

「酸素欠乏」による災害について

(クォータリ-No.15 より)

はじめに

当社の業務は、各所に配置してある大気あるいは水質の常時監視装置の保守管理、並びに、環境アセスメント関連の業務なので、酸欠事故の恐れは殆どありません。しかし、産業界では酸欠による死亡事故が時々起こっておりますし、また、環境調査関連業務のうちでも、マンホール内の試料採取の際には、特に酸欠に対する注意が必要です。当社においても、いつ何時類似業務に携わることがあるかもしれませんので、今回はこれをテーマに取り上げました。

1. 酸欠事故の恐ろしさ

酸素欠乏による事故は、ガス中毒等の場合に比べて、

- ① 臭いなどによる予知ができないこと
- ② 瞬間的に意識がなくなること
- ③ 短時間のうちに死に至ること

(図1参照)

などの理由で死亡事故に繋がる危険性が高く、また、被災者を救助するために後から入った者も被災するという、2次災害の発生しやすいことが特徴です。そのため、ひとたび酸欠事故が発生すると、多数の死傷者を出すような重大災害になってしまうのです。

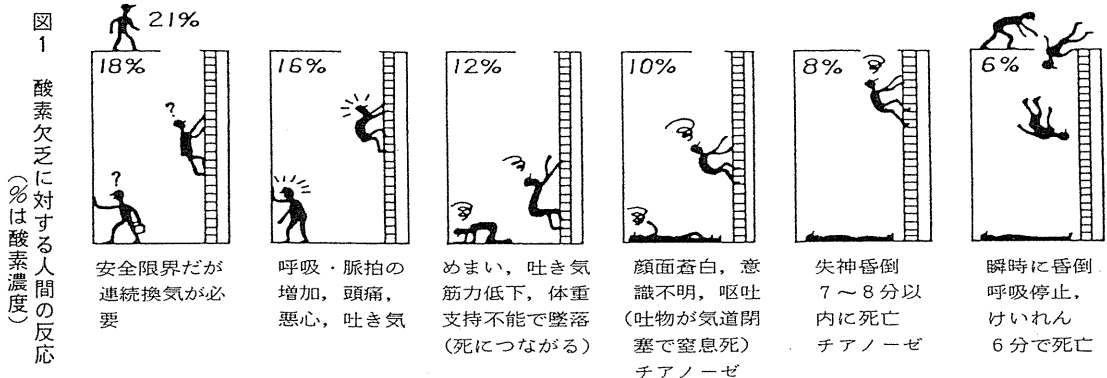
このような災害を防ぐため、酸欠危険場所で作業を行なう場合は、酸素欠乏症等防止規制(以下「酸欠則」という)によって種々の酸欠防止措置をとることが義務づけられております。しかしながら、速度、回転、落下といった物理的な原因による事故と比べて、酸欠事故は、どちらかという化学的原因によることが多いためか、作業員に「危険作業」としての認識がない場合が多いようです。化学的(含生物学的)原因による場合は、条件によって変化しやすいので、つい寸前まで異常がなかった場所が、急に危険な状態になることがあります。従ってこのような場所での作業は、十分な予備知識と防止措置の下に行なわなくてはならないわけです。

2. 酸欠になりやすい場所とその原因

酸素欠乏危険場所については、「労働安全衛生施行令別表第六」に12項目に分けて記載されております(法律は洩れがないように心くばりがしてありますので、この表ではほぼ網羅されているといつてよいと思います)。また、「酸欠則第三章第十八条～第二十五条」には、特殊な作業における防止措置が定められています。そして、これらの作業にあたっては酸素欠乏危険作業主任者を選任しなくてはなりません。

酸欠になりやすい場所は、一言でいえば、密閉された場所あるいはそれに近い場所で、その原因としては、①空気中の酸素が消費される場合と、②酸欠ガスで置換される場合があります。酸素欠乏の懸念される主な場所とその原因を挙げますと、次の如くなります。

- 1) 坑内：鉱物の酸化、坑木の腐朽による酸素消費
- 2) 井戸・マンホール：有機性汚物の腐敗による酸素消費とガス発生、侵入ガスによる空気の置換
- 3) 地下工事場：土砂層による酸素の消費(二価の鉄、硫化物などによる)、圧気工事による酸欠ガスの侵入
- 4) タンク：揮発性物質による空気の置換、内面の鉄さび発生による酸素消費
- 5) 発酵室：発酵の際の酸素消費、発生二酸化炭素による空気の置換



