

共同利用貯油施設向け統一規格 : ISSUE 32(2021年6月)
(Reference : International JFSCL Issue 32)
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 Fuelling System Check List (Joint Check List:ジョイントチェックリスト) for Jet A-1 (Issue 32)” 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 12 2020年9月14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)

IATA ガイドンスマテリアル (GM) の Part I は、規格そのものというよりは規格に対するガイドとの位置づけに至っていることから、IATA GM の主要な要求事項は、もはやジョイントチェックリストの一部ではない。しかしながら、IATA GM の Part III に取り入れられた航空機への給油時点における燃料中の水分及び夾雑物の制限値は、引き続きチェックリストに残されている。

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。

Issue 32 では、以下の変更点を取り入れている。

- 微粒夾雑物 (粒度分布) に上限値を設定したこと、及び、Def Stan 91-091 では 2025 年 4 月からそれを判定試験方法とする意向があるとの情報の導入。
- 微粒夾雑物 (粒度分布) として認められた試験方法から IP564 を削除し、ASTM D7619 を追加した。(ASTM D 7619 : standard test method for sizing and counting particles in light and middle distillate fuels, by automatic particle counter)
- ASTM D1319 あるいは IP 156 で芳香族分を測定する場合に用いる蛍光指示薬含浸ゲルのうち、特定のバッチの使用を禁止。
- DEF STAN 91-091 と ASTM D1655 で管理されているように、合成ガスからフィッシャートロブシュプロセスを介して得られた炭化水素を混合処理して水素化処理された炭化水素合成灯油を製造することは、ジェット燃料製造の許容されるプロセスとして承認された。
- 引火点測定試験方法の IP170 と ASTM D56 との間のバイアスを削除し規格値は統一された。
- 引火点の試験方法として、ASTM D93(A 法) : Standard Test method for flash point measurement by Pensky-Martens close cup tester、および、ASTM D7236 : Standard test method for flash point by small scale closed cup tester (ramp method) が追加された。

