

共同利用貯油施設向け統一規格：ISSUE 35(2025年4月) (Reference：International JFSC Issue 35) Jet A-1

本共同利用貯油施設向け統一規格(以下「石連規格」という)は、石油連盟 航空燃料専門委員会が国際的に認められている“Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems (AFQRJOS) Joint Fueling System Check List (Joint Check List:ジョイントチェックリスト) for Jet A-1 (Issue 35)”に準拠し、日本の国内空港の共同利用貯油施設における Jet A-1 の品質規格に関して定めたものである。したがって、この石連規格は、下記の品質規格を概ね満たすものである。

- (a) ケロシンタイプ航空タービン燃料 Jet A-1、NATO Code:F-35、JSD:AVTUR に対する英国防省規格 (DEF STAN 91-091/Issue 17 2024年6月17日発行)
 - (b) 航空タービン燃料 “Jet A-1” に対する ASTM 規格 D1655 (最新版)
- Jet A-1 に対する石連規格は、石連の定める“規格表”“備考”“付属説明書”および“付属資料”のすべてで構成されている。“備考”は、規格項目の主要な論点について取り上げたものである。石連規格に準拠するとは、これら石連規格の“規格表”“備考”“付属説明書”および“付属資料”だけではなく、上記にリストされている(a)(b)両方の規格の詳細な要求事項も含まれていることを意味する。

特に、DEF STAN 91-091/17 では、製造時点までの製品のトレーサビリティが要求されていることに注意が必要である。詳細については、DEF STAN 91-091/17 の付録 D をそれぞれ参照のこと。燃料がこの石連規格に準拠するには、製造時点までのトレーサビリティが必要となる。なお、共有パイプライン輸送システムにおけるトレーサビリティに関する追加のガイダンスは、EI/JIG 1530 に詳しく記載されている。

また、ジェット燃料を製造する製油所において、適切な変更の管理手順の必要性に関する DEF STAN 91-091/17 と ASTM D1655 最新版 のガイダンスが注目されている。原料、精製条件、あるいは石油精製装置用添加剤に関するいかなる変更も、最終製品の品質と性能に与える影響を考慮しなければならない。(例えば、いくつかの石油精製装置用添加剤は航空燃料にわずかながら残存する場合があることが知られている)

- AFQRJOS は規格ではないため、製造および供給場所は、AFQRJOS に準拠している石連規格のみへの適合で燃料を出荷してはならず、試験成績書には、元となる (a)(b)両方の主要規格の何れかに適合していることを記載しなければならない。AFQRJOS を参照し、燃料がこの石連規格の要件を満たしている場合、試験成績書には次の記述を使用する必要がある。

「上記試験結果は、AFQRJOS ジョイントチェックリスト (Issue35) に準拠し制定された Jet A-1 の「石連規格」(Issue35) に適合する。なお、DEF STAN 91-091 を「石連規格」の上位規格として取り扱うものとする。」

または

「上記試験結果は、AFQRJOS ジョイントチェックリスト (Issue35) に準拠し制定された Jet A-1 の「石連規格」(Issue35) に適合する。なお、ASTM D1655 を「石連規格」の上位規格として取り扱うものとする。」

- 燃料製造時の全項目試験成績書 (COQ) には、最低限以下の項目を含めなければならない。
 - 規格名、Issue 番号および修正番号
 - 試験機関の名称、および住所
 - バッチ番号等
 - タンク番号
 - バッチ内の燃料の量
 - 試験項目、規格値、試験方法、試験結果
 - 添加剤 (Qualification reference および添加量を含む)
 - 試験証明書発行責任者の名前と役職、または電子署名
 - バッチ確定日
- 石連指針に従って運営されている空港は、参加者が同意する限り、上記の主要規格(a)(b)のいずれかのみに合わせてジェット燃料を供給することができる。
- Issue34 からの主な変更点
 - 半合成ジェット燃料製造時の注意点を備考(5)に追加
 - DEF STAN 91-091 に対する混合処理時の制約を備考(6)から削除
 - DEF STAN 91-091 に対する熱安定性試験 ASTM D3241 Annex A4 の制約を備考(19)に追加

石 油 連 盟
航空燃料専門委員会
品質管理部会
(PETROLEUM ASSOCIATION OF JAPAN)

