追加された昭和 57 年よりも前となる。労働安全衛生法施行令では、硫化水素の濃度を 10ppm 以下にすることを当時定めており、現在もその基準を維持している。また、測定機器については検知管方式による硫化水素検定器と同等以上の性能を有する測定機器としている。酸素計の場合には JIS 規格 (JIS T 8201) を明記しており、硫化水素計も JIS 規格 (JIS T 8205) 合格品が必須条件となる。
- 吸引式の ES もあるが、吸引管内の吸着の問題があり、一般的でない。テフロン製のチュービングにする等対応策はあるが、チュービング内が汚染されると吸着の影響が出てしまい適正なメンテナンスが必要である。
- 酸素欠乏危険作業主任者講習会では、防毒マスクの危険性について講義している。温泉業界では、防毒マスクに対する知識の無い人が使用する可能性があり、注意が必要である。実際に空気呼吸器を使用しなければならない場面で、防毒マスクを使用したため死亡事故に至った例がある。また、ガス吸収缶を適正に交換しないと破過してしまった吸収缶をそのまま使用し有毒ガスを吸い込んでしまうことがある。産業用ガス検知警報器工業会が維持会員となっている公益社団法人日本保安用品協会では、保護具のアドバイスサービスを行っており、保護具インストラクターの派遣サービスを実施している。温泉地などでの講習会を計画してはどうか。

ヒアリング結果のまとめ 10

実施日 平成 27 年 11 月 13 日

高湯温泉観光協会
高湯温泉旅館協同組合
事務局長 永山 博昭 様

高湯温泉の温泉施設や浴槽でこれまで硫化水素による中毒事故は発生していますか？

1. 以前、中毒事故が疑われる事例があったが、ここ最近は聞いたことが無い。少なくとも私が現職に就いた 18 年前からは発生していない。以前中毒事故が疑われた事例については経緯等公式に残されていない。司法手続きに至ったものの完了していると聞いている。

源泉や浴槽施設の日常管理についてはどのようにされていますか？

1. 源泉、集湯槽、分湯槽及びばっ気槽等は、各旅館や温泉施設の専門職員が維持管理を行っている。高湯温泉の源泉は個人や複数の個人が所有しており、源泉の湧き出し口に関しては源泉所有者が維持管理を行っている。各旅館や温泉施設の専門職員は、源泉の湧き出し口の下流に設けられた分湯槽に設置された施設毎の引湯管吸い込み口から下流について維持管理を行っている。
2. 具体的な維持管理は、引湯管の清掃作業が主なもので、堆積した硫黄を取り除く作業を行っている。棒でつついたり、テニスボールなどを流して硫黄を除去している。
3. 引湯管の清掃作業は、1 週間に 1 回程度行われるのが普通であるが、複数の浴槽を備えた施設では、輪番制で作業を行っているところもある。
4. 冬季の積雪時には必ず 2 名以上の作業員で作業を行っている。作業員は温泉熱や蒸気により形成される雪洞や窪地の位置を把握しているため、そのような場所で作業を行う際には、まず棒などで穴を崩し、十分空気が通気したことを確認した上で作業を行っている。

浴槽施設の日常管理についてはどのようにされていますか？

1. 環境省告示に従い最低でも1日3回検知管による濃度測定を行い記録を保存している。
2. 保健所による浴槽調査が年2回実施されており、その際には記録簿を開示し、保健所職員のチェックを受けている。また、調査の際に換気構造の不備が見つければその場で指導を受けている。
3. 保健所による年2回の調査の際には、保健所職員2名と高湯温泉の日常管理を行っている専門職員を立会人として1名加えた3名1班の2班構成で全浴槽設備の点検を行っている。その際に保健所職員は新人2人の構成とならないように配慮している。ベテランと新人を組み合わせることにより、測定方法の習熟訓練などを行っているようである。

硫化水素中毒事故を防ぐために講じている対策にはどのようなものがありますか？

1. 源泉、集湯槽、分湯槽及びばっ気槽等は、基本的に施錠された柵の内側にあり、一般の人は立ち入れないようにしている。ただし、一般の人が立ち入ってしまった場合に事故が起きないように、柵の入り口には茶色の注意書きの立て看板を設置している。また、源泉やばっ気槽等のように高濃度硫化水素が滞留する危険性が予見される場所には、さらに強い表現の赤色の注意書きの立て看板を設置している。立て看板は積雪時にもわかるように背の高いものになっている。
2. 平成20年に温泉の確認・採取許可申請を行う際に、高湯温泉観光協会が源泉から温泉利用施設までの配管について、どこにばっ気槽やエア抜き管があるか調査し、全てを把握した図面を所有している。
3. 浴槽を新設する際には、保健所に設計図面を提出し、事前に構造上の問題がないかチェックを受けている。浴槽湯面が床面よりも上位に位置し温泉があふれるようにすることは言うまでもないが、排水口の位置などにも注意している。排水口の設置場所によっては、ガスが逆流することがある。高湯では、排水口の付近に換気扇を設置している例もある。
4. 硫化水素濃度を下げるとばっ気槽も設置しているが、樋(とい)が硫化水素濃度を下げるのに有効である。樋は左右に振ったり中に小さな段差をつけ、硫化水素の除去効率を上げている。
5. 温泉配管については、エルボーパイプなどで幾何学的にきれいに仕

上げるのではなく、清掃のしやすさなどを考慮し、ゆったりとした弧を描くようなパイプの構造にしている。

山菜採取の方たちが誤って源泉設備の付近に立ち入ることはありませんか？

1. 高湯温泉の源泉はガレ場や旅館の裏手にある上、エア抜き管も私有地の中にあるので、山菜採取の方が誤って立ち入ることは考えにくい。また、原発事故以降、この辺りで山菜を採取する人はいない。

永山様はどのような立場で事務局長を務められているのですか？旅館関係者としてかかわっていらっしゃるのでしょうか？

1. 私は、高湯温泉観光協会及び高湯温泉旅館協同組合の専従職員です。事務局長は、旅館関係者が交代で務めているわけではありませんが、長く温泉に係っております。

4. 事故未然防止策の検討

近年発生した温泉を由来とする中毒事故で報告のあるものについては、全ての事例で原因となったガスが硫化水素であるとされている。したがって、中毒事故対策の中で特に重要であると考えられるのは硫化水素に対する事故対策である。

事例調査及びヒアリングの結果から温泉施設における硫化水素中毒事故の特徴は以下のようにあげられる。

- 硫化水素中毒は、被災者にきわめて重篤な症状をもたらす。死亡事故や植物状態となる事例が多く報告されている。
- 作業中の事故では、二次災害が多く発生し、作業員全員が亡くなる事故も発生している。
- 硫化水素の危険を知っており、手慣れた作業を行っている状況であっても事故が発生している。
- 貯湯槽では、貯湯槽内に溜まった湯の花を取り除く作業中に死亡事故が発生している。
- 浴室で発生する重大事故では、設備構造等基準を満たしていない構造の浴槽が見られる。

上述の特徴は硫化水素の特性によるものと考えられる。硫化水素や二酸化炭素及び酸欠空気による中毒では、人の意識を奪い、最悪心停止にまで至るノックダウンという現象が起きる。入浴中に浴槽内でノックダウンを起こした場合、そのまま溺水死亡事故に至る可能性が高い。作業環境でノックダウンを起こせば、心停止を経て死にいたらなくても、高所から落下したり、槽内に落ちて溺水し、死にいたることが考えられる。ではなぜ、ノックダウンを起こす濃度に人が遭遇するのか考えた場合、多くの事故事例で硫化水素の危険性に対する認識の甘さがあったものと考えられる。

硫化水素でノックダウンを起こす濃度には個人差がある上、当日の体調にも左右される。したがって喘息等の既往症があったり寝不足等の体調不良があると、より重い症状が現れることがある。また、児童は成人に比べ硫化水素の代謝能力が低い上、呼吸器の位置が低いため、成人よりもノックダウンを起こしやすい。浴室では、換気を優先し浴室気温を下げ過ぎると、入浴客は、もっとも温度の高い湯口で肩までつかうため最も高濃度に硫化水素が発生する場所に呼吸器をさらしてしまう可能性がある。近年、脱衣室と浴室の温度差により人が死亡する事故も起きており、換気だけでなく、浴室外でしっかりとばっ気す

ることが重要である。万座温泉には、再加熱によるコストがかかるものの、安全性を重視しばっ気を行っている施設もあり参考とすべきである。

また、作業環境では二日酔いや風邪のため、硫化水素の代謝能力が落ちているのに気付かず、以前問題なかった場所に立ち入ってしまいノックダウンを起こす可能性がある。

硫化水素に関する認識の甘さを示す例として、硫化水素は低濃度では腐乱臭がするため、臭いを頼りに作業をする事例がある。人は低濃度の硫化水素を吸い続けると数分で嗅覚神経が麻痺してしまう。嗅覚神経が麻痺してしまうと臭いを感じなくなるため、硫化水素が薄くなったと勘違いし、さらに高濃度な場所に踏み込んでしまうことがある。臭いを頼りに作業を行うのは自殺行為である。また、防毒マスクやガス警報器を購入しているにもかかわらず、作業時にこれら安全装備品を携帯していない例が多くある。防毒マスクやガス警報器については、購入後吸収缶の交換やメーカーにより定められた定期点検を行っていない事例がある。防毒マスク吸収缶は使用時間と濃度により吸収効果が落ちるので、吸収缶説明書に書かれた破過時間を守らないと、有毒ガスが素通りするただの息のしにくいマスクとなってしまう。温泉施設ではないが、防毒マスクをきちんと手入れしていても、酸素欠乏環境に防毒マスクで侵入し死亡した事例がある。酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習では、酸素欠乏危険個所で作業を行う際には、空気呼吸器（ボンベや送風機からマスクに空気を送る機器）の使用を講習しており、防毒マスクは絶対使用しないように指導している。