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)	Particulate Contamination mg/L ISOコード 個数	1.0(max)	D5452	423	K2276	(3)
	Particulate, cumulative channel particle counts, ISO Code & Individual Channel Counts	Channel counts/ISO code	D7619	565 or 577		(3) (4)
	≧4 μm(c) ≧6 μm(c) ≧14 μm(c) ≧21 μm(c) ≧25 μm(c) ≧30 μm(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)				
組 成	COMPOSITION					(5) (6)
酸価	mg KOH/g	0.015以下 (max)	D3242	354	K2276	
芳香族炭化水素分	容量 %	25.0以下 (max)	D1319	156	K2536-1	
または 全芳香族分	容量 %	26.5以下 (max)	D6379	436		(7)
硫黄分	質量 %	0.30以下 (max)	D1266 or D2622 or D4294 or D5453	336		K2541-1 or K2541-2 or K2541-4 or K2541-6 or K2541-7 K2276
チオール (メルカプタン) 硫黄分	質量 %	0.0030以下 (max)	D3227	342		
または ドクター試験	陰性 (Negative)		D4952	30	K2276	(8)
製油所の各バッチあたりの: 非水素化処理燃料	容量 %	報告 (0または100%を含む)				(9)
マイルドに水素化処理した燃料	容量 %	報告 (0または100%を含む)				
高水素分圧で処理した燃料	容量 %	報告 (0または100%を含む)				
合成燃料	容量 %	報告 (0または50%を含む)				(5)
二次的物質	INCIDENTAL MATERIALS					(10)
揮 発 性	VOLATILITY					
蒸留性状	Distillation					
初留点	°C	報告 (Report)	D86 or D2887 or D7345	123 or 406	K2254	(11) (12)
10%容量留出温度	°C	205.0以下 (max)				
50%容量留出温度	°C	報告 (Report)				
90%容量留出温度	°C	報告 (Report)				
終点	°C	300.0以下 (max)				
残油量	容量 %	1.5以下 (max)				
減失量	容量 %	1.5以下 (max)				
引火点	°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
密度 (15°C)	kg/m ³	775.0以上 (min) 840.0以下 (max)	D1298 or D4052	160 or 365		K2249-1 or K2249-2
流 動 性	FLUIDITY					
析出点	°C	-47.0以下 (max)	D2386 or D5972 or D7153 or D7154	16 or 435 or 528 or 529	K2276	(13) (14)
動粘度 (-20°C)	mm ² /s	8.000以下 (max)	D445 or D7042 or D7945	71	K2283	(15)
燃 焼 性	COMBUSTION					
真発熱量	MJ/kg	42.80以上 (min)	D3338 or D4809	12 or 355	K2279	(16)
煙点	mm	25.0以上 (min)	D1322	598	K2537	(17)
または 煙点	mm	18.0以上 (min)	D1322	598	K2537	
とナフタレン分	容量 %	3.00以下 (max)	D1840		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					
熱安定度 (JFTOT)	°C	260以上 (min)	D3241	323	K2276	(18)
試験温度	kPa	3.3以下 (max)				
フィルターの差圧		3未満で孔雀模様や異常色相堆積物なし Less than 3, no "Pea - cock" or "Abnormal" colour deposits				
管堆積度 (目視) または	nm	85以下 (max)				
管堆積厚、2.5mm ² 以上の平均 (干渉法、あるいは、偏光解析法)						
コ ン タ ミ 物	CONTAMINANTS					
実在ガム	mg/100mL	7以下 (max)	D381 D3948	540	K2261 K2276	(19)
MSEP						
静電気防止剤添加燃料		70以上 (min)				
静電気防止剤無添加燃料		85以上 (min)				
導 電 率	Electrical Conductivity	50以上 (min) 600以下 (max)	D2624	274	K2276	(20)
潤 滑 性	LUBRICITY		D5001			(21)
ボーケル試験法による摩耗痕径	BOCLE wear scar diameter	0.85以下 (max)				
添 加 剤	ADDITIVES					
酸化防止剤	mg/L	24.0以下 (max)				(22) (23) (24)
最終製品 (任意)						
金属不活性剤 (任意)	mg/L	2.0以下 (max)				(25)
初期添加量		5.7以下 (max)				
累積添加量						
静電気防止剤 (要添加)	mg/L	3.0以下 (max)				(26)
初期添加量		5.0以下 (max)				(27)
累積添加量						

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。
- (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、または変則的な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 91-091/12 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。この規格の要求に適合するには、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、ミリポア重量試験をパーティクルカウンティング試験に 2025 年 4 月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 Issue12 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 (Part III) 7th 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 の AnnexB、IP577 または 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 91-091/12 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 91-091/12 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。
- (6) モノ-、ジ-、トリグリセリド、遊離脂肪酸、脂肪酸エステル、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、ASTMD1655 と同様 DEF STAN91-091/12 でも承認された。混合処理に関する要求は、DEF STAN 91-091/12 Annex B4 と ASTM D1655 Annex A1. 2. 2 に詳細に定められている。
製油所全項目試験成績書には、混合処理合成灯油が 5%まで含まれること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製油所全項目試験成績書への記載は不要である。
- (7) 照合試験によって、IP156/ASTM D1319 と IP436/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。試験を行う機関は、相関を検証するため両試験法による全芳香族分の試験・報告が奨励されている。試験結果に疑義が生じた場合、IP156/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 IP436 を採用すべきと主張している。
IP 156 と ASTM D1319 を実施するために必要な専用染料は今後入手できない。加えて、最近供給された 3000000975 およびそれ以降のロット番号の染料を含む製品ゲルは、適切ではない代用染料で製造され、使用された場合正確な芳香族分の測定結果を与えない。以上を踏まえ、もし IP 156 あるいは ASTM D1319 が芳香族分の分析に使用された場合、試験成績書には使用されたゲルのロット番号が報告されなければならない。3000000983 およびそれ以降のロット番号の染料は、3000000975 より前のロットと同等であることが、調査の結果確認されている。
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；