性 状	PROPERTY	規格値 LIMITS	試験法 TEST METHODS			備考 REMARKS
			ASTM	IP	JIS	
外 観	VISUAL APPEARANCE	清澄 Clear, bright and visually free from solid matter and un-dissolved water at ambient fuel temp. 報告 (Report)			K2276	(1)
色(セーボルト)	Colour		D156 or D6045		K2580	(2)
微粒子状雑物 (重量法) または 微粒子状雑物 (粒度分布)	mg/L ISOコード 個数 Particulate Contamination or Particulate, cumulative channel particle counts, ISO Code & Individual Channel Counts	mg/L 1.0(max) Channel counts/ISO code	D5452	423	K2276	(3) (3) (4)
	$\geq 4 \mu\text{m(c)}$ $\geq 6 \mu\text{m(c)}$ $\geq 14 \mu\text{m(c)}$ $\geq 21 \mu\text{m(c)}$ $\geq 25 \mu\text{m(c)}$ $\geq 30 \mu\text{m(c)}$	報告 (Report)/19(max) 報告 (Report)/17(max) 報告 (Report)/14(max) 報告 (Report) 報告 (Report) 報告 (Report)/13(max)		565 or 577		
組 成	COMPOSITION					(5) (6)
酸価	mg KOH/g Total Acidity	mg KOH/g 0.015以下 (max)	D3242 D1319 or D8267 or D8305	354	K2276	
芳香族炭化水素分	容量 % Aromatics	% vol 25.0以下 (max)	D6379	156	K2536-1	(7)
または 全芳香族分	容量 % Total Aromatics	% vol 26.5以下 (max)	D1266 or D2622 or D4294 or D5453	436	K2541-1 or K2541-2 or K2541-4 or K2541-6 or K2541-7 K2276	
硫黄分	質量 % Sulphur, Total	% mass 0.30以下 (max)	D3227	336	K2276	
チオール(メルカプタン) 硫黄分 または ドクター試験	質量 % Sulphur, Thiol (Mercaptan) or Doctor Test	% mass 0.0030以下 (max) 陰性 (Negative)	D4952	342 30	K2276	(8)
各バッチあたりの: 非水素化処理燃料	容量 % Components at point of manufacture: Non Hydroprocessed Components	% vol 報告 (0または100を含む)				(9)
高水素分圧で処理した燃料 合成燃料	容量 % Severely Hydroprocessed Components Synthetic Components	% vol 報告 (0または100を含む) 報告 (0または50を含む)				(5)
二次の物質	INCIDENTAL MATERIALS					(11)
揮 発 性	VOLATILITY					(12) (13)
蒸留性状	Distillation		D86 or D2887 or D7345	123 or 406	K2254	
初留点	°C Initial Boiling Point	°C 報告 (Report)				
10%容量留出温度	°C 10% vol Recovered	°C 205.0以下 (max)				
50%容量留出温度	°C 50% vol Recovered	°C 報告 (Report)				
90%容量留出温度	°C 90% vol Recovered	°C 報告 (Report)				
終点	°C End Point	°C 300.0以下 (max)				
残油量	容量 % Residue	% vol 1.5以下 (max)				
減失量	容量 % Loss	% vol 1.5以下 (max)				
引火点	°C Flash Point	°C 38.0以上 (min)	D56 or D93 (Procedure A) or D3828 or D7236	170 or 523 or 534	K2265-1 or K2265-2 or K2265-3 K2249-1 or K2249-2	
密度 (15°C)	kg/m ³ Density at 15°C	kg/m ³ 775.0以上 (min) 840.0以下 (max)	D1298 or D4052	160 or 365		
流 動 性	FLUIDITY					(14) (15)
析出点	°C Freezing Point	°C -47.0以下 (max)	D2386 or D5972 or D7153 or D7154 D445 or D7042 or D7945	16 or 435 or 529	K2276	
動粘度 (-20°C)	mm ² /s Viscosity at -20°C	mm ² /s 8.000以下 (max)		71	K2283	(16)
燃 焼 性	COMBUSTION					(17)
真発熱量	MJ/kg Specific Energy, net	MJ/kg 42.80以上 (min)	D3338 or D4809	12	K2279	
煙点	mm Smoke Point	mm 25.0以上 (min)	D1322	598	K2537	(18)
または 煙点 とナフタレン分	mm Smoke Point and Naphthalenes	mm 18.0以上 (min) % vol 3.00以下 (max)	D1322 D1840	598	K2537 K2276	
腐 食 性	CORROSION					
銅板腐食 (100°C, 2h)	Corrosion, Copper strip, classification (2h at 100°C)	1以下 (max)	D130	154	K2513	
安 定 性	STABILITY					(19)
熱安定度 (JFTOT)	°C Thermal Stability (JFTOT)	°C 260以上 (min)	D3241	323	K2276	
試験温度	°C Control Temperature	°C 3.3以下 (max)				
フィルターの差圧	kPa Filter Pressure Diff.	kPa 3未満で孔雀模様や異常色相堆積物なし Less than 3, no "Peacock" or "Abnormal" colour deposits				
管堆積度 (目視) または	or Tube Deposit Rating (Visual method, Annex B)					
管堆積厚、2.5mm ² 以上の平均 (干渉法、あるいは、偏光解析法)	nm Tube Deposit Thickness, Average over area of 2.5mm ² (Interferometric method, Annex C or Ellipsometry method, Annex D)	nm 85以下 (max)				
コ ン タ ミ 物	CONTAMINANTS					(20)
実在ガム	mg/100mL Existent Gum	mg/100mL 7以下 (max)	D381 D3948	540	K2261 K2276	
水分離性	Water Separation Characteristics					
静電気防止剤添加燃料	MSEP with Static Dissipator Additive	70以上 (min)				
静電気防止剤無添加燃料	MSEP w/o Static Dissipator Additive	85以上 (min)				
導 電 率	pS/m Electrical Conductivity	pS/m 50以上 (min) 600以下 (max)	D2624	274	K2276	(21)
潤 滑 性	LUBRICITY					(22)
ボークル試験法による摩耗痕径	mm BOCLE wear scar diameter	mm 0.85以下 (max)	D5001			
添 加 剤	ADDITIVES					(23)
酸化防止剤 最終製品 (任意)	mg/L Antioxidant In final batch (optional)	mg/L 24.0以下 (max)				(24) (25)
金属不活性剤 (任意) 初期添加量 累積添加量	mg/L Metal Deactivator (Optional) First Doping Cumulative after redoping	mg/L 2.0以下 (max) 5.7以下 (max)				(26)
静電気防止剤 (要添加) 初期添加量 累積添加量	mg/L Static Dissipator Add. (Mandatory) First Doping Cumulative after redoping	mg/L 3.0以下 (max) 5.0以下 (max)				(26) (27)

