

福県医発第785号(地)

平成20年6月28日



各 医 師 会 長 殿

福 岡 県 医 師 会

会長 横 倉 義 武

(公 印 省 略)

硫化水素中毒への対応について

標記の件、各地域において硫化水素中毒の発生が相次いでいることから、その対応にかかる情報の提供が日本医師会よりありましたので、お知らせいたします。

つきましては、貴会の救急医療機関への周知について、ご高配方よろしくお願い申し上げます。

小郡三井医師会より

学術担当理事 永田正和
医療安全管理担当理事 島田昇二郎
会長 丸山 泉

(地I19)

平成20年4月30日

都道府県医師会

担 当 理 事 殿

日本医師会常任理事

石 井 正



硫化水素中毒への対応について

時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて今般、厚生労働省医政局指導課より各都道府県衛生主管部（局）救急医療担当課宛に標記の事務連絡が発出されるとともに、本会に対してもその協力方依頼がありました。

本件は、各地域において硫化水素中毒の発生が相次いでいる状況を踏まえ、その対応に係る情報を各都道府県に提供するとともに、管下救急医療機関への周知を求めるものです。

つきましては、貴会におかれましても、本件についてご了知いただくとともに、貴会管下郡市区医師会への周知方につきご高配賜りますようお願い申し上げます。

事 務 連 絡

平成20年4月28日

社団法人日本医師会 御中

厚生労働省医政局指導課

「硫化水素中毒への対応について」の送付について

標記について、別添のとおり各都道府県衛生主管部(局)救急医療担当課あて通知しましたので、その趣旨をご了知いただき、傘下会員に対する周知方よろしく申し上げます。

事 務 連 絡

平成 2 0 年 4 月 2 5 日

各都道府県衛生主管部(局)

救急医療担当課 御中

厚生労働省医政局指導課

硫化水素中毒への対応について

救急医療行政については、日頃より御協力いただきありがとうございます。

今般、各地において硫化水素中毒の発生が相次いでいる状況を踏まえ、別紙のとおり、硫化水素中毒への対応に係る情報を参考までに送付いたします。内容について御了知いただくとともに、管下の救急医療機関等への周知方よろしくをお願いします。

○ 照会先

医政局指導課 田邊、徳本

直 通 03-3595-2194

FAX 03-3503-8562

硫化水素

0. 概要

0.9. 中毒学的薬理作用

・チトクロ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。

・皮膚粘膜刺激作用

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

・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)

0.11. 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)

・経皮暴露の場合、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

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 16)

(2) 呼吸器系: 気道刺激、呼吸抑制、呼吸停止

非致死濃度; 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)

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)

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・30 分暴露で、呼吸停止

(3) 神経系: 中枢神経抑制(呼吸抑制を伴う)

非致死濃度; 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)

(4) 消化器系: 流涎、悪心、嘔吐、下痢 1、2、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)

*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)

重度暴露; チアノーゼ 16)

凍傷:液化ガスに直接触れると、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

*鼻 :嗅覚疲労 16)

0. 12. 治療法

*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)

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

D. 肺水腫対策

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/低体温療法:酸素代謝率を減少させ、低酸素症による中枢神経障害を防止。 14)

G. 検査:動脈血液ガスモニター、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)

(3) 特異的治療法：

A. 亜硝酸塩療法 1、16、18)

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。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)

[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)

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) 亜硝酸アミル吸入

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砕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砕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)

2) 亜硝酸ナトリウム静注

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。

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。

(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)

注)チオ硫酸ナトリウム：硫化水素中毒では使用しない。

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、16)

*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
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鹸と水で十分洗う。

(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℃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℃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。

(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。

・初期に明ら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)

1 5. その他

1) 初期隔離

i) (HSDB) 32)

漏出・漏洩地域は直ちに少なくとも周囲 100～200m(330～660feet)は隔離する。許可なく立ち入らせない。風上に立つ。ガスは空気より重く、地面に沿って広がり低所もしくは密閉空間(下水道、地下、タンク)に集まる。低所には立ち入らせない。立ち入る前に閉鎖的空間を換気する。

