

二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故に関する注意事項

高圧ガス保安協会

1. 目的

2020年12月、愛知県名古屋市内のホテルの立体駐車場に設置された二酸化炭素を消火剤とする不活性ガス消火設備(以下「二酸化炭素消火設備」という)を作動させてしまい、11人もの死傷者を出す事故が発生した。また、この事故を皮切りに、年が明けて2021年1月東京都港区、4月東京都新宿区で連続して、二酸化炭素消火設備において同様な死傷者を伴う事故が発生した。最近の二酸化炭素消火設備の事故概要を表1に示す。

二酸化炭素消火設備は、ボイラー設備、給湯設備、発電機室、通信機器室、機械式駐車設備などの火災が発生した際、消火に水を使うことで、火災がより拡大する設備または感電の危険性がある設備を対象として設置され¹⁾、消防法、高圧ガス保安法、労働安全衛生法で安全に対する技術上の基準が定められており、信頼性の高い消火設備である。その一方、不適切な取扱いをすると、今回の事故のように、中毒、酸欠などで死傷者を出す事故につながる可能性もある。二酸化炭素消火設備では、過去、断続的ではあるが、類似事故が発生している。現在、総務省消防庁では、連続した二酸化炭素消火設備の事故を受け、特殊消火設備の設置基準等に係る検討部会を開催し、二酸化炭素を消火剤とする不活性ガス消火設備の安全対策について改めて検討している。

高圧ガス保安協会の事故調査解析委員会でも、二酸化炭素消火設備における事事故例を調査し、事故の未然防止に向けて今後の対策を図るため、注意事項を取りまとめる。

なお、消防法で規定する二酸化炭素消火設備には、二酸化炭素が常温で容器に貯蔵されている高圧式と二酸化炭素が -18°C 以下の低温で容器に貯蔵されている低圧式の2つの方式があるが、本調査では、一般に普及している高圧式を対象とした。

表1 最近の二酸化炭素消火設備の事故概要

日時	場所	死傷者数	事故概要
2020年 12月 22日	愛知県 名古屋市	死者1名、 負傷者10名	名古屋市内にあるホテルの機械式立体駐車場内において、作業員3人によるシャフト交換作業中に、地下1階にいた作業責任者が消火のために設置された不活性ガス消火設備の起動ボタンを誤って押し、駐車場内に大量の二酸化炭素が噴出した。これにより、作業員3名、地下1階にいた作業責任者1名、その他の駆け付けたホテル従業員などの計11名が死傷した。
2021年 1月 23日	東京都 港区	死者2名、 負傷者1名	ビル内の駐車場に設置されている二酸化炭素消火設備の消防設備点検中に、何らかの誤操作により二酸化炭素が漏れ出し、作業員2名とビルの警備員1名が死傷した。

2021年 4月 15日	東京都 新宿区	死者4名、 負傷者1名	マンションの地下駐車場において、天井ボードの張り替え作業中に、二酸化炭素消火設備が、何らかの原因で作動し、作業員5名が死傷した。
--------------------	------------	----------------	--

2. 二酸化炭素の主な性質

二酸化炭素(CO₂)は、無色、無臭のガスで、不燃性である¹⁾²⁾。炭酸ガスともいう。

大気圧では冷却しても液体とはならず、固体のドライアイスになり、加圧して、冷却すると液化する。

二酸化炭素は、従来、単純に窒息性ガスとみなされていたが、現在は毒性を有していることが明らかになっている。空気中の濃度が2%以上では呼吸障害、3%以上では呼吸困難、頭痛、めまい、嘔吐、10%以上では視力障害、けいれん、血圧亢進、25%以上では昏睡、死に至る危険がある¹⁾²⁾。

3. 二酸化炭素消火設備の概要

(1) 設置場所

二酸化炭素消火設備は、消防法施行令で規定する消防用設備等の一つである。二酸化炭素は、消火剤として、水損と汚損が少なく、電気絶縁性があり、また、散水障害となる複雑な形状の機器の内部まで到達できるなどの特徴を有している¹⁾²⁾。この特徴から、電気火災と油火災への対応に適しており、ボイラー設備、給湯設備、発電機室、通信機器室、機械式駐車設備を対象として設置されている。

