



## 燃料システムの凍結によるエンジン推力減少 (その1) (ロンドン・ヒースロー空港での B777-200 事故)

2008年1月17日 BA (British Airways) の北京発の便が LHR (London Heathrow 空港) の滑走路 27L の手前に着地し、空港内に滑り込んで停止した事故に関する情報です。機体は B777-236ER で、エンジンは Rolls-Royce RB211 Trent 895-17 でした。まだ事故報告書は出されておらず、このニュースの原典は AAIB (イギリスの航空事故調査委員会) Interim Report と 11 月に北京で行われた International Air Safety Seminar (IASS) での Boeing 社の説明です。

### 1. 事故の概要

当該 B777-200 は北京よりロンドン・ヒースロー空港に向かう定期便でした。その便は順調に飛行を続けましたが、滑走路 27L を目前にした高度 720ft (220m) で右エンジンの推力が急に 1.03 EPR (Engine Pressure Ratio) とほぼフライト・アイドルまで減少し、続いて 7 秒後に左エンジンの推力も 1.02 EPR まで低下しました。

パイロットは 30 度まで下げていたフラップを 25 度にし、何とか空港にたどり着こうとしましたが、空港の手前 300 メートルに接地し、一度バウンドしたのち空港内で停止しました。接地の時点の降下率は 1,400 fpm (feet per minute) と通常最終進入の 2 倍、接地の衝撃は 2.9G 程度でした。乗客乗員計 152 名のうち乗客に重傷 1 名、軽傷 8 名、乗員に軽傷 4 名の負傷者を出しました。

### 2. 原因は燃料系統

現在までの調査では、この事故の原因は燃料に含まれる水分が長時間飛行による温度低下により氷晶となって燃料配管に付着し、それがまとまって剥がれて Fuel Oil Heat Exchanger (FOHE: エンジン・オイルで燃料を暖める熱交換器) の入り口付近で堆積したため燃料流量が減少し、必要な推力が得られなくなったものと見られています。

この場合、堆積した氷の量が少なければエンジン・オイルの熱で溶け、エンジンで燃料と一緒に燃やされ何の影響もありません。Boeing 社の説明では、B777 を運航して 14 年間で 2 度しか起こっていない現象で、もう 1 件は高度が高い所で発生したため、エンジン推力がしばらくして回復したため大事には至りませんでした。

(次頁へ続く)



### 3. 燃料の凍結か

民間用に使われているジェット燃料は灯油と言えます。その凝固点 (Freezing Point) は  $-40\sim-50^{\circ}\text{C}$  です。この温度で燃料が一度に固形化するのではなく、ごく一部がワックス状になり始める温度と理解して問題ありません。

このフライトの北京離陸時 02:09 UTC (Coordinated Universal Time : 国際協定時刻) の燃料温度は  $-2^{\circ}\text{C}$  でした。離陸後 7 時間 FL380 巡航中には外気温度は  $-73^{\circ}\text{C}$  という低さとなりましたが、Mach 0.82 (音速の 82%) 程度の巡航速度だと断熱圧縮により温度が 30 度近く上がり、機体前縁に当たる空気の温度、TAT (Total Air Temperature) の最小値は  $-45^{\circ}\text{C}$  でした。燃料温度が TAT と同じになるには 3 時間を要します。TAT が低かったのは 1 時間少々でしたので、燃料温度の最低値は  $-34^{\circ}\text{C}$  となりました。

他のエンジンの B777 を含め 141,000 回のデータを見れば、燃料温度が  $-34^{\circ}\text{C}$  以下となるフライトは 0.2% もありませんでした。記録された最低燃料温度は  $-39^{\circ}\text{C}$  で、これは GE エンジンのものでした。Rolls Royce エンジンの機体では、最低記録は  $-37^{\circ}\text{C}$  でした。着陸進入の燃料温度は  $-22^{\circ}\text{C}$  でしたが、同型エンジンの 13,000 回で  $-22^{\circ}\text{C}$  以下になったのは僅か 70 回でした。進入時の最低記録は  $-28^{\circ}\text{C}$  でした。

説明が少々長くなりましたが、燃料そのものの凍結はこの事故には関係していないと思われています。

### 4. 燃料中の水分の凍結

燃料中にはごく少量の水分が混入しています。その水分は  $-2^{\circ}\text{C}$  以下で氷晶というべきか小さな氷となりはじめます。  $-18^{\circ}\text{C}$  以下になると小さな氷が合わさって大きくなり、配管などに付着しはじめます。一部軍用機では燃料凍結防止剤が加えられますが、民間機では燃料に含まれる水分の凍結によって不具合が生じることは無くなるよう工夫がされてきました。多くのジェット旅客機ではエンジン・オイルの熱でエンジンに入る燃料を暖める Fuel Oil Heat Exchanger が装備されています。

また、燃料タンクの底に溜まる水も問題となります。これは燃料中の水分が一度氷になったものが温度上昇によって水となって溜まるものと、タンクの空気抜き (Vent) より出入りした空気中の水分が凝固するものが合わさっています。B777 では Water Scavenge System で、タンクの底に溜まった水分をエンジンで燃やすようになっています。また配管に付着した氷は、上昇推力など燃料流量を大きくしたときに少しずつ剥がれて、エンジンで燃やされるので問題は生じないと思われてきました。

(その 2 に続く)