

# 二酸化炭素の特性について

2024年12月2日

一般社団法人  
日本産業・医療ガス協会

## 物理・化学的性質（炭酸ガスの物性）

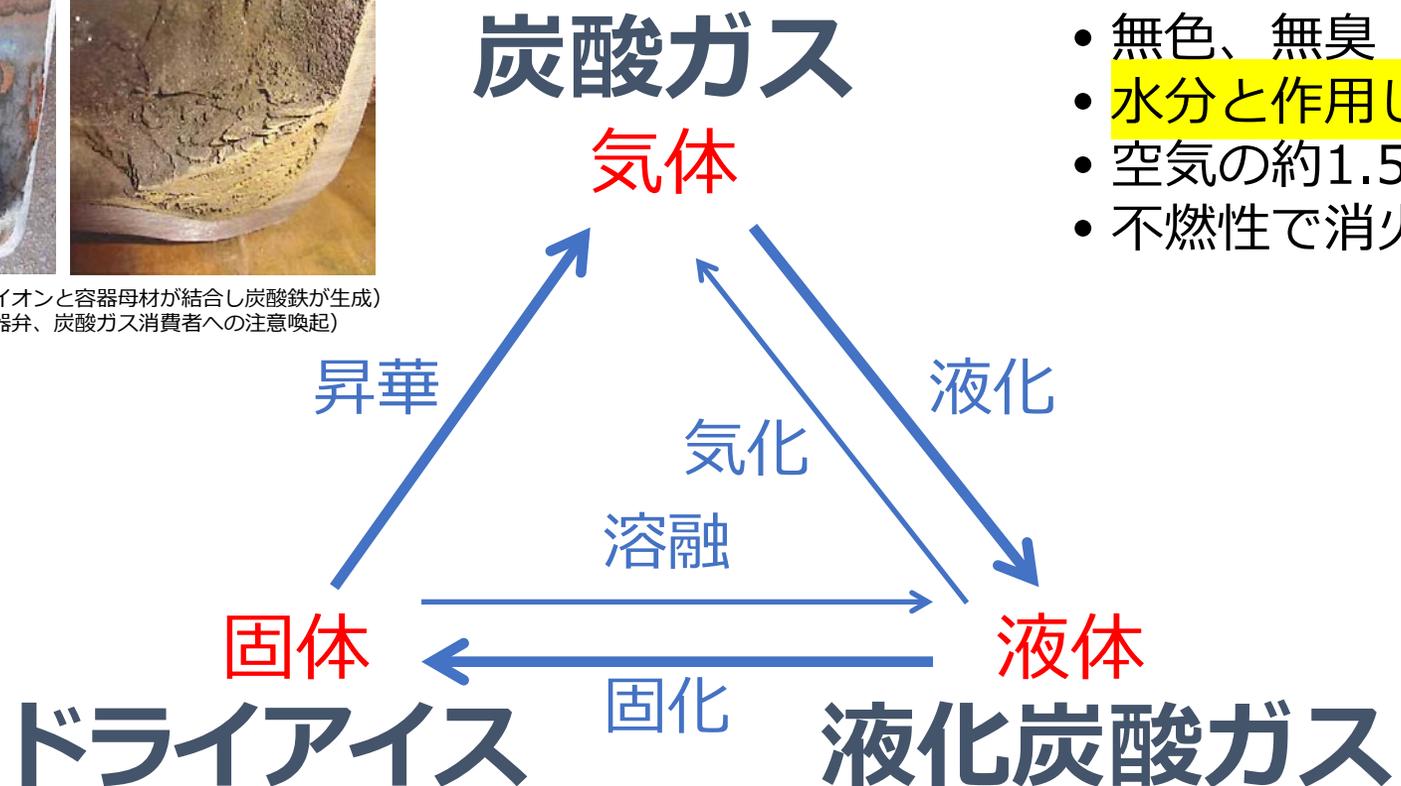
- 化学名： 二酸化炭素（別名「炭酸ガス」） Carbon Dioxide
- 分子式：  $\text{CO}_2$
- 分子量： 44
- 密度： 気体  $1.977\text{kg/m}^3$  ( $0^\circ\text{C}$ 、 $0.1013\text{MPa abs}$ )  
同条件で空気の密度 ( $1.293\text{kg/m}^3$ ) の約1.5倍重い  
液体  $1.030\text{kg/L}$  ( $-20^\circ\text{C}$ 、 $1.967\text{MPa abs}$ )  
固体(ドライアイス)  $1.566\text{kg/L}$  ( $-78.5^\circ\text{C}$ )