(2) 二酸化炭素の消火作用

二酸化炭素の消火作用は、①燃料と空気の混合によって形成される可燃性混合気中の燃料および酸素濃度を低下させ、燃焼反応を不活発にして消火に導く作用、②二酸化炭素の熱容量で火炎から熱を奪い、火炎の温度を低下させ燃焼反応を不活発にして消火に導く作用の複合である¹⁾²⁾。

(3) 設備構成

設備には、固定式と移動式がある。固定式には、全域放出方式と局所放出方式がある。設備は、主に消火剤貯蔵容器、起動用ガス容器、選択弁、閉止弁、配管、噴射ヘッド、手動起動装置(操作箱)、感知器、制御盤、音響警報装置および蓄電池設備から構成される。全域放出方式のイメージを、図1に示す³⁾⁴⁾。起動方法は、火災を確認した者が操作箱を開けてスイッチを入れる「手動式」と、自動火災報知設備の感知器が火災を感知して放出する「自動式」がある。

移動式は、消火剤貯蔵容器は固定されていて、人がノズル付きホースをもって火源に近づき、二酸化炭素を放出する方式である。

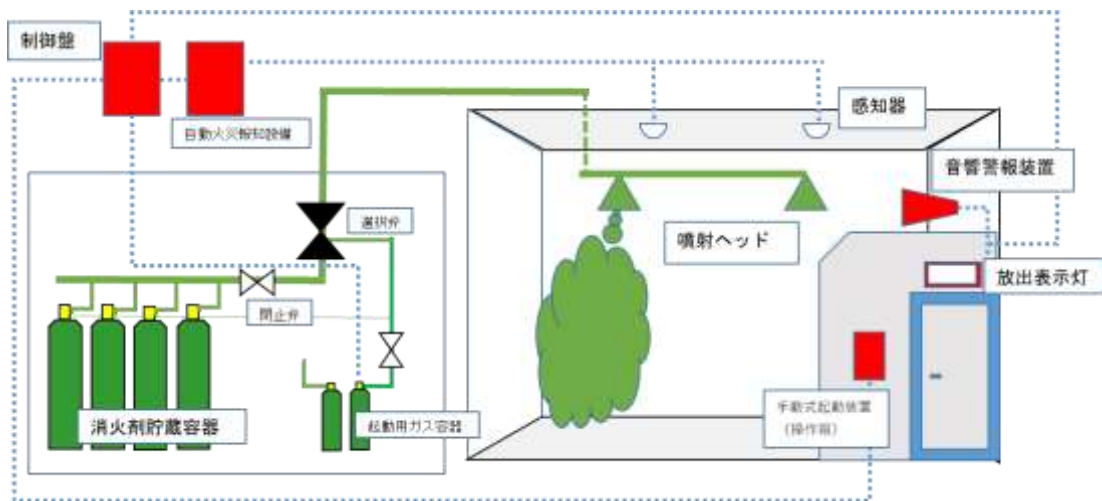


図 1 全域放出方式のイメージ³⁾⁴⁾

4. 二酸化炭素消火設備の法規制

(1) 消防法

消防用設備等の設置と維持は、消防法第 17 条で規制されている。このうちで、二酸化炭素消火設備の設置基準等は、消防法施行令第 13 条、第 16 条および消防法施行規則第 19 条で規定されている。二酸化炭素消火設備の設置に係る工事は、消防法第 17 条の 5、消防法施行令第 36 条の 2 および消防法施行規則第 33 条の 3 に基づき、消防設備士(甲種第 3 類)でなければ行ってはならないとされている(電源部分を除く)。

消防用設備等の点検は、消防法第 17 条の 3 の 3 で規制されている。このうちで、消防法施行令第 36 条第 2 項に規定される場所に設置される二酸化炭素消火設備は、消防法施行規則第 31 条の 6 の規定に基づき、消防設備士(甲種又は乙種の第 3 類)または消防設備点検資格者(第 1 種)の資格を有する者に点検をさせなければならないとされている。

(2) 高圧ガス保安法

二酸化炭素消火設備で使用される二酸化炭素は、高圧ガス保安法第 1 条の対象であり、高圧ガスの貯蔵、消費、容器の製造と取扱いが規制されている。

二酸化炭素の貯蔵は、高圧ガス保安法第 15 条に基づき、技術上の基準に従う。また、一定容積以上を貯蔵する場合、高圧ガス保安法第 16 条または第 17 条の 2 に基づき、行政庁の許可または届出手続きを必要とする。