また、携帯電話、筆記具や清掃用品を貯湯槽等に落とした際に、「ちょっとなら大丈夫だろう」という油断から、内部に顔を入れてしまい事故に遭う事例も少なからずある。配管等が詰まってしまった場合、復旧には相当の費用や時間を必要とするが、硫化水素中毒事故を起こせば、復旧にそれ以上の費用や時間を必要とし、さらに人的損失や、温泉地のイメージダウンまで起きかねないことを認識しておくべきである。

設備を改修した際や設備の不具合を発見した際に記録を残していない事例も多くある。積雪時にはエア抜き管や配管の漏湯箇所に雪洞が形成され、即死するレベルにまで硫化水素濃度が上昇することがある。実際、配管の漏れから硫化水素が発生し、配管直上の廊下で中毒事故が起きた例がある。硫化水素中毒ではノックダウンが起きるため、僅か一呼吸で死にいたる可能性がある。エア抜き管や配管の漏湯箇所で作業するのは、大変危険な作業であり、死と隣り合わせの作業と考えるべきである。

硫化水素では二次災害が多く発生しているが、最大の原因は、硫化水素中毒事故が起きることを想定して作業していないことがあげられる。事故を想定していないため、事故発生時にあわてて無防備で救助を行い、二次災害を発生さ

せる事例が多く報告されている。硫化水素中毒は、きわめて致死率が高く、救助方法を策定しておくことも重要であるが、事故が起きないように作業手順を策定することが最も重要である。

いくつかの事例で疑われるのが、貯湯槽内の汚泥を攪拌していて硫化水素中毒を起こした事例である。下水清掃作業では、同様の事故が多く報告されている。これは、汚泥中の硫酸塩を硫酸塩還元菌が分解し汚泥の中に硫化水素が蓄えられたため、作業開始前には硫化水素が検出されていなくても、作業員が汚泥に足を入れた途端高濃度の硫化水素が発生し、このガスを吸い死亡したものである。一般的に、高温の温泉に細菌は生息できないといわれているが、これも大きな間違いで、高温、強酸性の環境でも古細菌等の特殊な硫酸塩還元菌が生息しており、注意が必要である。

浴室や温泉給湯施設だけでなく2005(平成17)年の泥湯温泉の事故のように、温泉地内の散策路等で、事故が今後起きないとも限らない。温泉地では、周辺に位置する危険個所の把握に努めるべきである。

以上のような点を鑑み、硫化水素中毒を防ぐための対策を以下に示す。

- 設備構造等基準を順守し、濃度測定や換気設備等の点検等の日常点検を実施する。浴室内の温度管理に注意する。また、入浴客がお湯の落ち口に近づきすぎないように注意する。飲酒しての入浴や1人での入浴は注意が必要であることを明記する。
- 硫化水素はロックダウンを起こす。一呼吸で死にいたることがある。
- 作業員は体調管理に努め、無理な作業は行わない。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る。
- 硫化水素の危険性について熟知すること。施設作業員は、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習を受けることが望ましい。
- 作業は必ず2名以上で行い、風向きに注意し常に風上で作業する。作業員とは別に監視人を置くことが望ましい。
- 防毒マスク、硫化水素検知警報器及び酸素検知警報器を携行する。硫化水素検知警報器、酸素検知警報器はメーカーの定める定期検査を受けること。
- 検知管は使用期限内のものを使用し、吸引器の日常点検をかかさないと。また、一部検知管は有害物質を含んでいるので適正に処分すること。
- 防毒マスクは適正に吸収缶を交換する。また、酸欠環境で防毒マスクは使用してはならない。一呼吸で死亡する。
- 配管等の日常清掃口は、人の顔が入らない大きさの開口部とし、清掃用

品を落とした際に顔を入れることができないようにする。配管が詰まってしまった場合、復旧には相当の費用や時間を必要とするが、中毒事故を起こせば、復旧にそれ以上の費用や時間、さらに人的損失や、温泉地のイメージダウンまで起きかねないことを認識しておくべきである。

- 硫化水素が滞留する可能性のある貯湯槽等密閉構造となる場所の入り口は施錠し、はしごや貯湯槽等の入り口及び貯湯槽等の本体には、硫化水素中毒が発生する可能性があること明記する。
- 湯の花を不用意にかきまぜない。湯の花から硫化水素が発生することがある。
- 事故発生時の救護体制や連絡先など事前に決めておくこと。作業を行う前には中毒事故が起きないように作業手順を定めた作業計画を作成し、全ての作業員が理解すること。
- 硫化水素中毒や酸素欠乏症はきわめて致死率が高く、二次災害を起こしやすい。あわてて救護活動を行い二次災害に遭わないよう注意すること。
- エア抜き管の位置や配管の漏れやすい場所、修理履歴を記録し、だれでも危険個所がわかるようにしておくこと。
- 温泉施設の周囲の危険個所を普段から把握し、立入禁止柵や看板の設置及び維持管理を行うこと。地熱地帯では地面を踏み抜く陥没事故も頻発している。また、地形により無風状態となる時間がある場合には、その時間の立入を禁止する。注意喚起は児童にもわかりやすいものとする。

以上が硫化水素中毒を防止する上で考えられる対策であるが、温泉には、硫化水素以外にも中毒を起こすガスが存在する。特に二酸化炭素を主成分とする温泉付随ガスは、これまで公式な事故報告はないものの注意すべきガスである。温泉施設での中毒死亡原因には、急性循環不全とされている事例もある。硫化水素だけでなく、二酸化炭素や、二酸化炭素の相乗効果によって起きた事故もあると推定される。今回現地調査を行った限りでは、浴槽で問題となるレベルまで二酸化炭素濃度が高い施設はなかった。しかしながら、貯湯槽等でほぼ100vol.%の濃度に達するものや、浴室が地表面より低い場所に設置されていて、換気扇が常時作動している施設が存在した。二酸化炭素を多く発生する温泉については、二酸化炭素中毒に対する注意が必要である。

また、平野部では多量のメタンガスを発生する温泉が利用されており、これら温泉ではガスセパレータを設置してメタンガスを分離している。そのような温泉では、高所にメタンガス排気口が設けられており、メタンガスを主成分とする酸欠ガスが排気されている。メタンガス自体は中毒を起こすガスではないが、酸欠を起こす。たとえ酸欠で死にいたらなくても、酸欠により体が麻痺し、

高所から転落することも考えられ、注意が必要である。

5. まとめ

近年発生した温泉を原因とする中毒事故の調査を行い事故の未然防止策を検討した。

温泉地では硫化水素による中毒事故が多く報告されている。しかしながら、二酸化炭素中毒が疑われる事例もあることから、硫化水素のみならず、二酸化炭素や温泉付随ガスで空気が置換されて生成した酸欠空気にも注意するべきである。これまで温泉付随ガスについては、可燃性天然ガス対策や硫化水素対策のみが温泉法関係で規定されてきたが、温泉付随ガスは酸素が含まれていない危険なガスであることを認識すべきである。温泉地で中毒事故を未然防止するため以下の点の順守が望まれる。

- 設備構造等基準を順守し、濃度測定や換気設備等の点検等の日常点検を実施する。浴室内の温度管理に注意する。また、入浴客がお湯の落ち口に近づきすぎないように注意する。飲酒しての入浴や1人での入浴は注意が必要であることを明記する。
- 硫化水素はロックダウンを起こす。一呼吸で死にいたることがある。
- 作業員は体調管理に努め、無理な作業は行わない。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る。
- 硫化水素の危険性について熟知すること。施設作業員は、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習を受けることが望ましい。
- 作業は必ず2名以上で行い、風向きに注意し常に風上で作業する。作業員とは別に監視人を置くことが望ましい。
- 防毒マスク、硫化水素検知警報器及び酸素検知警報器を携行する。硫化水素検知警報器、酸素検知警報器はメーカーの定める定期検査を受けること。
- 検知管は使用期限内のものを使用し、吸引器の日常点検をかかさないと。また、一部検知管は有害物質を含んでいるので適正に処分すること。
- 防毒マスクは適正に吸収缶を交換する。また、酸欠環境で防毒マスクは使用してはならない。一呼吸で死亡する。
- 配管等の日常清掃口は、人の顔が入らない大きさの開口部とし、清掃用品を落とした際に顔を入れることができないようにする。配管が詰まってしまった場合、復旧には相当の費用や時間を必要とするが、中毒事故を起こせば、復旧にそれ以上の費用や時間、さらに人的損失や、温泉地のイメージダウンまで起きかねないことを認識しておくべきである。