備考 REMARKS

- (1) 外観検査において、Clear & Bright で固形物および遊離水分が目視により存在しないこと。その場合、品質管理記録上は“清澄”または“Clear & Bright”と記載することができる。代替試験法は、ASTM D4176 Procedure 1 および ASTM D6986 Procedure A, Section 8.1.1.1 である。
- (2) セーボルト・カラーの報告は製造時に要求される。通常と異なる色も注を加えて報告され、調査されることが推奨される。色の重要性に関する更なる情報については DEF STAN 91-091/17 Annex F を参照のこと。
- (3) この規格値は製造段階においてのみ適用される。微粒きょう雑物（重量法）または微粒きょう雑物（粒度分布）のいずれかの基準が満たされなければならない、燃料の出荷に際し採用したどちらかの評価項目のみを報告すればよい。規格団体は、ミリア重量試験をパーティクルカウンティング試験に 2025 年末から変更することを検討している。微粒きょう雑物に関するさらに詳しい情報は、DEF STAN 91-091 Issue17 Annex F を参照のこと。航空機への給油時におけるコンタミネーションリミットに関するガイダンスは、IATA Guidance Material (PartIII) 9th Edition を参照のこと。
- (4) 微粒夾雑物（粒度分布）を採用して燃料を出荷する場合、パーティクル数、およびパーティクル数に応じた ISO 4406 の表 1 で規定されるスケール番号が報告されなければならない。（備考 3 参照）もし基準を超えた場合、微量の遊離水を除去するために、IP 565 または IP 577 の AnnexB、または ASTM D7619 の Annex A2 を適用することができ、清浄性は再度評価される。そのような場合、Annex 適用前後の試験結果を報告しなければならない。
- (5) DEF STAN 91-091/17 に対し注目すべきことは、SASOL 製の半合成および合成の、両方のジェット燃料が承認されていることである。また、ASTM D7566 の Annex でリストアップされている一般的な基材もすべて承認されている。これらの燃料に対しては追加試験の要求が適用されており、DEF STAN 91-091/17 Annex B を参照のこと。
これら特定の半合成および合成燃料は、今回発行された本規格に基づいて認証される。
半合成ジェット燃料のバッチ製造時点の CoQ には、ASTM D7566 の Annex に規定されているブレンド制限を満たしていることが確認できるように、ブレンドに使用した従来型および合成ブレンド成分（SBC）のバッチ番号と、それぞれのブレンド量を記載しなければならない。半合成ジェット燃料の製造場所では、バッチの製造に使用した SBC の CoQ、COA、または RT が利用可能な状態でなければならない、各 SBC に関する、バッチ番号、酸化防止剤濃度（製造元の CoQ で報告されている有効成分の濃度）、および DEF STAN Annex A.2.4 に従った対応する Qualification reference が含まれていなければならない。
従来型成分のみを含むジェット燃料の場合、酸化防止剤の使用は任意。合成成分の場合、酸化防止剤は製造プロセスの一部として引き続き必須（ASTM D7566 または Def Stan 91-091-17 の Annex B.2 を参照）。
- (6) モノ-、ジ-、トリグリセリド、遊離脂肪酸と脂肪酸エステルの混合処理、及び合成ガスからフィッシャートロプシュプロセスを介して得られた炭化水素の混合処理は、ASTM D1655 と同様 DEF STAN91-091/17 でも承認された。混合処理に関する要求は、DEF STAN 91-091/17 Annex B4 と ASTM D1655 の関連する付属書に詳細が定められている。
製造場所で作成される全項目試験成績書(CoQ)には、バッチに混合処理合成灯油が 5%まで含まれる可能性があることを反映するために、その旨表現しなければならないが、一切混合処理していなければ全項目試験成績書への記載は不要である。（JIGに確認済）。水素化処理されたモノ-、ジ-、およびトリ-グリセリド、遊離脂肪酸、および脂肪酸エステルに由来する炭化水素を最大 24% まで混合処理し、最大 10% の合成炭化水素を含む混合処理された灯油でジェット燃料を製造することは許容される
- (7) 照合試験によって、IP 156/ASTM D1319 と IP 436/ASTM D6379 で測定される全芳香族分には相関があることが示されている。ただし、両試験法による結果にはバイアスがあるため、それぞれの試験法に対応した規格値が設定されている。試験結果に疑義が生じた場合、IP 156/ASTM D1319 が判定試験法となる。DEF STAN は、試験結果に疑義が認められた場合の判定試験法には後年になって IP 436 を採用すべきと主張している。
技術的な問題により、ロット番号 3000000975 から 3000000982 までの専用染料は、IP 156 / ASTM D1319 を実施する際に使用することは認められず、これらの試験方法と組み合わせて使用することはできない。
芳香族分のレベルを決定しなければならない場合、次に示す場合のみ、JET A-1 での運行認証を得た飛行機の航空燃料運行基準と DEF STAN 91-091 の要求事項を満たす；
 - 1) ロット番号 3000000975 から 3000000982 以外のロット番号の染料で ASTM D1319/IP 156 に従って芳香族分が試験された。あるいは、
 - 2) 代替法である ASTM D6379/IP 436 に従って芳香族分が試験された。これ以外の代替試験方法、あるいは芳香族分を求める方法は認められない。
- (8) ドクター試験はチオール（メルカプタン）硫黄分の代替項目とする。ただし、ドクター試験が陽性の場合、チオール（メルカプタン）硫黄分試験を実施して報告するものとする。チオール（メルカプタン）硫黄分とドクター試験との間で試験結果に相違が生じた場合、チオール（メルカプタン）硫黄分の試験結果が優先される。

