

主要塩素系溶剤の物性、職業ばく露濃度、安全性、発がん性リスクの評価分類等

項目		クロロメタン (塩化メチル)	ジクロロメタン (塩化メチレン)	クロロホルム	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	
特定	官報告示整理番号(化審法)	(2)-35	(2)-36	(2)-37	(2)-105	(2)-114	
	CAS番号	74-87-3	75-09-2	67-66-3	79-01-6	127-18-4	
	国連番号	UN1063	UN1593	UN1888	UN1710	UN1897	
物性	化学式	CH ₃ Cl	CH ₂ Cl ₂	CHCl ₃	CHCl=CCl ₂	CCl ₂ =CCl ₂	
	分子量	50.49	84.94	119.38	131.39	165.83	
	沸点[101.3kPa(760mmHg)]	(°C) -24.2	40.2	61.2	87.2	121.2	
	融点	(°C) -97.7	-94.9	-63.5	-84.8	-22.2	
	比重	液体(20/4°C)	0.918	1.327	1.489	1.465	1.623
		蒸気(空気=1.02)	2.47	2.93	4.12	4.54	5.72
	蒸気密度[沸点,101.3kPa(1atm)]	[g/リットル]	-	3.31	4.36	4.45	5.13
	蒸気圧(20°C)	[kPa(mmHg)]	480(3,600)	46.50(349)	21.28(159.6)	7.7(58)	2.133(16)
	粘度(20°C)	[mPa・s(cP)]	0.244	0.43(0.43)	0.596(0.596)	0.566(0.566)	0.844(0.844)(at25°C)
	表面張力(20°C)	[mN/m(dyn/cm)]	16.2	28.12(28.12)	27.14(27.14)	29.5(29.5)	32.32(32.32)
	比熱(20°C)	[J/g・K(cal/g・°C)]	1.6	1.171(0.280)	0.98(0.234)	0.933(0.223)	0.858(0.205)
	蒸発熱(沸点)	[kJ/kg(cal/g)]	429	329(78.6)	2470(69.0)	239(57.2)	209(50.0)
	ヘンリー定数	[atm・m ³ /mol]	8.82 × 10 ⁻³ (24.8°C)	2.19 × 10 ⁻³ (24.8°C)	3.79 × 10 ⁻³ (24.8°C)	9.85 × 10 ⁻³ (25°C)	1.77 × 10 ⁻³ (24°C)
	溶解度	水への溶解度	(wt%) 0.5(20°C)	1.3(20°C)	0.815(20°C)	0.11(25°C、推定値)	0.015(25°C)
		水の溶解度	(wt%) -	0.14(20°C)	0.0805(20°C)	0.032(25°C)	0.0105(25°C)
	溶剤と水との共沸	共沸点	(°C) -	38.1	56.1	73.6	87.7
		組成	(溶剤%) -	98.5	97.2	94.6	84.2
	発火点	(°C)	632	662	なし	425(空气中)396(酸素中)	なし
	引火点(タグ密閉式)	(°C)	-50	なし	なし	なし	なし
	爆発範囲	空气中	(vol%) 8.1~17.4	14~22	-	8~10.5	-
		酸素中	(vol%) -	15.5~66.9	-	8.0(80±3°C)~79.0(90±3°C)	10.8(80±3°C)~54.5(110±3°C)
	カウリブタール値(KB値)		-	136	208	130	90
	オクタノール/水分配率(logKow)		0.91	1.25(測定値)	1.92(測定値)	2.42(実測値)	3.4(測定値)、2.97(推定値)
	土壌吸着係数(無次元) Koc		0.7	24(推定値)	45(推定値)	68(推定値)、188	177~350(測定値)
	換算係数(20°C)	mg/m ³ →ppm(ml/m ³)	1mg/m ³ =0.47ppm	1mg/m ³ =0.283ppm	1mg/m ³ =0.2ppm	1mg/m ³ =0.183ppm	1mg/m ³ =0.145ppm
		ppm(ml/m ³)→mg/m ³	1ppm=2.10mg/m ³	1ppm=3.53mg/m ³	1ppm=4.96mg/m ³	1ppm=5.46mg/m ³	1ppm=6.90mg/m ³
	職業ばく露限度	管理濃度(厚労省 2022)		(ppm) -	50	3	10
日本産業衛生学会(2021)		許容濃度(経皮吸収あり)	(ppm) 50	50	3	25	検討中
			(mg/m ³) 100	170	14.7	135	検討中
		最大許容濃度(経皮吸収あり)	(ppm) -	100	-	-	-
ACGIH TLV(2022)		TWA(8時間)	(ppm) 50	50	10	10	25
			(mg/m ³) 100	174	-	54	170
		STEL(15分)	(ppm) 100	-	-	25	100
			(mg/m ³) -	-	-	134	685
OSHA PEL(2022)(許容ばく露限度)		TWA	(ppm) 50	25	2	100	100
			(mg/m ³) 103	87	9.78	-	-
		STEL	(ppm) 100	125	50(天井値)	100	100
			(mg/m ³) 207	435	240(天井値)	537	678
NIOSH REL(2022)		Action Level	(ppm) -	12.5	-	-	-
			(mg/m ³) -	44	-	-	-
		IDLH(Immediately Dangerous to Life)	(ppm) 2000	2300	500	1000	150
EU(欧州連合)(2022) 欧州委員会指令 2000/39/EC	TWA(8hrs)	(ppm) -	-	2	-	-	
		(mg/m ³) -	-	10	-	-	
	STEL(15min)	(ppm) -	-	-	-	-	
		(mg/m ³) -	-	-	-	-	