- 硫化水素が滞留する可能性のある貯湯槽等密閉構造となる場所の入り口は施錠し，はしごや貯湯槽等の入り口及び貯湯槽等の本体には，硫化水素中毒が発生する可能性があること明記する。
- 湯の花を不用意にかきまぜない。湯の花から硫化水素が発生することがある。
- 事故発生時の救護体制や連絡先など事前に決めておくこと。作業を行う前には中毒事故が起きないように作業手順を定めた作業計画を作成し，全ての作業員が理解すること。
- 硫化水素中毒や酸素欠乏症はきわめて致死率が高く，二次災害を起こしやすい。あわてて救護活動を行い二次災害に遭わないよう注意すること。
- エア抜き管の位置や配管の漏れやすい場所，修理履歴を記録し，だれでも危険個所がわかるようにしておくこと。
- 温泉施設の周囲の危険個所を普段から把握し，立入禁止柵や看板の設置及び維持管理を行うこと。地熱地帯では地面を踏み抜く陥没事故も頻発している。また，地形により無風状態となる時間がある場合には，その時間の立入を禁止する。注意喚起は児童にもわかりやすいものとする。
- 二酸化炭素を多く発生する温泉については，貯湯槽等で作業する際に二酸化炭素中毒に注意する。二酸化炭素もノックダウンを起こす。一呼吸で死にいたる可能性がある。
- メタンガス排気口からは，メタンガスを主成分とする酸欠ガスが排気されている。メタンガス自体は中毒を起こすガスではないが，酸欠に注意する。たとえ酸欠で死にいたらなくても，酸欠により体が麻痺し，高所から落下して死亡することも考えられ，注意が必要である。
- 温泉付随ガスは酸素を含まない致死性のガスである。温泉付随ガスの組成に係らず，多量の温泉付随ガスを発生する温泉を使用する際には中毒事故だけでなく酸欠事故についても配慮すること。

6. 中毒防止パンフレット（案）

以下に温泉施設で起きる中毒事故を防ぐためのパンフレットの案を示す。

温泉施設で起きる中毒事故を無くしましょう

温泉地では温泉を共に発生するガス（温泉付随ガス）による中毒で重大事故が発生しています。

発生前年	発生場所	概要
平成17年	秋田県 駐車場脇	旅館周辺の駐車場で宿泊客4名死亡
平成18年	長野県 温泉槽	清掃作業中の従業員1名が犠牲
平成25年	長崎県 野湯槽	清掃作業中の従業員2名が死亡
平成26年	北海道 分湯槽	清掃作業中の従業員2名が死亡
平成29年	北海道 浴槽	入浴中の宿泊客が意識不明の重体（疑い）
平成29年	大分県 野湯槽	作業員1名が一時意識不明となる
平成27年	秋田県 温泉配管	配管整備中の作業員等3名死亡
平成27年	群馬県 湯量湯温調整室	作業員2名が一時意識不明となる

温泉付随ガスは、硫化水素や二酸化炭素のような中毒を起こすガスを含むことがあるだけでなく、酸素を全く含んでいないので酸素欠乏症を起こすガスです。最悪一呼吸で意識を失う**ノックダウン**という症状を起こします。ノックダウンを起こす濃度には個人差があり、当日の体調も影響します。

硫化水素中毒や酸素欠乏症は極めて致死率が高く危険ですが、適切な対策を講じることで防止できます。

以下の注意事項を守り、入浴客や温泉施設従業員の安全を守りましょう

浴室での注意事項

- 環境省告示の**設備構造等基準を順守し**、濃度測定や換気設備等の日常点検を実施しましょう。
- 浴室内の温度管理に注意し、入浴客がお湯の落ち口に近づきすぎないように注意しましょう。**飲酒しての入浴や1人での入浴は注意が必要であることを明記**しましょう。

施設従業員の注意事項

- 体調管理に努め、無理な作業は行わないようにしましょう。**寝不足や二日酔いも中毒に影響**します。貯湯槽等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しましょう。
- 硫化水素の危険性について熟知してください。施設作業員は、**酸素欠乏・硫化水素危険作業主任技術者講習**を受けることをお勧めします。
- 作業は必ず2名以上で行い、風向きに注意し常に風上で作業してください。作業員とは別に監視人を置いてください。
- **防毒マスク、硫化水素検知警報器、酸素検知警報器を携行**しましょう。警報が鳴ったらすぐに避難しましょう。
- 防毒マスクは適正に**吸収缶を交換**しましょう。ただし、**防毒マスクを酸素の無いところで使用してはいけません。一呼吸で死亡**します。

作業場所での注意事項

- 日常管理を行う場所は、うっかり顔を入れ高濃度硫化水素を吸いこまないように人の顔が入らない大きさの開口部としましょう。中毒事故を起こせば、命を失うことや、温泉地のイメージダウンまで起きかねないことを認識しておきましょう。
- 温泉付随ガスが滞留しやすい温泉タンクのハッチは施錠し、ほしごやタンクの入り口及びタンク本体には、中毒事故や酸欠事故が発生する可能性があることを明記しましょう。
- 温泉タンクに溜まった湯の花を不用意にかきまぜてはいけません。湯の花から硫化水素が発生することがあります。
- 事故発生時の救護体制や連絡先など事前に決めておきましょう。救護を行う場合、二次災害に遭う可能性が極めて高くなります。救護策を万全にするよりも、作業を行う前に中毒事故が起きないように作業手順を定めた作業計画を作成し、全ての作業員が理解しましょう。
- エア抜き管の位置や配管の漏れやすい場所、修理履歴を記録し、だれでも危険箇所がわかるようにしておきましょう。

作業場所や温泉の周辺での注意事項

- 温泉施設の周囲の危険箇所を日頃から把握し、立入禁止標の設置及び維持管理を行いましょ。地熱地帯では地面を踏み抜く陥没事故も頻発しています。また、地形により無風状態となる時間がある場合にはその時間の立入を禁止しましょ。注意喚起は児童にもわかりやすいものとしましょ。
- 二酸化炭素を多く発生する温泉については、炭酸泉でなくても貯湯槽等で作業する際に二酸化炭素中毒に注意しましょ。二酸化炭素中毒もノックダウンを起こし一呼吸で死にいたることがあります。
- ガス発生施設のガスセパレータ等の排気口からは、メタンガスを主成分とする酸欠ガスが排気されています。メタンガス自体は中毒を起こすガスではありませんが、酸欠に注意しましょ。たとえ酸欠で死にいたらなくても、酸欠により体が麻痺し、高所から落下して死亡することもあります。

7. 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.

Baubron, J., Allard, P. and Toutain, J.(1990) Diffuse volcanic emissions of carbon dioxide from Vulcano Island, Italy. Nature, Vol.344, 51-53.

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.

Cronin, S. and Sharp, D.(2002) Environmental impacts on health from continuous volcanic activity at Yasur (Tanna) and Ambrym, Vanuatu. International J. of Environmental Health Research, Vol.12, 109-123.

Dreisbach R., Robertson W(1987) Handbook of Poisoning, 12th ed, Appleton & Lange, 244.

福島弘文 編 (2015) 法医学 第3版. 株式会社南山堂, 東京.

Giggenbach, W., Sano, Y. and Schmincke, H.(1991) CO₂-rich gases from Lakes Nyos and Monoun, Cameroon ; Laacher See, Germany ; Dieng, Indonesia, and Mt. Gambier, Australia-variations on a common theme. J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol.45, 311-323.

Gilman A. et al.(eds)(1985) The Pharmacological Basis of Therapeutics. 7th ed, Macmillan, 322-338.

後藤稔・池田正之・原一郎 (1992) 産業中毒便覧 増補版. 医歯薬出版, 東京.

平賀士郎, 鈴木孝雄 (1973) 大涌谷における硫化水素中毒事故調査(). 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol.4, No.2, 47-54.

広瀬保夫 (2010) 硫化水素中毒の臨床, 中毒研究, Vol.23, 212-216.

伊関憲 (2009) 硫化水素中毒とインターネット, 中毒研究, Vol.22, 315-319.

岩崎泰昌, 小嶋亨 (1998) 酸素欠乏. 中毒研究, Vol.11, 233-239.

岩田義徳 (1972) 箱根湯ノ花沢温泉硫化水素中毒死亡事故について. 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol.3, No.3, 143-150.

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. *Clinical 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> (2016年2月現在)

栗崎恵美子 (1998) 硫化水素ガス中毒 . 中毒研究 , Vol.11 , 227-232.

黒田曜子 (1987) 温泉における溺没事故死の研究-特に硫化水素温泉の特異性と事故防止対策 . 福島医誌 , Vol.37 , 199-211.

Kusakabe, M., Ohsumi, T. and Aramaki, S. (1989) The Lake Nyos gas disaster: Chemical and isotopic evidence in waters and dissolved gases from three Cameroonian crater lakes, Nyos, Monoun and Wum. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, Vol.39, 167-185.