- 6) 貯蔵施設：壁面の油性塗料による酸素吸収，貯蔵物による酸素消費
- 7) 船倉：貯蔵物，輸送物（鉱物）による酸素消費，鉄さび発生による酸素消費
- 8) 冷凍・冷蔵庫（ドライアイス使用）：二酸化炭素による空気の置換
- 9) 工場施設：不活性ガス配管よりの漏出による空気の置換
- 10) 湯沸器や暖房器：燃焼による酸素消費
- 11) 高所（高山・高空等）：酸素分圧低下に伴う酸素の絶対量減少

c f. 過剰酸素：空気中に酸素が増量すると人間の呼吸中枢を沈静し，また，肺刺激があり，60%以上では呼吸・脈拍数が減って炭酸ガス蓄積，酸素系障害，頭痛，麻酔，髄液圧上昇を招いて昏睡に陥りまず（生理的には50%程度までは異常は起きないとのことです）。一方，空気中の酸素濃度が高まると，燃焼温度・燃焼速度が急上昇して火傷事故の危険があることから，安全限界として30%という数値があげられています。

表1 密閉場所が酸欠になる原因

	微生物の関与なし	直接または間接に微生物が関与している場合
酸素消費	<ul style="list-style-type: none"> ◦乾性油塗料の酸素吸収 ◦内壁材（主に鉄製）の酸化 ◦鉱物性貯蔵物の酸化 ◦湯沸器，暖房器などの使用 	<ul style="list-style-type: none"> ◦周囲の地層中の金属，鉱物，有機物の酸化 ◦有機物の酸素消費（発酵） ◦植物性貯蔵物の呼吸
酸欠ガスによる置換	<ul style="list-style-type: none"> ◦配管からの不活性ガスの漏洩 ◦不活性ガスの使用（溶接等） ◦CO₂の充満（ドライアイスによる冷凍・冷蔵） 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ブタン・メタンの発生（発酵） ◦CO₂の発生（発酵） ◦水圧・水位の変化による酸欠ガスの漏出 ◦圧気工法による酸欠ガスの漏出

ここで一寸視点を変えて見てみますと，微生物が関与している場合と，関与していない場合とが入り混じっていることが判ります。この面から整理したのが表1です。このように分類しますと，我々環境計量証明事業に携わっている者に関係のある「井戸やマンホールの酸欠」には，微生物が深くかかわっていることに気付かれるでしょう。

湖沼・河川・海などの水中に好気性微生物と嫌気性微生物がいて，いろいろな活動をしていることはクオータリー-Na.2（'87秋号）「雨と濁度と酸素と魚」でお話しました。これと同様に，地中にも種々の微生物が

いて，空気中の酸素を消費し還元性物質を生産しています。そのため鉄分や有機物の多い地層では，第一鉄塩やメタン・エタン等が作られるので，その付近の井戸やマンホールは酸欠になったり，メタンガスが充満したりしやすいのです。特に，大雨が降って地下水の水圧や水位が変わった時に，周囲の地層から酸欠空気が井戸やマンホールに侵入してくることがあります。この場合は，普段は大丈夫な場所が急に危険な場所になるので，ついうっかりしてしまいがちです。

これと同じような原因による新しい酸欠事故が，昭和35年頃から，特に東京砂れき層（地下約20～25m）のような鉄分の多い地層での地下鉄工事場周辺で多発するようになりました。トンネル工事などの地下工事中に，地下水が工事現場に浸入すると作業ができないので，地下水圧以上に工事現場の気圧を高め，地下水の浸入を防いで工事をします（この工法を「圧気工法」と呼んでおります）。この際，一部の空気が地層を通過して，工事現場の近くは勿論，場合によっては数百mも離れたマンホール，井戸，ビルの地下室に漏出することがあります。このような時に，空気の通過する地層に，前述のような還元性物質が存在していると，その層を通過する間に酸素が消費されるので，漏出ガスは酸欠ガスになっているわけです。この場合も「思いがけない変化」といえます。また，作業の終了時や停電などによってコンプレッサーが止まったりすると，周囲から工事現場に酸欠ガスが逆流することもありますので，くれぐれも注意が必要です。

さて，最近になって身近で起こるようになったのが湯沸器や暖房器による酸欠事故です。近年になって，窓や壁に，サッシュとか，断熱性や遮音性のよい建材が使用されるようになったので，気密性も著るしくよくなり，そのため，室内で長時間燃料を使用すると酸欠になりやすいのです。もちろん換気扇を回していれば防げる筈ですが，うっかり忘れていたり，回していても煙突の先が詰まっていると大変です。私の記憶では，雀の巣が詰まっていた場合とか，工事が杜撰で換気口が開いていなくて家族が死亡した事故がありました。この場合も，図1のように酸素濃度の低下で急に身動きができなくなるので，異常に気がついた時にはもう助からないわけです。そして，その後も不完全燃焼が続いて火事になり，「無理心中か，密室殺人か」などとミステリーじみた取扱いをされることがよくあります。