項 目		クロロメタン (塩化メチル)	ジクロロメタン (塩化メチレン)	クロロホルム	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	
安全性	急性毒性	LC50(半数致死濃度)(吸入、蒸気)	ラット(4hr) 5300 mg/m ³ マウス(6hr) 4400 mg/m ³	ラット 18,000ppm(4h)	ラット 47,702ppm(4h)	ラット 26-64mg/L	ラット 16,846~34,200mg/m ³ (4-8h) マウス 16,846~35,828mg/m ³ (4-6h)
		LD50(半数致死量)(経口)	ラット 1800 mg/kg	ラット 1,600mg/kg	ラット 908mg/kg マウス 36mg/kg	ラット 5,400-7,200mg/kg マウス 2,402mg/kg	ラット 2,400~13,000mg/kg マウス 6,000~10,900mg/kg
		LC50(48時間半数致死濃度)(水生環境)	オオミジンコ 394mg/L	オオミジンコ 27mg/L	オオミジンコ 29mg/L	42-60mg/リットル	オオミジンコ 0.602mg/L
	生分解性[生物化学的酸素要求量(BOD)](%)	0~1	13(難分解性)	0	2.4	11(難分解性)	
濃縮性(コイ)(倍率)		-	40以下(低濃縮性)	13以下(低濃縮性)	17以下	77.1以下(低濃縮性)	
発がん性リスク	日本産業衛生学会(2021)	-	第2群A	第2群B	第1群	第2群B	
	IARC(国際がん研究機関)(2022)	-	-	-	-	-	
	化学物質 ドライクリーニングにおける職業ばく露	Group 3	Group 2A	Group 2B	Group 1	Group 2A Group 2B	
	EPA(米国 環境保護庁)(2022)	D (carcinogenic potential cannot be determined)	Likely to be Carcinogenic to Humans	B2 (likely to be carcinogenic to humans; not likely to be carcinogenic to humans)	Likely to be carcinogenic to humans	Likely to be carcinogenic to humans	
	NTP(米国 国家毒性プログラム)(2022)	-	R	R	K	R	
	ACGIH(米国産業衛生専門家会議)(2022)	A4	A3	A3	A2	A3	
	NIOSH(2022)	Ca(発がん性物質)	Ca(発がん性物質)	Ca(発がん性物質)	Ca(発がん性物質)	Ca(発がん性物質)	
	EU(欧州連合)ECHA REACH&CLP(2022)	カテゴリー 2	カテゴリー 2	カテゴリー 2	カテゴリー 1B	カテゴリー 2	
	DFG(ドイツ研究振興協会)(2022)	Category 3B	Category 5	Category 4	Category 1	Category 3B	
大気中の寿命(年)	1-3	0.41	0.55	0.018	0.36		
オゾン破壊係数(ODP)(UNEP:2012)(CFC-11=1)	0.02	non zero	0.008-0.01	0.0005-0.0007	0.006-0.007		
地球温暖化係数(GWP 100-year)(CO ₂ =1)	12	9	16	< 9	~ 9		
光化学的オゾン生成能(POCP)(エチレン=100)	-	6.8	-	32.5	2.9		

