



## Ice Crystal Icing は古くて新しい問題！

### 1. 2013年11月、FAAからADが発行される

2013年11月27日、FAAはボーイング社製航空機に対してAD（Airworthiness Directives、耐空性改善通報）を発行しました。その内容はGEnxエンジンを搭載したB747-8とB747-8F、そしてB787-8に対し、Ice Crystal Icingによる推力低下とエンジンへの影響を回避する目的としたものです。具体的には30,000ft以上を飛行する場合にWeather RadarによるAmberもしくはRedのEcho Returnが見つかった時／ありそうな時にはIce Crystal Icingの可能性が疑われるため、少なくとも50NM以上離れて飛行しなければならない、という主旨のものです。

GEnxエンジンに影響を与えた事例が今年に入って9件報告されており、それらは全て33,000ft以上の巡航中に発生しています。発生した状況は様々で、約20秒に及ぶ推力低下、振動、4基中2基の推力同時低下、エンジン内部の激しい損傷等、といったものです。

このADによって運航に影響を受けている日本の航空会社は、現在のところ日本航空(JAL)と日本貨物航空(NCA)です。全日空(ANA)のB787-8に搭載されているエンジンはロールスロイス社であるため、今回のAD対象機種ではありません。

### 2. Ice Crystal Icingの発生メカニズムは？

やや古いデータですが、2008年にFSF（Flight Safety Foundation）が発表したデータでは、過去20年でIce Crystal Icingの影響と思われる推力低下が100件以上も報告されているそうです。そのうちの46件についてはデータ解析が実施されています。

研究者の間で通説になっているIce Crystal Icingの発生メカニズムは以下の通りです。

- ① 空中に浮遊しているIce Crystal（氷晶）がエンジンのFanを通過してエンジン内部に到達した時に、それまでの気温から相対的に気温が高い静翼などの表面で溶けて水膜が形成される
- ② 水膜がさらにIce Crystalを捕捉して次第に大きくなり、15-20分程度かけて大きくなった後に剥離する
- ③ 剥離した氷結がコンプレッサー部分に吸い込まれることで損傷を与えると同時にサーgingやストールを引き起こし、燃焼室まで到達するとエンジン停止に至る

つまり、現在のEngine Anti-iceシステムでは防止出来ない、エンジン内部においてIcingが発生しているのです。なお、上記46件の推力低下のうち、28件は降下中、17件は巡航中、そして1件は上昇中に発生しています。

### 3. Ice Crystal Icingによるシステム改修や操作手順の変更は過去にも実施

1990年代初頭から2000年代にかけて、数多くのIce Crystal Icingによる推力低下を経験したことは、FAAが2006年に発行したSAIB (Special Airworthiness Information Bulletins)でも紹介されています。このSAIBはA300、A330、B747、B767、MD-11各シリーズの運航者を対象に発行されたものです。

その中では32の事例について言及しており、GE社のCF6-80C2やCF6-80E1エンジンにおいて1990年代に発生した2基同時のエンジン停止なども含まれています。それらの事象に対して、GE社ではEngine Control Units (ECU) のソフトウェアを更新して、Bleed Valveスケジュール変更の措置を取りました。そして2007年、FAAはその新しいECUソフトウェアを搭載することを求めたADを発行するに至っています。

また、2008年にはCF6-80C2や-80Aエンジンを搭載した747、767、そしてMD-11に対して、降下中のEngine Anti-iceシステム作動に関するAFM (Airplane Flight Manual) の改訂がなされました。具体的には降下中にエンジンが停止した事例を受け、TATが10°Cから-40°Cの間(MD-11の場合、TAT 6°C以下)でIce Detector未搭載機の場合はEngine Anti-Iceシステムを作動させ、Bleed Flowを増加させることを操作手順に加えるというものです。

他の特徴的な事例として、2002年の6月にMD-82で発生した事例をご紹介します。この事例では、巡航中にEngine Inlet Pressure ProbesにIcingが発生した結果、EPR (Engine Pressure Ratio) の数値が不正確となってAutothrottleが推力減少をCommandした結果、高度維持をしようとした航空機は自動操縦によるPitch Up Trimの影響で徐々に速度が低下しました。パイロットは約5分間それに気づかず、Stick Shakerの作動で初めて手動操縦に切り替えました。当初エンジンは反応しませんでしたでしたが、やがて推力を回復して事無きを得ました。

### 4. Ice Crystal Icingはどの航空機にも発生の可能性があります！

これまで見てきたように、ターボファンエンジンを搭載した航空機において、世界中でIce Crystal Icingを経験しており、メーカーや当局は都度対応してきました。しかしながら、依然としてIce Crystal Icingによるエンジントラブルは近年においても発生していることはメーカーも認めています (ALPA Japan ニュース 37-22 参照)。

今般のGENxエンジン搭載航空機に対して発行されたADによる運航への直接的な影響は、世界的に見ても一部に留まっていることもあって、GENxエンジンだけの問題と捉えがちです (運航路線に大きく影響しているのは現在のところJALのみ) が、我々はGENxエンジン以外の航空機もIce Crystal Icingの影響を受ける可能性について正しく理解する必要があります。

最近もB777やB767、B737等において、Ice Crystal Icingに対処するための操作手順が訂正・追加されました。このように、Ice Crystal Icingを解明するための研究は引き続き行われており、適宜AFMが変更になっています。

皆さんが乗務する航空機においてIce Crystal Icingに関するマニュアル類の記載を再度確認していただき、同時に推力低下に対する回復操作のレビューをお勧めします。そして可能性のある気象状態になった場合は、適切な回避操作と計器の確実なモニターを実施して下さい。(参考資料：FAA AD2013-24-01、FSF/AEROSAFETYWORLD JUNE 2008)

以上