# 1. 炭酸ガスの性質

## 炭酸ガスの状態変化



※炭酸ガス容器の腐食例（容器内に水分が混入し、炭酸イオンと容器母材が結合し炭酸鉄が生成）  
※水分混入防止対策済（残圧保持、逆流防止機構付き容器弁、炭酸ガス消費者への注意喚起）



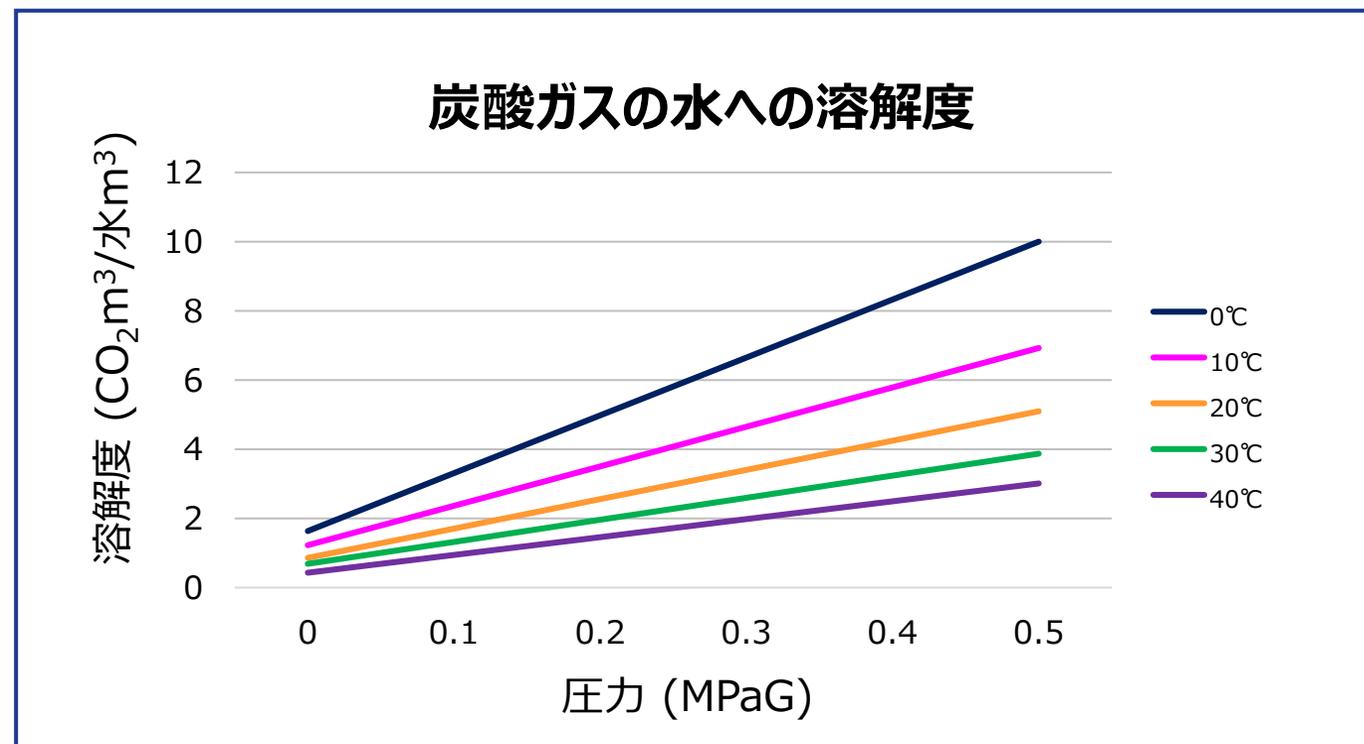
- 無色、無臭
- 水分と作用し弱酸性を呈す
- 空気の約1.5倍重い
- 不燃性で消火作用がある

