

一酸化炭素中毒の現状と予防

大垣労働基準監督署

1 一酸化炭素中毒による労働災害の発生状況

換気不十分な作業空間内における一酸化炭素中毒による労働災害の発生状況をみると、依然後を絶たない状況である。一酸化炭素の発生源は多々あるが、近年は、動力源用の小型内燃機関の使用時における中毒事故が目立っている。

(1) 過去3年の一酸化炭素中毒による労働災害の推移

	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	3 年計
休業 4 日以上 ¹ の死傷災害 [件]	35	20	36	91
休業 4 日以上 ¹ の死傷者数 [人]	58 (4)	35 (5)	51 (5)	144 (14)
休業 1～3 日の死傷者数 [人]	46	41	36	123

注：() 内は死亡災害で内数。

資料出所：労働者死傷病報告、工業中毒等特殊疾病（障害）情報報告により厚生労働省が集計

(2) 平成 27 年の一酸化炭素中毒による労働災害の発生傾向（発生源等・業種別）

	建設業	食料品 製造業	飲食店	鉄鋼業	その他	計
内燃機関	16(1)	3			8(2)	27(3)
発電機	10(1)					10(1)
車両、船舶(エンジン)	1	3			3(2)	7(2)
コンプレッサー	2					2
高圧洗浄機					3	3
コンクリートカッター、はつり機	2				2	4
アーク溶接装置	1					1
ガス機器		6	1		5	12
鉄鋼設備				2	1	3
炭・練炭	1				1	2
火災	1		3(1)		2(1)	6(2)
その他					1	1
計 (人)	18(1)	9	4(1)	2	18(3)	51(5)

注：() 内は死亡災害で内数。

資料出所：労働者死傷病報告等により厚生労働省が集計。休業 4 日以上及び死亡。

2 一酸化炭素とはなにか？

一酸化炭素は、以下のとおりの物質である。

(1) 性状

分子式：CO 分子量：28.01 **無色、無味、無臭のガスで猛毒。**

青色の焰を発して燃え、炭酸ガスとなる。還元性を持つ。

引火点¹-191℃、融点¹-205℃、沸点¹-191.5℃、発火温度¹-608.9℃

資料出所：2017 版「16817 の化学商品」化学工業日報社

(2) 取扱注意

高圧ガス、急性毒性物質、可燃性ガス 爆発限界 12.5～74% (vol 空气中)

空気との混合ガスは火源があれば広範囲の混合割合で容易に爆発する。
酸化剤や他の物質との化学反応で爆発反応や爆発を起こす可能性がある。
火気厳禁。充填ボンベは直射日光を避け、痛風の良い安全な場所に置く。
消火剤…粉末、炭酸ガス消火器、水噴霧
保護具…一酸化炭素防毒マスク、送気マスク、空気呼吸器などを使用。
資料出所：2017 版「16817 の化学商品」化学工業日報社

(3) 毒性

許容濃度 50ppm、57mg/m³

化学的窒息材で、血液中のヘモグロビンと結合し、体内の酸素供給能力を妨げることにより中毒症状が現れる。

資料出所：2017 版「16817 の化学商品」化学工業日報社

(4) 一酸化炭素中毒の急性症状

・ 軽症の場合：悪心、嘔吐、頭痛、倦怠感、疲労、息切れ、めまい、視力障害など。
・ 中等症の場合：強い頭痛、めまい、悪心、嘔吐、失神、頻脈・頻呼吸およびそれに引き続く徐脈・徐呼吸、顔面紅潮、チアノーゼ、発汗、注意力・思考力の低下、反応性の鈍麻、視力障害、運動失調、耳鳴、傾眠、幻覚、心血管障害、横紋筋融解など。COHb は、10－25%を示すことが多い。
・ 重症の場合：痙攣、錯乱、見当識障害、失禁、手掌・足底の水疱、心機能障害、心室性不整脈、循環障害、低血圧、ショック、肺水腫、呼吸不全、意識消失、昏睡など。死亡することもある。COHb は、20%以上を示すことが多い。

資料出所：財団法人日本中毒情報センター 医師向け中毒情報

3 一酸化炭素中毒の災害発生プロセス等について

近年多発傾向にある小型内燃機関の使用時に発生した一酸化炭素中毒について、その発生プロセス等を検討した。

(1) 一酸化炭素の発生

一酸化炭素は、「酸素が不十分となっている空間での炭素燃焼により発生する。」とされている。(要するに、炭素が不完全燃焼したときに発生するものである。)