少量の漏出: まず周囲 60m(200feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.2km (0.1miles)にいる人々、夜間は 0.5km(0.3miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出: まず周囲 125m(400feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.3km (0.2miles)にいる人々、夜間は 1.4km(0.9miles)にいる人々を保護する。

ii) (HAZARTEXT) 33)

少量の漏出: まず周囲 30m(100feet)を隔離する。ついで日中は風下方向 0.2km (0.1miles)にいる人々、夜間は 0.3km(0.2miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出: まず周囲 215m(700feet)を隔離する。ついで日中は風下方 1.4km (0.9miles)にいる人々、夜間は 4.3km(2.7miles)にいる人々を保護する。

注意: 漏出量が 200L に満たない場合は少量の漏出と考える。大量の漏出は 200L 以上である。

防護措置を要する距離は 11km(7miles)で、実際の距離は、実際の距離は大気の状態を確認してより広範囲にする。蒸気が谷間やもしくは高層建築物群間に流れ込む場合、大気中での上昇気流による混合がより少なくなるので防護の距離はもっと広範囲にする。日中の漏出では、強い逆転層の地域や雪に覆われたところ、日没近くで安定した風がふいているところは防護の距離を広げる必要がある。このような状況では、空気によって運ばれてきた汚染物質の混合や散乱はより遅延し、

より遠くの風下まで運ばれる。加えて、防護措置を要する距離は、液体の漏出の場合あるいは戸外の気温が 30℃を超えているときにはより広範囲になる。

火災時

i) (HSDB) 32)

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

2) 漏洩時の除染

i) (HSDB) 32)

火気厳禁とする。火災のない漏出・漏洩に対しては密閉型完全防護（訳注：レベル B 以上の防護服）を着用する。漏出した物質に触れたり周囲を歩かない。操作に危険がなければ漏出を止める。蒸気を減少させたり、蒸気の流れをそらすために水噴霧器を用いる。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立ち入らない。除去に際し漏出・漏洩での発火も想定する。

1) 全ての発火原因を除去する。

2) ガスを分散させるために漏出・漏洩場所を換気する。

3) 漏洩がガス状なら漏れを止める。もし容器からの漏洩で漏洩を止めることが出来ないなら、漏洩容器を開放空間の安全な場所に移動し漏洩を止めるか容器が空になるまで開放する。

4) 漏洩が液状なら蒸発させる。

火災時

i) (HSDB) 32)

漏洩を止めることが出来る場合を除いて、漏洩したガスの炎を止めてはならない。

小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧、泡消火剤

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。破損した容器は専門家のみを取り扱わなければならない。

タンクが火災に巻き込まれている時：できる限り遠方から消火するか、無人のホースホルダーかモニターノズルを使う。火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。凍結が起こるので漏洩源や安全装置には直接水をかけない。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

3) 廃棄法

i) (化学防災指針集成：日本化学会編者) 34)

共通項目：濃厚な廃液の処分は、アフターバーナーとスクラバーを備えた焼却炉などの焼却施設で焼却して処理する。また、焼却できない希薄な廃液は安全な容器に保存し、必要な処理を施して廃棄する。もしくは回収免許をもつ処理業者に処理を依頼する。

[参考資料]