- (9) DEF STAN 91-091/17 に基づく JetA-1 チェックリスト用の製造場所の全項目試験成績書には、非水素化処理燃料、高水素分圧で処理した燃料および合成燃料の容量% (“nil”, “50%” あるいは “100%” 含め適宜) を報告する必要がある。

バッチに使用される上記記載の其々の燃料は、バッチ毎に燃料全体に対する容量%で全項目試験成績書に記載されなければならない。高水素分圧で処理した燃料とは、製造時 7000kPa(70bar または 1015psi) より高い水素分圧で処理された石油系炭化水素のことを言う。バッチにマイルドに水素化処理された成分が含まれる場合は、報告される成分の合計が 100%未満となる可能性があることに注意する。(備考 22 参照)

- (10) SASOL が製造する半合成ジェット燃料と完全合成ジェット燃料の両方を承認する DEF STAN 91-091/17 に注目が集まる。また、ASTM D7566 の付属書にリストされているすべての汎用コンポーネントも承認されている。これらの燃料については、追加の試験要件が適用され、DEF STAN 91-091 Issue 17 Annex B を参照する必要がある。これらの半合成燃料および完全合成燃料は、本チェックリストに対して認証される可能性がある。

(11) 表 2 二次的物質

物質	最大許容値	検出限界	試験方法
脂肪酸メチルエステル (FAME) ^{a, b, c}	50mg/kg		ASTM D7797/IP 583, IP 585 ^d , IP 590, IP 599
パイプラインドラッグリデューサー (DRA)	無	72 μ g/l ^{e, f}	ASTM D7872

- a) 製造段階以降は、すべての物流網で二次的物質混入の潜在的リスクを定量化するためにリスクアセスメントが行われなければならない。そのようなアセスメントでジェット燃料の供給に潜在的リスクがあると示された場合、リスク低減のために管理を増強する追加の品質保証手段が導入されなければならない。二次的物質混入のリスクが存在し、追加の品質保証手段で管理することができない場合、試験分析を開始しなければならない。
- b) 本要求を満たす FAME とは、ASTM D6751 規格または EN14214 の制限値を満足する物質と定義される。バイオディーゼルの基準を満たさない脂肪酸メチルエステルは、ジェット燃料での使用は認められていない。
- c) 航空機の機体とエンジン製造者が認定し、航空機の機体とエンジン製造者の要求に従って取り扱われる場合、緊急時にはジェット燃料中に 100mg/kg までの FAME が許可される。軍用の目的では、緊急時とは、至急の対応が求められる不意の予期せぬ状況と定義される。例えば、空港供給システム内の一部に FAME の混入が発生し、空港の給油オペレーションを停止しない限り除去作業のために分離/隔離できない場合である。そのような事実はすべて、調達権限者、職務従事者、あるいは、機体運航者を通じて提起されなければならない。民間の運用者は、FAME の混入が発生した場合の正常化作業に関して、2016 年 5 月 19 日付けの SAIB NE-09-25R2 を参照のこと。
- d) IP 585 が判定試験方法となる。
- e) DRA は、いかなる濃度においてもジェット燃料用として承認された添加剤ではない。たとえ表 2 に示す検出限界以下への希釈であっても DRA の濃度が判明している燃料を希釈することは認められない。その代わりに、DRA のレベルが不明な場合、表 2 の検知レベル以下の結果が得られた場合、DRA が含まれていないと見做すことができる。
- f) 製造段階で DRA レベルを報告する必要はない。しかしながら、マルチプロダクトパイプラインで移送されるジェット燃料以外の燃料に DRA が含まれ、同じパイプラインでジェット燃料が移送される場合、リスクアセスメントの結果として DRA 濃度の試験が要求される。

- (12) IP 123 および ASTM D86 試験法では、DEF STAN 91-091 Issue 17 あるいは ASTM D1655 最新版を保証するすべての燃料はグループ 4 に分類され、凝縮浴槽の温度は、0~4°Cとする。ASTM D 7345 を用いる場合、試験結果は試験法に則りバイアスが調整されなければならない。

- (13) IP 406 または ASTM D2887 が IP 123 と同等の値または ASTM D86 と相関ある値を導き出すために使用される場合、残油量または減失量は、適用外(not applicable, NA)と報告されなければならない。

- (14) これらの自動試験法は、使用が許可されているが、疑義が生じた場合の判定試験法は依然として IP 16、ASTM D2386 である。

- (15) 下流側の物流段階において、もし燃料の析出点が非常に低く IP 16 で測定しても報告できない場合、限界は最高で -65°Cである。もし燃料冷却中に結晶が現れず、温度計が-65°Cを指す場合、析出点は-65°C未満として記録されなければならない。析出点が IP 435/ASTM D5972、IP 529/ASTM D 7153、IP 528 又は ASTM D7154 で測定された場合、この制限は適用されない。

- (16) ASTM D 7042 の試験結果は、ASTM D 7042 の精度とバイアスセクションに記載されている通り、バイアスを調整した動粘度結果に変換されなければならない。