Leguern, F., Tazieff, H. and Faivre Pierrent, R. (1982) An example of health hazard : People killed by gas during a phreatic eruption : Di ng plateau (Java Indonesia), Febraury 20th 1979. *Bull. Volcanol.*, Vol.45-2, 153-156.

水谷太郎 (2000) 硫化水素中毒 . 日本中毒情報センター編 症例で学ぶ中毒事故とその対策 改訂版 . じほう , 東京 .

長崎県衛生公害研究所 編 (1989) 雲仙・小浜温泉誌 . 小浜町 .

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 .

大分県生活環境部生活環境課 (2001) 大分県温泉管理基本計画 .

大木靖衛 , 平野富雄 , 小鷹滋郎 (1973) 大涌谷における硫化水素中毒事故調査 () . 神奈川県温泉地学研究所報告 , Vol.4, No.2, 55-64.

小坂丈予 , 平林順一 , 山本雅弘 , 野上健治 (1998) わが国に於ける火山ガス人

身災害の発生要因とその防止対策．自然災害科学，Vol.17-2， 131-154.

佐藤（1912）豊後七里田の炭酸泉．地学雑誌，Vol.24，No.7.

仙北市（2016）作業安全マニュアル

http://www.city.semboku.akita.jp/citizens/documents/anzenmanual_20151215.pdf（2016年2月現在）

仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会（2015）仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会報告書（案）．第5回仙北市カラ吹き源泉事故調査委員会配布資料．

多田治，中明賢二（1981）労働科学叢書 48 環境有害物の測定と評価．労働科学研究所，東京．

高取健彦，長尾正崇（1998）メタンガス中毒．中毒研究，Vol.11，241-246.

滝口雅博（1998）二酸化炭素中毒．中毒研究，Vol.11，221-225.

Thienes C. et al.(1972)Clinical Toxicology. 5th ed, Lea & Febiger, 57.

鶴見實（2011）青森市大字荒川字南荒川山国有林火山性ガス調査．弘前大学地域共同研究センター，平成22年度受託研究報告書．

規則・省令・告示等

医師向け中毒情報 概要【硫化水素】Ver.1.07．公益財団法人日本中毒情報センターホームページ．

http://www.j-poison-ic.or.jp/ippan/016200_0106_3.pdf（2016年2月現在）

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（平成18年3月1日 環境省告示59号）

温泉関係施設における硫化水素中毒防止対策の徹底について（平成27年3月30日 厚生労働省通知 基安労発0330号第2号）

労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）

労働安全施行令（昭和47年労働省令第318号）

酸素欠乏症等防止規則（昭和47年労働省令第42号）

付録

仙北市策定 「作業安全マニュアル」

出典

仙北市ホームページ

http://www.city.semboku.akita.jp/citizens/documents/anzenmanual_20151215.pdf (2016年2月現在)

安全作業マニュアル



平成27年12月

仙 北 市

【 目 次 】

I 硫化水素	P 3
1 火山ガスと硫化水素の概要	
2 発生しやすい場所以	
3 硫化水素濃度と人体反応	
II 安全な作業管理	P 6
1 事故発生の原因	
2 具体的な安全対策（一部修正）	
3 安全管理の責任（一部修正）	
III 温泉利用施設の対応	P 1 8
1 要 旨	
2 「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」 （昭和）	
3 浴室等の管理	
4 立ち入り禁止標等の設置	
5 空気弁の手入れ（追記）	
IV 資 料	P 2 2
1 安全管理組織図（一例）	
2 緊急事態への対応（一例）	
3 緊急時連絡体制図（一例）	
4 緊急時の連絡先	
5 硫化水素計の取扱い操作、防毒マスク装着の注意事項	
6 空気弁の概要（追記）	
7 温泉利用の許可を受けた者が行う日常の手入れ手順（追記）	
8 事故事例（新潟温泉における硫化水素事故）	

I 硫化水素

1 火山ガスと硫化水素の概要

(1) 火山ガスの概要

ア 概 説

日本には116の活火山があり、こうした活火山では有毒ガスを含む火山ガスを噴出しているところが多く、その代表的な活火山としては、阿蘇山、草津白根山や三宅島などがある。

火山ガスは、地下のマグマに溶けている成分がガス状になって分離したもので、その95%以上が水・水蒸気ですが、ガスの中には人体に影響を及ぼすアスベスト、硫化水素、二酸化硫黄、酸化水素、二酸化炭素、一酸化炭素などが含まれている。

イ 火山ガスによる事故

火山ガスによる事故の多くは、近くの観光地や温泉地などで発生しており、火山ガス対策、特に硫化水素に対する危険性の認識と事故防止対策への取り組みが重要である。

(2) 硫化水素の概要

ア 概 説

硫化水素は、硫黄と水素の無機化合物、無色の気体で、腐敗臭を帯び、空気に対する比重は1.1905で空気より重く、水に溶け弱い毒性を示し、目・皮膚・粘膜を刺激する有毒な気体である。

また、悪臭防止法に基づく特定悪臭物質のひとつであり、噴火口や温泉泉などの臭いが「硫黄臭い」と形容される場合があるが、硫黄は無臭であり、これは、硫化水素の臭いを示している。人為的な発生源には石油化学工場などがあり下水処理場、ごみ処理場などにおいても硫黄が腐敗性物質によって還元された硫化水素が発生する。その他、自然由来としては、火山ガスや温泉などに含まれる、可燃性ガスであり、空気より重いため火山噴き、温泉の噴き出し口などの窪地に溜まりやすい。

イ 毒 性

(ア) 硫化水素に吸うと胸が苦しくなり、頭痛、めまい、歩行の乱れなどを起こす。

高濃度の硫化水素を吸引すると意識不明、けいれん、呼吸麻痺を起こし、昏倒して死に至る。皮膚粘膜への刺激性が強く、気管支炎や肺水腫などを引き起こす。

また、独特の臭気を放つとともに、嗅覚を麻痺させる作用があり、高濃度になると臭いを感じなくなるため、硫化水素が滞留している場所と知らずに近づき被害に遭う例が多く見受けられる。

シイ) 酸化水素の毒作用

濃 度 (ppm)	部 位 別 作 用 ・ 反 応		
3~5	鼻 不快に感じる中程度の 酸臭の臭気		
10	許容濃度濃度	注意する濃度の下限	
20~30	鼻の機能にダメージを 与えて臭気を感じなくな る濃度。	呼吸器 肺に影響を与える下限 の濃度。	
50			眼 目の機能にダメージ が出はじめる濃度。眼 のかゆみ・痛み・充血
100~300	臭覚神経が麻痺する。	長時間 (3~45 時間) さ らされると呼吸器支気 管炎・肺水腫を惹起し 重篤になると窒息して 死亡する濃度。	気管の浮腫、気管の収 縮と洞腫などを併発し て目の機能に強い障害 が出る。
400		1 時間さらされると生 命の危険となる濃度	
600		30 分さらされると生 命の危険となる濃度	
700	脳神経 脳神経がおかされて呼吸が停止する。		
800~900	意識喪失、呼吸停止、死亡		
1,000	昏倒、呼吸停止、死亡		
5,000	瞬 死		

ク) 現場での処置と治療

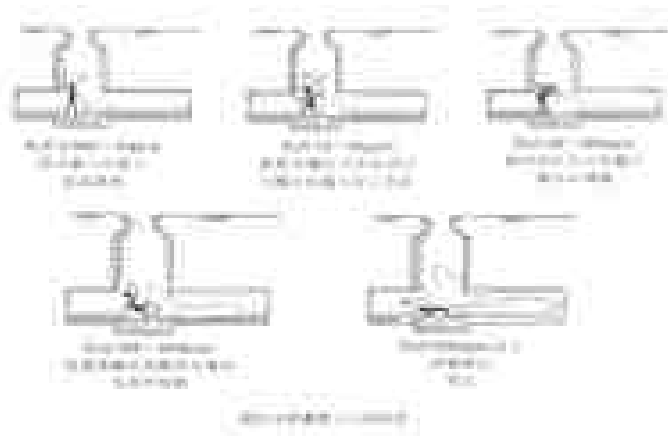
現場において、酸化水素が滞留している場所から直ちに救出して、100%酸素を吸入させる。特に重症患者には、あらかじめ気管挿管及び人工呼吸器を挿し、急性脳障害を予防する必要がある。

2 発生しやすい場所

作の温泉施設の構造上、水蒸気と気水を混ざって温泉水を通る遊気塔や造った温泉水を集める集湯槽付近、あるいは引湯管に付いている温泉水内の気体を抜くためのエアバルブ設置付近などには酸化水素が発生しやすいと考えられる。

また、温泉事業は、温泉より出湯量が多いため、地熱の多いところから配管とところへ出て流れます。温泉施設付近が地熱を多く地熱に暴露しやすい。

4 酸化水素濃度と人的対応



II 安全な作業管理

1 事故発生の原因

過去の死亡・重傷事故に起因する事故事例を分析すると概ね以下の共通原因が考えられる。

- ① 作業主任者の未選任や職務不履行（安全管理組織の未整備）
- ② 作業関係者の安全衛生教育の未実施（技能講習の未受講）
- ③ 作業前の現場での作業関係者間の打ち合わせ未実施
- ④ 作業者等の空気・酸素呼吸器などの保護具の未装着
- ⑤ ガス測定器の未実行、定時的な作業現場等のガス濃度測定の実施