1. POISINDEX (R) ;53rd Edition
2. Clinical Toxicology of Commercial Products;5th Edition, 1984.
3. 鵜飼卓;〈救急治療シリーズ〉中毒;中外医学社, 1985.
4. 9586 の化学商品;化学工業日報社, 1986.
5. 産業中毒便覧 増補版;医歯薬出版, 1981.
6. 新内科学大系 60B 中毒Ⅱ;中山書店, 1979.
7. FM Audeau et al;INDUSTRIAL MEDICINE, Hydrogen sulphide poisoning; associated with pelt processing. New Zealand Med J 1985;13;145-147.
8. Roger P. Smith;Hydrogen Sulfide Poisoning. Journal of Occup Med 1979;21;93-97.
9. 中毒ハンドブック (DREISBACH;handbook of POISONING);廣川書店, 1984 “硫化水素”, “シアン化水素”
10. Martin J. Smilkstein et al;Hyperbaric oxygen therapy for severe hydrogensulfide poisoning. The Journal of Emergency Medicine 1985;3;27-30.
11. Jerry B. Vannatta;Hydrogen Sulfide poisoning. Report of Four Cases and Brief Review of the Literature. OSMA JOURNAL 1982; 75;29-32.
12. Daniel D. Whitcraft;Hydrogen sulfide poisoning treated with hyperbaric oxygen. The Journal of Emergency Medicine 1985;3;23-25.
13. Fumisuke Matsuo;Neurological Sequelae of Massive Hydrogen Sulfide Inhalation. Arch Neurol 1979;36;451-452.
14. Adriano G Ravizza. et al;THE TREATMENT OF HYDROGEN SULFIDE INTOXICATION;OXYGEN VERSUS NITRITES. SCIENTIFIC REPORTS. 1982.
15. 日本中毒情報センター収集症例.
16. POISINDEX:HYDROGEN SULFIDE, VOL. 96, 1998.
17. 12695 の化学商品, 化学工業日報社, 1995.
18. 内藤裕史:中毒百科, 南江堂, 1991.
19. NIOSH:Registry Toxic Effects of Chemical Substance, VOL. 36, 1998.
20. 日本化学会編:化学防災指針集成, 丸善, 1996.
21. Matthew J. E. & Donald G. B. :Medical Toxicology, 2nd edition, Elsevier, 1997.
22. Goldfrank, L. R. et al:Toxicologic Emergencies, 5th edition, Appleton-Century-Crofts, 1994.
23. 龍野嘉紹他:急性硫化水素中毒死の 4 事例-皮膚の緑色化および硫化ヘモグロビンについて-. 日法医誌, 40(3), 308-315, 1986.
24. Rumack BH & Spoerke DG (eds): HYDROGEN SULFIDE, POISINDEX(R) Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 115, 2003.
25. 日本医薬情報センター編集:医療薬日本医薬品集. じほう. 東京, 2002. pp981.
26. 内藤裕史, 横手規子監訳:化学物質毒性ハンドブック. (第Ⅳ巻). 丸善, 東京, 2000. pp370-371.
27. 内藤裕史, 横手規子監訳:化学物質毒性ハンドブック臨床編. (第Ⅱ巻). 丸善, 東京, 2000. pp842-845.
28. 津田征郎:下水道管内清掃作業中の硫化水素中毒死亡例. 日本災害医学会会誌 1992; 40(1): 7-11.

29. Rumack BH & Spoerke DG(eds): CYANIDE POISINDEX(R)
Information System. MICROMEDEX, Inc., Colorado, VOL. 115, 2003.
30. 斎藤徹: 青酸化合物, 救急医学, 12(10):1380-1389.
31. Goldfrank, L. R. et al: Toxicologic Emergencies, 6th edition,
Appleton-Century-Crofts, 1998.
32. Hazardous Substance Data Bank: HYDROGEN SULFIDE, VOL. 55, 2002.
33. HAZARDTEXT(R): Hazard management: HYDROGEN SULFIDE, VOL. 55, 2002.
34. 財団法人日本化学会, 化学防災指針集成 I. 丸善株式会社, 東京, 1996, pp125-128.
35. 松島知秀, 東尊秀, 金井透 他: 硫化水素中毒で中等症、重症、DOA にて搬入された 3 症例.
中毒研究 1995;8(4), pp454-455.
36. 14102 の化学物質. 化学工業日報社, 東京, 2002. pp288-289.