用語説明及び注記

(1) 物性引用文献

- ・(社)有機合成化学協会、コンパクト版溶剤ポケットブック、オーム社(2001)
- ・(社)日本化学会編、化学防災指針集成、丸善(1996)
- ・NEDO・産総研共編、詳細リスク評価書シリーズ4・ジクロロメタン、丸善(2005)
- ・クロロカーボン衛生協会、クロロカーボン適正使用ハンドブック(2000)等による。

(2) 職業ばく露限度

- 許容濃度 : 労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質にばく露される場合に、空気中の濃度がこの数値以下であれば、ほとんどすべての労働者に健康上の悪い影響がみられないと判断される濃度(ppm又はmg/m³)
- TLV : 大部分の労働者が被害を受けることなしにばく露することが可能な物質の濃度(Threshold Limit Value)
- TLVはACGIHの登録用語であり正式にはTLV®と表記
- TLV®-TWA : 時間加重平均濃度[1日8時間、1週40時間の正規の労働時間中の時間加重平均濃度(Threshold Limit Value-Time Weighted Average Concentration)]
1労働日中のばく露がTLV®-TWAを超えず、またごく短時間といえどもTLV®-TWAの5倍を超えないという条件で、1労働中につき合計30分以内に限りTLV®-TWAの5倍までの超過が許される。
- TLV®-STEL : 短時間ばく露限度[1日の平均ばく露がTLV-TWAを超えないことを条件として、短時間(15分程度)継続的にばく露されても、1)耐えられない刺激、2)慢性的又は非可逆的な生体組織の損傷、3)麻酔作用による障害事故の発生の危険増加、自制心の喪失、又は著しい作業能率の低下の起こらない濃度の限界(Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit)]
- ACGIH : 米国産業衛生専門家会議(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)
- OSHA : 米国労働省 労働安全衛生局(Occupational Safety and Health Administration)
<https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-2.html>
- PEL : OSHAの8時間労働における作業環境の許容し得る大気濃度(Permission Exposure Limit)
- NIOSH : 米国健康福祉省 国立労働安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health)、REL(Recommended Exposure Limit: 勧告ばく露限度)

(3) 安全性

- 生分解性 : 活性汚泥を調整して、化学物質と混合し、一定条件で培養後、化学物質の生物化学的酸素要求量(BOD)を計算する。一般に60%以上であれば、易分解性といわれている。
- 濃縮性 : コイを最大20尾入れた水槽に、一定量、一定温度で化学物質を溶かした液を最長2カ月連続供給し、化学物質の水中の濃度(2水準)に対する魚体中の濃度の倍率を調べる。ちなみに、PCBは最大22,000倍。
- 急性毒性 : 化学物質の濃度を数種変えた水槽に、10尾のヒメダカを入れ、48時間後の半数致死濃度(LC50)を算出する。海洋汚染防止法では、これを5段階に分類している。
1未満: 高度に有害; 10未満: かなり有害; 100未満: 若干有害; 1,000未満: ほとんど無害; 1,000以上: 無害

(注)

(3)及び(4)は(独)製品評価技術基盤機構(NITE)の化学物質総合情報提供システム(Chemical Risk Information Platform (CHRIP))「ジクロロメタン」、及びGHS分類結果、ID141 ジクロロメタンから引用。

http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/view/ComprehensiveInfoDisplay_ip.faces
<http://www.safe.nite.go.jp/ghs/0141.html>

(4) ヒトに対する発がん性リスクの評価の分類

・ GHS分類

- 1A : 人の対する発がん性が知られている
- 1B : 人に対しておそらく発がん性がある
- 2 : 人に対する発がん性が疑われる

・ 日本産業衛生学会

- 第1群 : 人間に対して発がん性のある物質
- 第2群A : 人間に対しておそらく発がん性のあると考えられる物質で、証拠がより十分な物質
- 第2群B : 人間に対しておそらく発がん性のあると考えられる物質で、証拠が比較的十分でない物質