2 具体的な安全対策

(1) 安全衛生教育の実施と徹底

死亡・重傷事故・重大な事故を視覚的に体験できる講習等を定期的に実施し、事故に対するリスク管理、危険への対応能力を付与させる。特に新規作業時や新規採用職員、あるいは人事異動による職務替え職員に対しては、確実に訓練・講習などの安全衛生教育を実施するとともに、その徹底を図る。

また、業務に従事する作業員（職員）には安全衛生教育を十分に行い、知識・技能が確実に身に付いたことを確認してから現場作業に従事させる。その前、現場についてから現場責任者は、作業前の打ち合わせ・指示を行う中で、現場を見ながら更に具体的な注意事項、危険箇所等の説明を実施する。

なお、安全衛生教育は形式的な教育にとらわれず、日頃の実践的な講習・訓練によって作業手順、機器の点検・操作、ガス対応に有効な空気呼吸器等の保護具の装着、緊急避難・救助方法を確実に身に付けさせる教育が重要である。

ア 臨入現場・作業内容変更時の教育

労働安全衛生法第59条1・2項及び労働安全衛生規則第35条に基づき、次の事項を教育する。

- ① 機材等の取扱い操作
- ② 保護具等の取扱い操作
- ③ 作業手順、検査点検等に関すること
- ④ 高土のおおそれのある場所等の予防・消滅設備に関すること
- ⑤ 事故発生時の応急処置、避難に関すること

イ 特別教育

労働安全衛生法第59条3項及び労働安全衛生規則第36条26項並びに重大な事故等防止規則第12条に基づき、関係作業員（職員）全員に実施する。

また死亡・重傷及び労働安全衛生法が規定するおそれのある作業については、労働安全衛生法特別教育規程（昭和47年9月30日労働省告示）に基づき、次の特別教育

の科目を教育するよう示されている。

- ① 酸素欠乏等の発生の原因
- ② 酸素欠乏症等の症状
- ③ 空気呼吸器等の使用の方法
- ④ 事故の場合の逃避及び救急搬送の方法
- ⑤ その他、酸素欠乏症等の防止に関する必要な事項

④ 職長教育

労働安全衛生法教育8の条に基づき、新たに職長の職務に就くことになった者、その他の作業中の労働者を直接指導又は監督する者に対して次の教育を実施する。

- ① 作業手順の定め方、労働者の適正な配置の方法
- ② 指導又は教育の方法、作業中における監督及び指示の方法
- ③ 危険性又は有害性等の調査の方法、危険性又は有害性等の調査結果に基づき講ずる措置、設備・作業等の具体的な改善の方法
- ④ 異常時における措置、災害発生時における措置
- ⑤ 作業に係る設備及び作業場所の保守管理の方法、労働災害防止についての関心の維持及び労働者の創意工夫を引き出す方

(2) 安全管理体制の充実

酸素欠乏危険作業主任者講習又は酸素欠乏・酸化水素危険作業主任者講習を受講した有資格者のいずれかを作業現場に常駐させるとともに、作業主任者には重要な作業や危険を伴う作業を実施する際に、作業員（職員）の能力等を踏まえて適切に指揮・指導して、安全管理体制の充実に努める。

具体的には、適切な作業方法の決定、作業の指揮、健康及び酸化水素濃度の測定、測定器具・換気の状態、空気呼吸器等の点検、空気呼吸器等の使用状況の監視等を行うとする。

また、併せて安全パトロールを定期的の実施して、事故の発生を未然に防止する。

特に安全パトロールについては、現場における安全管理体制、安全管理基準・作業手順や教育事項等が遵守され、履行されているかなどをチェックさせるとともに、現状の課題点を正確に報告させる。亦は、この安全パトロールの報告に基づき、具体的な改善・処置事項を講じるものとする。

安全パトロールチェックリスト

月日・場所：

点検者氏名：

チェック項目	チェック	特記事項
本日、現場での作業員（職員）数を確認しているか	○	
作業員数が作業士任者になっているか		
作業士任者のもとで本日の作業の打ち合わせを適切に実施しているか（作業内容の確認を含む）		
作業現場における作業前安全教育を実施しているか（本日の作業におけるワンポイント指導）		
3名以上の作業員（職員）で作業を実施しているか		
積込点検（検査を含む）を終了した測定器を携行して、常時安全を確認しているか		
作業中、作業員（職員）が防護ウェアを装着しているか、作業中のヘルメットの装着義務を厳正に行っているか		
作業員が足取り不良状態を察知しているか		
日々清掃実施済み		
作業内容	確認実施履歴	①②③
作業現場の積込作業履歴が適切に日々更新されていることも確認しているか		
作業現場における積込作業などの危険な作業は、必ず安全服・具等を着用し且調整して作業を行っているか		
油断帯・凍結帯・分断帯・サウダ帯・引込帯・空気のなどの危険な状態状態での立ち入り禁止帯域やロープの設置は適切か		
作業士任者は作業条件が良く確認できる位置で各作業組を適切に指導しているか		
異常を確認した時、直ちに作業を中止し、適量できる安全体制をとっているか（ナイロン材ハンドマイクの活用）		

〔3〕 作業計画の策定

腐化水質に関する基礎知識及び過去の作業記録等の記録を確認して、腐化水質中傷及び設備欠点等の防止について、十分考慮した作業計画をあらかじめ作成して、計画的な作業を実施する。

また、すべての作業従事者に対して、作業主任者は作業計画の内容を周知徹底させることに留意する。

〔4〕 現場での安全点検

現場到着後、作業主任者のもとブリーフィングミーティングを実施して、本日の作業内容・手順を確認するとともに、作業員全員でKY（危険予知）活動を行い、作業に潜んだ危険を予測、危険を共有してから具体的な危険防止対策を講じたのち作業を開始する。

また、作業を開始する前に、作業現場の機材点検及び設備の維持管理に使用技術者を含めるとともに、現場の本質的な危険を安全チェックシートによる詳細な点検を行う。特に作業場については、通行・操作それぞれにおける作業時の危険要因（一歩）に基づいて作業手順を厳密に行うとともに、作業場内の安全対策を徹底するための作業を開始することになる。

その他、事故が発生して命を奪取り、または重傷を負わせるような重大な設備故障等に関する作業員全員に行わせる。



酸素不足等危険作業安全チェックシート

月日・場所：

点検者氏名：

時期	項目	チェックポイント	チェック欄
① 作業開始前	作業の検討、打ち合わせ	危険場所に応じた作業内容を検討し、作業関係者間で打ち合わせをしたか	
	作業主任者	作業内容に応じる有資格者か	
		作業方法等を決めて、危険内容を明確に指示したか	
		器具類を点検し、配置しているか	
	作業員	特別教育を修了しているか	
	避難・救助の確認・手配	避難、救助の方法を確認し手配を行ったか	
	危険箇所の確認	作業内容に応じた作業リスクを確認し、その箇所を把握しているか	
	ガス測定器の準備	測定器を準備し、作業場外で機能点検を実施、機器が正常に機能しているか（ブラスを含む測定器の校正・有効期限は適切か）	
		作業主任者以下全員が測定器の操作に慣れていないか	
	ガス濃度測定	作業開始前の測定値は正常か（測定時間も記録）	
作業現場の換気	換気機・換気扇・自然換・自然排・自然吸・自然送風等の換気は適切か（状況により強制換気・送風の実施）		
防護マスクの準備	作業員全員が防護マスクを準備しているか		
報告	作業開始前に企業局へ報告したか		
② 作業実施中	ガス濃度測定	測定値は正常か（測定時間も記録） （酸素 19%以上、硫化水素 10ppm以下）	
	点呼	作業員の数を確認したか	
	防護マスクの装着	作業実施中、防護マスクを装着したか	
	作業状況	作業主任者の作業指揮で適切に作業が行われているか、作業前に異状はないか	
		継続して測定器で測定しているか 作業環境の変化はないか	
報告	作業の進捗を企業局へ報告したか（時間記録）		
③ 作業終了	点呼	作業員の数を確認したか	
	健康状態の確認	作業員全員に異状はないか	
	測定記録	測定結果を記録して残したか（測定時間も記録）	
	器材等の点検	器材等の点検と機能点検をしたか	
	報告	作業終了後に企業局へ報告したか（時間記録）	

山形県立中央工科大学 産学連携（国内の事例）

ロボットの開発



① 施設内で作業を行う場合に必ず防護服を着用して実施する。

② 作業開始前には必ず安全確認を行い、作業中に発生した異常に備えて緊急停止ボタンを押すことができるようにしておく。

③ 作業終了後は必ず安全確認を行い、作業中に発生した異常に備えて緊急停止ボタンを押すことができるようにしておく。

④ 施設内には必ず安全確認を行い、作業中に発生した異常に備えて緊急停止ボタンを押すことができるようにしておく。

「建設現場の安全管理の徹底事例」(一) ① 高所作業防止
 作業時の確保



② 高所作業のときは必ず安全帯(安全帯)を着用し、安全帯の係留点を確認し、安全帯の係留点を確認して作業を行ってください。

③ 高所作業時は必ず安全帯を着用してください。

(6) ガス濃度の測定

腐化水素の発生や酸素欠乏となることが予想される箇所での作業を行う場合は、常時ガス測定器を携行するとともに、ガス検知管を使用して適時検知、ガス濃度を測定しながら安全を確認して作業を行う。