1 6. 作成日
20030331

硫化水素 HYDROGEN SULFIDE

0. 概要

0.9.中毒学的薬理作用

・チトクロ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。

・皮膚粘膜刺激作用

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

・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)

0.11.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)

・経皮暴露の場合、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

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 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)

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)

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・30 分暴露で、呼吸停止

(3)神経系:中枢神経抑制(呼吸抑制を伴う)

非致死的濃度;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)

(4)消化器系:流涎、悪心、嘔吐、下痢 1、2、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)

*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)

重度暴露;チアノーゼ 16)

凍傷;液化ガスに直接触れると、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

*鼻 :嗅覚疲労 16)

0.12. 治療法

*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)

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鹸で洗う。

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

D. 肺水腫対策

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/低体温療法:酸素代謝率を減少させ、低酸素症による中枢神経障害を防止。 14)

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)

(3)特異的治療法：

A.亜硝酸塩療法 1、16、18)

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。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)

[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)

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)亜硝酸アミル吸入

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砕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砕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)

2)亜硝酸ナトリウム静注

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。

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。

(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)

注)チオ硫酸ナトリウム:硫化水素中毒では使用しない。

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、16)

*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
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℃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℃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。

(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。
- ・初期に明ら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)

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]H₂S

[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 では一呼吸以上ではほぼ即死する。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	では一呼吸以上ではほぼ即死 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 時間曝露：角膜炎の報告あり。26)
- ・250ppm 程度・数分間曝露：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 μg/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 μg/mL (0.014mmol/mL)	16.02 μg/mL (0.143mmol/mL)
脳	2.72 μg/mL	5.04 μg/mL

	(0.085mmol/mL)	(0.045mmol/mL)
肺	0.42 μ g/mL	9.30 μ g/mL
	(0.013mmol/mL)	(0.083mmol/mL)
中間広筋	0.16 μ g/mL	
	(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_2S)、一部は $\text{HS}(-)$ 、 $\text{S}(2-)$ 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 $\mu\text{g/mL}$ (0.014mmol/mL)	16.02 $\mu\text{g/mL}$ (0.143mmol/mL)
脳	2.72 $\mu\text{g/mL}$ (0.085mmol/mL)	5.04 $\mu\text{g/mL}$ (0.045mmol/mL)
肺	0.42 $\mu\text{g/mL}$ (0.013mmol/mL)	9.30 $\mu\text{g/mL}$ (0.083mmol/mL)
中間広筋	0.16 $\mu\text{g/mL}$ (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)、薬理学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)

11. 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)
- ・致死の暴露時は昏睡、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だ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 暴露後、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

非致死の濃度;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 分以内の暴露で、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 以上の長時間の暴露、または 750~1000ppm の高濃度の暴露で発現する 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)

・ 500ppm 30 分暴露で頭痛、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 の高濃度の暴露でノックダウン (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 スキャンで基底神経節、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。脾胃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 スキャ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:液化ガスに直接触れると、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 ; 短時間曝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」、「gaseyes」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、皮膚を洗浄する。眼は大量の微温湯で15分以上洗浄する。皮膚は石けんと大量の流水で洗浄する。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鹸で洗う。
- 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800～1600μg/mLにする。

用量:初回2～5μg/kg/分、必要なら5～10μg/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4μg/mLにする。

初回量:成人;2～3mL(8～12μg)/分、または

成人、小児;0.1～0.2 μ 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 μ 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)

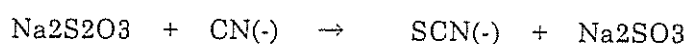
ヘモグロビン(g/dL)	3%亜硝酸ナトリウム溶液
8g	0.22mL/kg
10g	0.27mL/kg
12g(小児平均値)	0.33mL/kg
14g	0.39mL/kg

