

## 5)臨床検査

- ・動脈血液ガスモニター、肺機能検査、胸部 X 線検査を行う。  
大量暴露時は作用が遷延することがあるので、継続的に胸部 X 線検査を行うのが望ましい。 9)
- ・血中ホスゲン濃度は臨床的には有用ではない。 9)

## 6)治療

- ・特異的解毒剤・拮抗剤はない。基本的処置を行った後、対症療法。 9)
- ・呼吸・循環器機能の維持管理 9)
- ・遅れて肺水腫が発現する（72 時間後まで可能性がある）ため自覚症状はなくても 48 時間の入院観察が必要といわれている 10)

## \*吸入した場合 9、10、14)

## (1)基本的処置

- ・新鮮な空気の下に移動
- ・呼吸不全をきたしていないかチェック。臥位で呼吸が苦しければ起坐位にする。
- ・保温し、安静を保つ。 14)
- ・自覚症状はなくても 48 時間の入院観察が必要。 10)

## (2)対症療法

- A.咳や呼吸困難のある患者には、必要に応じて気道確保、酸素投与、人工呼吸等を行う。
- B.肺水腫対策:・動脈血ガスをモニターするなど呼吸不全の発生に留意する。  
呼吸不全が進行する場合は人工呼吸(持続的陽圧呼吸)が必要。  
・輸液:血液濃縮がみられるので輸液を行うが、過剰輸液は肺水腫を誘発する。中心静脈圧、できればスワンガンツカテーテルによる循環動態のモニターが必要。 10)  
・モルヒネ:勧められない(呼吸抑制や頭蓋内圧の上昇を引き起こすことがあるため)  
・抗生物質:感染症が明らかな場合投与する  
・ステロイド:予防効果、治療効果は明らかではない。
- C.検査:・血中ホスゲン濃度は臨床的には有用ではない。 9)  
・大量暴露時は動脈血ガスモニター、肺機能検査、胸部 X 線検査を行う。  
・大量暴露時は作用が遷延することがあるので、継続的に胸部 X 線検査を行うのが望ましい。 9)
- D.実験的治療法:以下の治療法をヒトの肺水腫治療に使用するにはさらに研究が必要。 9)

- ・ヘキサメチレンテトラミン:(ヒト、動物)ホスゲン暴露前に予防的に投与しない限り、死亡率、肺への作用を減少させることはない。  
本剤は第一次世界大戦当時、ホスゲン用防毒マスクの吸収缶の中に中和剤の1つとして入っていた。 10)
- ・N-アセチルシステイン:(ウサギ)気管内投与し、ホスゲン暴露後の肺水腫の発生を低下させた。
- ・アミノフィリン、テルブタリン、DBcAMP(dibutyryl adenosine 3,5-cyclic monophosphate)、イソプロテレノール:(ウサギ)暴露後投与、暴露前投与で肺水腫の予防に有用であった。
- ・その他:(イヌ)酸素投与、炭酸水素ナトリウムは代謝性アシドーシスの補正に有用であった。サーファクタントエアゾールは肺合併症を改善するようにはみえたが、肺水腫に対する効果は不明。

#### [予後]

- ・予後を左右する重要な因子は肺水腫と二次感染で、二次感染を起こさず48時間以上経過すれば、以降は改善に向かう。 20)
- ・24~48時間生存すれば、一般的に予後は良好と考えられる。 9)
- ・回復後、後遺症は起こらないとされているが、まれに肺気腫、慢性気管支炎、気管支拡張症、肺線維症が残ることがある。 4、9、13、20)

#### \*眼に入った場合 9)

- (1)基本的処置:大量の微温湯で少なくとも15分間以上洗浄する。
- (2)対症療法:刺激感や疼痛、腫脹、流涙、羞明などの症状が洗浄後も残る場合には眼科的診療が必要。  
必要ならば、上記吸入の場合に準じて治療する。

#### \*皮膚に付着した場合 9)

- (1)基本的処置:付着部分を石鹼と水で徹底的に洗う。
  - (2)対症療法:洗浄後も刺激感や痛みが残るならば医師受診。  
必要ならば、上記吸入の場合に準じて治療する。
- A.化学熱傷:・患部は静かに洗うが、こすったり外傷を加えないようにする。
- ・患部や損傷のある四肢は高举し、荷重させない。
  - ・初期に明らかに組織壊疽がない限り、外科的処置は最後の手段とすべき。
  - ・組織の循環を補助するために薬剤を使用することに対しては、考えが定まっていない。

### 13. 中毒症例

#### 1) 実験中、顔面曝露（死亡、曝露3時間後から発症）

22歳、男性

午後5時ごろ実験中にホスゲンガス及びホスゲンダイマーを顔面部に浴びた。直ちにシャワーを浴びるなどの処置をとり、しばらく安静にしていたところ、症状が特に認められないため帰宅した。同日午後8時頃（曝露3時間後）から咳をするようになり、午後9時すぎ（曝露4時間後）には寒感、気分不快感及び呼吸困難が出現、午後10時（曝露5時間後）には病院に収容されて治療を受けたが、次第に呼吸困難が増悪し、翌日午後4時（曝露23時間後）死亡した。

入院時（曝露5時間後）現症：意識清明、体温38.9℃、血圧110/70mmHg、脈拍80回/分、整、呼吸は浅く呼吸数30回/分、顔面蒼白、顔貌苦悶状で口唇に軽度のチアノーゼあり、貧血、黄疸はない。入院時の動脈血ガス分析ではPaO<sub>2</sub>45mmHg、PaCO<sub>2</sub>38.2mmHgと著明な低酸素血症を認め、末梢血ではRBC 5.11×10<sup>6</sup>/μL、Hb 15.7g/dL、Ht 46.8%、Plt 34.8×10<sup>4</sup>/μL、WBC 20.5×10<sup>3</sup>/μLと白血球数の増加を認めた。

入院時（曝露5時間後）の胸部X線像では肺門部陰影の増強と不明瞭化が見られ、曝露から14時間後には全肺野にびまん性スリガラス状陰影を認め、極めて高度の肺水腫の所見を呈した。 30)

#### 2) 労災、顔面曝露（両側肺野の陰影）

31歳、男性

ホスゲンを原料の一つとして医薬品や農薬の中間体を作る化学工場で、噴出したホスゲンを顔面に浴びた。その直後に眼痛、咽頭痛、咳嗽が生じたが一過性であった。6時間後より呼吸困難が生じ徐々に増強するため、曝露10時間後に救急搬送された。来院時現症：意識清明、呼吸数24回/分、血圧138/90mmHg、脈拍数92回/分、腋窩温38.0℃、全肺野に乾性ラ音聴取、咽頭発赤あり。