- (17) 真発熱量の試験法として、ASTM D4529、IP 381 も認められる。

- (18) IP 598 煙点試験法には、手動試験法と自動試験法があり、IP 598 の自動試験法が判定試験法である。
- (19) 表中で参照している Annex 類とこの注釈は IP 323 のそれと一致する。もし技術的に同等な ASTM D 3241 を使用する場合、VTR (目視)、ITR (干渉法)、あるいは ETR (偏光解析法) に合致する適切な Annex を使用した同じ手順に従わなければならない。チューブ・デポジット・レーティングは、対応可能な場合、IP 323 Annex C ITR あるいは Annex D ETR で測定されなければならない。もし Annex C ITR デバイスがチューブ・ボリウム測定で「N/A」と報告した場合、試験は不合格であり「>85nm」と報告されなければならない。Annex C ITR あるいは Annex D ETR による管堆積厚測定結果が報告されるのであれば、IP323 Annex B によるヒーター・チューブのビジュアル・レーティングは要求されない。ビジュアルと度量衡法の間で疑義が生じた場合は、度量衡法が判定試験法となる。ASTM D1655 には、度量衡法として ASTM D3241 の Annex A4 MWETR が追加されたが、DEF STAN 91-091/17 ではまだ認められていない。
- (20) 水分離指数試験は製造時にのみ適用される要求である。ASTM D1655 では、承認された試験法は ASTM D3948 のみである。一方、DEF STAN 91-091 Issue17 では、ASTM D8073 と規格値 88 が代替試験方法としてリストされている。製造の下流の物流段階で、水分離指数を測定することはいずれの主要な規格でも定められていないことに注意が必要である。品質管理の目的のために石連指針及び関連文書によって要求された場合、以下の試験方法と基準が適用されなければならない。

表 3 製造下流での水分離指数基準

試験方法	基準
ASTM D7224	85 以上
ASTM D8073	88 以上

あるいは、ASTM D3948 を使用して試験を行うこともできる。(JIG は、将来この試験法を削除したいとの意向をもっているが) 水分離指数に関する詳しい情報は、JIG bulletin 142- Testing water Separation Properties of Jet Fuel (Revised MSEP protocol) 参照のこと。

この手順は DEF STAN 91-091/17 の備考 18 でも参照されている。

- (21) DEF STAN 91-091/17 の要求を満たすためには、製品は、この導電率の制限値に適合しなければならない。しかし、製造システムおよび流通システムによっては、製造より下流の段階で SDA を注入する方が実際的な場合もあることは確かである。そのようなケースにおいては、バッチ毎の品質証明書(the Certificate of Quality)には、「本製品は導電率を除いて本規格(Issue35)に適合するものである」と記載すべきである。ある状況下において導電率は急激に低下し、その燃料は静電気防止剤の追添加でも回復しないことがある。このような場合、燃料は規格に対しすべての試験を実施し、かつ「DEF STAN 91-091/17 Annex F に従い、導電率ロスにより 50pS/m 未満の燃料を払い出す」旨説明する記載のなされたタンクリリースノートを添付すると条件付きで導電率が 25pS/m 以上の燃料を払出すことができる。詳細は、JIG 2, 4.8 (低導電率給油手順) 参照。
- (22) この要求は DEF STAN 91-091/17 によるものである。この潤滑性の要求は、次の燃料についてのみ適用される。a) 高度に水素化処理された燃料を 20%以上含み非水素化処理燃料が 5%未満の燃料、または、b) 合成燃料を含む燃料。(備考 5 参照)
- 本規定は製造段階でのみ適用される。航空タービン燃料の潤滑性に関する重要な参考情報は DEF STAN 91-091/17 Annex F を参照のこと。
- 潤滑性向上添加剤 (LIA) は、潤滑性を向上させるために使用することができる。共同利用システム参加者の事前の同意なしに燃料に添加することができるが、使用可能な添加剤は DEF STAN 91-091/17 Annex A、ASTM D1655 Table 2 に記載されたものに限る。添加場所に関する参考情報は、DEF STAN 91-091/17 Annex A.5 を参照すること。製造段階よりも下流側で LIA 添加剤を添加する場合は、最大添加量を超えないように留意しなければならない。
- (23) 1. 使用されたすべての添加剤の種類ならびに添加量(濃度)は、全項目試験成績書、および製造場所の下流で添加された場合は、その他関連する品質文書に記載しなければならない。
2. 使用が承認されている潤滑性向上剤および添加量は以下の通り。(DEF STAN 91-091/17 Annex A.5.4 を参照のこと)

品名 Product	添 加 量 Concentration (mg/L)		Qualification Reference
	以上(min)	以下(max)	
a. Unicor J	9	23	RDE/A/667
b. Innospec DCI-4A	9	23	RDE/A/662
c. Innospec DCI-6A	9	15	RDE/A/663
d. Nalco 5403	12	23	RDE/A/664
e. Nalco 5405	9	23	RDE/A/668
f. Spec Aid 8Q22	9	23	RDE/A/669

3. 氷結防止剤(FSII)は、濃度が 0.02 容量%未満の場合は無視できるため報告の必要はないが、これはあくまで FSII 入りの燃料から FSII 抜きの燃料に転換する際に少量の FSII が燃料供給システムの中に残存することを許容するためであり、このような低濃度だとしても継続的な添加は許されない。DEF STAN 91-091/17 Annex A.2 で強調している通り、FSII を含有する燃料に対してはフィルターモニターが使用できないことに注意が必要である。氷結防止剤(FSII)は使用してはならない。ただし、全参加会社の同意を得た場合には、この限りではない。この場合において添加が許可された FSII ならびに添加量は以下の通り。

品名 Product	添加量 Concentration (v/v%)	Qualification Reference
DiEGME	0.10 (min) 0.15 (max)	RDE/A/630

4. 使用が承認されている静電気防止剤(SDA)および添加量は以下の通り。(DEF STAN 91-091/17 Annex A.4 を参照のこと)