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。

事故後のガス検知管による測定では、酸素 21%、硫化水素 60ppm、24ppm (時間をおいて 2 回測定)、一酸化炭素 30ppm、アンモニア 0 で、硫化水素による中毒がもっとも疑われた。また、現場のヘドロには 800ppm の硫化水素が検出された。高濃度の硫化水素を吸引した症例 A では、定性・定量試験ともに硫化水素は検出されなかった。症例 B では解剖時採取の血液の硫化水素は定性試験で陽性であったが、定量試験では検出できなかった。症例 C では長時間治療したため血液中に硫化水素は存在せず、定性・定量試験とも陰性であった。長期間治療後の解剖所見では硫化水素中毒特有の所見を見出すことは困難であった。28)

2) 吸入 (労災、温泉の貯水槽清掃作業、7 例中死亡例 3 例、)

7 例

台湾で生じた 2 つの異なる硫化水素事故では、患者 7 名は事故発生当時温泉の貯水槽を清掃していた。1 名が即死し、2 名は曝露 12 時間以内に肺合併症で死亡した。温泉槽には硫黄と有機物が含まれていた。24)

3) 吸入 (汚水槽、1 例死亡)

44 歳男性(A)、50 歳男性(B)、58 歳男性(C)

B が腐卵臭のする汚水槽内へはいったところ意識消失。A、C が救助しようとしたところ C も意識消失し A は自力で汚水槽内から脱出したのち意識消失。C、B の順に救出され、搬入された。搬入時 A は意識清明であったが、頻呼吸で呼吸困難、頭重感などを訴えていた。すぐ亜硝酸剤の投与がなされ、症状としては頭重感のみとなり、それも徐々に軽快した。C は DOA で搬入され、蘇生を試みるも心拍再開はみられず、B は意識レベル III-200、湿性ラ音聴取し、眼球結膜充血、口腔内に吐物あり、衣服は濡れ腐卵臭が漂っていた。体幹を中心にラベンダー・ブルーの斑がみられた。また、3 人ともガスクロマトグラフィーによる血中硫化水素定性は陽性であった。亜硝酸アミルの吸入と 3%亜硝酸ソーダを静脈内投与したが、血圧低下を認め肺水腫も合併したため血行動態をモニタリングするとともに昇圧剤を使用した。意識状態は翌日には改善し、コミュニケーションも可能となったが、第 5 病日に粘稠痰多量により気切をした。第 12 病日の胸部 X 線写真で空洞形成病変を認め、CT では肺野全体に多発性小膿瘍を認めたが。第 29 病目に呼吸器から離脱、第 50 病日退院となった。 35)

4) 吸入 (労災、下水溝清掃、生存例：昏睡)

45 才男性

90%硫酸で病院の下水溝を清掃中、高濃度の硫化水素ガスに暴露された。暴露後 2,3 分で外へ運び出された後、無呼吸、昏睡、チアノーゼとなった。

亜硝酸アミルの吸入と亜硝酸塩の静注後 30 分以内にメトヘモグロビン血症が出現した。暴露 6 時間後に正常な精神状態となった。スルフヘモグロビン値は全血の 7.9%(正常値は 0.5%以下)。 1、16)

5)吸入 (労災、生存例)

男性 6 名

リバプールのソーセージ製造工場で羊の腸詰め作業中に、男性 6 名が眼瞼痙攣、羞明、流涙、重度の結膜充血および表在性点状角膜びらんを呈した。クロラムフェニコール眼軟膏投与 24 時間後、患者は全員回復した。腸およびその内容物の腐敗による硫化水素の生成が考えられた。 24)

1 4. 分析法

ガスクロマトグラフィー法 5、16)

検知管 5、20、23)

検知法(酢酸鉛紙) 20)

その他:中毒患者の衣服ポケット内の銀コインが硫化水素により黒色化して発見されることがある。 21,24)

GC/MS (硫化物・チオ硫酸塩) 24)

1 5. その他

1)初期隔離

i) (HSDB) 32)