来院時血液検査：WBC 19,200/mm<sup>3</sup>、Hb 17.2g/dL、Hct 52.8%、room air 下でPaO<sub>2</sub>52.6mmHg、PaCO<sub>2</sub>43.0mmHg、pH 7.419、BE 3.5mEq/L、その他、異常なし。

胸部X線写真：両側下肺野に辺縁不鮮明な淡い陰影あり。

第2病日では胸部X線写真の両側下肺野に認められた辺縁不鮮明な陰影は増強し、PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>は210とやや低下したが、症状は改善されていた。しかし、第3病日早朝より、呼吸困難が増強した。その後症状は徐々に改善して、第4病日には胸部X線写真の肺野の陰影は軽減する傾向を示した。内視鏡にて咽喉頭をみたところ喉頭蓋や声帯に浮腫が認められた。同日にICUを退出し、以後、軽快して第8病日に退院となった。 28)

## 3) 労災、顔面曝露（呼吸困難が一時軽減した後再度増強した例）

31 歳、男性

薬品蒸気を顔面に曝露、直後に眼痛のため眼科外来を受診、6 時間後には呼吸困難のため夜間外来を受診し帰宅。その後症状が増強したため救命救急センターに搬送され入院。低酸素血症と胸部 X 線で肺水腫様所見を呈していたが、保存的治療にて呼吸困難は一時軽快した。しかし、34 時間後に再度増強、嚴重な観察にて人工呼吸をすることなく軽快した。 29)

## 1 4. 分析法

ガスクロマトグラフィー、赤外線分析、pulsed flow-coulometry、比色法 15)

簡易検出法:p-ジメチルアミノベンズアルデヒドと無色ジフェニルアミンの等量混合物 10%を含有するアルコール溶液または四塩化炭素溶液に浸した紙を乾燥すると、許容濃度上限のホスゲン存在では黄色から深い橙色になる。ホスゲン生成の可能性がある場合、本反応で検出することができる。 18)

## 1 5. その他

## 初期隔離

## i) (HAZARDTEXT) 21)

少量の漏出：まず周囲 95m(300feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.8km(0.5miles)にいる人々、夜間は 2.7km(1.7miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出：まず周囲 765m(2500feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 6.6km(4.1miles)にいる人々、夜間は 11.0km(6.9miles)にいる人々を保護する。

## ii)消防活動マニュアル：自治省消防庁危険物規制課監修) 23)

消防警戒区域を早期に設定し、人体許容濃度を超える区域には、毒・劇物危険区域を設定する。

毒・劇物危険区域内は特殊型全身防護（陽圧式防護服、陽圧型空気呼吸器等）にて活動する。

検知機器：酸素濃度計、ガス検知管（ホスゲン用）

大量の毒性物質の漏えい、拡散については、風向、地形、地物の状況に十分配慮する。警戒区域及び危険区域から住民等を避難させる。

## iii) (毒劇物基準関係通知集：毒物劇物関係法令研究会監修) 24)

風下の人を退避させる。退避する際は、水で濡らした手ぬぐい等で口及び鼻を覆う。漏えいした場所の周辺にはロープを張るなどして人の立ち入りを禁止する。作業の

際には必ず空気呼吸器その他の保護具を着用し、風下で作業をしない。

保護具:保護眼鏡、保護手袋、保護長ぐつ、保護衣、空気呼吸器

iv) (化学防災指針集成:財団法人日本化学会編者) 25)

(共通項目の一部) ガス漏れ箇所や漏れの程度を、においにより探知しようとしてはならない。アンモニア水、ガス探知器などを用いること。

対応には必ず保護具を着用する。その他、次の事項に留意する。

- 1) 漏れの発見には、アンモニアによる白煙発生が有効である。
- 2) 液化ホスゲンが漏れた場合、徐々に気化するが、空気よりはるかに重く低所にたまりやすい。空気呼吸器を着用し発生ガスを吸引して除害設備に導く。

火災時

i) (HAZARDTEXT) 21)

タンク、列車、タンクローリー等が火災に巻き込まれている場合:

周囲 1600m(1mile)を隔離し、同時に周囲 1600m(1mile)について初期避難を考慮する。

ii) (毒劇物基準関係通知集:毒物劇物関係法令研究会監修) 24)

周辺火災の場合:消火作業の際には必ず空気呼吸器その他の保護具を着用し、風下で作業をしない。

2)漏洩時の除染

i) (HSDB) 25)

漏出・漏洩:漏出した物質に触れたり、周囲を歩かない。操作に危険性がなければ漏出を止める。蒸気を減少させるため、または蒸気の流れをそらすために水噴射器を用いる。漏出・漏洩場所に直接散水しない。可能ならば、液体よりもガスが逃げるように漏洩のある容器栓をひねる。水路、下水、地下室、密閉空間に流入するのを防ぐ。ガスが拡散するまで、その場を隔離する。

液体の漏出は、炭酸水素ナトリウム、または炭酸ナトリウム(ソーダ灰)と水酸化カルシウム(消石灰)の等量混合物でおおう。混合した後、注意深く水を噴霧し、水の入った大きな容器にゆっくりと入れる。

ガスの漏出は、水酸化ナトリウムと水酸化カルシウム(消石灰)の混合溶液内にガスを流入させる。可能ならば容器が空になるまで、おおいをかける。

ii) (消防活動マニュアル:自治省消防庁危険物規制課監修) 23)

容器から噴出している場合、バルブの閉鎖、木せんの打ち込み等により漏えいを防止する。

iii) (毒劇物基準関係通知集:毒物劇物関係法令研究会監修) 24)

漏えいした液は土砂等でその流れを止め、安全な場所に導き、重炭酸ナトリウム、

または炭酸ナトリウムと水酸化カルシウムからなる混合物の水溶液で注意深く中和する。この場合濃厚な廃液が河川等に排出されないよう注意する。

iv) (化学防災指針集成：財団法人日本化学会編者) 25)

液化ホスゲンは、水酸化カルシウム（消石灰）やアンモニア水を散布し中和除害する。

火災時

i) (HSDB) 25)

