急性曝露ガイドライン濃度 (AEGL)

Jet Propellant Fuels
ジェット噴射燃料

Table　AEGL 設定値

Jet Fuels (JP-5 and JP-8)　8008-20-6 and 70892-10-3　(Final)					
[mg/m^3]					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	290 mg/m^3	290 mg/m^3	290 mg/m^3	290 mg/m^3	290 mg/m^3
AEGL 2	1,100 mg/m^3	1,100 mg/m^3	1,100 mg/m^3	1,100 mg/m^3	1,100 mg/m^3
AEGL 3	NR	NR	NR	NR	NR

数値の単位は **mg/m^3** であり、ppm でないことに留意
NR: データ不十分により推奨濃度設定不可

設定根拠(要約):

軍や民間の航空機で使用されるジェット噴射(JP)燃料は、脂肪族炭化水素と芳香族炭化水素の複合混合物であり、石油の様々な蒸留物を混合して製造される。JP-8 は、陸上基地機の主要燃料である。JP-8 は JP-4 に代わるものであり、JP-4 は現在は使われていない。JP-5 は、米国海軍が船舶搭載用に開発した燃料である。JP-8 と JP-5 の組成は基本的に灯油(添加剤を含む)と同じであり、これらは同様の化学的･物理的特性を有している〔米国環境有害物質･特定疾病対策庁(ATSDR)1998〕。全世界での消費量は、軍用の JP-8 とこれと同等の民間用の Jet A と Jet A-1 を合わせ、年間約 600 億ガロンである。軍用ジェット燃料には、民間用ジェット燃料では見られない添加剤が含まれている。民間人、軍人とも、燃料生産、航空機への給油、航空機の整備、偶発的な流出やパイプライン漏出などの際に、ジェット燃料に曝露される可能性がある。ジェット燃料の放出による災害で、主要なものは火災と爆発である。

本文書においては、JP-8 の毒性に焦点を絞るが、化学的に類似している JP-5 についても多少言及する。この 2 種類の燃料は組成が類似しており、同様の毒性があると思われる（ATSDR 1998）。JP-8 や JP-5 よりも蒸気圧の高い JP-4 への曝露量は、JP-8 や JP-5 と比較して高いものとなることが、モニタリングデータから示されている。JP-8 と JP-5 について、マウスとラットを用いて感覚や全身への急性的な影響を調べた試験データが得られた。全身毒性と肺毒性に関する亜慢性毒性試験も存在した。P-8、JP-5 ともに、眼への刺激性が、2,500 mg/m^3 以上の濃度で認められている。また、軽度の皮膚刺激性が、直接局所へ塗布した後に認められている。ジェット燃料のエアロゾルの毒性に関する短期反復曝露試験も数件存在した。エアロゾル化したジェット燃料への曝露の場合は、ジェット燃料の蒸気に同等の濃度で曝露した場合と比べ、毒性が増強し、標的臓器は肺と免疫系であった。ただし、緊急事態としての曝

露は、流出に伴う蒸気曝露の形で起こると予想され、一方、エアロゾルへの曝露は、航空機用発泡材除去作業中や航空機の低温始動中の職業曝露に限られる。ジェット燃料のエアロゾル単独の毒性を調べた試験（Martin et al. 2010; Tremblay et al. 2010）のデータは、AEGL 値の導出に使用していない。ただし、完全を期すため、この技術支援文書（TSD）には、エアロゾルの吸入試験で得られたデータを収載している。動物試験では、神経毒性や生殖発生毒性、発がん性の有無についても調べられている。JP 燃料には遺伝毒性や発がん性はないと考えられており、ヒトにおける JP-8 の予備的な試験でも、精子に対する影響は生じていない。ジェット燃料に曝露された雄のラットで、特異的な腎症やそれに起因した腎臓がんが生じているが、ヒトに関連するものではない。2,500 mg/m^3 以上の濃度のジェット燃料では、中枢神経系（CNS）抑制が引き起こされる。ジェット燃料の成分の多くは、親油性溶剤である。CNS 抑制を引き起こす親油性溶剤は、一般に、1 時間以内に血中濃度が定常状態に達する。

