

ザ・ギャムグラム

原文発行：ギャモン・テクニカル・プロダクツ社
翻訳／編集：(株) マクドナルド商会／横浜

燃料のグラヴィティ、デンシティそしてウェイト

最近ある人からの電話で、ジェット燃料のグラヴィティを知りたい時に、その温度を測らなくて済むようなハイドロメーターがないだろうか、という問い合わせがありました。温度の変化を自動的に換算するようなコンピューター式のハイドロメーターを作るのは可能でしょうが、現在使われている通常のものより、はるかに値が張るのは確かである、と答えました。燃料のグラヴィティというものゝ概念を理解していないのではないかとと思われる人達から様々な質問がなされますが、この面白い問い合わせは、こうした一連の質問の中でも新しい類のものと言えましょう。かつて、T型フォードを駆り、その車に適正な燃料給油を受けるためのハイドロメーターを常時携帯していた、そういう時代の私達の祖父達にとって極めて基本的なものであった問題を、現在に至って理解していない沢山の人々がいるというのは不思議ではありませんか。これは文明の逆行です。

ディーラーに全責任を委ねて航空燃料を扱ってもらうのが米国での傾向ですが、他にも同様の国があると思います。燃料のグラヴィティについて思い煩った経験などなかった人々が、今ではこの概念を理解しなければならないと気付くようになってきました。ところが、誤解の数の多さたるやまことに驚くほどです。従って、本号ではグラヴィティの問題を徹底的に再検討し、かつ API グラヴィティ、スペシフィック・グラヴィティ（比重）、レラティヴ・デンシティ（相対濃度）そして燃料のウェイト（重さ）の間の違いについて説明を加えることゝ致します。

これらの測定方法は全て燃料の重さを表わす手段です。航空燃料のエンジンにとって燃焼される燃料のグラヴィティがどうであろうと、それは實際上あまり問題ではありません。燃料のグラヴィティあるいはウェイトを計る理由は、それが燃料の違いを識別するに役立つ簡単な方法であるからです。レラティヴ・デンシティが 0.84 であるとしたら、重すぎるという理由から、それはジェット燃料ではないと断定できます。おそらく、いやきつとディーゼル油か No.2 燃料であろうということになります。他方、出荷されたジェット燃料の API グラヴィティが 45 である筈のところ、実際の計測では 49 だとすると、その燃料は何か他の物質で汚染されているのではないかと疑う手掛かりになるわけです。たとえそれがジェット燃料のグラヴィティ範囲内にあるとしてもです。グラヴィティの問題に立ち入る前に、先ずその計測方法の違いについて述べましょう。

1. **レラティヴ・デンシティ**：（スペシフィック・グラヴィティとして知られていたもの）。水の目方で割った燃料の重量比。共に 60 F (15.6℃) の時。レラティヴ・デンシティ 0.84 の燃料は単純に水の重量の 84% に当る燃料ということです。水より重い燃料ならばそのスペシフィック・グラヴィティは 1 より大きいことになり、水より軽い場合は 1 より小さいということです。
2. **API グラヴィティ**：何年も前に米国石油協会 (API) によってオイルや燃料の最も重いものから最も軽いものまでを表わすため、0 から 100 までの段階を持つスケールを使う方法が採用されました。このスケールでは、グラヴィティを“ディグリー API”で表わしますが、通常我々が温度で云うディグリー（度）とは違います。勿論、温度も測定する必要があり、標準はレラティヴ・デンシティの場合と同じく 60 F です。
3. **燃料のウェイト**：燃料の目方はそのまゝポンドもしくはキログラムで決められます。これは通常パイロットが一番関心を持つ測定方法で、貨物が重い時に燃料を積みすぎて機がオーヴァーロードにならないよう確認しなければならないからです。目的地までの充分な燃料の量を知るのは勿論大切ですが、不必要な目方を運びたくはないでしょう。

4. デンシティ：メートル法での重量を云います。1 M³ 当りの Kg で表わし、標準温度は 15℃です。

燃料のグラヴィティあるいはウェイトを論じるのに何故温度の話をするのか、ということはすでにご承知の通り、温度により燃料が膨張あるいは収縮するからです。ちなみに、ジェット燃料 1 ガロン（約 3.78 リットル）は 100 F（約 37.8℃）で 6.58 ポンド（約 2.98kg）、0 F（約 -17.8℃）では 6.91 ポンド（約 3.13kg）の重さがあります。

製油所からの報告で、製造したバッチのジェット燃料が API グラヴィティの 43.8 度ということであれば、これは温度が 60 F 標準値の場合と分かります。もしハイドロメーターで API グラヴィティを計った時、温度が 85 F ならば、補正表により 60 F の値を求めなければなりません。この場合、その燃料が他の燃料で汚染されていないければ、ハイドロメーターの読みは API で 43.8 度となっていた筈です。