二酸化炭素消火設備の二酸化炭素を放出する行為は、高圧ガスの消費になる。高圧ガスの消費は、高圧ガス保安法第 24 条の 2 から 5 までにに基づき、特に定められた高圧ガスの場合、行政庁の届出手続きを行い、技術上の基準に従う。しかし、二酸化炭素は定められた高圧ガスに含まれていない。二酸化炭素消火設備は、火災を消火する目的で設置する。その目的に反して、二酸化炭素が誤操作などで放出(消費)された場合、被害がなくとも高圧ガス保安法の事故となる。

(3) 労働安全衛生法

地下室、機関室、船倉その他の通風が不十分な場所に二酸化炭素消火設備を設

置した事業者は、労働安全衛生法の酸素欠乏症等防止規則第 19 条に基づき、酸素欠乏症等を防止するため、必要な措置を講じる必要がある。

5. 二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故の統計と解析

(1) 高圧ガス事故件数の推移

高圧ガス事故統計が開始された 1965(昭和 40 年)年から 2021(令和 3 年)年 4 月までに二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故[※]を抽出したところ、19 件であった。二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故件数の推移を、図 2 に示す⁵⁾。1993(平成 5)年以降は、2 年に 1 件または 2 件と分散して発生している。

※ 高圧ガス事故事例データベースからキーワード「消火」、「炭酸ガス」で抽出した 17 件に、表 1 に示した 2021(令和 3 年)年の事故 2 件を加えた。なお、関連する他法令の事故情報を確認したところ、高圧ガス事故事例データベースに収録されていない事故もあったことが判明した。したがって、今回の二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故件数が、二酸化炭素消火設備の事故件数のすべてではない。

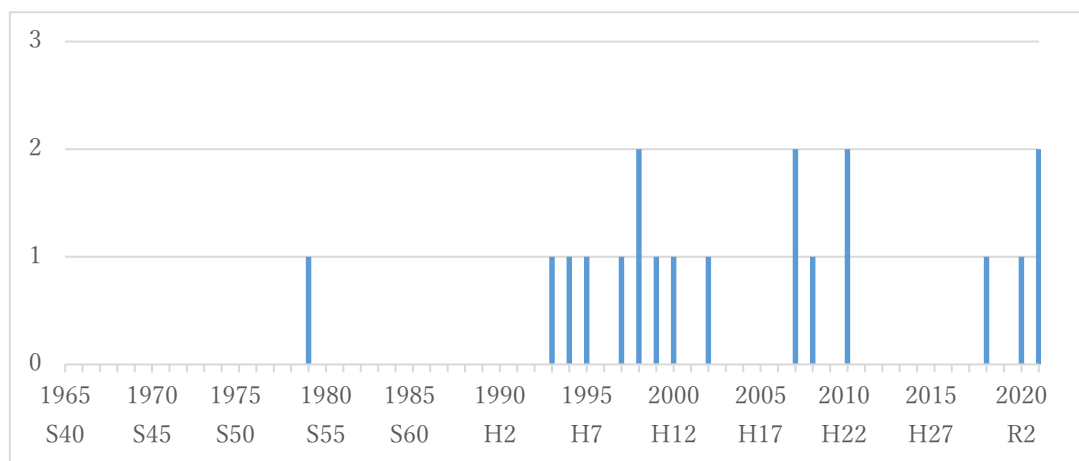


図 2 二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故件数の推移(19 件)⁵⁾

(2) 事故時の状況と死傷者を伴う事故件数

最近の二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故では、死傷者が発生している。したがって、抽出した二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故件数 19 件について、事故時の状況を分類し、分類ごとの事故件数、死傷者を伴う事故件数および死傷者数を表 2 に示す⁵⁾。

19 件のうち、消火設備の点検中の事故は 7 件、消火設備とは別の工事中の事故 5 件、消火設備などの撤去・解体中の事故 4 件、消火設備の稼働中に火災は発生していないが何らかの原因でガスが放出した事故 3 件であった。

また、事故時の状況の分類のうち、死傷者を伴う事故件数(死傷者数)は、点検中が 4 件(16 人)、別の工事かが 4 件(24 人)、撤去・解体中が 4 件(9 人)、稼働中が 2 件(6 人)であった。

