急性曝露ガイドライン濃度 (AEGL)

Hydrogen sulfide (7783-06-4)
硫化水素

Table　AEGL 設定値

Hydrogen sulfide*　7783-06-4　(Final)					
ppm					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	0.75	0.6	0.51	0.36	0.33
AEGL 2	41	32	27	20	17
AEGL 3	76	59	50	37	31

* 臭気認知濃度 = 0.01 ppm

技術サポート文書

本文書は、米国オークリッジ国立研究所の Cheryl Bast と、有害物質の急性曝露ガイドラインレベル(AEGL)に関する米国諮問委員会(NAC)の化学部主任(Chemical Manager)である Steve Barbee によって構成された、AEGL 策定チーム(AEGL Development Team)が作成した。NAC は、必要があると認めたときは、本文書および AEGL 値の見直しと改訂を行った。その後、本文書、AEGL 値ともに、米国学術研究会議(NRC)の AEGL に関する委員会によって、見直しが行われた。NRC 委員会は、本文書の中で導出されている AEGL 値が、NRC によって見直されたデータに基づいた科学的に妥当な判断であり、NRC のガイドライン報告書(NRC 1993, 2001)と整合性が取れていると結論づけている。

設定根拠(要約):

硫化水素(H_2S)は、常温、大気圧下において、引火性のある無色の気体である。腐った卵のような臭いがあり、刺激性と窒息性の両方を併せ持つ。空気中臭気閾値は 0.008～0.13 ppm であり、100 ppm で嗅覚疲労が起こる場合がある。Beauchamp et al.(1984)は、150 ppm で嗅神経麻痺が認められたことを報告している。H_2S の環境大気中濃度の平均は、0.00071～0.066 ppm である。

AEGL-1 値の導出には、ヒトでの試験のデータを使用した。喘息を有する志願者 10 名を 2 ppm の濃度の H_2S に 30 分間曝露した試験では、そのうち 3 名が頭痛を訴え、8 名に有意ではないが気道抵抗の上昇が認められた(Jappinen et al. 1990)。この試験では、呼吸困難の臨床症状が認められず、努力肺活量(FVC)にも 1 秒間努力呼気量(FEV1)にも有意な変化が認められなかったことから、AEGL-1 値は、志願者 3 名が頭痛を訴えた濃度のみに基づいた(Jappinen et al. 1990)。H_2S の悪臭と関係する愁訴の変動が大きいことと、AEGL-1 の定義に整合する比較的低い濃度における濃度反

応曲線の傾きが平坦であることを考慮して、修正係数 3 を適用した。試験データから得た 30 分間値を、10 分間、1 時間、4 時間、8 時間にスケーリングした。スケーリングには、濃度と時間の関係式 $C^{4.4} \times t = k$（C は濃度、t は時間、k は定数）を用いた。指数 4.4 は、ラットにおける 10 分間～6 時間曝露での致死データから導出した。

H_2S の特異的臭気認知濃度（level of distinct odor awareness、LOA）は、0.01ppm である（LOA の導出については、Appendix C を参照）。LOA は、それを超える濃度で曝露された人の半数以上が少なくとも何の臭いかがわかり、約 10%がきついと感じる臭気強度の濃度である。LOA は、化学災害対応要員にとって、公衆が臭気を知覚して曝露を自覚しているかどうかを評価する際の助けとなる。よって、導出された AEGL-1 値には警告特性があると考えられる。

AEGL-2 は、Green et al.（1991）の試験と Khan et al.（1991）の試験において、4 時間曝露でラットに血管周囲浮腫を引き起こした濃度の 200 ppm に基づいた。ラットとマウスデータから、種差が小さいことが示唆されているため、種間不確実係数 3 を適用した。また、感受性の高い人を考慮して、種内不確実係数 3 を適用した。デフォルトの不確実係数である 10 を適用すると総不確実係数が 30 になり、得られる AEGL-2 値が H_2S のデータ全体と整合しなくなるため、種内不確実係数は 3 で十分であると考えられる。これより大きい不確実係数を適用して導出した AEGL-2 値は、Bhambhani and Singh（1991）の試験と、Bhambhani et al.（1994, 1996a,b, 1997）の試験において、極度に疲労するまで運動させたヒトを最大 30 分間曝露しても健康への悪影響を生じなかった濃度の 10 ppm と同様か、それより低い値となってしまう。以上のことから、総不確実係数として 10 を適用した。得られた 4 時間値を、$C^{4.4} \times t = k$ を用いて、10 分間、30 分間、1 時間、8 時間にスケーリングした。指数 4.4 は、ラットの試験で得られた 10 分間～6 時間の致死データから導出した。