ア. ガス検知管

ガス検知管は、ガス検知器（検知器本体）と検知管からなり、検知管が検知器の検知機構の付属品であり、ガス濃度を迅速かつ簡易的に測定するものに用いた器具である。ただし、検知管には検知範囲があり、一般には以下検知範囲が示されている。



ガス検知管の一例

イ. ガス測定器

ガス測定器は、持ち運びが容易であり、一般業務での測定範囲やセンサーの寿命が長いのが特徴である。

検知管検知とガス検知器検知とがあり、検知管がガスを測定し、ガス測定器がその検知結果を出力する仕組みがある。



ガス測定器の一例

ウ 測定要領

- 【ア】 測定は、有資格者でなければならない。
- 【イ】 器材の取扱い操作に熟練していなければならない。
- 【ウ】 空気呼吸器等を装着して測定する。
- 【エ】 測定は複数で、監視しつつ実施する。（2名以上で測定）
- 【オ】 測定箇所は1ヶ所であり点以上、かつ作業場等全体として点以上で、測定を行う。

【6】 呼吸器保護具の装着

腐化水素の発生や酸素欠乏となることが予想される箇所での作業を行う場合は、必ず呼吸器保護具を装着して作業を行う。

ア 空気呼吸器・酸素呼吸器

面体を装着し、空気・酸素を詰めたいポンプで呼吸を確保する。使用時間に制限があるので、作業用ではなくて救命・救助用に使用する。

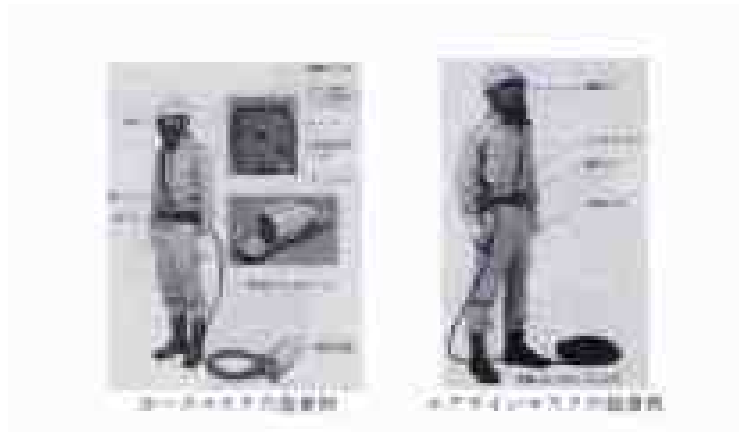
ポンプ等の定期点検、整備は1ヶ月に1回実施し、点検費用等は費用に算入して計入する。



空気呼吸器の装着例

イ 酸素マスク

酸素マスクの点検期間は短く設定されているが、新しく使用時には酸素が紅い高圧瓶の作業に備えている。酸素マスクは高圧酸素瓶を交換する作業マスクと正しく設定して使用して使用するタイプがある。酸素は作業中に必ず酸素供給を行うため点検し、定期点検、整備は1ヶ月に1回実施する。



④、作業姿勢

従来作業では、作業終了後、作業現場において、作業終了又は作業終了と認識する際必ず休憩を必要とする状況が想定し、比較的作業時間が短い作業に適用していた。また、有線式が一般的であったが、無線式（無線LAN）の普及により、作業現場の移動性を高めることで作業が比較的楽々であることが、従来の作業場以上の利便性を享受する。



無線式小型用作業用デスク

(7) 専任の監視者の配置

専任の監視者を配置、作業状況を常時監視して、感電被害及び搬送欠陥発生などの異常が生じたときは、現場の作業主任者等に連絡して緊急事態に対応する体制を確保する。

(8) 緊急事態に対する対応訓練の実施

現場における緊急事態に適切な対応がとれるように、定期的に警報・消防と連携した対応訓練・関係機関への連絡・通報訓練を実施する。

3 安全管理の責任

(1) 発注者の責任

ア 情報提供

発注者は、当該作業にかかる安全衛生関係の各種情報を受注者に提供する必要がある。情報提供を行う具体的な例としては、作業管理における過去の情報・点検記録（細部の構造・作業内容・ガス濃度の測定結果など）や作業履歴付添の危険箇所情報（油圧棒・駆動棒・分岐棒・中間棒・引掛管の空気弁の設置場所など）がある。

イ 安全管理の監督指導

発注者は、受注者が事故防止のための安全管理を十分に実施しているか否かを監督指導する必要がある。安全管理の監督指導を行う具体的な例としては、資格を保有している作業主任者の選任の適否、特別教育実施記録の確認などがある。

ウ 安全管理体制確立のための情報提供と指導

発注者は、作業現場の実態（作業環境・作業内容など）に則した安全管理体制を受注者が適やかに整えられるよう情報を提供するとともに、体制づくりの指導を適切に行い、受注者の安全管理体制を促進する。

エ 安全衛生教育の実施と継続

発注者においても、受注者に対して安全管理の指導監督及び安全管理体制の早期確立のための指導が行えるよう安全衛生教育を実施し、これを継続して行くことが重要である。

(2) 受注者の責任

受注者は、作業を実施する上で、事故防止のため安全管理を徹底する必要がある。

具体的には、以下の項目について留意する必要がある。

ア 適正な作業計画書の策定

(ア) 事前に得た作業現場の実態（作業環境・作業内容など）に基づく適正な作業計画書の策定。

(イ) 作業計画書の内容に則して、作業員、関係者への作業計画書の通知。

(ウ) 受注者に対して、作業計画書と実作業における変更点の正確な明示。

(エ) 必要に応じて、労働安全コンサルタント等の助言を受けた上で計画書を策定。

イ 安全管理体制

(ア) 資格を有する作業主任者の選定。

(イ) 資格を有する作業主任者の現場監督と職務の専念。

(ウ) 安全パトロールの実施。

ケ 安全衛生教育

- 〔ア〕 体系的かつ継続的な安全衛生教育の実施と教育記録の保管。
- 〔イ〕 安全器具の点検や取扱い操作などの訓練を行うとともに、訓練記録の保管。

エ 事前調査と現場の点検

- 〔ア〕 現場の作業記録・日誌を基にした現場の状況の把握。
- 〔イ〕 作業開始前の現場の作業環境及び器材並びに作業手順などの確認。
- 〔ウ〕 チェックリストを活用した点検体制の充実。

オ ガス濃度の測定

- 〔ア〕 作業場を含めた作業現場全体の酸化水素ガス濃度や酸素濃度の測定。
- 〔イ〕 酸化水素や酸素が欠乏することが予想される箇所での常時測定器の携行とガス濃度の定量的な確認、防者マスク等の装着。

カ ガス影響への対応

- 〔ア〕 作業場を含めた作業現場全体としてガスが滞留しやすい座地に注意するとともに、風の吹れる方向・強さなどにも留意。
- 〔イ〕 酸化水素や酸素が欠乏することが予想される箇所（遊成塔・凝液槽・分溜槽・中間槽・引揚管の空気弁の設置場所など）での常時測定器の携行とガス濃度の定量的な確認。

キ 呼吸用保護具の装着

- 酸化水素の発生や酸素欠乏となることが予想される箇所での作業を行う場合は、呼吸用保護具を装着して作業を行うことを徹底。

ク 専任の監視者の配置

- 〔ア〕 専任の監視者を配置して作業状況を常時監視。
- 〔イ〕 酸化水素及び酸素欠乏発生などの異常が生じたときは、現場の作業主任者等に通報して緊急事態に対応する体制を確保。

ク 被災時の対応

- 〔ア〕 予想される危険を具備するとともに、具体的な対策処置の実施と準備。
- 〔イ〕 緊急事態に適切な対応がとれるように定量的な救助・救出訓練の実施。

コ 緊急連絡網の整備

- 〔ア〕 関係機関を含めた緊急連絡網の作成。
- 〔イ〕 緊急事態に適切な連絡がとれるように連絡・通報訓練の実施。

Ⅲ 温泉利用施設の対応

1. 要 旨

環境省告示第59号（平成18年3月1日）の適応対象となる温泉については、「公衆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」に基づき、適応対象となる温泉及び温泉利用施設の構造並びに浴室等の設置が示されている。

2 「公衆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」(要約)

(1) 適応対象となる温泉

1ヶログラム中、硫酸銨（硫酸水素イオン、チオ硫酸イオン及び亜硫酸水素）に対応するものをいう。以下同じ。）を20ミリグラム以上含有する温泉とする。

(2) 温泉利用施設の構造

温泉利用許可者は、硫酸水素を原因とする事故の防止のため、温泉利用施設を次の設備構造等とすること。

ア 換気孔等

(ア) 浴室に換気孔又は換気装置を設ける等により、浴室内の空気中の硫酸水素の濃度が、次に掲げる数値を超えないようにすること。

- α 浴槽設置から上方10cmの位置の濃度 2.0ppm
- β 浴室床面から上方70cmの位置の濃度 1.0ppm

(イ) 換気孔等を設けたにもかかわらず浴室内の空気中の硫酸水素の濃度が上記数値を超えた場合、温泉から浴室までの間に換気扇その他の換気装置等を設けることにより、温泉中の硫酸水素の含有量を減少させ、浴室内の空気中の硫酸水素の濃度が上記数値を超えないようにすること。