(2) ガソリンエンジンの排気ガス

ガソリンや軽油の主成分は C (炭素) と H (水素) であり、それを燃焼させて走る自動車から排出される排気ガスの主なものは、CO (一酸化炭素)・HC (炭化水素)・NO_x (窒素酸化物)・PM (粒子物質)・CO₂ (二酸化炭素) である。

- ・ HC：大気中で紫外線と反応して光化学オキシダントを生成する。オキシダントは、人の眼やのどの粘膜を刺激し呼吸器に影響をおよぼす。
- ・ NO_x：HC と同様、光化学オキシダントの原因物質で、呼吸器障害に関係する。また SO_x(硫黄酸化物)とともに酸性雨の原因物質でもある。
- ・ PM：吸入すると呼吸器系に付着し呼吸器疾患の原因となることがある。

(3) ディーゼルエンジンの排気ガス

ディーゼルエンジンから排出される排気ガスには、粒子状物質(黒煙等)をはじめ、CO (一酸化炭素)・HC (炭化水素)・NO_x (窒素酸化物) などの有害物質が含まれており、世界中で排気ガス規制が強化されているところである。一般的には、排気管の途中に触媒が設置され浄化しているが、整備不良のエンジンは上記有害物質を出しやすくなっていると考えられる。

(4) 排気ガスの温度

自動車エンジンの排気温度は、エンジンの運転状態によって大幅に変わる。アイドリング時における 200～300℃から、全負荷運転時における 700～800℃と非常に幅広である。(上り坂や加速時には触媒コン

バーターの温度が 1000°C以上に達することもある。)

(5) 車載型クレーン使用時の排気ガス

車載型クレーンを使用する際には、車載型クレーンの作動に必要な油圧を確保するために、エンジンに一定の負荷がかかっていたと考えられるが、実測することができないことから、排気ガス中の有害成分の量については不明である。

(6) 一酸化炭素の濃度と中毒症状

一酸化炭素の濃度と症状の関係は、以下のとおりである。

- ・ 1 時間程度の暴露では、600~700ppm から酸素不足による症状が出はじめ、1,000ppm 以上になると重篤な症状があらわれ、1,500ppm 以上では生命に危険が及ぶ。
- ・ CO 濃度を c (ppm)、暴露時間を t (hr) とすると

$ct < 300$	影響は少ない
< 600	軽度の作用
< 900	中度ないし高度の影響
$= 1,500$	致死
- ・ 許容濃度：50ppm、55mg/m³
- ・ 短時間暴露限度：400ppm、440 mg/m³
- ・ 最小致死濃度：650ppm・45 分

資料出所：財団法人日本中毒情報センター 中毒情報

(7) 一酸化炭素濃度の上昇

閉鎖的空間において使用する内燃機関から発生する一酸化炭素濃度は極めて短時間に上昇し、容易に 200ppm を超え、全体換気によって作業空間内を常に我が国の許容濃度 (50ppm) 以下に保つことは極めて困難で、200ppm 以下に保つ場合にも高出力の送風機が必要とされる。

(8) 一酸化炭素濃度の上昇 (文献)

“一酸化炭素濃度が極めて短時間に上昇すること” について、以下の文献が存在する。

- ・ 社団法人日本陸用内燃機関協会の定めた、携帯機器用エンジン、排気量 50cc 以上の場合、自主基準値 603[g/kW・hr]を用いる。標準状態 (25°C、1bar) を仮定し、その際の一酸化炭素の体積を理想気体と同じく 24.8[l]として、以下の条件で計算すると、
 - ① 低出力のガソリン機関 (1Kw) をマンホール内部のような狭隘で閉鎖的な作業空間 (気積 10 m³) 内で稼働させた場合。: 換気量 16.67 m³/min の換気を行っていても、発生開始後後 0.3 分以内で 200ppm を超え、3 分後には約 530ppm に達して平衡状態になる。
 - ② 中出力のガソリン機関 (3Kw) を広さ 15 畳弱ほどの室内 (気積 50 m³) 内で稼働させた場合。: 換気量 83.33 m³/min ならば、発生開始後後 0.6 分以内で 200ppm を超え、4 分後には約 320ppm に達して平衡状態になる。換気量が 16.66 m³/min 以下ならば、発生開始後後約 4 分で 1,200ppm に達するが、換気量 250 m³/min 以上の換気を行えば、107ppm 以下の濃度に保てる。
 - ③ 高出力のガソリン機関 (5Kw) を小学校の教室程度の作業空間内 (気積 200 m³) 内で稼働させた場合。: 換気量 333.33 m³/min 以上の換気を行えば、200ppm 以下の濃度に保てる。しかし、換気量が 8.33 m³/min 以下ならば、発生開始後後 14 分足らずで 1,200ppm を超える。