- ドライアイススノーを加圧して固めたものがドライアイス
- 半透明乳白色で大気圧化では $-78.5^{\circ}\text{C}$ と低温

- 無色透明
- 圧力が $0.417\text{MPaG}$ 、 $-56.6^{\circ}\text{C}$ 以下になると固体のドライアイススノーに変わる

## 炭酸ガスの溶解性（水溶性）

- 炭酸ガスは水に良く溶ける
- 水に溶けると弱酸性を呈する
- 水温が低く圧力を高くするほど良く溶ける
- 炭酸飲料として広く活用されている



低温の水に高い圧力で溶かすほど良く溶ける

## 炭酸ガスの三重点と臨界点

**三重点 (温度:  $-56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 圧力:  $0.518\text{ MPa abs}$ )**

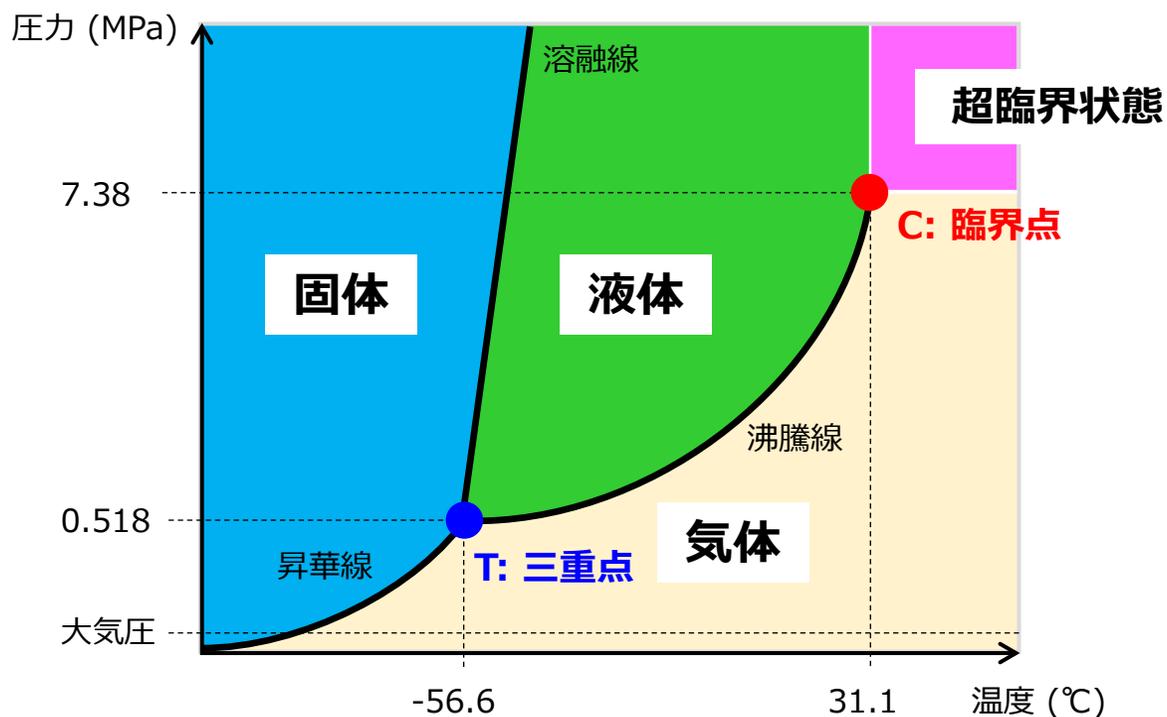
気体・液体・固体が共存する平衡状態。物質固有の値をもつ。

**臨界点 (臨界温度:  $31.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 臨界圧力:  $7.38\text{ MPa abs}$ )**

臨界温度以上ではいくら加圧しても液化しない。炭酸ガスは比較的液化しやすい。



CO<sub>2</sub>の状態図



## 2. 炭酸ガスの危険性

# 凍傷（低温火傷）の危険性

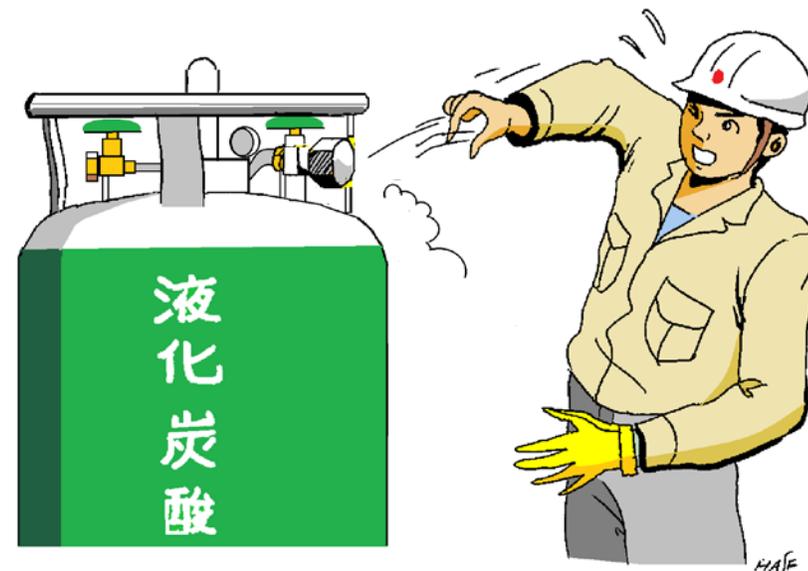


ドライアイス  $-78.5^{\circ}\text{C}$