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		D7797/IP583, IP585 ^d , IP590, IP599
パイプラインドラッグリデュースー (DRA)	無	72 μ g/l ^{e, f}	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) IP585 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。
- (11) IP123 および ASTM D86 試験法では、本規格を保証する燃料はグループ 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。
- (12) IP406 または ASTM D2887 が IP123 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の報告は要求されていない。
- (13) 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 IP16、ASTM D2386 である。
- (14) 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 IP16 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 IP435/ASTM D5972、IP529/ASTM D 7153、IP528 又は ASTM D7154 で測定された場合、この制限は適用されない。
- (15) 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。
- (16) 真発熱量の試験法として、ASTM D4529、IP381 も認められる。
- (17) IP598 煙点試験法には、手動試験法と自動試験法があり、IP598 の自動試験法が判定試験法である。
- (18) 表中で参照している Annex 類とこの注釈は IP323 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、IP323 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・ボリューム測定で「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、IP 323 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。ビジュアル・チューブレーターによるビジュアル・チューブ・レーティングあるいは ETR/ITR による管堆積厚を決定するためのヒーター・チューブの検証は、試験終了後 120 分以内に実施しなければならない。
- (19) ASTM D3948 での水分離指数試験は製造時にのみ適用される要求である。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 JIG スタンダード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、JIB bulletin 129 - Testing water Separation Properties of Jet Fuel (Revised MSEP protocol) 参照のこと。この手順は DEF STAN 91-091/12 の備考 18 でも参照されている。

- (20) DEF STAN 91-091/12 の要求に基づき、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 (Issue32) 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 91-091/12 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。
- (21) この要求は DEF STAN 91-091/12 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。
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 91-091/12 Annex F を参照のこと。

LIA 添加剤は、潤滑性を向上させるために使用することができるが、使用可能な添加剤は DEF STAN 91-091/12 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 91-091/12 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。

- (22) 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)を製油所全項目試験成績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 91-091/12 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. Hitec 580	15	23	RDE/A/661
c. Octel DCI-4A	9	23	RDE/A/662
d. Octel DCI-6A	9	15	RDE/A/663
e. Nalco 5403	12	23	RDE/A/664
f. Tolad 4410	9	23	RDE/A/665
g. Tolad 351	9	23	RDE/A/666
h. Nalco 5405	9	23	RDE/A/668
j. 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 91-091/12 Annex A.6 の脚注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
	0.10 (min)	0.15 (max)	
DiEGME			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 91-091/12 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。

- (23) 酸化防止剤の使用は任意である。

- (24) 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 91-091/12 Annex A.2.5 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) : 「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)施行令」の一部改正(平成 13 年 1 月 6 日より施行)を受け、上記表中の「d」製品は使用を承認しないものとする。但し、化審法における同酸化防止剤の輸入規制は同年 7 月 1 日より施行されている。

- (25) DEF STAN 91-091/12 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 91-091/12 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。

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

(26) 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 91-091/12 と ASTM D1655 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可能性があることが知られている)

(27) 製油所全項目試験成績表に記載が必要な情報は DEF STAN 91-091/12 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 91-091/12 Table 1 Note 19 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(Issue32)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 91-091/12 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、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。0.85mm wsd 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水素化処理された基材(その20%以上が高水素分圧下で水素化処理されている)が95%以上含まれる燃料、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燃料システム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 91-091/12 Annex C)

C.1.1 DEF STAN 91-091/12 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		D7797/IP583, IP585 ³ , IP590, IP599
パイプラインドラッグリデュース(DRA) ¹	無	72 μg/l ⁵	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) IP585 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 腐食防止剤のような石油精製装置用添加剤が製油所での製造中に、ジェット燃料に少量混入する可能性のあることを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 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、いくつもの JIG bulletin で入手することができる：Bulletin Number 75 が最新版であるが、Bulletin Number 15、16、20、21、26 と 61 も背景や参考資料として入手できる。これらの 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 91-091/12 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。

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、以下の方法で希釈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. 希釈液

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、希釈液を作製する。

(1) 希釈液の調合例

静電気防止剤 10mg/L 希釈液の調合例

静電気防止剤の原液 2kg を Jet A-1 200kL にて希釈する。

(2) 希釈液の添加例

静電気防止剤 (10mg/L 希釈液) 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