資料出所：労働安全衛生研究 小型内燃機関による一酸化炭素中毒の防止と全体換気

- ・ 文献によれば、以下のとおり計算している。

屋内に供給される清浄な空気中に一酸化炭素が含まれなければ、屋内に存在する一酸化炭素総量の変化は、屋内で発生する一酸化炭素の量から、屋外に排出される一酸化炭素の量を差し引いた分に等しい。この収支を式で表すと、

$$Vdc = Gdt - Q'Cdt \quad \text{ただし} \quad V: \text{作業空間の気積}$$

G : 単位時間当たりの一酸化炭素発生量
 Q' : 有効換気量

$\Delta t C$: 作業空間内の一酸化炭素濃度

t : 時間

理想的な希釈混合状態であったと考え、上記の式を成分すると、

$$\ln \left(\frac{G - Q' C_2}{G - Q' C_1} \right) = -Q' (t_2 - t_1) / V$$

初期の状態 ($t_1 = 0$) では作業空間に一酸化炭素が存在しない ($C_1 = 0$) と仮定し、その状態から一酸化炭素の発生と換気を同時に開始した場合、任意の経過時間 (Δt) 後の一酸化炭素濃度は、

$$C_2 = \frac{G \left[1 - e \left(\frac{-Q' \Delta t}{V} \right) \right]}{Q'}$$

により計算することができる。

4 一酸化炭素中毒の予防

- (1) 自然換気が不十分なところにおいて、内燃機関を有する機械を使用しないこと。

(労働安全衛生規則第 578 条)

- (2) 内燃機関を有する機械を使用する場合は、当該場所の換気を十分に行うこと。

- (3) 一酸化炭素の濃度を常に測定し、一酸化炭素濃度が許容濃度を超えるときには、一酸化炭素防毒マスク、送気マスク、空気呼吸器などの保護具を使用すること。

《関係条文》

労働安全衛生規則第 578 条 (内燃機関の使用禁止)

事業者は、坑、井筒、潜函 (かん)、タンク又は船倉の内部その他の場所で、自然換気が不十分なところにおいては、内燃機関を有する機械を使用してはならない。ただし、当該内燃機関の排気ガスによる健康障害を防止するため当該場所を換気するときは、この限りでない。

《解釈例規》

- 1 本条は、自然換気状態において、一酸化炭素が 100ppm (1 気圧 25°C) 以上の濃度に蓄積するおそれのあるところで内燃機関を有する機械の使用を規制する趣旨であること。
- 2 次に掲げるもののいずれかに該当するものは、通常「坑、井筒、潜函、タンク又は船倉の内部その他の場所であって自然換気が不十分なところ」に該当するものとして取り扱うこと。
 - イ 坑の内部 (坑口附近を除く。)
 - ロ 井筒、潜函、又はタンクの内部
 - ハ 内燃機関を有する自動車を自走運搬させる専用運搬船の船倉の内部
 - ニ 船の一番ハッチ (最船首のハッチ) 又は大とものハッチ (最船尾ハッチ) 下の船倉 (ハッチを全開して、ディーゼル機関を有するホークリフト、ポンプ等の機械を使用する場合を除く。) の内部
 - ホ 中甲板のある船倉 (最上部のものを除く。) の内部
 - ヘ 船倉内作業時において、船の停泊場所の天候がスモッグのある状態等の無風又は微風の状態にあるときの中甲板のない船倉 (ハシケ又はこれに準ずる小型船の船倉を除く。) 又は最上部の船倉の内部 (船の一番ハッチ又は大とものハッチ下の船倉にあつてはディーゼル機関、その他の船倉にあつてはディーゼル機関以外の内燃機関を有するホークリフト、ポンプ等の機械をハッチを全開して使用する場合に限る。)
 - ト 自然換気のための開放された換気口のない倉庫の内部 (出入口附近を除く。)、地下室の内部等の屋内作業場
- 3 本条ただし書の「換気するとき」には、内燃機関の排気をダクトを通して建造物の外部の大気中に放出する場合が含まれること。
(昭 42・2・6 基発第 122 号)