品名 Product	添加量 Concentration (mg/L)		Qualification Reference
	初期(max)	累積(max)	
a. Stadis 450	3.0	5.0	RDE/A/621
b. AvGuard SDA 注	3.0	5.0	RDE/A/DSFA/001

注) : 上記表中の「b」製品は、国内の既存化学物質に登録されていない物質が含まれているため、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)」上、使用が認められていない。

- (24) 従来原料のみで製造されるジェット燃料の場合、酸化防止剤の使用は任意である。一方、合成燃料の製造プロセスにおいては、酸化防止剤の使用は必須である。(参照 ASTM D7566)

- (25) 使用する場合、基準は 24mg/l 以下である。

1. 使用が承認されている酸化防止剤は以下の通り。(DEF STAN 91-091/17 Annex A.2.4 を参照のこと)

物質名 Formulation	Qualification Reference
a. 2,6-ditertiary-butyl-phenol	RDE/A/606
b. 2,6-ditertiary-butyl-4-methyl-phenol	RDE/A/607
c. 2,4-dimethyl-6-tertiary-butyl-phenol	RDE/A/608
d. 75 percent min, 2,6-ditertiary-butyl-phenol 注 25 percent max, tertiary and tritertiary-butyl-phenols	RDE/A/609
e. 55 percent min, 2,4-dimethyl-6-tertiary-butyl-phenol 15 percent min, 4 methyl-2,6-ditertiary-butyl-phenol Remainder, 30 percent maximum, as a mixture of monomethyl and dimethyl-tertiary-butyl-phenols	RDE/A/610
f. 72 percent min, 2,4-dimethyl-6-tertiary-butyl-phenol 28 percent max, mixture of tertiary-butyl-methyl-phenols and tertiary-butyl-dimethyl-phenols	RDE/A/611

注) : 上記表中の「d」に含まれる tertiary and tritertiary-butyl-phenol を使った酸化防止剤、調整添加剤は、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)」第二十四条の政令で定める製品に該当するため輸入が禁止されているが、この酸化防止剤が添加されたジェット燃料油は政令指定されておらず、その輸入は禁止されていない。

- (26) DEF STAN 91-091/17 の Annex A.3 に使用が承認されている金属不活性剤 RDE/A/650 が規定されている。DEF STAN 91-091/17 の Annex A3.1 には、製造時における金属不活性剤の使用条件と金属不活性剤使用時の報告事項が含まれている。製造時にルーティンで金属不活性剤を使用すること(>5%のバッチ)は認められていない。物流網における銅の混入が既知の場合を除き、製造時の金属不活性剤は 2.0mg/L までに制限されている。物流網における金属不活性剤の使用については、金属不活性剤使用前後の熱安定度試験(JFTOT)の報告を含めて、Annex A3.1 を参照のこと。使用が承認されている金属不活性剤ならびに添加量は以下の通り。

物質名 Formulation	添加量 Concentration (mg/L)	Qualification Reference
NN'-disalicylidene 1,2-propane diamine	2.0 (初期 max) 5.7 (max)	RDE/A/650

- (27) 全項目試験成績表に記載が必要な情報は DEF STAN 91-091/17 Annex D を参照のこと。

付属説明書

① Jet A-1の導電率に関する付属説明(DEF STAN 91-091/17 Table 1 Note 17 及び Annex F.2)

製品は、この導電率の制限値に適合しなければならない。しかし、製造システムおよび流通システムによっては、製造より下流の段階で静電気防止剤(SDA)を注入する方が実際的な場合もあることは確かである。そのようなケースにおいては、バッチ毎の品質証明書(The Certificate of Quality)には、「本製品は導電率を除いて本規格(Issue35)に適合するものである」と記載すべきである。

また、ある状況下において導電率は急激に低下し、その燃料は静電気防止剤の追添加でも回復しない場合があることが知られている。

業界調査で導電率が20pS/m以上であれば静電気の危険性が低減されたことが示された初期の成果を再検討した。

(JIG 製品品質委員会レポート:シドニー低導電率事故の調査報告、2005年 8月 参照)それゆえ、余裕を見て20pS/mの2倍以上で現状の最低50pS/mは設定されている。これに基づき、空港で低導電率が発生した場合、緊急時の対策として技術権限者は最低25pS/mまでの導電率低下を許容する。燃料は規格に従ってすべての試験を実施し、かつ「DEF STAN 91-091 Annex F.2に従い、導電率ロスにより50pS/m未満の燃料を払い出す」旨説明する注釈がつけられたタンクリリースノートを添付する。

② Jet A-1の潤滑性に関する付属説明 (DEF STAN 91-091/17 Annex F.3)