漏出・漏洩地域は直ちに少なくとも周囲 100~200m(330~660feet)は隔離する。許可なく立ち入らせない。風上に立つ。ガスは空気より重く、地面に沿って広がり低所もしくは密閉空間(下水道、地下、タンク)に集まる。低所には立ち入らせない。立ち入る前に閉鎖的空間を換気する。

少量の漏出:まず周囲 60m(200feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.2km(0.1miles)にいる人々、夜間は 0.5km(0.3miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出:まず周囲 125m(400feet)を隔離し、ついで日中は風下方向に 0.3km(0.2miles)にいる人々、夜間は 1.4km(0.9miles)にいる人々を保護する。

ii) (HAZARTEXT) 33)

少量の漏出:まず周囲 30m(100feet)を隔離する。ついで日中は風下方向に 0.2km(0.1miles)にいる人々、夜間は 0.3km(0.2miles)にいる人々を保護する。

大量の漏出:まず周囲 215m(700feet)を隔離する。ついで日中は風下方向 1.4km(0.9miles)にいる人々、夜間は 4.3km(2.7miles)にいる人々を保護する。

注意:漏出量が 200Lに満たない場合は少量の漏出と考える。大量の漏出は 200L以上である。

防護措置を要する距離は 11km(7miles)で、実際の距離は、実際の距離は大気の状態を確認してより広範囲にする。蒸気が谷間やもしくは高層建築物群間に流れ込む場合、大気中での上昇気流による混合がより少なくなるので防護の距離はもっ

と広範囲にする。日中の漏出では、強い逆転層の地域や雪に覆われたところ、日没近くで安定した風がふいているところは防護の距離を広げる必要がある。このような状況では、空気によって運ばれてきた汚染物質の混合や散乱はより遅延し、より遠くの風下まで運ばれる。加えて、防護措置を要する距離は、液体の漏出の場合あるいは戸外の気温が 30℃を超えているときにはより広範囲になる。

火災時

i) (HSDB) 32)

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

2)漏洩時の除染

i) (HSDB) 32)

火気厳禁とする。火災のない漏出・漏洩に対しては密閉型完全防護を着用する。漏出した物質に触れたり周囲を歩かない。操作に危険がなければ漏出を止める。蒸気を減少させたり、蒸気の流れをそらすために水噴霧器を用いる。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立ち入らない。除去に際し漏出・漏洩での発火も想定する。

1)全ての発火原因を除去する。

2)ガスを分散させるために漏出・漏洩場所を換気する。

3)漏出がガス状なら漏れを止める。もし容器からの漏洩で漏洩を止めることが出来ないなら、漏洩容器を開放空間の安全な場所に移動し漏洩を止めるか容器が空になるまで開放する。

4)漏出が液状なら蒸発させる。

火災時

i) (HSDB) 32)

漏洩を止めることが出来る場合を除いて、漏洩したガスの炎を止めてはならない。

小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧、泡消火剤

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。破損した容器は専門家のみが取り扱わなければならない。

タンクが火災に巻き込まれている時：できる限り遠方から消火するか、無人のホースホルダーかモニターノズルを使う。火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。凍結が起こるので漏洩源や安全装置には直接水をかけない。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

3)廃棄法

i) (化学防災指針集成：日本化学会編者) 34)

共通項目：濃厚な廃液の処分は、アフターバーナーとスクラバーを備えた焼却炉などの焼却施設で焼却して処理する。また、焼却できない希薄な廃液は安全な容器に保存し、必要な処理を施して廃棄する。もしくは回収免許をもつ処理業者に処理を依頼する。

[参考資料]