- ・小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤
- ・大規模火災：水の噴霧、泡消火剤

危険がなければ火災場所から容器を運び出す。容器内に水を入れず。破損した容器は専門家のみが取り扱う。

タンクが火災に巻き込まれている場合：出来る限り遠方から消火するか、無人のホースホルダーを使うかモニターノズルを使う。火が完全に消えるまで多量の水で容器を冷却する。漏出部分や安全装置には直接水をかけてはならない；凍結が起こる。安全装置の口から異常音がした場合や、タンクが変色した場合は直ちに避難する。タンクから常に一定の距離を保つ。

ii) (消防活動マニュアル：自治省消防庁危険物規制課監修) 23)

周辺火災の場合：容器を安全な場所に移動する。

移動不可能な場合は、遮へい物の活用等爆発に対する防護措置を講じ、注水して容器を冷却する。

iii) (毒劇物基準関係通知集：毒物劇物関係法令研究会監修) 24)

周辺火災の場合：速やかに容器を安全な場所に移す。移動不可能の場合には、しゃへい物の活用等容器の破損に対する防護措置を講じ、容器及び周辺に散水して冷却する。

3)廃棄法

i) (有機化学物質プロファイル 100) 7)

液化ホスゲンは、水酸化カルシウム（消石灰）やアンモニア水を散布し、中和する。

ii) (消防活動マニュアル：自治省消防庁危険物規制課監修) 23)

濃厚な廃液は、河川等へ排出しないように注意する。

iii) (毒劇物基準関係通知集：毒物劇物関係法令研究会監修) 24)

アルカリ法：多量の水酸化ナトリウム水溶液（10%程度）に攪拌しながら少量ずつガスを吹き込み分解した後、希硫酸を加えて中和する。

備考：水酸化ナトリウム水溶液と急激に混合すると多量の熱を発生し、水溶液が飛散することがあるので注意する。中和時のpHは8.5以上とする。

## [参考資料]

1. POISINDEX:PHOSGENE,56TH EDITION,1988.
2. Martha Windholz et al:The Merck Index,10th edition,Merck & Co.,1983.
3. Haddad L.M.et al:Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose, Saunders,1983.
4. 後藤 稠他編:産業中毒便覧,医歯薬出版,1984.
5. 9285 の化学商品,化学工業日報社,1985.
6. 久保亮五他編:理化学辞典 第4版,岩波書店,1987.
7. 及川紀久雄:危険・有害化学物質プロフィール 100,丸善,1987.
8. 森田英生:ホスゲン中毒,救急医学,3:1136~1140,1979.
9. POISINDEX PHOSGENE, WARFARE AGENTS, CHLORINE GAS, LACRIMATORS,VOL.94,1997.
10. 内藤裕史:中毒百科,南江堂,1991.
11. 12695 の化学商品,化学工業日報社,1995.
12. NIOSH:Registry Toxic Effects of Chemical Substance,VOL.34,1997.
13. Sax,N.I.,Lewis,R.J.:Dangerous Properties of Industrial Materials,7th edition,1989.
14. HAZARDTEXT:Hazard Management:PHOSGENE,VOL.34,1997.
15. Hazardous Substance Data Bank:PHOSGENE,VOL.34,1997.
16. Klaassen,C.D.:Casarett & Doull's Toxicology,5th edition,McGraw-Hill, 1996.
17. 白石克則他:喉頭浮腫を伴ったホスゲン中毒の1例,中毒研究,10:161-164, 1997.
18. Martha Windholz et al:The Merck Index,11st edition,Merck & Co.,1989.
19. WHO:Health Aspects of Chemical and Biological Weapons. Report of a WHO Group of Consultants,Geneva,1970.
20. 脇本直樹:救急医学,19(12):187-192,1995.
21. HAZARDTEXT:Hazard Management:PHOSGENE,VOL.55,2002.
22. Hazardous Substance Data Bank:PHOSGENE,VOL.55,2002.
23. 危険物保安技術研究会編著:消防活動マニュアル.東京法令出版(株),東京,1997, pp296-297.
24. 毒物劇物関係法令研究会監修:毒劇物基準関係通知集(改訂増補版).薬務公報社, 東京,2000,pp350,530.
25. 財団法人日本化学会:化学防災指針集成 I.丸善(株),東京,1996,pp150-153,467-468.
26. Rumack BH & Spoerke DG(eds):PHOSGENE.POISINDEX(R)Information System.

MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL.115, 2003.

27. Jonathan Borak and Wermer F. Diller: Phosgene Exposure: Mechanisms of Injury and Treatment Strategies. JOEM 43, 2001, 110-119.

28. 白石克則, 菅桂一, 田勢長一郎, 奥秋晟: 咽頭浮腫を伴ったホスゲン中毒の1例. 中毒研究 1997;10, 161-164.

29. 白石克則, 川前金幸, 菅桂一: ホスゲン中毒の1例. 麻酔 1994;43, 798-799.

30. 瀬戸良久, 平瀬文子, 小島原将直, 他: ホスゲン中毒死の1剖検例. 日本法医学雑誌 1992;46 巻補冊, 123.

IDO16800

16. 作成日

20030331



## 資料(8) 硫化水素 HYDROGEN SULFIDE

## 1. 名称

硫化水素(リュウカスイソ)

[別名]Sulfurated hydrogen

Hydrosulfuric acid

Hydrogen sulfuric acid

Sulfur hydride

Stink DAMP 5、19)

CAS No. : 7783-06-4 24)

## 2. 分類コード

6-69-1205-000 リュウカスイソ

## 3. 成分・組成

標準品質:純度 99.9%以上 4、17)

## 4. 製造会社及び連絡先

住友精化

川口化学 03-254-8481

大内新興化学 03-662-6451 17)

## 5. 性状・外観

無色、可燃性。腐卵臭気体、固体炭酸で冷やせば容易に液化して無色の液体になる。火災・爆発の危険あり。 5)

[化学式]H<sub>2</sub>S

[分子量]34.08

[気体比重]1.188(空気=1)(25℃、1気圧) 20)

[液体比重]0.96

[屈折率]1.384(nD)

[融点]-85.5℃

[沸点]-60.4℃

[蒸気密度]1.1895

[蒸気圧]20mmHg(25.5℃)

[発火点]260℃

[臨界温度]100.5℃

[臨界圧]8.9気圧

[爆発限界]4.3~46%

[溶解性]水(1g/242mL水、20℃)、エタノール(1g/94.3mL、20℃)、二硫化炭素、  
四塩化炭素などに可溶。 4、5)