表 2 事故時の状況と死傷者を伴う事故件数⁵⁾

事故時の状況	事故件数	死傷者を伴う事故件数 (事故件数に対する割合)	死傷者数
点検中	7 件	4 件(57%)	16 人
別の工事中	5 件	4 件(80%)	24 人
撤去・解体中	4 件	4 件(100%)	9 人
稼働中	3 件	2 件(66%)	6 人

(3) 事故原因

事故時の状況と事故原因を、表 3 に示す⁵⁾。点検中の事故原因は、「誤操作など」が 5 件、「その他(不明)」が 2 件である。別の工事中の事故原因は、「その他(他工事)」が 5 件である。撤去・解体中の事故原因は、「誤操作など」が 4 件である。稼働中の事故原因は、「その他(機器故障)」が 1 件、「その他(不明)」が 2 件である。

表 3 事故時の状況と事故原因⁵⁾

事故時の状況	事故原因	件数
点検中	誤操作など	5 件
	その他(不明)	2 件
別の工事中	その他(他工事)	5 件
撤去・解体中	誤操作など	4 件
稼働中	その他(機器故障)	1 件
	その他(不明)	2 件

(4) 主な事故事例

主な事故事例について事故時の状況と事故概要を、表 4 に示す⁵⁾。

表 4 主な事故事例⁵⁾

事故時の状況	事故概要(事故事例データベースの事故コード)
点検中	下水処理場で消火設備の作動試験をするため、1 本の容器を使ってガスを放出させた。新しい容器と交換した際、 <u>容器の破裂板を作動させるためのカッターを突き出した状態のまま容器をセットしたため、ガスが噴出して作業員 3 名が凍傷を負った。(2000-043)</u>
	<u>不活性ガス消火設備の消防設備点検中に、誤って起動用ガス容器のソレノイド部分を手動起動し、駐車場内に炭酸ガスが放出された。(2018-602)</u>
別の工事中	<u>電力会社の変電所建家内で消費設備回路の改造をするため、壁に火災警報回路の穴を開けていたところ、誤って埋設配管(炭酸ガス放出制御ケーブル収納)を損傷させたため、電気回路が短絡し、炭酸ガスが放出された。このガス放出により、変圧器室で吸音材の撤去作業をしていた作業員が酸欠となり、救急車で病院に運ばれた。(1998-065)</u>

	図書館の地下にある消火用炭酸ガス容器置場で天井の排水管改修工事を行っていたところ、 <u>作業者が修理道具を持って梯子を降りる際、誤って炭酸ガス容器のバルブレバーに触れたため、炭酸ガスが噴出した。(1998-016)</u>
撤去・解体中	閉鎖されたホテルの解体現場で、 <u>立体駐車場の消火用液化炭酸容器の撤去作業中、手動起動装置が起動したため、炭酸ガスが噴出し、避難する際に作業員 2 名が転倒して負傷した。原因は、消火用液化炭酸容器には、一般容器にはない手動起動装置が付いていたが、作業員が装置について知識がなく、誤って作動させたためと考えられる。(2007-267)</u>
稼働中	<u>共同住宅に隣接する立体駐車場内に設置されている二酸化炭素消火設備の誤作動により、二酸化炭素が駐車場内に放出され、駐車場にいた住民の具合が悪くなり(軽傷)、救急搬送された。容器庫および立体駐車場の屋根から排水するドレン配管が凍結し、排水不良となり、雪解け水が容器庫屋上に溜まり、容器庫内に漏水した。容器庫内の二酸化炭素制御盤内に漏水してガスの放出回路が短絡した結果、消火設備が起動しガスが放出されたとみられる。なお、短絡した回路はガスの放出回路のみであり、音響警報装置は作動しなかったとみられる。対策として、排水配管にテープヒーターを設置して凍結防止を図り、制御盤に雨水などが漏水しないようにカバーを取り付けた。また、制御盤の位置を容器庫の漏水箇所から離して設置し、雪解け後に、容器庫の屋根が漏水しないように処置を実施する。(2008-113)</u>

6. 事故の解析

最近、死傷者を伴う事故を立て続けに 3 件経験しているが、1965(昭和 40 年)年からの全事故件数は 19 件であり、1993(平成 5 年)年以降の 27 年間に 18 件が 2 年に 1 件または 2 件と分散して発生している。すなわち、事故は最近の問題ではないことが分かる。