1. POISINDEX (R) ;53rd Edition
2. Clinical Toxicology of Commercial Products;5th Edition,1984.
3. 鶴飼卓;<救急治療シリーズ>中毒;中外医学社,1985.
4. 9586 の化学商品;化学工業日報社,1986.
5. 産業中毒便覧 増補版;医歯薬出版,1981.
6. 新内科学大系 60B 中毒Ⅱ;中山書店,1979.
7. FM Audeau et al;INDUSTRIAL MEDICINE,Hydrogen sulphide poisoning; associated with pelt processing. New Zealand Med J 1985;13;145-147.
8. Roger P.Smith;Hydrogen Sulfide Poisoning.Journal of Occup Med 1979;21;93-97.
9. 中毒ハンドブック(DREISBACH;handbook of POISONING);廣川書店, 1984 “硫化水素”, “シアン化水素”
10. Martin J. Smilkstein et al;Hyperbaric oxygen therapy for severe hydrogensulfide poisoning. The Journal of Emergency Medicine 1985;3;27-30.
11. Jerry B.Vannatta;Hydrogen Sulfide poisoning. Report of Four Cases and Brief Review of the Literature. OSMA JOURNAL 1982; 75;29-32.
12. Daniel D.Whitcraft;Hydrogen sulfide poisoning treated with hyperbaric oxygen. The Journal of Emergency Medicine 1985;3;23-25.
13. Fumisuke Matsuo;Neurological Sequelae of Massive Hydrogen Sulfide Inhalation. Arch Neurol 1979;36;451-452.
14. Adriano G Ravizza.et al;THE TREATMENT OF HYDROGEN SULFIDE INTOXICATION;OXYGEN VERSUS NITRITES. SCIENTIFIC REPORTS.1982.
15. 日本中毒情報センター収集症例.
16. POISINDEX:HYDROGEN SULFIDE,VOL.96,1998.
17. 12695 の化学商品,化学工業日報社,1995.
18. 内藤裕史:中毒百科,南江堂,1991.
19. NIOSH:Registry Toxic Effects of Chemical Substance,VOL.36,1998.
20. 日本化学会編:化学防災指針集成,丸善,1996.
21. Matthew J.E.& Donald G.B.:Medical Toxicology,2nd edition, Elsevier,1997.
22. Goldfrank,L.R. et al:Toxicologic Emergencies,5th edition, Appleton-Century-Crofts,1994.
23. 龍野嘉紹他:急性硫化水素中毒死の4事例-皮膚の緑色化および硫化ヘモグロビンについて-.日法医誌,40(3),308-315,1986.
24. Rumack BH & Spoerke DG(eds): HYDROGENSULFIDE,POISINDEX(R) Information System.MICROMEDEX,Inc., Colorado, VOL.115, 2003.
25. 日本医薬情報センター編集:医療薬日本医薬品集. じほう. 東京, 2002. pp981.
26. 内藤裕史, 横手規子監訳:化学物質毒性ハンドブック. (第Ⅳ巻). 丸善, 東京, 2000.pp370-371.
27. 内藤裕史, 横手規子監訳:化学物質毒性ハンドブック臨床編. (第Ⅱ巻). 丸善, 東京, 2000.pp842-845.
28. 津田征郎:下水道管内清掃作業中の硫化水素中毒死亡例. 日本災害医学会会誌

1992 ; 40(1) : 7-11.

- 29.Rumack BH & Spoerke DG(eds): CYANIDE POISINDEX(R)
Information System.MICROMEDEX,Inc., Colorado, VOL.115, 2003.
- 30.斎藤徹 : 青酸化合物, 救急医学, 12(10):1380-1389.
- 31.Goldfrank,L.R. et al:Toxicologic Emergencies,6th edition,
Appleton-Century-Crofts,1998.
- 32.Hazardous Substance Data Bank:HYDROGEN SULFIDE,VOL.55,2002.
- 33.HAZARDTEXT(R):Hazard management:HYDROGEN SULFIDE,VOL.55,2002.
- 34.財団法人日本化学会,化学防災指針集成 I .丸善株式会社,東京,1996,pp125-128.
- 35.松島知秀,東尊秀,金井透 他:硫化水素中毒で中等症、重症、DOAにて搬入された3症例.
中毒研究 1995;8(4),pp454-455.
- 36.14102の化学物質.化学工業日報社,東京,2002,pp288-289.

ID O16200

1 6. 作成日

20030331