[反応性]・酸素中で青い炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生成する。また酸素が不十分な場合は硫黄を遊離する。

・種々の酸化物を還元する。特に濃硝酸、発煙硝酸などの酸化剤とは激しく反応する。 20)

## 6. 用途

分析試験(金属沈殿剤)、金属の精製、各種工業薬品、溶剤(DMSO、高級メルカプタン)、農薬、医薬品の製造、蛍光体(夜光、蛍光染料)、エレクトロルミネッセンス(面照明)、フォトコンダクター(光電リレー露光計)製造、有機合成における還元剤に使用。 4、5、17)

天然には炭坑、天然ガス井戸、イオウ泉、イオウを含む有機物の腐敗分解により生ずる。

また農業醸造、製革、接着剤製造、ゴムの加硫、重水製造、油やガスの探究や過程など種々の産業に使用される。

急性中毒は化学工業の排液を流した開渠、槽・塔・タンク・マンホールなど狭く通風の悪い所で発生しやすい。 1、6)

## 7. 法的規制事項

高圧ガス取締法:一般高圧ガス保安規則第2条(可燃性ガス、毒性ガス)

悪臭防止法:第2条悪臭物質に指定

大気汚染防止法;第17条特定物質に指定

労働安全衛生法;施行令別表1危険物(可燃性のガス)

施行令別表3特定化学物質等(第2類物質)等 4、17)

施行令第18条の2(名称を通知すべき有害物(MSDS対象物質)) 36)

## 8. 毒性

・水に溶けやすいため粘膜の水分に溶け、比較的低濃度で刺激作用があり、暴露濃度と暴露時間に従って進行する。 18)

・500ppmを越えると突然、中枢抑制が出現、重症、死亡となる。30~60分以内で呼吸麻痺、死亡のあることがある。800~1000ppmでは一呼吸以上でほぼ即死する。1、16)、24)

・臭い閾値:0.0047ppm、味覚閾値:0.05ppm 16)

[中毒量]

・硫化水素濃度と症状発現 16)、24)

0.05ppm :特有の腐卵臭

0.1 ppm :刺激、知覚喪失

50~150ppm :短時間で臭覚が麻痺し、徐々に症状の悪化が認められる。

250ppm :結膜炎、羞明、流涙、角膜混濁、鼻炎、気管支炎、チアノーゼ、肺水腫

250~500ppm :頭痛、悪心、嘔吐、下痢、めまい、仮死、無呼吸、心悸亢進、頻脈、血圧低下、筋肉攣縮、脱力、見当識障害、昏睡

>500ppm :30~60分以内に呼吸麻痺、死亡

750~1000ppm :急激な虚脱、またはノックダウン

高濃度では呼吸麻痺、痙攣、死亡、死亡率は6% 24)

800~1000ppmでは一呼吸以上でほぼ即死 24)

・毒性は曝露された時間の長さよりも、濃度に密接に関連している 24)

・10ppm・6~7時間暴露:角膜炎症の報告あり。26)

・250ppm程度・数分間暴露:3人の作業員が意識を失った。26)

・硫化水素濃度と予想される症状 24)

| 硫化水素濃度   | 症状発現時間 | 症状  |
|----------|--------|-----|
| 4~100ppm |        | 眼刺激 |

|             |          |                    |
|-------------|----------|--------------------|
| 50～500ppm   |          | 呼吸刺激・肺水腫の可能性       |
| 250ppm      | 24～72 時間 | 気管支炎・非心臓性肺水腫       |
| 500～1000ppm |          | 昏睡・死亡              |
| 600ppm      | 30 分     | 致死                 |
| 800ppm      | 即時       | 致死                 |
| 1000ppm     | 即時       | 1～2 回吸入で呼吸停止；即時の虚脱 |

## [致死量]

- ・500ppm を越えると突然、意識が低下し、呼吸抑制となり、30～60 分で死亡する。24)
- ・800～1000ppm では一呼吸以上ではほぼ即死する。24)
- ・大気中での濃度 0.1～0.2%：数分間で致死となる。24)

吸入ヒト；LCLo：800ppm・5 分 19)

吸入ヒト；LCLo：600ppm・30 分 16、19)

吸入ヒト；LCLo：♂5700  $\mu\text{g}/\text{kg}$  昏睡、慢性肺水腫 16、19)

## 血中/血清濃度

- ・硫化物イオン 0.9～3.75mg/L：死亡後すぐに測定

中毒濃度の死後の確認は硫化物イオンの急速な内因性崩壊と死後の蛋白質分解からの硫化物の生成のため複雑となる 24)

## 組織硫化物濃度

- ・6100ppm に及ぶ硫化水素の致死的な曝露をタンクで受けた症例 24)

血液 0.92mg/L

脳 1.06mg/kg

肝臓 0.38mg/kg

腎臓 0.34mg/kg

- ・推定 3500～5000ppm の致死的な曝露を地熱発電所で受けた症例 24)

|      | 硫化物  | チオ硫酸塩   |
|------|--|---|
| 血液   | 0.45 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.014mmol/mL) | 16.02 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.143mmol/mL) |
| 脳    | 2.72 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.085mmol/mL) | 5.04 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.045mmol/mL)  |
| 肺    | 0.42 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.013mmol/mL) | 9.30 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.083mmol/mL)  |
| 中間広筋 | 0.16 $\mu\text{g}/\text{mL}$<br>(0.005mmol/mL) |   |

## [急性中毒(動物)]

吸入ラット；LC50：444ppm 19)

吸入マウス；LC50：634ppm・1 時間 19)

吸入マウス；LC：1.12mg/L(800ppm)・10～30 分 5)

吸入ラット；LC：1.5mg/L(1000ppm)・15 分 5)

吸入ウサギ；LC：1.5mg/L(1000ppm)・2 分 5)

吸入ネコ；LC：1.4mg/L(900ppm)・5 分 5)

吸入イヌ；LC：0.7mg/L(500ppm)・1 分 5)

吸入マウス；LC100：60ppm・1 時間 5)

吸入ラット；LC100：100ppm・1 時間 5)

## [特殊毒性]

発がん性:現時点ではヒト・実験動物で発がん性の可能性について研究は行われていない。

16)

遺伝毒性:化学労働者で染色体異常のリスクを増大する。 16)

生殖に及ぼす影響:致死的濃度に暴露後、自然流産率の上昇 16)