・ IARC(International Agency for Research on Cancer:国際ガン研究機関)

- グループ 1 : ヒトに対して発がん性が認められる物質 (Carcinogenic to humans)
- グループ 2A : ヒトに対しておそらく発がん性がある物質 (Probably carcinogenic to humans)
- グループ 2B : ヒトに対して発がん性が疑われる物質 (Possibly carcinogenic to humans)
- グループ 3 : ヒトに対する発がん性が分類できない物質 (Not classifiable as to its carcinogenicity to humans)
- グループ 4 : ヒトに対しておそらく発がん性がない物質 (Not carcinogenic to humans)

・ EPA(Environmental Protection Agency:米国環境保護庁)

2005年記述式分類

- ・Carcinogenic to Humans (CaH:人に発がん性)
- ・Likely to be Carcinogenic to Humans (L:ヒトに発がん性があるらしい)
- ・Suggestive Evidence of Carcinogenic Potential (S:発がん性能力の暗示的な証拠がある)
- ・Data are Inadequate for an Assessment of Human Carcinogenic Potential (I:ヒト発がん性能力の評価にはデータが不適切)
- ・Not Likely to be Carcinogenic to Humans (NL:ヒトへの発がん性はなさそう)

・ NTP(National Toxicology Program:米 国家毒性プログラム)

- K : ヒトに対して発がん性があることが知られている物質 (Known to be Human Carcinogens)
- R : 合理的に発がん性があることが予想される物質 (Reasonably Anticipated to be Human Carcinogens)

・ ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienist:米国内産業衛生専門家会議)

- A1 : ヒトに対して発がん性が確認された物質
- A2 : ヒトに対して発がん性が疑われる物質
- A3 : 動物発がん性物質
- A4 : 発がん性物質として分類できない物質
- A5 : ヒトに対して発がん性として疑えない物質

・ NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health:米国健康福祉省 国立労働安全衛生研究所)

- Ca : 潜在的な職業の発がん物質(Potential occupational carcinogens)

・ EU(European Union:欧州連合)ECHA REACH&CLP

- 1A : 人の対する発がん性が知られている
- 1B : 人に対しておそらく発がん性がある
- 2 : 人に対する発がん性が疑われる

・ DFG(Deutsche Forschungsgemeinschaft :ドイツ研究振興協会)

- 1 ヒトの発がん性物質
- 2 動物の発がん性物質
- 3 ヒトの発がん性物質として証拠不十分
 - 3A 4または5の候補
 - 3B 3A 以外
- 4 現行のMAK 条件下では起こらないということの証拠が十分あるもので、その発がん性のメカニズムが遺伝子毒性によらないもの
- 5 現行のMAK 条件下では起こらないということの証拠が十分あるもので、その発がん性のメカニズムが遺伝子毒性によるもの

(5) オゾン破壊係数(Ozone Depletion Potential; ODP)

物質がどの程度オゾン層を破壊するかを示す係数。CFC-11が1kg放出されることにより計算される総オゾン破壊量で割ることにより得られる。数値が大きいほどオゾン層破壊の度合いが大きい。(UNEP:2012年5月改定値)

<http://ozone.unep.org/en/new-ozone-depleting-substances-have-been-reported-parties-decisions-xiii5-x8-and-ix24-updated-may>

(6) 地球温暖化係数(Global Warming Potential; GWP)

単位質量の二酸化炭素の放出による温室効果(気体の赤外線吸収力と大気濃度の100年間積算値)を1とした場合の、各気体を単位質量放出したときの温室効果の比。

http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

<http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/2334-e.pdf>

(7) 光化学的オゾン生成能(Photochemical Ozone Creation Potential; POCP)

下部大気圏において揮発性有機化合物は分解により対流圏オゾンを生じて光化学スモッグを促進する。POCPは、この影響の寄与の尺度(エチレン=100)である。環境省「光化学反応性の文献調査結果」(揮発性有機化合物測定方法専門委員会資料)による。

(8) * NOAA/NASA/UNEP/WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:1994(1995);

H. Siedebottom et al., Pure & Appl. Chem., 68(9):1757~1769(1996);

WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:1998等による。