事故時の状況では、消火設備の点検中、消火設備とは別の工事中、消火設備の撤去・解体中に大半が発生し(16/19 件)、消火設備の稼働中の事故は少ない(3/19 件)。

事故原因では、点検中の事故 7 件のうちの 5 件と、撤去・解体中の事故 4 件のすべてが、誤操作などであった。

全事故 19 件に占める死傷者を伴う事故 14 件の比率は、異常に高い。このことは、事故が発生した場合、死傷者を伴う可能性が高いことと同時に、死傷者を伴わない場合には事故として報告されていない可能性を示唆している。

7. ヒアリング調査

本調査では、2020 年 12 月愛知県名古屋市と 2021 年 1 月東京都港区の事故について、事業所に事故時の状況や事故発生原因などヒアリングを行った。結果を、表 5 に示す。

表 5 事故発生原因などのヒアリング結果

事故発生 日時・場所	ヒアリング結果
2020 年 12 月 愛知県名古屋市	<p>① 地下 1 階にいた作業責任者が消火のために設置された<u>二酸化炭素消火設備の起動ボタン</u>を誤操作した。</p> <p>② 点検時、誤放出しないように閉止弁が設置されていたが、閉止していなかった。</p> <p>③ 二酸化炭素消火設備が起動したことを警告するサイレンが駐車場内に<u>一か所設置されているのみであり、高所で作業している人には聞こえづらかった。</u></p> <p>④ 人的被害が多い理由としては、<u>作業当事者だけでなく、他の従業員が火災と思い駆けつけたことが一つの要因である。また、二酸化炭素が放出した際の白い煙を、火災の煙と勘違いして低い姿勢をとったところ、意識がもうろうとなった。</u></p>
2021 年 1 月 東京都港区	<p>① 容器室内の容器に設置される 4 つのコントロールヘッドのうちの 3 つが取付け済みで、1 つは外れている状態にあった。そのため、二酸化炭素消火設備の点検作業中に何らかの誤操作により容器弁が開になり、容器室内に二酸化炭素が放出されたと推定されている。</p> <p>② ビルの竣工が昭和 48 年であったため、閉止弁が設置*されていなかった。</p> <p>* 閉止弁による安全対策は、法令等による規制ではなく「ハロゲン化物消火設備・機器の使用抑制等について(通知)」(平成 3 年 8 月 16 日付け消防危第 88 号、消防予第 161 号)³⁾に基づき設置され、遡及はない。</p>

8. 注意事項

二酸化炭素消火設備の事故の統計と解析により、点検中と別の工事中の事故が多いため、最初に点検を含む工事関係者に対して、取り組むべき注意事項を

(1) にまとめた。次に、二酸化炭素消火設備の事故事例、ヒアリング調査から、二酸化炭素消火設備の所有者、占有者などに対して、取り組むべき注意事項を (2) にまとめた。最後に、すべての人が共通して認識すべき注意事項を、(3) にまとめた。

(1) 点検を含む工事関係者に対する注意事項

- ① 二酸化炭素消火設備が設置された建物では、二酸化炭素消火設備について、点検と工事の関係者は事前教育を受ける必要がある。
- ② 二酸化炭素消火設備の点検とその他の工事を行う前に、誤操作または誤作動をしても二酸化炭素が放出されないように、閉止弁がある場合は必ず閉め、起動方法が自動式の場合は、手動式に切り替えるなど、自分たちの身を守るための安全対策を講じる必要がある。工事関係者で対処ができない場合は、必ず所有者、占有者などと協議する必要がある⁴⁾。
- ③ 二酸化炭素は、無色であるが放出されると空気が冷却され白い煙のようにな

るため、視認性が悪くなる。したがって、点検と工事の際に放出があることを想定して、二酸化炭素消火設備の起動装置の作動から放出されるまでの限られた時間で避難ができるよう作業前に避難径路を確保する必要がある。