## [許容濃度]

日本産業衛生学会・ACGIH:TLV-TWA ;10ppm 4、5、20)

ACGIH: TLV-STEEL;15ppm 5、20)

IDLH(生命に直ちに危険または死亡):300ppm 16)

## 9. 中毒学的薬理作用

## ・チトクロームオキシダーゼ阻害作用

硫化水素はシアンと同様、ミトコンドリア内のチトクロームオキシダーゼのFe(3+)と結合し、酵素を阻害、細胞呼吸を障害し、低酸素症、中枢神経系細胞の直接障害を引き起こす。

嫌氣的代謝により乳酸貯留による乳酸アシドーシスを引き起こす。 16)

## ・皮膚粘膜刺激作用

水に溶けやすいため粘膜の水に溶け、比較的低濃度で眼、気道、皮膚粘膜を刺激する。 16、18、21)

(低濃度での刺激作用は湿った組織表面に存在するアルカリと硫化水素が結合し、腐食性の硫化ナトリウムを形成することによる。) 16、22)

## ・中枢抑制・呼吸抑制作用

高濃度では直ちに中枢抑制、呼吸抑制を引き起こす。 21)

## ・頸動脈洞、呼吸中枢に対する刺激作用

高濃度では頸動脈洞刺激による反射性の窒息、呼吸中枢の過剰刺激のため起こる無呼吸による窒息 5、7)

## 10. 体内動態

## ・吸収

肺、消化管から容易に吸収される。 16)

他の侵入経路は粘膜皮膚表面である。 16)

皮膚からの吸収はほとんど無視しうる程度。 21、22)

## ・分布

血中で一部は遊離体(H<sub>2</sub>S)、一部はHS(-)、S(2-)の形で存在する。 16)

組織中濃度:

- ・硫化水素 6100ppm 暴露で致死した労働者の組織中の硫化物濃度は、血液 0.92mg/L、脳 1.06mg/L、肝 0.38mg/L、腎 0.34mg/Lであった。 16)
- ・地熱発電所で推定 3500~5000ppm の致死的な曝露を受けた症例 24)

|    | 硫化物                               | チオ硫酸塩                              |
|----|-----------------------------------|------------------------------------|
| 血液 | 0.45 $\mu$ g/mL<br>(0.014mmol/mL) | 16.02 $\mu$ g/mL<br>(0.143mmol/mL) |
| 脳  | 2.72 $\mu$ g/mL<br>(0.085mmol/mL) | 5.04 $\mu$ g/mL<br>(0.045mmol/mL)  |
| 肺  | 0.42 $\mu$ g/mL                   | 9.30 $\mu$ g/mL                    |

(0.013mmol/mL) (0.083mmol/mL)

中間広筋 0.16 μg/mL

(0.005mmol/mL)

・全血硫化物濃度；正常：0.05mg/L以下 24)

・代謝

硫化水素は主に赤血球、肝ミトコンドリアで急激に酸化され(動物で1時間当たりLDの85%が解毒される)、薬理的に不活性なチオ硫酸塩、硫酸塩を生じる。5、21) 代謝物は一般的にチオ硫酸塩である。24)

硫化水素は、メトヘモグロビンと結合してスルフェメトヘモグロビンができるが、ヘモグロビンとは結合しにくく、スルフェメトヘモグロビンは急性中毒時、生体中で問題になるほど生成されない。18、21)

・排泄

少量が硫化物として尿中に排泄され、その他は未変化体で肺から排泄される。16)

1.1. 中毒症状

・眼、気道を刺激し、気道刺激が強い場合、暴露後24～72時間で肺水腫が出現することがある。16)

・致死的暴露時は昏睡、呼吸抑制、振せん、複視、チアノーゼ、痙攣、頻脈が特徴的。1、16) 800～1000ppmでは一呼吸以上でほぼ即死する。ノックダウンとい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。18)、24)

・皮膚からも吸収されるが、全身症状を現すほどではない。18)

(1) 循環器系：血圧低下または血圧上昇

血圧低下：虚脱や死亡の原因となることがある。16)

不整脈；頻脈、徐脈、不整脈 1)

重症では頻脈は一般的である。持続的な心房細動が発生したという報告がある。

これらは通常大量曝露で、低酸素症と乳酸アシドーシスを伴う。24)

心筋梗塞；50～400ppm曝露後、心内膜下梗塞、直接的な心筋損傷 16)

(2) 呼吸器系：気道刺激、呼吸抑制、呼吸停止

非致死的濃度；胸部圧迫感、呼吸抑制、呼吸困難、チアノーゼ、気管支炎、肺水腫 1, 16, 18)

高濃度；急速に呼吸麻痺を起こし、突然の虚脱を引き起こす。

800～1000ppmでは一呼吸以上でほぼ即死 24)

800～1000ppm・30分以内の曝露で、呼吸停止

肺水腫；気道刺激が強い場合、暴露後24～72時間に出現することがある。16)

100ppm・48時間、600ppm・30分で起きる 18)。250ppm以上の長時間の曝露、または750～1000ppmの高濃度の曝露で発現する 24)との記載もある。

発症率：4～16% (計523人の3つの調査での場合) 24)

気管支炎；刺激により起こる。気道疾患がない場合、慢性的疾患とはならない 24)

死亡例：63歳男性は硫酸含有配水管洗浄剤を使用し、硫化水素が発生し、急性出血性気管支炎で死亡。 24)

過換気 24)

## (3) 神経系: 中枢神経抑制(呼吸抑制を伴う)

非致死の濃度;頭痛、発汗、めまい、嗅覚欠如、過敏性、ふらつき歩行、  
見当識障害、傾眠、脱力、混乱、せん妄 16)

高濃度;急激な呼吸麻痺を伴う窒息性痙攣、昏睡、死亡 16)

- ・ 50~150ppm で嗅覚消失が起こり、徐々に回復するのに数週間を要する。16)
- ・ 250ppm 程度・数分間暴露: 3人の作業員が意識を失った。26)
- ・ 500ppm30分曝露で頭痛、発汗、めまい、痙攣、過敏性、傾眠、脱力、仮死、倦怠感、混乱、せん妄、幻覚、眼振、意識消失、昏睡 24)
- ・ >500ppm:30~60分以内に呼吸麻痺、死亡 24)
- ・ 750~1000ppmの高濃度の曝露でノックダウン(急激な短い意識消失)が起こる。 24)
- ・ 800~1000ppmで痙攣を引き起こすことがある。一過性で、中枢神経組織の低酸素によると考えられる。 16)