3. 環境関連業務における酸欠事故事例

●マンホール内作業での酸欠事故（神環協安全資料）

昭和55年8月9日、B社の作業員5人が、上水道の、マンホール内にある本弁室で、弁の機能を維持するための清掃作業に取り掛かった。まず、マンホールに溜まっていた雨水をポンプで汲み上げることから始めた。水位が下って鋼管が水面に出てきた時点でポンプのホースが水面に届かなくなり、ポンプをマンホールに下ろし、2人の作業員がマンホールにおりた。ほどなく、1人が気分が悪くなったと外に出て意識を失った。代りに入った人も、ポンプを始動してから気分が悪くなり昏倒、救助に入った人も意識を失って水中に落ち死亡した。

酸素欠乏の原因は、「鋼管の酸化腐蝕、汚水・汚泥中の有機物腐敗、エンジンの排ガスによる汚染、などの複合したものと推定される。

●マンホール点検中の酸欠事故（朝日新聞）

昭和58年8月19日午前11時頃、都下H市でマンホール中の電磁流量計を点検するため、水道局職員3人のうちHさんがハンゴを伝ってマンホールに下りる途中、突然ハンゴから7.5m下の底部に転落した。これを助けようと一緒に行ったKさんがハンゴを下りたところ、Kさんも途中から落ちた。このため残る1人が119番し、2人は間もなく駆けつけた救急隊員に助けられたが、Hさんはすでに死んでおり、Kさんも重体。

H署の調べでは、マンホール内の空気の流通が悪く、酸素が薄くなっていたために窒息したらしい。

●タンク清掃中の事故（朝日新聞）

昭和62年9月2日午前11時半頃、栃木県N町にある温泉供給タンクで、タンク清掃中の作業員3名の死亡事故があった。

調べによると、近くの別荘に温泉を供給しているタンク（合成樹脂製、縦2.5m×横6m×深さ2m）内の湯を抜いた後、中に入り、内壁にこびりついた湯の花を取り除く作業をしていた。まずSさんとHさんが倒れ、気付いたKさんが二人を助け出そうと、ロープを持ってタンク内に入り、いったん上部の入り口まで這い上がって助けを求めた後、再び下りて倒れたとい

う。外にいた一人が通報したが3名とも死亡していた。

所轄のK署では、亜硫酸ガスによる急性中毒によるものか、酸欠によるものか調査中であるが、いずれにしても、安全に対する配慮が欠けていたことに違いないようである。

●風圧による酸欠ガスの逆流（読売新聞）

昭和63年夏、マンホール内で清掃作業を行うことになり、ブロワーで空気を送気しながら2名の作業員が中に入り作業を始めた。しばらくして、外に居た別の作業員が、少し離れたところにある次に入るマンホールの蓋を開けたところ、そちらの方が風上だったため、下水管のなかの酸欠ガスが逆流して作業中の2名が倒れ、死亡した。この場合、折角ブロワーで送気しながら事故が起きてしまっている。これは、いくら空気を送っていても、開放系であるため圧はまったく立っておらず、風圧の差で簡単に押し戻されてしまったものと考えられる。

●芋むろで酸欠死（読売新聞）

今年の春、「むろ」に囲ってあった芋の一部が腐ったので、これを取り出すために「むろ」に入った父親が倒れ、これを助けようとした息子も同じように倒れて死亡。腐敗した芋による酸欠が原因。

4. 酸欠関連の注意事項

3の事例で、酸欠事故の恐さがお判り戴けたと思いますが、これと同じようなことが、私達の身の回りでも、小規模ながら時々起っているのにお気付きでしょうか。大型の冷蔵庫に入って遊んでいた子供が、扉が閉じてしまって、中から開けられずに窒息死したなどというのもその例です。一寸変わったところでは、最近の新聞に次のような記事が載っていましたので注意して下さい。

●「人気の“声変わり風船”で失神や目まい訴え」

－ ガス混合率に問題 －（読売新聞、63年9月2日）
風船詰めめのガスを吸うだけで Donald Duck のような声になる“声変わり風船”が春ごろから若者達の間で流行している。

日常吸っている空気は、窒素79%、酸素21%。声変

わり風船は窒素の代わりにヘリウムが入っている。比重が軽いヘリウムを吸うと、吐き出した時に音速が空気の2倍になるため、高音域で抑揚のない面白い声が出る仕組みになっている。