液化炭酸ガス配管  $-20^{\circ}\text{C}$

直接手を触れない！  
革手袋の使用



## 2. 炭酸ガスの危険性

# 容積変化の危険性、静電気の発生

### 容積変化の危険性

1. 液化炭酸ガスのガス化で容積が膨張  
(約510倍に)
2. 「液封」は配管破裂事故に！
3. 他の液化ガスと同様に取扱注意が必要



	液化酸素	液化窒素	液化アルゴン	液化炭酸ガス
分子記号	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>
分子量	32	28.01	39.95	44.01
性状	支燃性	不燃性	不燃性	不燃性
色、臭い	液体	淡青色	無色透明	無色透明
	気体	無色・無臭	無色・無臭	無色・無臭
ガス密度 kg/m <sup>3</sup>	1.429	1.25	1.783	1.965
液密度 kg/L	1.14	0.808	1.402	1.03(-20℃)
ガス比重 空気=1	1.105	0.966	1.379	1.52
沸点 °C・K	-183.0・90.2	-195.8・77.4	-185.7・87.5	-78.5・194.7
蒸発潜熱 Kcal/kg	51	47	38	68
臨界温度 °C	-119	-147.1	-122.5	31
臨界圧力 MPa・atm	5.05・50.1	3.399・33.5	4.86・48	7.39・72.9
液がガス化するとその体積は	約800倍	約650倍	約790倍	約510倍
その他	可燃性物質と条件により、激しく燃焼を起こす	窒息性がある	窒息性がある	窒息性がある