- (1) 航空機エンジンの燃料システムコンポーネントおよび燃料制御ユニットの摺動部分の潤滑は Jet A-1 に依存している。それらの機器における潤滑剤としての Jet A-1 の有効性は一般的には“潤滑性”として表現されている。燃料システムコンポーネントの設計ならびに材質の差異が燃料の潤滑性に対する機器の感度を左右している。同様に、各社が製造する Jet A-1 自体の性状の差異によっても“潤滑性”は大きく異なるものである。実際に経験された問題は、燃料ポンプの流量不足というようなことから、飛行中のエンジン停止に至るような予期せぬ機械的不具合まで様々である。
- (2) Jet A-1 はその化学的/物理的特性から、高温・高荷重条件下での潤滑剤としては比較的不適当なものと言えよう。水素化処理の普及が潤滑性に有効な微量成分をも除去することになり、直留系あるいは非水素化処理系の Jet A-1 に比べ、いっそう潤滑性を低下させることに繋がっている。潤滑性向上剤は、潤滑性を向上させる働きがあり軍用のジェット燃料として広く使用されているが、民間航空機での使用は燃料システムコンポーネントの改善あるいは性状の異なるジェット燃料の供給が受けられるまでの緊急避難的な範囲での使用に限られている。この理由として、この種の添加剤は、その特性としての極性が地上のフィルトレーションシステムそのものに対して好ましいものでなく、さらにはジェット燃料自体の水分離性をも阻害することが明確であるからに他ならない。
- (3) 一部の最新型航空機においては潤滑性の低いジェット燃料に対応した設計が施されている。世界的な航空産業の参加を得て、SAE AE-5B グループは航空機エンジン用燃料ポンプに対する低潤滑性ジェット燃料使用時の耐久性試験法(ARP 1797)を改訂した。この方法は、使用される試験燃料が ASTM D5001 による測定において 0.85~0.96mm の摩耗痕径を生ずるものと特定している。摩耗痕径 0.85mm という潤滑性の上限値を導入した目的は、燃料の潤滑性に制限を設けることによって、ARP 1797 の試験法に準拠している機器はその使用時に潤滑性に関連した問題を引き起こさないということを保証しようとするものである。この潤滑性の要求は高度に水素化処理された燃料を 20%以上含み非水素化処理燃料が 5%未満の燃料、および、この規格で認められている範囲で合成燃料が添加された燃料にのみ適用される。今まで問題が生じた燃料は全てこのカテゴリーに属していた。高水素分圧下で処理された基材を含む全ての燃料が 0.85mm 超の摩耗痕径を生ずるわけではないが、この要求値を設定するにあたっては、その点も考慮に入れられている。
- (4) ジェット燃料の潤滑性に対してより敏感な古い燃料系統機器がまだ使われている。これらのケースにおいては、航空機の運航者はメーカーや燃料供給者と協議して、本規格で認められている潤滑性向上剤の使用を含む善後策を決定すべきである。

③ 二次的物質の Jet A-1 への混入に関する付属説明 (DEF STAN 91-091/17 Annex C)

- C.1.1 DEF STAN 91-091/17 Clause 4, “Materials” では、ジェット燃料に存在する可能性のある物資を制限しているが、一方、この規格を満足したとしてもジェット燃料中には常に微量の二次的な物質が存在することが認識されている。これらの物質のゼロを定義するのは、特に次の観点から容易ではない。
 - (a) 分析技術の進歩が化学物質の検出下限を下げ続けること
 - (b) 対象物質の範囲は広いものであること
 - (c) そして多くの場合、航空設備での使用における無害濃度を特定するうえで、それらの影響についての資料がないこと

- C. 1.2 したがって、ジェット燃料中に意図せず存在する可能性のあるすべての物質について試験方法と最大許容値をこの規格で示すことはできない。この規格では、二次的物質によってもたらされる潜在的リスクは二種類の方法で管理される。一つ目として、製造と物流の場において、製品の健全性を維持するための、適切な品質保証と変更の管理手順が整えられていることを確実にする要求がある。二つ目に、この要求項目を保証することができないと認められた物質については、特定の最大許容値が決められている。現在、二つの二次的物質がこれに分類され、それらの最大許容値は下記表 4 に示されている。

表 4：二次的物質

物質	最大許容値	検出限界	試験方法
脂肪酸メチルエステル (FAME) ^{1,2,3,4}	50mg/kg		ASTM D7797/IP 583, IP 585 ⁴ , IP 590, IP 599
パイプラインドラッグリデューサー (DRA) ¹	無	72 μ g/l ⁵	ASTM D7872