メーカーによって、「ダックス・ボイス」や「マジック・ボイス」と商品名は違うが、今年4月に発売して以来、若者らの人気を呼び、すでに6万個近くが売れ、今では10社以上が市場に参入しているといわれる。

しかし、酸素とヘリウムを混ぜれば簡単にできるので、ヘリウムと酸素のボンベを使って路上や店頭で適当に配合したものや、ヘリウムだけを詰めたものも出回り始め、その危険性が指摘され始めた。

北海道の小樽市消費センターには、この7月、「5才の女の子が祭りで買った商品を数回吸ったところ、短時間だが意識不明になって倒れた」と母親からの苦情が寄せられており、この他にも、吸った後めまいがしたなどの声が各地で聞かれている。

ヘリウム自体は無色無臭、不燃性の気体で無害。しかし、潜水医学の専門家は、「健康な大人は常に21%の酸素が体内にあり、16%までは下がっても大丈夫だが、肺の中の酸素を出してヘリウムを吸うと、急激に酸素がなくなってしまい、ぼーっとしたり、ひどくなると倒れてしまうこともある。ことに肺活量の少ない子供の場合は事故が起きやすい」と警告している。

この例は、酸欠事故がきわめて身近に存在し、酸欠についてまったく知識のない人を、一瞬のうちに巻き込む恐れがあることを示しています。これと似たことがシンナー遊びにもいえます。この場合は、その行為自体が不健全な行為ですから、自業自得ともいえますが、まさかそのまま死んでしまうつもりで袋をかぶっているわけでもないでしょうに…。

もう一つ、最近の火災は煙にまかれて死ぬことが多くなっています。これは燃えにくい建材が多く使われるようになったため、燃えずに蒸し焼きになり、その時発生する分解ガスの中に、塩酸、塩素、青酸、一酸化炭素などの有害ガスが多量に含まれていることによります（このことについては別に項をあらためて詳しく述べることにします）。このようなときにプラスチック製の透明な袋を持っていれば、それをかぶって逃げるができます。これは、有害ガスを吸わないですみますし、また、眼も開けておけますので、きわめて有効な手段といえます。しかしこの場合でも、袋の中が酸欠にならない時間内の勝負だということをよく覚えておいて下さい。袋の中が酸欠になれば、今度はそれによって倒れてしまいます。要は事態をとっさに判

断し、的確な行動を果敢に起こすことです。

5. 活性金属表面の酸素消費速度

昔私は、微量の酸素を添加したエチレンガスを、水封したガスタンクに入れ、これを高温高圧で反応させてポリエチレンを作る研究に参画したことがありました。この時反応がどうも思ったように起きず、いろいろ原因を追求したところ、添加したはずの酸素が殆どなくなってしまうことがわかりました。どうもこれは、ガスタンク（鉄製）の表面を酸化するためらしい、ということで次のような実験をしました。

まず工作室に行って、鉄の丸棒の削り屑を拾って来て、その表面を希塩酸と水で洗った後、水中でカラムクロマト用のカラムに詰めます。コックを閉じ、内部に空気が入らないようにしながら逆さに立て、一旦コックを開いて水面を下に落とし、すぐにまた、コックを閉じます。さて、カラムの中でどんな変化が起ころうでしょうか。

カラム内の水面は、コックを開いた時に外の水面まで落ちた後、見る間に上昇し、下から約1/5の所まで上がります。その間約5分、これで酸素がなくなる原因が確かめられました。この実験は、酸欠ガスができる早さも示しております。皆さんも実験して、その恐さを実感してみてください。

おわりに

以上、2回にわたって酸欠事故の恐ろしさを取り上げました。最初に述べたように ①普段は何でもなかった場所で、突発的に起る ②瞬間的に意識を失う ③助けようとする人を巻き添えにすることが多いなどのため、大きな災害になってしまうのです。

潜水泳法などでは、一分間位は息をしなくても大丈夫なのに、酸欠の場合は一呼吸で倒れるといわれております。息を止めた時は、肺の中の酸素と血液中の酸素が平衡を保ちながら、体内で消費されるだけが減って行くのに対し、酸欠の場合は、酸素のない気体が肺の中にいきなり入ってくるため、酸素については減圧になったのと同じで、肺の中の血液の酸素が瞬間的に放出されてしまうためと思われまます。

このような酸欠事故を防ぐためには、必ず簡易酸素計（小型、酸素16%以下でブザーが鳴る）で安全を確かめるようにするのが一番です。そして命綱を着けるよう義務づけること。着けない人には、「お前が倒れても、絶対助けにいかないぞ」といって脅かしてやりましょう。