AEGL-1 値は、Whitmanand Hinz（2001）の感覚刺激試験に基づいて導出した。この試験では、JP-8 の蒸気/エアロゾル混合物における RD_{50} 値（Swiss-Webster マウスにおいて呼吸数が半減した濃度）は、2,876 mg/m^3 であった。この RD_{50} 試験は、空中の化学物質の感覚刺激を推定するための、標準的なプロトコル〔ASTM E981-84:（1988）〕である。各雄 4 匹の Swiss-Webster マウスを、681、1,090、1,837、ないしは 3,565 mg/m^3 の濃度で 30 分間曝露した。呼吸数が 30 分以内に濃度依存的に減少し、上気道に感覚刺激が生じた場合に特徴的な呼吸パターンが認められた。構造的に異なる多数の化学物質における RD_{50} と感覚刺激濃度との相関に基づくと、RD_{50} の 10 分の 1 の濃度は、ヒトにおいて感覚刺激を引き起こすが、数時間から数日間耐容される濃度である（Alarie 1981; Schaper 1993）。刺激は濃度依存性であり、AEGL-1 を特徴付ける軽度の感覚刺激に対しては順応が生じる。この理由から、RD_{50} の 10 分の 1 の値（290 mg/m^3）は、AEGL-1 のどの曝露時間の場合も、耐容される濃度である。290 mg/m^3 の値の妥当性は、JP-8 の蒸気に 1,000 mg/m^3 の濃度で反復または連続曝露した亜慢性毒性動物試験（Mattie et al. 1991; Briggs 2001; Rossi et al. 2001）において、健康への有害な影響が認められていないことによって支持される。

AEGL-2 は、ラットやマウスの吸入試験に基づいて導出した。これらの試験では、動物を 1,100 mg/m^3 の濃度で JP-8 に曝露しても、中毒や CNS 抑制の徴候が現れなかった蒸気とエアロゾルが混合した状態の JP-8 や JP-5 に、3,430～5,000 mg/m^3 の濃度で、短時間（30 分間～4 時間）曝露した試験（MacEwen and Vernot 1985; Wolfe et al. 1996; Whitman and Hinz 2001）を AEGL-2 導出の根拠としたが、これは、蒸気に 1,000 mg/m^3 の濃度で反復または連続曝露した試験（Mattie et al. 1991; Briggs 2001; Rossi et al. 2001）によっても支持される。有害な影響が認められておらず、また最長 90 日間の反復または連続曝露で試験が行われたため、この濃度（1,000 mg/m^3）での試験結果には、不確実係数を考慮しなかった。これより高い濃度（JP-8 の 3,430、3,565、4,440 mg/m^3 と、JP-5 の 5,000 mg/m^3）に、種間不確実係数として 1（げっ歯類はヒトに比較して、呼吸数と心拍出量が高く、全身の取り込み量が多いため）、種内不確実係数として 3（潜在的に感受性の高い個人を保護するため）を適用した。ヒトとげっ歯類は、溶剤についての感覚刺激に関する閾値でも、CNS 抑制に関する閾値でも、一般に 3 倍以下の変動しか示さないため、

種内不確実係数は 3 で十分であると判断した。不確実係数を適用して得られた値(1,100～1,700 mg/m^3)の低い方の値(1,100 mg/mg^3)は、有害な影響が認められなかった反復曝露試験における濃度とほぼ同じ濃度である。CNS 抑制は、濃度に関連した影響である。CNS への影響を引き起こす溶剤は、一般に、1 時間以内に血中濃度が定常状態に達する。また、導出の根拠とした試験における曝露時間が 4 時間であるため、AEGL-2 の 4 時間以下の値を、1,100 mg/m^3 とした。Mattie et al.(1991)の試験では、ラットとマウスを 1,000 mg/m^3 の濃度で、最長 90 日間連続曝露(1 日 24 時間)しているため、8 時間値も 1,100 mg/m^3 とすることができる。これらの試験のほどんどでは、曝露(特に高濃度での曝露)が JP-8 の蒸気とエアロゾルの混合物で行われているとことから、AEGL-2 値の妥当性が支持される。

JP-8 や JP-5 では、蒸気圧が比較的低いといった物理的性質から、死亡を引き起こすほど高濃度で蒸気が存続する状態にはならないと考えられる。Wolfe et al.(1996)の報告に示されているように、35ºC の試験系で到達できた JP-8 の最高濃度は、蒸気の場合が 3,430 mg/m^3、蒸気とエアロゾルの場合が 4,440 mg/m^3 である。しかし、蒸気とエアロゾルの混合物について、環境中で到達可能な最高濃度は 700 mg/m^3 と推定されており、安定な JP-8 エアロゾルとしては、500 mg/m^3 が上限である。環境条件下では、JP-8 や JP-5 の蒸気・エアロゾル混合物は、死亡を引き起こすほど高い空気中濃度で存続することはないという公算に基づき、AEGL-3 の導出は行わなかった。

AEGL 値は、ジェット燃料のエアロゾルと蒸気の混合物について報告されている濃度に基づいて導出されているが、主要なのは、蒸気に対する曝露である。エアロゾル曝露は、おそらく肺深部への沈着を引き起こす。したがって、エアロゾルと蒸気の混合物曝露に基づく AEGL 値は、気相曝露に基づく AEGL 値よりも、安全側に考慮した値である。10 mg/m^3 の濃度のエアロゾルは、発煙する。この濃度以上になると、物質表面に、液体として沈着するようになる。

AEGL 値を Table にまとめて示す。

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=0663&p_version=2
AEGL(原文)
https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/jet_propellant_fuels_final_volume10_2011.pdf