### 静電気の発生

液化炭酸ガスの噴出に際して多量の静電気が発生

- ➡ 可燃性気体の着火・爆発や可燃物への引火等を誘発



## 2. 炭酸ガスの危険性

# 酸欠・中毒の危険性

◎炭酸ガスは空気より**1.5倍重い**

◎床に溜まりやすい

**換気を十分に！**

労働安全衛生法

**濃度1.5%以上  
立入禁止**



炭酸ガス濃度計



## 炭酸ガス濃度の影響

CO <sub>2</sub> 濃度(%)	人体に対する影響
0.04%	正常空気
0.5%	許容濃度（日本産業衛生学会） TLV-TWA：通常8時間労働又は40時間週労働にわたって時間平均値を求めた許容し得るばく露濃度（米国労働衛生専門家会議（ACGIH））
1.5%	作業性及び基礎的生理機能に影響を及ぼさずに長時間に亘て耐えることができるが、カルシウム・リン代謝に影響の出る場合がある （労働安全衛生規則 第585条：化学物質に係る立入禁止基準（炭酸ガス））
2.0%	呼吸が深くなり、1回の呼吸量が30%増加
3.0%	作業性低下、生理機能の変化が体重、血圧、心拍数の変化として現れる TLV-STEL：労働者が短時間の間（一般的には15分間）に連続的にばく露した時、刺激や慢性又は不可逆的な臓器障害を受けずにすむ濃度（ACGIH）
4.0%	呼吸が更に深くなり呼吸数が増加、軽度の喘ぎ状態になる。相当な不快感 IDLH：脱出限界許容濃度（主として人のデータを元に、30分以内に脱出不能な状態、あるいは、不可逆的な健康障害をきたすことなく脱出できる限界濃度として、NIOSH（米国国立労働安全衛生研究所）等が提案している値。この濃度を越す場合は完全な呼吸用保護具を使用する）
5.0%	呼吸が極度に困難になる、重度の喘ぎ、多くの人が殆ど耐えられない状態になり、吐き気の出現する場合がある 30分の暴露で中毒症状
7～9%	激しい喘ぎ、約15分で意識不明
10～11%	調整機能不能、約10分で意識不明
15～20%	更に重い症状を示す
25～30%	呼吸低下、血圧降下、昏睡、反射能力喪失、麻痺、数時間後死に至る

# 2. 炭酸ガスの危険性

## 酸欠・中毒の危険性

酸素と空気を除くほとんどのガスは暴露し酸素濃度を18%以下にすることで**窒息事故**を起こす可能性がある

空気中酸素濃度	酸素欠乏症の症状等
18%	安全下限界だが、作業環境内の連続換気、酸素濃度測定呼吸用保護具の用意が必要
16~12%	脈拍・呼吸数増加、精神集中低下、筋力低下 頭痛、耳鳴り、悪心、動脈中酸素飽和度80~85%でチアノーゼが現れる
14~9%	判断力低下、不安定な精神状態、異常な疲労感、酩酊状態、頭痛、耳鳴り、嘔吐、全身脱力、体温上昇 チアノーゼ、梯子からの墜落死
10~6%	行動の自由を失う、危険を感じても行動できない、虚脱幻覚、意識喪失、昏倒、中枢神経障害、死の危険
6%以下	数回のあえぎ呼吸で失神、昏倒、呼吸緩徐・停止 心臓停止、死

ガス種	半数致死濃度 50% Lethal Concentration
エチレンオキシド (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)	吸入ラット LC <sub>50</sub> (4H) : 4,000 ppm、1,460 ppm、800 ppm
一酸化炭素 (CO)	吸入ラット LC <sub>50</sub> (4H) : 1,805 ppm、1,659 ppm
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) ※	吸入ラット LC <sub>50</sub> (4H) : 167,857 ppm (16.8%)
N,N-ジメチルホルムアミド	吸入マウス LC <sub>50</sub> : 9,400 mg/m <sup>3</sup> /2Hr
アンモニア (NH <sub>3</sub> )	吸入ラット LC <sub>50</sub> (4H) : 7,679 ppm