(慢性)亜急性脳症;

- ・ 20カ月児で運動失調性舞蹈病アテトーゼ、筋緊張異常がみられた。脳CTスキヤンで基底神経節、白質周辺に異常を認めた。 16)
- ・ 43歳男性が硫化水素 1.2mg/L(米国環境保護局では許容量 0.05mg/L)が含まれる飲料水を20年間摂取していた。脾骨知覚神経障害と関連する慢性脳症が起こった。飲料水摂取中止で著しい改善が認められた。 24)

(後遺症)

- ・ 健忘症、企図振せん、神経衰弱症、平衡感覚の障害、より重篤な脳幹・皮質の障害、洞察力欠如、見当識障害、混乱状態、痴呆、感覚神経異常(一過性の聴力障害、視力喪失、無嗅覚症) 2、22)

(CTスキヤンでレンズ核両面を含む部分に壊死を示す症例がある。

原因は低酸素症によるものか、全身の低血圧症によるものか議論がある。) 13)

- ・ 永久的な神経学的後遺症(記憶、運動機能が一般的にもっとも影響を受ける)が報告されている。迅速な蘇生処置が行われた場合は完全に回復する。 24)

## (4) 消化器系:流涎、悪心、嘔吐、下痢 1、2、16)

(慢性)体重減少を伴う。 16)

## (5) 泌尿器系:まれにアルブミン尿、円柱尿、血尿 16)

## (7) その他

\*酸・塩基平衡:乳酸アシドーシス 1、16)

大量暴露からの回復期に一過性に認められることがある。16)

\*皮膚:強い疼痛、痒疹(かゆみ)、焼けるような感じ、発赤、紅斑 1、16)

湿った部位で特に現れやすい。 1、16)

重度暴露;チアノーゼ 16)

凍傷;液化ガスに直接接触すると、凍傷を起こす。 16)

皮膚の緑色化;長時間・高濃度暴露時にまれにみられる。 23)

\*眼 :強い刺激作用による結膜炎、結膜充血、眼痛、角膜水疱、複視、眼瞼痙攣  
焼けるような感じ、流涙を伴う眼刺激、羞明

低濃度;症状は通常、24~72時間で自然に回復する。 16)

10ppm・6～7 時間暴露：角膜炎症の報告あり。26)

50～60ppm；短時間暴露で激しい角結膜炎が起こる 24)

150～300ppm；強い刺激・疼痛、colored halos(“gas eyes”) (このような眼症状は「紡糸眼病」、「gas eyes」と呼ばれる。)、結膜炎、角膜炎、眼瞼浮腫、眼瞼痙攣 1, 5, 16, 18, 24)

眼底異常：上皮角膜炎が起こり眼底に異常が出現した。網膜静脈は1 病日腫脹した。少量の網膜出血を伴う中程度の乳頭浮腫が2 日後に出現した。角膜は5 日後正常に回復。24)

\*鼻：嗅覚疲労 16)

100ppm では暴露後2～15 分で生じ、それ以上の濃度ではもっと急激に現れる。16)

嗅覚の回復は遅く、暴露の程度によるが、数週間～数ヶ月を要することがある。16) 刺激 24)

\*その他：内臓組織・気管支分泌物等の緑色変色 16)

発熱：痙攣がある場合起こりうる 24)

\*検査所見：硫化水素急性中毒ではスルフヘモグロビン濃度は上昇しない。亜硝酸

酸塩療法後、一過性に上昇することがある。16、18、21)

\*予後：・神経系の後遺症が時々認められるが、死亡をまぬがれると一般的には完全に回復する。

・逆行性健忘、小脳性運動失調、感音性難聴(2000Hz において)、企図振戦、痙攣とといった長期的な神経後遺症が報告されている。27)

・非心原性肺水腫が、暴露してから最長3 日後に遅発することがある。27)

## 1 2. 治療法

### 1) 予防対策

#### i) (HSDB) 32)

陽圧型空気呼吸器(positive pressure self-contained breathing apparatus:SCBA)を着用する。消防組織の防護衣は火災時にのみ勧められ、硫化水素や液化硫化水素の漏出時には効果がない。

#### ii) (化学防災指針集成：財団法人日本化学会編者) 34)

毒性ガスであり、火災により多量の二酸化硫黄を発生するので、消火の際はかならず空気呼吸器を着用する。

### 2) 汚染の持続時間

#### i) (HSDB) 32)

環境中運命

空中に一度放出された硫化水素は、散乱して結局は取り除かれる。空中での滞留時間は季節、緯度、大気の状態に依存して1 日から40 日以上にまで及ぶ。

### 3) 除染

汚染された衣服を脱がせ、直ちに眼、皮膚を洗淨する。眼は大量の微温湯で15 分以上洗淨する。皮膚は石けんと大量の流水で洗淨する。24)

### 4) 臨床検査

胸部 X 線検査、心機能モニター、尿量、尿分析 16)

### 5) 治療

・新鮮な空気下に移送し、対症療法を行う。24)

・呼吸・循環器機能の維持管理 24)

・特異的治療法：亜硝酸塩療法 高圧酸素療法(HBO) 24)

\*吸入の場合 1、16、18)

- ・呼吸・循環器機能の維持管理:その場で致死することが多いので、直ちに酸素投与及び補助的治療を行う。
- ・観察基準:遅れて(72時間まで)呼吸器系症状が出現することがあるので、症状のある患者はすべて入院させ、平均48時間程度は経過観察する。16、24、27)  
 症状のない患者は暴露後6~8時間観察した後、退院させてもよい。27)  
 初期に意識不明だった患者の場合、1週間以内に再検査を行い、遅発性の神経後遺症について調べる。27)

(1) 基本的治療

- A. 新鮮な空気下に移送
- B. 呼吸不全を来していないかチェック
- C. 暴露された粘膜・皮膚表面は大量の水と石鹼で洗う。
- D. 保温し、安静を保つ。
- E. 救助者・医療者は二次災害を避けるために適切な呼吸保護具、保護衣等を使用する。

(2) 対症療法

- A. 酸素投与:必要に応じて気道確保、100%酸素投与、人工呼吸等を行う。 16)  
 口うつし人工呼吸は避ける。 18)

B. 痙攣対策

- C. 低血圧対策: 1、16)