適切な API ハイドロメーターを選定するには、下に掲げた表を使えば ASTM の正しい番号が見つかります。例えば、AvGas の API グラヴィティを計りたいならば、ASTM ハイドロメーター 8H 又は温度計付きの 58HL が最適です。

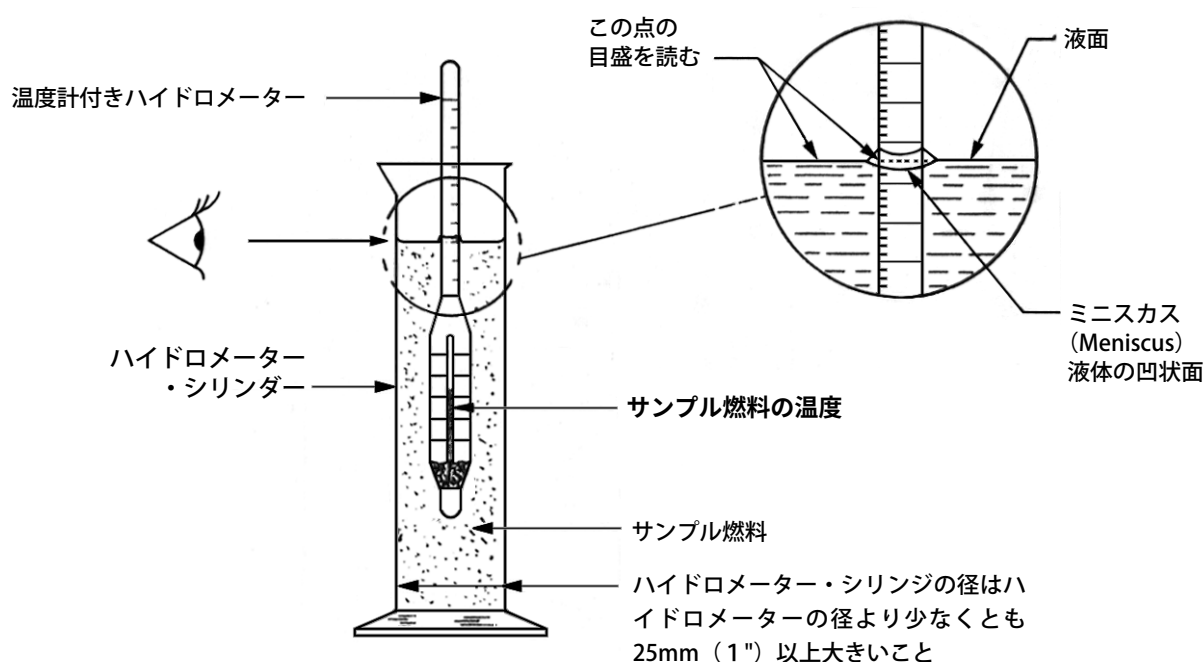
各種航空燃料用ハイドロメーター

	JET A、 JP-5、	JET A-1 JP-8	JET B、	JP-4	AvGas	
API ディグリー・レンジ	29-41	* 39-51	39-51	* 49-61	* 59-71	69-81
ハイドロメーター	4H	5H	5H	6H	7H	8H
温度計付きハイドロメーター	54HL	55HL	55HL	56HL	57HL	58HL
メートル法 デンシティ・レンジ	* 800/850	750/800	* 750/800	700/750	* 700/750	650/700
ハイドロメーター	315H	314H	314H	313H	313H	312H
温度計付きハイドロメーター	304H	303HL	303HL	302H	302H	301HL
＊印は記載の燃料に、より適したレンジのものであることを示す。 注：API グラヴィティは常に 60 °F を標準とする。温度計付きハイドロメーターを使わない場合、純正の ASTM 温度計は 12 F が指定品である。デンシティは常に標準温度が 15℃であり、ASTM 温度計は 12 C を使う。						

では、グラヴィティの正しい測定方法に行きましょう。テストする燃料のサンプルを採り、それをガラス又はプラスチック製の背の高い容器になっているハイドロメーター・ジャーに入れます。次にハイドロメーターをよく拭いてから燃料の中へ静かに入れます。ハイドロメーターはある所まで沈んで行って浮いた状態になります。燃料が重いと、ハイドロメーターは少ししか沈まず、軽い燃料では深く沈んで行きます。

古代ギリシャのアルキメデスの言葉を想起して下さい。「液体中のある物体を浮上させる力は置換される液体の重さに等しい。」ですから、液体の中にどれだけ沈んだかを読み取れる目盛を付したフロートにとって、ハイドロメーターという話は、うってつけの素晴らしい名前であります。実に“ハイドロ（水の）メーター” というものです。ハイドロメーターの胴に刻まれたスケールで液面と一致したところを正確に読み