※他の毒性ガスと比較して『2桁』安全性が高く、二酸化炭素はGHS分類では急性毒性に分類されない  
 ※GHS分類：麻酔作用  
 ※食品添加物として使用

# 酸欠・中毒の危険性

### < 高速道路料金所付近で液化炭酸ガスローリからの漏洩事故 >

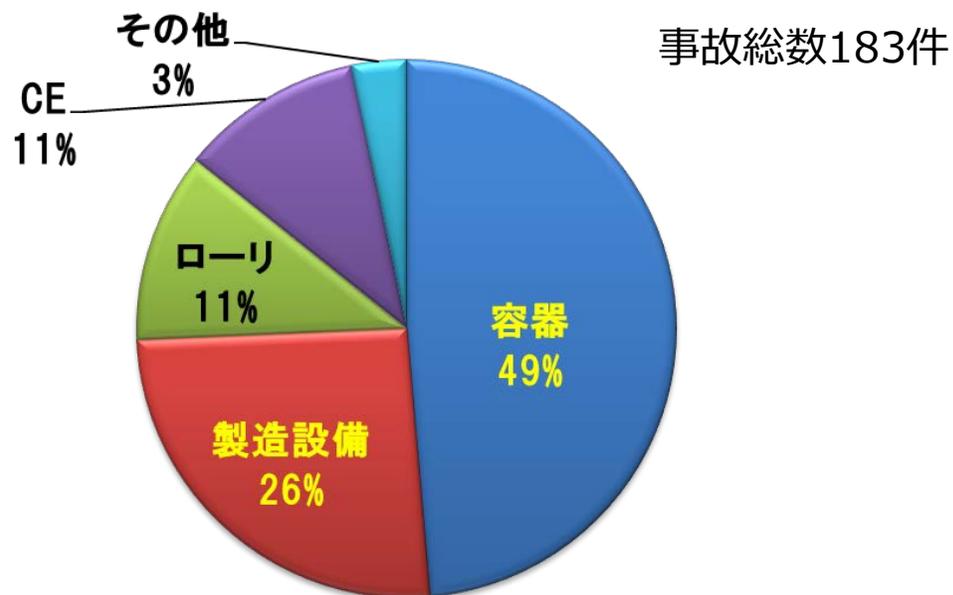


- 通常の炭酸ガス（気体/液体）は無色透明であるが、低温液化ガスが漏洩したため、空気中の水分が冷やされて白く見えている
- 人的被害なし

## 2. 炭酸ガスの危険性

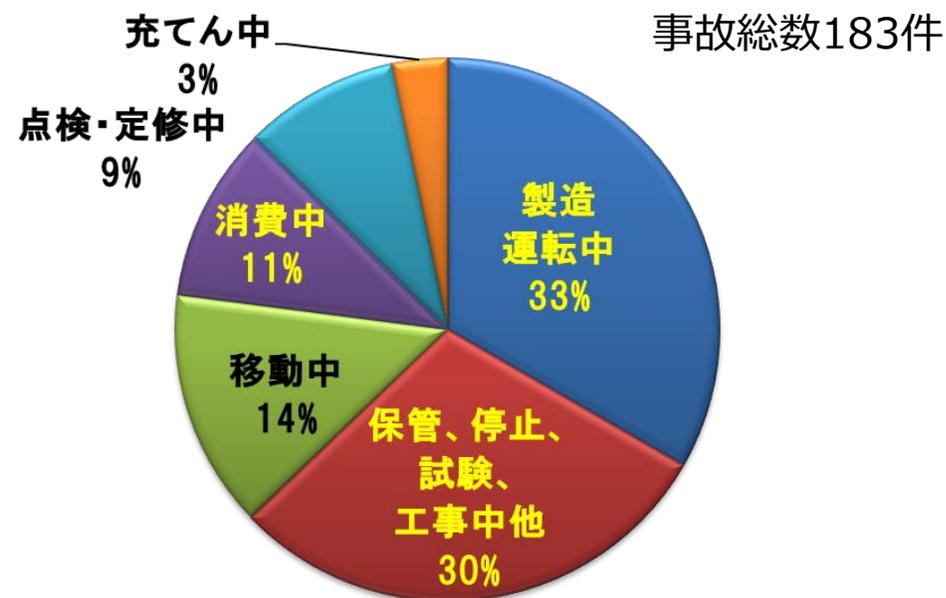
# 炭酸ガス関係事故の傾向

(1) 設備区分分類



- 設備別では**容器**(一般容器80件、LGC 9件)による事故が**5割**を占める
- **容器安全弁作動**は49件で7-8月の夏場が多い
- 製造設備では**配管腐食、圧縮機回り、継手、ろう付部**などからの漏洩が多い
- 2010年以降、**製造設備やローリ**での事故が増加傾向

(2) 取扱状態分類



- 取扱状態の分類では、**製造運転中、保管中、移動中、消費中**の順が多い
- 点検により軽微な段階で発見した事例もあり、取扱者の**知識や意識の向上**による事故の未然防止が期待される
- 特に、**容器保管環境**については**移動時の管理**も含めて注意が必要

# 酸欠・中毒の危険性

関係者以外**立入禁止**措置条件(労働安全衛生規則第 585 条)