トレンデンベルグ体位で、輸液

これらに反応しない場合、ドーパミン(第1選択)またはノルエピネフリン(第2選択)を投与する。

1) ドーパミン

200mg~400mgを250~500mLの生食または5%ブドウ糖液に加えて800~1600 $\mu$ g/mLにする。

用量:初回2~5 $\mu$ g/kg/分、必要なら5~10 $\mu$ g/kg/分に増量する。

注:心室性不整脈が起これば減量する。

2) ノルエピネフリン

4mL(4mg)を5%ブドウ糖液1000mLに加えて4 $\mu$ g/mLにする。

初回量:成人;2~3mL(8~12 $\mu$ g)/分、または

成人、小児;0.1~0.2 $\mu$ g/kg/分を点滴静注し、適切な血圧を維持する。

維持量:0.5~1mL(2~4 $\mu$ g)/分

- D. 肺水腫対策:気道刺激が強い場合、暴露24~72時間後に肺水腫が出現することがある。 16)

- ・動脈血ガスをモニターするなど呼吸不全の発生に留意する。

呼吸不全が進行する場合は人工呼吸(持続陽圧呼吸)が必要。

- ・輸液:過剰輸液を避ける。中心静脈圧、できればスワンガンツカテーテルで循環動態をモニターする。

- ・モルヒネ:勧められない(呼吸抑制や頭蓋内圧の上昇を引き起こすことがあるため)

- ・抗生物質:感染症が明らかな場合投与する。

- ・ステロイド:予防効果、治療効果は明らかではない。 1、8)



E. 硫酸アトロピン投与：副交感神経の過度の興奮による症状に有効。

但し、チアノーゼのある時は禁忌 1、16)

・心停止：1mg 静注、症状が続く場合、5分以内に反復投与

・徐脈・コリン作動性症状：

成人：0.5～1mg を静注または気管内投与。

必要ならば、5分毎に最高 2mg (0.04mg/kg) まで反復投与。

0.5mg 以下ではかえって徐脈を引き起こすことがある。

小児：0.02mg/kg を静注、気管内投与、骨内投与。

必要ならば、5分毎に最高 1mg まで反復投与。

0.1mg 以下ではかえって徐脈を引き起こすことがある。 16)

F. その他の治療法：

・交換輸血；全ての治療で改善がみられないなら、特に小児や幼児で有効 1)

・チオペンタール投与 14)

低体温療法：低酸素症による不可逆的な中枢神経障害の防止するのに酸素代謝率を減少させるバルビタール療法、低体温療法が有効かもしれない。

G. 検査：胸部 X 線検査、心機能モニター 16)

メトヘモグロビン濃度（亜硝酸塩療法施行時）、尿量、尿分析 16)、 24)

血中硫化物、チオ硫酸塩の測定

・緊急時の診断・治療には有用ではない。 24)

・死亡例では、硫化水素中毒確認のため、血中硫化物、チオ硫酸塩の濃度が測定されることがある。 24)

・信頼できる測定結果を得るためには、曝露後 2 時間以内に検体を採取し直ちに分析する必要がある。 24)

(3) 特異的治療法

A. 亜硝酸塩療法 1、16、18)

[作用機序]

亜硝酸塩が赤血球内のヘモグロビン(Hb)中の 2 価の鉄イオンを 3 価の鉄イオンに酸化し、メトヘモグロビン(Met-Hb)となり、硫化物に対してチトクロムオキシダーゼの 3 価の鉄イオンと競合することによってチトクロムオキシダーゼを保護し、重篤な酸素欠乏症を防ぐのに有効かもしれない。

本法による解毒効果は未だ議論があり、酸素療法が唯一有効な治療法であるという説もあるが、初期に行う亜硝酸塩療法は一般的に認められている。 1、16、24) 劇的な効果は期待できないものの、一応試みるべき治療である。 18)

但し、チオ硫酸ナトリウムは使用しない。

[亜硝酸塩療法の論議点]

・メトヘモグロビンとの親和性が CN(-) より小さく、HS(-) がこれと結合しにくく、メトヘモグロビンができるのに時間がかかる一方、硫化水素は体内で速やかに分解されてしまうので、亜硝酸塩投与は意味がないとする考えもある。) 18)

・さらなる研究が必要であるが、亜硝酸塩療法は早期に、通常曝露 1 時間以内であれば、勧められる。曝露後数分間以内のみが有効との意見もある。 24)

・一方、亜硝酸ナトリウム投与で重篤な 2 例が蘇生との報告もある。 24)

[用法・用量]

シアン及びシアン化合物の場合の用法・用量に準じて投与する。 24) なお、チ

チオ硫酸ナトリウムは投与しない。24)

亜硝酸アミルの吸入（亜硝酸ナトリウムがすぐ準備できる場合は、省略してよい）に続いて、亜硝酸ナトリウムを静注する。

(1) 亜硝酸アミル：

日本医薬品集では、亜硝酸アミルは硫化水素中毒での適応は認められていない。

- ・自発呼吸がある場合、1回1管(0.25mL)を被覆を除かずそのまま打ち叩いて破碎し、内容をガーゼ等の被覆にしみ込ませて、鼻孔に当てて吸入させる。24、25、29)
- ・自発呼吸がない場合バッグマスク等の呼吸器経路内に、1回1管(0.25mL)を被覆を除かずそのまま打ち叩いて破碎したアンプルを投入し内容を吸入させる。25)
- ・亜硝酸ナトリウムの準備ができるまで、100%酸素と交互に30秒間/分吸入24、29、31)
- ・2～3分毎に新しいアンプルを使用する。24、25、29)
- ・アシドーシスが認められた場合、炭酸ナトリウム静注により補正を行う25)

(2) 亜硝酸ナトリウム

日本に医薬品の市販製剤はない。試薬(特級)の亜硝酸ナトリウムを用いて3%溶液に調整する。

注射用蒸留水20mLに亜硝酸ナトリウム0.6gを入れて製する。

ろ過滅菌してアンプルに充填する。30)

成人：3%溶液10mLを、血圧低下を避けるため20分以上(通常15～20分)かけてゆっくり静注。

3%溶液10mLを50～100mLの生理食塩水で希釈し、ゆっくりと点滴静注を開始し、血圧低下がなければ注入速度をあげるとよいとの考えもある。24、29)

(医療薬日本医薬品集には3%溶液10mLを3分間で静注との記載がある25))