(ウ) 換気孔等は、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で設けること。(別図1参照)

(3) 浴 槽

ア 浴槽の側面は、浴室の床面より高くなるように設けること。(別図2参照)

イ 浴槽への温泉注入口は、浴槽の側面より上方に設けること。(別図3参照)

0. 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) 換気装置の確認

浴室内の硫酸水素濃度が常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、浴室に隣接する更衣室等においても、硫酸水素が滞留しないよう、換気に十分配慮すること。

特に、人工物や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、積雪等により酸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

施設の利用者は、浴室内の空気中の酸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3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、浴槽利用開始前に行うこと。

(3) 測定結果の記録及びその保管

酸化水素濃度の測定結果を記録し、都道府県知事等から酸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

ア 浴槽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。

イ 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. 立ち入り禁止標等の設置

副産物の含有量が多い温泉を利用し、又は酸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、動方等による誤敷設置等を避けることにより、酸化水素を原因とする中毒事故の防止に万全を期すこと。

また、設置等の周辺に立ち入り禁止の看板や標等を設置すること。

5. 空気弁の手入れ

温泉利用の許可を受けた者が分館種から管理する施設までの温泉の流れを改善するため、敷地内にある引湯管の空気弁の手入れを行う場合、先ず防毒マスクを装着するとともに、酸素・酸化水素計を胸元付近に付けて作業現場に入ること。

次に空気弁の設置現場に到着したならば、酸素・酸化水素計を空気弁に近づけ周辺の酸化水素の有無を確認、濃度を測定した後酸化水素の噴出や滞留に注意して作業を実施すること。

また、風の向きにも留意して、風上に身を置いて作業すること。

その他、空気弁の構造構造や空気弁の調整の手入れについては、資料編の「空気弁の概要」・「温泉利用の許可を受けた者が行う日常の手入れ手順」を参照すること。

FIGURE 3:

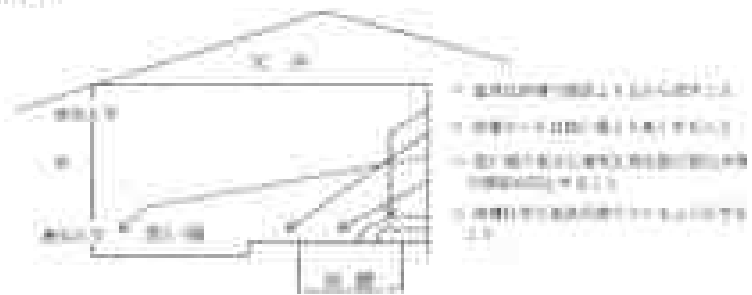


FIGURE 2:

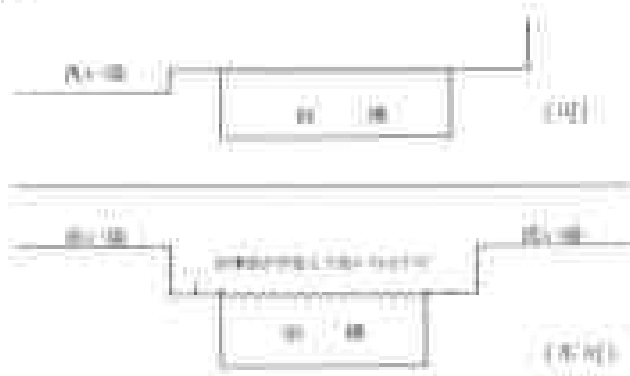
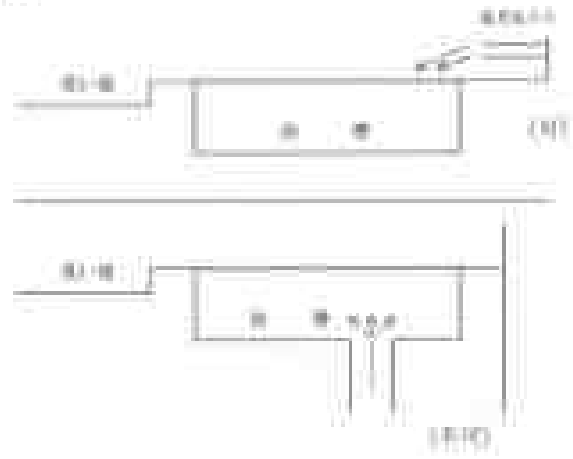


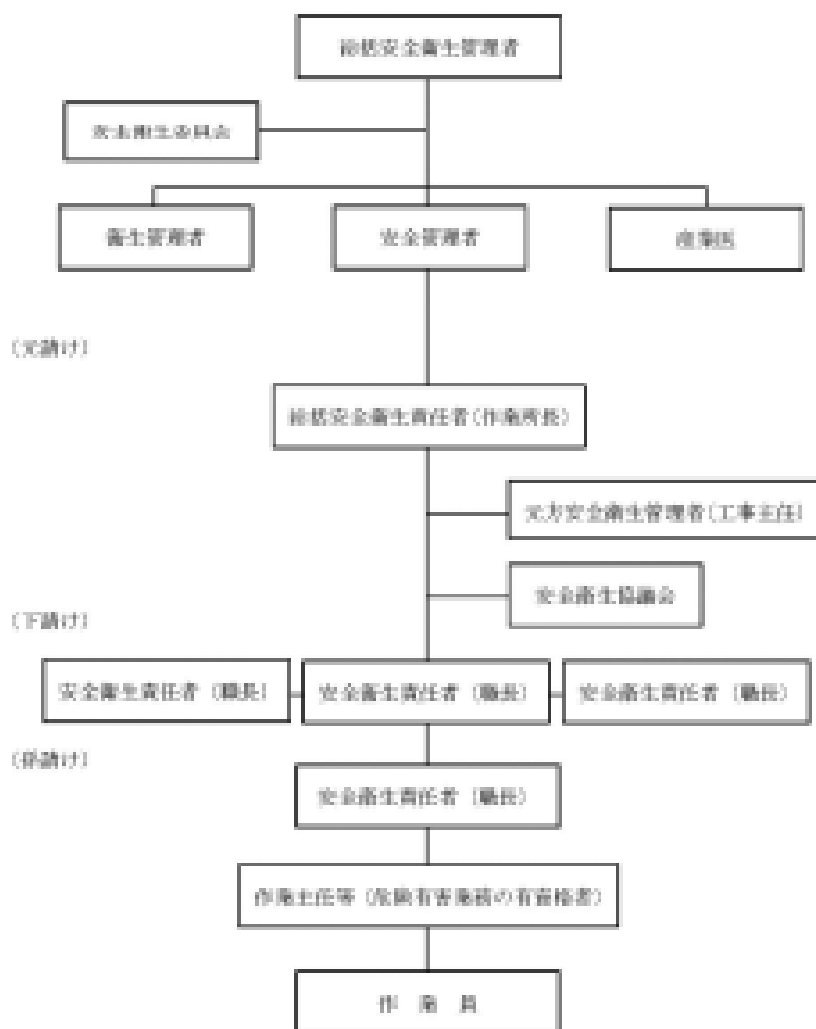
圖 2-1



IV資料

- 1 安全管理組織図（一例）
- 2 緊急事態への対応（一例）
- 3 緊急時連絡体制図（一例）
- 4 緊急時の連絡先
- 5 酸素・硫化水素計の取扱い操作、防毒マスク装着の注意事項
- 6 空気弁の概要
- 7 温泉利用の許可を受けた者が行う日常の手入れ手順
- 8 事故事例（天橋温泉における硫化水素事故）

1 【安全管理組織図（一例）】



2【緊急事態への対応（一割）】



3 【緊急時連絡体制図（一例）】



4 【緊急時の連絡先】

番号	科・関係機関	部署	電話
1	仙北警察署	地域課	0187-63-2111
2	仙北警察署 四戸交番		0187-43-1191
3	舟橋消防署		0187-54-2302
4	舟橋消防署 田沢分署		0187-43-1139
5	市立舟橋病院	〈代 表〉	0187-54-2111
6	市立田沢病院	〈代 表〉	0187-43-1131
7	仙北地域振興局	総務企画課	0187-63-5223
8	大曲労働基準監督署	検査・労務課	0187-63-6161
9	大曲保健所	〈代 表〉	0187-63-3403
10	仙北市温泉利用連絡協議会	山沢ブライターホテル	0187-46-2331
11	仙北市企業局	産業課	0187-54-2388
12		工務課	0187-54-2390
13	仙北市役所	総務課総合防災課	0187-43-1115