注釈

- 1) 製造段階以降は、すべての物流網で二次的物質混入の潜在的リスクを定量化するためにリスクアセスメントが行われなければならない。そのようなアセスメントでジェット燃料の供給に潜在的リスクがあると示された場合、リスク低減のために管理を増強する追加の品質保証手段が導入されなければならない。二次的物質混入のリスクが存在し、追加の品質保証手段で管理することができない場合、試験分析を開始しなければならない。
 - 2) 本要求を満たす FAME とは、ASTM D6751 規格または EN14214 の制限値を満足する物質と定義される。バイオディーゼルの基準を満たさない脂肪酸メチルエステルは、ジェット燃料での使用は認められていない。
 - 3) 航空機の機体とエンジン製造者が認定し、航空機の機体とエンジン製造者の要求に従って取り扱われる場合、緊急時にはジェット燃料中に 100mg/kg までの FAME が許可される。軍用の目的では、緊急時とは、至急の対応が求められる不意の予期せぬ状況と定義される。例えば、空港供給システム内の一部に FAME の混入が発生し、空港の給油オペレーションを停止しない限り除去作業のために分離/隔離できない場合である。そのような事実はすべて、調達権限者、職務従事者、あるいは、機体運航者を通じて提起されなければならない。民間の運用者は、FAME の混入が発生した場合の正常化作業に関して、2016 年 5 月 19 日付けの SAIB NE-09-25R2 を参照のこと。
 - 4) IP 585 が判定試験方法となる。
 - 5) DRA は、いかなる濃度においてもジェット燃料用として承認された添加剤ではない。たとえ表 4 に示す検出限界以下への希釈であっても DRA の濃度が判明している燃料を希釈することは認められない。その代わりに、DRA のレベルが不明な場合、表 4 の検知レベル以下の結果が得られた場合、DRA が含まれていないとの仮定をサポートする。
- C. 2.1 原油処理・流通添加剤あるいは腐食防止剤のような製造場所におけるプロセス添加剤が製造中に、ジェット燃料に少量混入する可能性のあることは経験的にわかっている。幾たびか、これらがジェット燃料システムに運用障害をもたらしている。さらにこれらの添加剤は、第 1 表に詳述する標準規格試験法で検知できない濃度においても問題が発生することがある。添加剤組成やその生産者、また製油所の運転条件などの変更は、最終製品の品質を維持する観点から正式なリスクアセスメントの対象である。
- C. 3.1 空港よりも上流の貯蔵においては、バルクのジェット燃料はマルチプロダクトパイプラインや船舶のような非専用システムで取り扱われることが通例である。その結果、ジェット燃料はジェット燃料以外の様々な燃料と接触する。製品の健全性は、様々な業界標準、例えば EI/JIG 1530、EI 1533、EI HM-50、API 1543、API 1595、および、JIG 基準を適用することによって保証される。製品品質の維持を確実なものとするためには、燃料を取り扱うシステムにおけるいかなる変更も正式なリスクアセスメントと変更の管理の対象とすべきである。
- C. 4.1 FAME の最大許容値 50mg/kg は、EI Study “Joint Industry Project : Seeking Original Equipment Manufacturer Approvals for 100mg/kg Fatty Acid Methyl Ester (FAME) in Aviation Turbine Fuel” と ASTM D4054-09 広範な試験プログラムの結果として導入された。航空燃料業界はエンジンと機体メーカーの指導の元、FAME 100mg/kg の承認にむけて活動している。
- C. 4.2 ジェット燃料専用ではない物流システムで FAME のリスクを管理するためのアドバイスと包括的な背景は、いくつかの JIG bulletin で入手することができる： Bulletin Number 106 が最新版である。この bulletin は、www.jigonline.com からダウンロードすることができる。
- C. 4.3 製造時に DRA レベルを報告する必要はない。しかしながら、ジェット燃料も移送されるマルチプロダクトパイプラインで移送される他の製品に DRA が含まれる場合、リスクアセスメントの一環として DRA 含有量の試験が要求される。

Jet A-1 の静電気防止剤添加要領に関する付属資料

この付属資料は、共同利用貯油施設に搬入する Jet A-1 に静電気防止剤を添加する方法および添加された Jet A-1 の導電率の測定および管理について説明している。(EI/JIG 1530 2nd edition 7.3.2 参照)

1. 添加剤の種類

使用が承認されている静電気防止剤(SDA)および添加量は石連規格に定めた通り。(DEF STAN 91-091/17 Annex A.4 を参照)

2. 導電率

静電気防止剤による Jet A-1 の導電率の変化は、原油の種類、製造法、装置および他の添加剤との作用等によって異なる。また、油温にも影響を受け、油温が高くなれば導電率も高くなり、導電率と油温は、一般的には、図1の如き関係がある。製油所で静電気防止剤を添加するにあたっては、製油所から空港までの物流を経るにしたがって生じる導電率低下や、下流側で静電気防止剤を添加する選択を考慮する必要がある。製油所では、タンクでのバッチ確立時に製油所からの出荷時油温で導電率 250~300pS/m (空港貯蔵施設までの所要時間や輸送形態によっては、より高い値) をターゲットとすることが推奨される。導電率の目標レベルは、空港貯蔵施設に納入される段階で 100pS/m (空港施設のレイアウトによっては 150pS/m 以上) を越えるようにすることが推奨される。

ただし、前述のようにジェット燃料は原油および製造法等によりこのグラフの傾きが異なるので、より正確に行うためには試験的にジェット燃料に静電気防止剤を添加し各温度で導電率を測定しグラフの傾きを確認する必要がある。

導電率は温度によって異なるため、試験室における試験温度とバルクの燃料温度の間に有意な差がある場合は、タンク品を直接測定した導電率が優先される。

静電機防止剤は界面活性剤であり、過剰添加は水分離性能を悪化させる可能性がある。通常添加量ではフィルターコアレスナーに機能低下を及ぼさないことが示されているが、水分離性能が低い場合は問題発生を示している場合がある。

3. 静電気防止剤添加量

(1) 初期添加量は、3.0mg/L 以下に定められているので、それを超えてはならない。

添加後、何らかの理由で所定の導電率が得られない場合には、50pS/m 以上の導電率が得られるように、以下の方法で希积液の追添加を行ってもよい。

添加剤の追添加は、追添加前の添加濃度プラス追添加の分を加えて 5.0mg/L を超えない範囲で添加できる。

(2) 夏期および冬期の導電率を得るため夏期における添加量は、0.4~0.8mg/L、冬期における添加量は、0.8~1.2mg/L が一応目安とされているが、過去の添加量と導電率測定値・油温や空港までの所要時間と輸送形態に基づき各添加場所で添加量を決定する。

(3) 添加後、導電率および油温を測定してその結果、必要であれば添加量を調整する。

4. 希积液

添加剤を原液のまま mg/L 単位で Jet A-1 に添加することは、添加量コントロールが非常に困難であるため、希积液を作製する。

(1) 希积液の調合例

静電気防止剤 10mg/L 希积液の調合例

静電気防止剤の原液 2kg を Jet A-1 200kL にて希釈する。

(2) 希积液の添加例

静電気防止剤 (10mg/L 希积液) 40~120L を 1kL のジェット燃料に添加すれば 0.4~1.2mg/L の添加濃度が得られる。

5. 添加場所および方法

静電気防止剤の添加は、添加する会社の責任で、原則として油槽所または製油所で添加する。

図 1

導電率と油温の関係