ます。



別の温度計を使ってもよいし、温度計付きハイδροメーターを使うこともできます。後者は温度計が組み込まれているところから、“コンバイン(結合あるいは組み合わせ)型”という名称で知られています。ここで、ハイδροメーターに記されたグラヴィティと温度計の温度との2種類の数値に出会いました。アメリカ石油協会 (API) とアメリカ材料試験協会 (ASTM) との共同出版になる補正表が必要になります。様々な測定方法の1つについて、どの補正表を使うかは次の通りです。

測定方法	ASTM ハイδροメーター補正表
デンシティ、メートル法、 Kg/cm^3	第Ⅷ巻 表 53 B
API グラヴィティ、ディグリー	第Ⅱ巻 表 5B
レラティヴ・デンシティ	第Ⅴ巻 表 23B

温度 46.5 F で計測した API が 43.5 であったとします。補正表は 5B を使います。こうして測定した2種類の組み合わせは(補正表の) 155 頁にありますので、その一部をここに引き写します(次頁)。60 F に直したグラヴィティは 44.7 API になります。

この例題に於いて、もし補正後の測定値が前回になされた報告と比べて 0.3 API 以上の相違がある場合、もう一度調べるか、又は調査をするよう報告する、あるいはその両方を行うことが必要になります。汚染の恐れがあるからです。ちなみに、0.3 API はメートル法のデンシティで云うと、 $1.3\text{Kg}/\text{cm}^3$ 、そしてレラティヴ・デンシティならば 0.0013 にほぼ相当します。

燃料の重さの問題に戻しましょう。殆どのパイロットは補正された温度に基づくグラヴィティのデータを示されても混乱してしまいます。例えば、60 F に補正された 48.3 API グラヴィティを持つジェット燃料を給油した旨パイロットに告げても、それは飛行機に積んだ燃料が一体何ポンドあるいは何キログラムであるか、ということについては全く知らせてないわけです。もし燃料の温度が 90 F (約 32.2 C) であって、5,000 ガロン積載されているとしたら、その実際の重さは 32,255 ポンド (約 14.63 トン) と計算されます。一方、全く同じ燃料を 5,000 ガロン積んで、その時の燃料の温度が 40 F (約 4.4 C) であっ

たとえると、33,090 ポンド（約 15 トン）、すなわち 835 ポンド（378.75 キログラム）も重いことになります。給油時の実際の燃料の温度による lbs/gal か Kg/Liter で示されたグラヴィティ・データをパイロットが欲しがるのは、こういう理由からなのです。60 F に換えたグラヴィティ・データを与えられても、実際の重さを知るには一連の面倒な計算をしなければならいわけです。

まだ述べませんでした、ハイドロメーターにはこの他に非常に重要な用途があります。大量の燃料の所有権を委譲する場合の管理にあります。例えば、非常に暑い気候の港で燃料を積み込んだタンカーが、何日も掛かって非常に寒い気候の港に着いた時、積載していた燃料はその量にかなりの目減りがある、ということになります。燃料の売買がガロンなどの量によってなされた場合、この種の取り引きではかなりの損失が生じがちです。

結論すると、航空燃料を扱う方々としては、品質管理の道具としてグラヴィティというものを考えるよう推進されると良いわけです。すなわち、燃料が違ってないかどうかの識別に、又ある燃料が汚れていないか、あるいは他の燃料が混じっていないだろうか、等を知るのにそのグラヴィティが役立つことになります。

表 5 B、製品一般における
60°F への API 補正表

温度	計測温度での API グラヴィティ											温度
TEMP °F	40.0	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.0	TEMP °F
60°Fでの補正 API グラヴィティ												
45.0	41.2	41.7	42.3	42.8	43.3	43.8	44.3	44.8	45.3	45.8	46.3	45.0
45.5	41.2	41.7	42.2	42.7	43.2	43.7	44.3	44.8	45.3	45.8	46.3	45.5
46.0	41.1	41.7	42.2	42.7	43.2	43.7	44.2	44.7	45.2	45.7	46.3	46.0
→ 46.5	41.1	41.6	42.1	42.6	43.1	43.7	44.2	44.7	45.2	45.7	46.2	46.5
47.0	41.1	41.6	42.1	42.6	43.1	43.6	44.1	44.6	45.1	45.7	46.2	47.0
47.5	41.0	41.5	42.0	42.6	43.1	43.6	44.1	44.6	45.1	45.6	46.1	47.5
48.0	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.1	45.6	46.1	48.0
48.5	40.9	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.0	45.5	46.0	48.5
49.0	40.9	41.4	41.9	42.4	42.9	43.4	44.0	44.5	45.0	45.5	46.0	49.0

以下略

(ザ・ギャムグラム第 19 号一以上一)