5.【測定・酸化水素計の取扱い操作、防護マスク装着の注意事項】

① 酸素・酸化水素計の取扱い操作



【計測順序】

- 1 計測する場所以外のところで準備、次に「ON/OFF」を3秒押す。
- 2 本体の「音が鳴る・光が点滅する・振動すること」を確認する。
- 3 H2Sはゼロ表示、O2は01%表示であれば、計測準備完了
- 4 ガスを計測し、H2Sであれば10ppm で第1段階の警報、15ppm で第2段階の警報が鳴る。
- 5 計測が終了する場合は「ON/OFF」を3秒押す。

② 防護マスク装着の注意事項



6 【空気弁の概要】

1 空気弁とは、水道管（引込管）などの配管内に発生した空気、あるいは溜まっている空気を抜く、または空気を入れる役割を果たす弁のことを指している。
別名、「空気抜き」などとも呼ばれている。

2 機 能

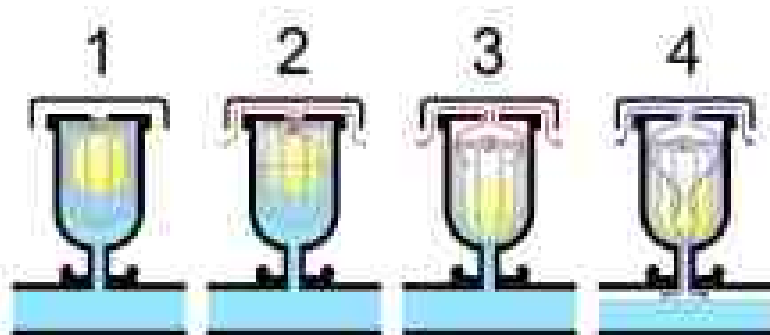
1つの空気弁で排気と吸気の両方の機能を果たすのが一般的である。

3 種 類

単口空気弁・双口空気弁や急速空気弁などがあるが、日本水道協会の規格から単口空気弁・双口空気弁は廃止され、現在では、急速空気弁のみが用いられている。

4 空気弁の仕組み（急速空気弁）

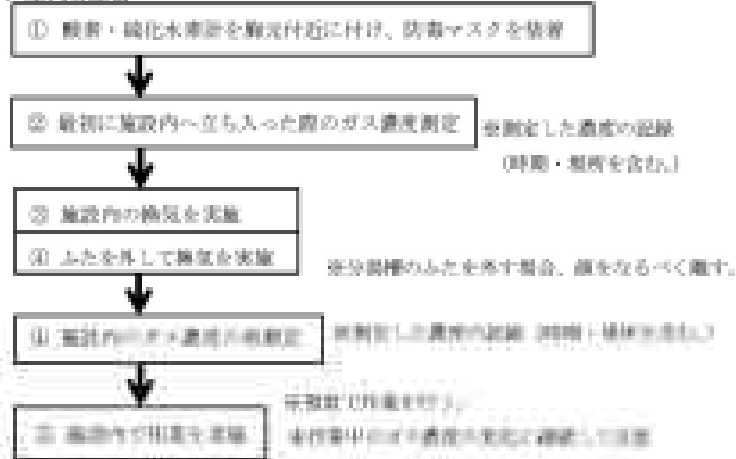
- ① 通常の状態
- ② 少量の空気が配管内の水などに含まれる空気が少しづつ分離して管内に溜まる。
- ③ 配管内の水に含まれる空気が分離が更に進み、空気弁内に多くの空気が溜まり、フロートの浮力が解かれて外部に空気が放出する。（排気）
- ④ 空気弁の内圧が外部に等ると空気が流入する。（吸気）



7 【温泉利用の許可を受けた者が行う日常の手入れ手順】

1 分湯槽で作業を実施する場合の手順

(1) 屋内分湯槽



【分湯槽での作業時の注意事項(1)】(1) 屋内の湯槽 分湯槽の手入れ



4.2.1 現場作業

【室内作業】
【室内作業】
【室内作業】

【室内作業】
【室内作業】
【室内作業】

【室内作業】



【室内作業】
【室内作業】
【室内作業】

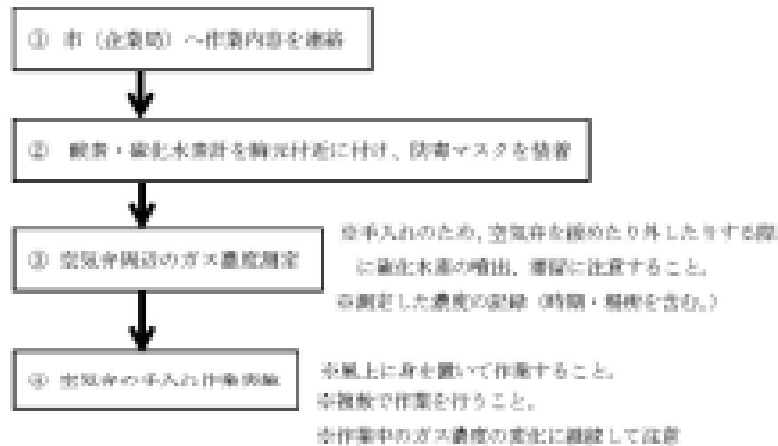
【室内作業】
【室内作業】

2 空気舟の手入れを実施する場合の手順

(1) 市が管理する空気舟の場合

- ア 温泉利用の許可を受けた者は、市の管理する空気舟の手入れをしてはならない。
- イ 温泉利用の許可を受けた者が管理している施設の手入れを行う上で、市の管理する施設にかかるとなる手入れが生じた場合（本館に予想される場合を含む。）は、自ら作業を行うことなく、必ず市（企業局）へ連絡して手入れ作業を依頼する。

(2) 温泉利用の許可を受けた者が管理する空気舟の場合



3 その他の作業を実施する場合の手順

- (1) 上層以外の作業で、普段と異なる作業を温泉供給施設で実施する場合は、先ず実施前に市（企業局）へ作業時期・作業場所及び作業内容を連絡する。
- (2) 次に作業内容や仕方が一部不明、あるいは一部不確実と感じた場合は、市（企業局）の助言を受けてから作業を実施する。
- (3) その他、いずれの作業の場合であっても、先ず顔面・呼吸器保護を必ず胸元付近に付けて防毒マスクを装着して作業すること、次にガス濃度の測定（作業中のガス濃度の継続測定を含む。）を行って作業すること、次に作業現場の換気に注意を払って行うことは、いずれの作業を行う上でも共通の作業手順として厳守する。

8 【事故事例】 泥湯温泉における硫化水素事故

1 事故の概要

- (1) 場 所 湯沢市高松宇泥湯沢 駐車場付近の山側にある雪洞
- (2) 日 時 平成17年12月29日（木） 17:01（救急要請）
- (3) 被害者 東京都在住の一家4名（全員死亡）
- (4) 発生原因 上記4名の内、3名が駐車場でアンスビー缶びくを誤って凍結したアンスビー缶1缶が積雪におおわれたところ、雪崩が噴出した際、雪洞内に潜っていた再建中の洞と氷雪を避けて倒れる。倒れた者が救出のため穴を掘ったものの流雪に倒れる。穴崩れによって穴が崩れ、家族を閉じ込めた状態に陥り、倒れていた家族を救助しようとして倒れた。駐車場でアンスビー缶びくから雪洞内に落下して筒状構造を形成して穴を開けた原因。

泥湯温泉駐車場



2 安全対策

(1) 湯沢市が実施した安全対策

- ア 泥湯地区については、調査結果に基づく危険区域を立入禁止区域とし、バリケード、看板、ロープ等を設置する。
- イ 川原毛地区については、道路及び遊歩道以外を立入禁止区域とし、注意看板等を設置する。
- ウ 泥湯地区の入口、中心地及び駐車場入口へ酸化水素に関する大型警告看板を設置する。
- エ 酸化水素に関し、注意を喚起するチラシを作成する。
- オ 各社へガス検知器及びガスマスクを設置する。
- カ 定期的に酸化水素濃度測定を実施する。
- キ 地域の方々に対する安全指導、情報交換の場を設けるとともに、地域の方々と協力し有事の際を想定し緊急時の連絡や避難の訓練を実施する。
- ク 特に積雪期には、次の対策を実施する。
 - (1) 除雪エリア以外の雪の上に立ち入らないよう看板、ロープ等を設置する。
 - (2) 除雪エリアの終点到立入禁止の最終看板を設置する。
- ケ 実施した安全対策の点検確認を随時行う。

(2) 地域の方々を実施する安全対策

- ア 温泉利用基準に従い、浴室内の酸化水素濃度を原則として毎日2回以上測定し、安全を確認する。
- イ 宿泊施設内にチラシを掲示するとともに、観光客の方々へチラシ配布や口頭などにより、注意事項の周知を徹底する。
- ウ 地域で事故等が発生した場合は、迅速に市及び県に連絡する。
- エ 地域の自然環境に十分注意し、変化が生じた場合は迅速に市及び県に連絡する。
- オ 特に積雪期には次の対策を実施する。
 - (1) 建物や周囲は十分な備えが確保されるよう除雪機を徹底する。
 - (2) 道路除雪や避難道路確保のため、観光客の方々が路上駐車することのないよう注意、指導を徹底する。

作成日：平成27年 4月20日
修正日：平成27年12月15日

・