- ・臨床症状の改善がみられない場合、初回投与30分後に初回量の半量を反復投与してもよい。但し、亜硝酸ナトリウムの再投与は、重大な合併症(血圧低下、過剰のメトヘモグロビン血症)がない場合に限られる。24、29)

小児：3%溶液0.12～0.33mL/kg(但し10mL迄)を20分以上(通常15～20分)かけて静注する。24)

貧血が疑われる場合は、ヘモグロビン量により以下の量を投与。これを超えて投与してはいけない(致命的なメトヘモグロビン血症が起きることがある)24、29)

| ヘモグロビン(g/dL) | 3%亜硝酸ナトリウム溶液 |
|--------------|--------------|
| 8g           | 0.22mL/kg    |
| 10g          | 0.27mL/kg    |
| 12g(小児平均値)   | 0.33mL/kg    |
| 14g          | 0.39mL/kg    |

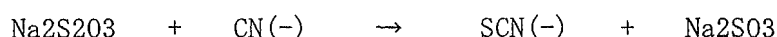
1、29)

注) チオ硫酸ナトリウム:硫化水素中毒ではチオ硫酸ナトリウムは使用しない。

(参考)

シアンの代謝機構(Smith 1950)

ロダネース



(ロダネースは生体内酵素)

シアン中毒では上記反応促進のため基質となるチオ硫酸ナトリウムを投与する。

硫化水素中毒ではこの代謝機構は示されないのでチオ硫酸ナトリウムの効果は望めない。但しチオ硫酸ナトリウムが有害という報告はない。 8)

[亜硝酸塩療法の注意点]

・メトヘモグロビン血症による低酸素症

・対策

・血液ガス検査装置等で血中メトヘモグロビン濃度を適宜測定し、20～25%以下にコントロールしながら、人工呼吸器等による酸素吸入を行うこと。(医療薬日本医薬品集 第26版 2003) 25)

(メトヘモグロビン濃度をモニターし、40%以下に維持する。9)

・メチレンブルー1～2mg/kg(1%液)をゆっくり静注、軽症なら5mg/kgを経口投与 3)

・亜硝酸塩の血管拡張作用による血圧低下

対策:血圧をモニターし、収縮期血圧が80mmHg以下になれば中止 7)

カテコールアミン静注(低血圧対策を参照) 1)

B. 高圧酸素療法(HBO)

HBOの効果は不明であるが、重篤な硫化水素中毒で酸素投与、亜硝酸塩療法により症状の改善が見られない場合、HBOは有用かもしれない。 10)

標準的治療後も症状が続く場合、HBOを実施してもよい。 16)

・実施例:

・重篤な2人の患者が100%酸素と亜硝酸塩療法で改善しなかったが、HBOで顕著な改善がみられた。

1回目:45分間純酸素2.5気圧

2回目:75分間純酸素2気圧

以降:90～120分間純酸素2気圧

(3回/日から1回/日に減らしながら、6日間以上で12回施行) 10)

・HBO療法の作用機序:

硫化物-チトクローム結合の解離を促進 10)

硫化水素の酸化反応亢進 10、12)

メトヘモグロビンの還元促進 12)

低酸素症後の神経障害、肺水腫、脳浮腫の軽減 10)

\*眼に入った場合 1、2、16)

(1) 基本的処置

大量の微温湯(室温)で少なくとも15分以上洗浄

(2) 対症療法

洗浄後も刺激感や疼痛、腫脹、流涙、羞明などの症状が残るなら眼科的診療必要

A. 角結膜炎:局所麻酔薬は最初の検査時のみの使用とし、短時間作用型の散瞳

調節薬、抗生剤含有軟膏、眼を閉じて安静にする、不快感があれば

アスピリンなどの鎮痛剤投与が示唆されている。 16)

B. その他:必要であれば、吸入の場合に準じて治療する。 16)

## \*経皮の場合 1、16)

## (1) 基本的処置

直ちに付着部分を石鹼と水で十分洗う。

## (2) 対症療法

洗浄後も刺激感、疼痛が残るなら医師の診察必要

## A. 凍傷対策: 16)

## (1) 基本的処置: 保温する

- ・できるだけ早く 42° C で速やかにあたためる。
- ・完全に保温できない場合はあたためない。
- ・患部を 40~42° C の湯浴に 15~30 分浸す。

患部に赤みが戻るまで保温を続ける。

- ・保温中は鎮痛剤が必要となることがある。(しかし、疼痛は通常、急速保温に反応しないより重篤な損傷で起きる。)
- ・患部は必要ならば穏やかに洗う。こすったり、外傷を加えたりしない。
- ・指の間に消毒綿をつめ引き離す。締めつけるように包帯を巻いてはいけない。予防的包帯は 1 日 2 回取り替える。
- ・患部には力が加わらないようにする。

## (2) 対症療法:

- ・全身的な低体温がある場合、皮膚の血管拡張を増強するので補正する 7)
- ・組織の血流回復のために薬剤を使用することは論議中である。
- ・初期に明かな組織壊疽が現われない限り、外科的処置は最後の手段とすべきである。

## B. その他: 必要であれば、吸入の場合に準じて治療する。 16)

## \*経口の場合 5、16)

硫化水素は常温でガスであるため、経口摂取量は通常問題にならない。 16)

生体内で急速に解毒されるので毒性は少ない。 5)

必要であれば、吸入の場合に準じて治療する。 16)

## 1 3. 中毒症例

## 1) 吸入 (労災、マンホール清掃作業、死亡例 3 例)

30 歳男性, 48 歳男性, 48 歳男性

下水管へ続くマンホール内に清掃作業を行うために同時に下降して行き、下水管の沈殿物により発生した硫化水素を吸入した。3 名の犠牲者は同時に発生し、死亡までの時間が 30 歳 (A) 男性: 病院到着時死亡、48 歳男性 (B) 7 時間 47 分、48 歳男性 (C) 30 時間 46 分であった。B では意識なく、心停止、瞳孔散大、対光反射(-)であったが、心マッサージ、注射、Respirator にて 100% の酸素投与を行い、一時呼吸状態は良好となったが死亡した。(C) は昏睡、自発呼吸(+)、瞳孔散大、瞳孔反射(-)、Anisocolie(+), チアノーゼ(+), 強直性痙攣(+), 胸部レントゲン写真において肺領域が鬱血状を呈し、口腔より血性液吸引、Respirator 使用とともに治療行為を行うも死亡した。