- ④ 別の工事（撤去工事を含む。）を行う場合は、消防設備士（甲種又は乙種の第3類）または消防設備点検資格者（第1種）の資格を有する者の立会いで行うことが望ましい^{4) 6)}。
- ⑤ 二酸化炭素消火設備が設置された区画^{*}と隣接する区画で火気を使用する工事を行う場合は、あらかじめ所有者、占有者などに連絡する必要がある。
※ 建物内において、火災が発生した際、二酸化炭素消火設備の起動により、二酸化炭素が放出される部屋をいう。部屋の開口部は、部屋全体の酸素濃度を低下させるため、原則閉鎖される。
- ⑥ 二酸化炭素消火設備は、設置された年代とメーカーごとに形式が異なるため、点検する作業者は、点検する前に、設備のマニュアルを確認し、点検を確実に実施する。
- ⑦ 容器の点検と交換を行う場合は、容器バルブの開閉操作に細心の注意を払う必要がある。
- ⑧ 二酸化炭素消火設備の撤去に伴い、残った容器は、二酸化炭素が充填された状態であれば、高圧ガス保安法の適用対象となる。容器の移動、温度管理、転落転倒の防止、くず化については、高圧ガス保安法の技術基準を遵守する必要がある。
- ⑨ 逃げ遅れた場合を想定し、区画内には、呼吸保護具を用意しておくことが望ましい。

(2) 所有者、占有者などに対する注意事項

- ① 音響警報装置は、二酸化炭素消火設備が設置された区画ごとに、区画内のどの場所でも、明瞭確実に聞き取れるよう音の大きさ、スピーカーの設置数などを検討する必要がある。また、工事中では、騒音が考えられるため、赤色の回転灯などの視覚警報装置の設置も検討する必要がある。
- ② 閉止弁は法令等に基づき設置義務ではないが、点検を含む工事関係者の安全も考慮し設置の検討を行う必要がある³⁾。
- ③ 所有者、占有者などは、事前に、点検を含む工事関係者と打合せを行い、管理と立会いのルールを決めておくことが望ましい。
- ④ 人の有無、扉の開閉などの起動する前の確認事項、緊急停止を含めた操作方法などを、わかりやすい写真と図で手動起動装置の近くに、表示を行う必要がある。
- ⑤ 従業員に対し、二酸化炭素の性質、設備の操作方法、避難方法などを周知する必要がある。
- ⑥ 二酸化炭素消火設備の点検または周囲での工事が行われる場合は、事前に建物内にいる人に周知する必要がある。
- ⑦ 二酸化炭素消火設備が設置されている建物は、多岐にわたる。建物に二酸化炭素消火設備が設置されていることを、近隣も含めた住民に周知する必要がある。

(3) 共通して認識すべき注意事項

- ① 二酸化炭素は、高圧ガス保安法上、毒性ガスでない不活性ガスであるが、誤って放出された場合、中毒と酸欠の危険性があることを認識する必要がある。
- ② 二酸化炭素消火設備は、多くの場所で設置されていることを認識しておく必要がある。
- ③ 二酸化炭素消火設備が起動すれば、二酸化炭素消火設備が設置された区画から二酸化炭素が区画外に漏れいする可能性があり、二次災害防止のため、現場から避難することが最良である。
- ④ 総務省消防庁では、連続した事故を受け改めて安全対策について検討を行っているので、その結果に注視する必要がある。

9. 参考文献

- 1) 総務省消防庁「二酸化炭素消火設備の安全対策について(通知)(平成8年9月20日付け消防予第193号・消防危第117号)」,<<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/assets/080920yo193.pdf>>
- 2) 総務省消防庁「全域放出方式の二酸化炭素消火設備の安全対策ガイドラインについて(通知)(平成9年8月19日付け消防予第133号・消防危第85号)」,<<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/assets/090819yo133.pdf>>
- 3) 総務省消防庁「ハロゲン化物消火設備・機器の使用抑制等について(通知)(平成3年8月16日付け消防危第88号・消防予第161号)」,<<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/assets/030816ki88.pdf>>
- 4) 名古屋市中消防署と中区危険物安全協会が連携し作成した動画「二酸化炭素消火設備の取扱方法と保守作業時の安全対策」,< <https://www.youtube.com/watch?v=4IVayeNI8IA> >



- 5) 高圧ガス事故事例データベース(令和2年度),<https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/incident_db.html>
- 6) 総務省消防庁「東京都新宿区における二酸化炭素消火設備の放出事故を受けた注意喚起について(令和3年4月15日付け消防予第187号)」,<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/items/20210415_yobou_1.pdf>