AEGL-3 値は、MacEwen and Vernot（1972）の試験において、ラットを 1 時間曝露させて死亡を引き起こさなかった曝露濃度の最高値（504 ppm）に基づいた。ラットとマウスのデータから、種間変動は小さいことが示唆されており、動物からヒトへの外挿において、種間不確実係数 3 を適用した。また、感受性の高い人を考慮して、種内不確実係数 3 を適用した。種内不確実係数は、デフォルトの値を適用すると得られる AEGL-3 値がデータと矛盾するため、3 で十分であると考えられる。これより大きい不確実係数を適用して導出した AEGL-3 値は、Bhambhani and Singh（1991）の試験と、Bhambhani et al.（1994, 1996a,b, 1997）の試験において、極度に疲労するまで運動させたヒトを最大 30 分間曝露させても健康への悪影響を生じなかった濃度の 2 倍と同様か、それより低い値となる。AEGL-3 の定義に整合する死亡率や不可逆的症状の増加が、上記の濃度で起こる可能性は低い。以上のことから、総不確実係数として 10 を適用した。得られた値を、式 $C^{4.4} \times t = k$ を用いて、10 分間、30 分間、1 時間、4 時間、8 時間にスケーリングした。指数 4.4 は、ラットにおける 10 分間～6 時間曝露での致死データから導出した。

Table および Table 4-1 に、導出した AEGL 値をまとめて示す。

TABLE 4-1 Summary of AEGL Values for Hydrogen Sulfide

Classification	10 min	30 min	1 h	4 h	8 h	End Point (Reference)
AEGL-1 (Nondisabling)	0.75 ppm (1.05 mg/m^3)	0.60 ppm (0.84 mg/m^3)	0.51 ppm (071 mg/m^3)	0.36 ppm (0.50 mg/m^3)	0.33 ppm (0.46 mg/m^3)	Headache in humans with asthma (Jappinen et al. 1990)
AEGL-2 (Disabling)	41 ppm (59 mg/m^3)	32 ppm (45 mg/m^3)	27 ppm (39 mg/m^3)	20 ppm (28 mg/m^3)	17 ppm (24 mg/m^3)	Perivascular edema in rats (Green et al. 1991; Khan et al. 1991)
AEGL-3 (Lethality)	76 ppm (106 mg/m^3)	59 ppm (85 mg/m^3)	50 ppm (71 mg/m^3)	37 ppm (52 mg/m^3)	31 ppm (44 mg/m^3)	Highest concentration causing no mortality in the rat after a 1-h exposure (MacEwen and Vernot 1972)

APPENDIX C

Derivation of the Level of Distinct Odor Awareness for Hydrogen Sulfide

The level of distinct odor awareness (LOA) represents the concentration above which it is predicted that more than half of the exposed population will experience at least a distinct odor intensity, and about 10% of the population will experience a strong odor intensity. The LOA should help chemical emergency responders in assessing public awareness of the exposure due to odor perception. The LOA derivation follows the guidance given by Ruijten et al. (2009).

The odor detection threshold (concentration at which 50% of people detect an odor; OT_{50}) for H_2S was calculated to be 0.0006 ppm (Ruijten et al. 2009).

The concentration (C) leading to an odor intensity (I) of distinct odor detection (I = 3) is derived with the Fechner function:

$$I = k_w \times \log(C/OT_{50}) + 0.5.$$

For the Fechner coefficient, the default of $k_w = 2.33$ is used because of a lack of chemical-specific data:

$$3 = 2.33 \times \log(C /0.0006) + 0.5, \text{ which can be rearranged to}$$
$$\log(C /0.0006) = (3 - 0.5)/2.33 = 1.07 \text{ and results in}$$
$$C = (10^{1.07}) \times 0.0006 = 0.0071 \text{ ppm.}$$

The resulting concentration is multiplied by an empirical field correction factor. It takes into account that in everyday life factors such as sex, age, sleep, smoking, upper airway infections, and allergy as well as distraction increase the OT_{50} by a factor of 4. In addition, it takes into account that odor perception is very fast (about 5 seconds) which leads to the perception of concentration peaks. On the basis of current knowledge, a factor of 1/3 is applied to adjust for peak exposure. Adjustment for distraction and peak exposure lead to a correction factor of 4/3 = 1.33.

$$LOA = C \times 1.33 = 0.0071 \text{ ppm} \times 1.33 = 0.01 \text{ ppm.}$$

The LOA for H_2S is 0.01 ppm.

注：本物質の特性理解のため、参考として国際化学物質安全性カード（ICSC）および急性曝露ガイドライン濃度（AEGL）の原文のURLを記載する。

日本語ICSC

https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=0165&p_version=2

AEGL（原文）

https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/hydrogen_sulfide_final_volume9_2010.pdf