①**炭酸ガス濃度 = 1.5%以上**

又は

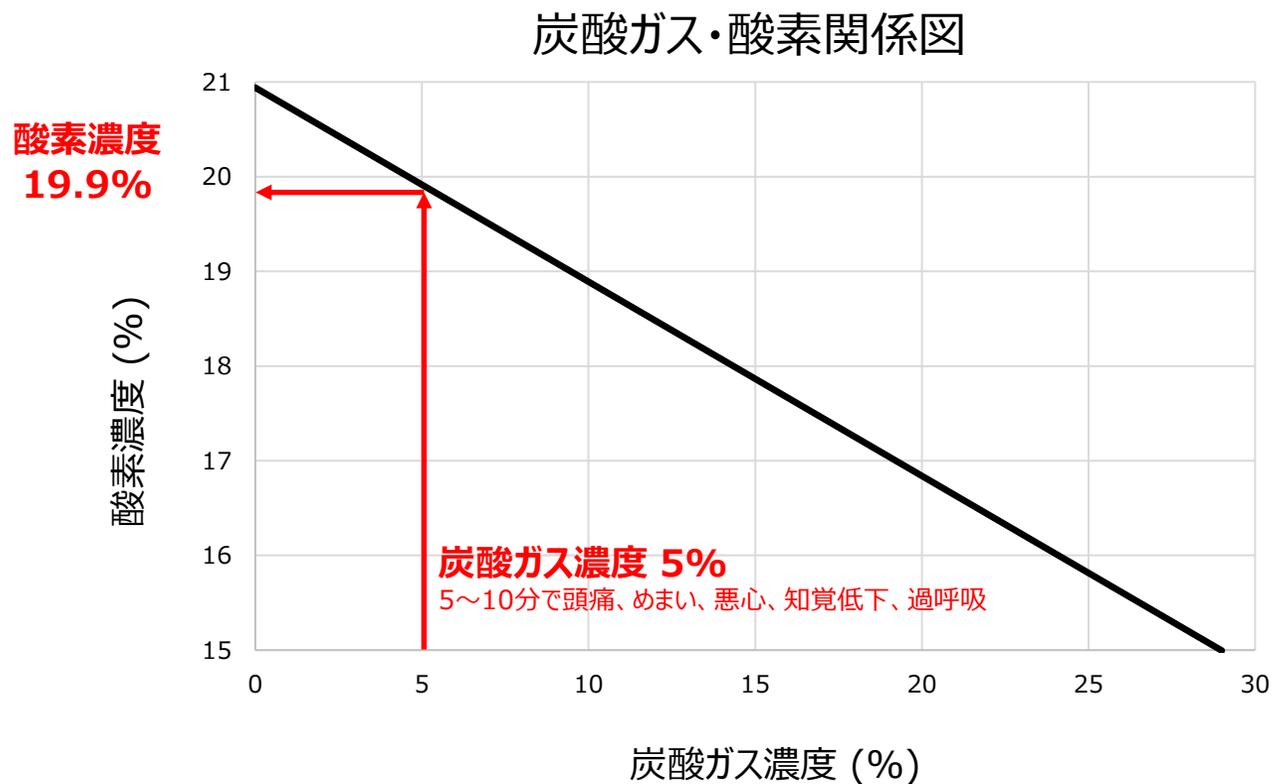
②**酸素濃度 = 18%未満**

	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	その他
CO <sub>2</sub> 1.5%の場合	1.5	20.6	76.9	1.0
O <sub>2</sub> 18%の場合	13.9	18.0	67.2	0.9
空 気	0.04	20.9	78.1	0.96

## 2. 炭酸ガスの危険性

# 酸素欠乏と炭酸ガスによる健康障害の例

空気中に炭酸ガスが漏えいし、炭酸ガス濃度が5%となると「5～10分でめまい、悪心、知覚低下」となる。この時の酸素濃度は19.9%で、酸素欠乏症にならない濃度だが、炭酸ガス濃度に注意しなければならない。炭酸ガスが漏えいするおそれのある場所では、酸素濃度よりも炭酸ガス濃度の管理が必要となる



炭酸ガス検知警報器の例  
非分散赤外線式