



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	世界各国の軽油データをベースとした燃料性状因子の相互関係
Author(s)	宮本, 登; 山崎, 賢治
Citation	北海道大學工學部研究報告, 175, 1-7
Issue Date	1995-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42462
Type	departmental bulletin paper
File Information	175_1-8.pdf



世界各国の軽油データをベースとした燃料性状因子の相互関係

宮 本 登 山 崎 賢 治

(平成 7 年 6 月 17 日受理)

Mutual Correlations among Various Properties for Worldwide Diesel Fuels.

Noboru MIYAMOTO and Kenji YAMAZAKI

(Received June 17, 1995)

Abstract

Various properties for worldwide diesel fuels were combined into a data base for use on a personal computer. Some relationships among fuel properties were analyzed and experimental equations were established to describe the relationships quantitatively. Fuel properties included density, viscosity, distillation temperature, cetane index, cetane number, aniline point, cloud point, aromatics content and sulphur content.

1. ま え が き

石油系燃料の中、とくに軽油は主としてディーゼル機関の燃料として世界各国で広範に使用されているが、その性状因子は機関の出力性能を始めとして、排出ガス等に対しても大きな影響を及ぼす重要な因子であり、これまで日本はもとより、世界的にもその性状に係わる規格等が変更されて来ている。

本稿は、世界各国で市場に出ている軽油の性状をデータベースとして、その性状因子間の相互関係について系統的な検討を試みたものである。

検討に供したデータは、Exxon chemical 社で 1988 年から 1993 年に亘って発刊されて来た "Winter Diesel Fuel Quality Survey" から抽出した。軽油の種類としては 2000 種程度であり、それらに対する各種性状因子をパソコンのデータベースとした後、各因子間の相互関係ならびに最小二乗法による相関式などを求めることにより軽油の各性状因子の特性について検討した。

なお、以下に述べる燃料性状の中、燃料密度は 15°C の、また動粘度は 20°C の値をそれぞれ用いた。

2. 動粘度と留出温度の関係

動粘度は燃料の基本性状の一つである。まず、動粘度と各留出温度との関係について図 1～図 3 に示す。これらの図にみられる様に、世界各国の軽油を包括してみた場合、動粘度 Vis は各種

留出温度の中でも特に50%留出温度,つまり平均留出温度 T_{50} に対して明瞭かつ良好な正の相関を示すことがわかる。一方, T_{50} より低い留出温度 T_{20} あるいは高い T_{90} と動粘度との相関は良好とは言えない。すなわち, 燃料の動粘度 $Vis(cSt)$ は, 特に $T_{50}(^{\circ}C)$ に対して若干のバラツキが見られるものの, 良好な相関関係を示しており, データの最小二乗法から両者の間には, 次の様な関係式が与えられる。

$$T_{50} = 6.31 \cdot \ln(Vis) + 175$$

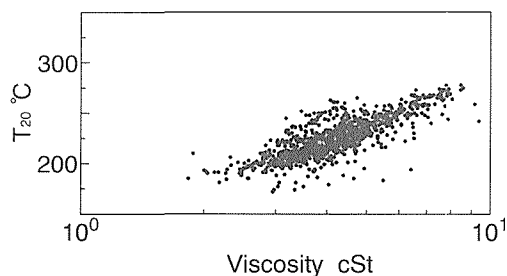


図1 20%留出温度 T_{20} と動粘度

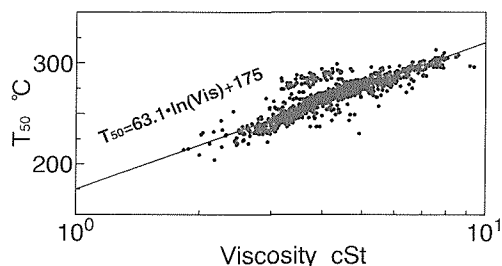


図2 50%留出温度 T_{50} と動粘度

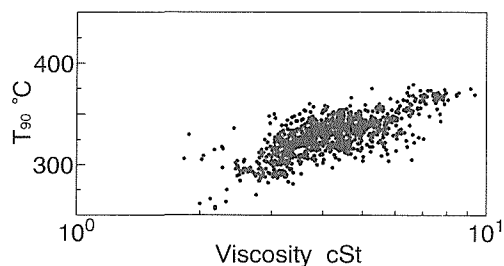


図3 90%留出温度 T_{90} と動粘度

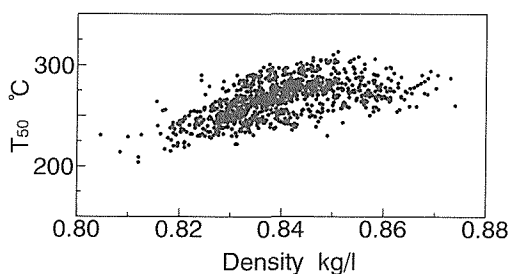


図4 密度と50%留出温度 T_{50}

3. 燃料密度, 50%留出温度, セタン指数, 動粘度間の相互関係

燃料密度も, 燃料の物性あるいは性状を記述する上で, 根本的な因子の一つである。

図4に, 燃料密度 Den と50%留出温度 T_{50} との関係を示す。両者の間にはかなり大きな幅あるいはバラツキが存在するものの, 全体として良好な正の直線関係が認められる。

なお, 密度との関係が最も明瞭に認められるのは, 特に50%留出温度 T_{50} であって, T_{50} 以外の留出温度, 例えば T_{20} , T_{90} あるいは最終留出温度 FBP などに対する密度の相関は必ずしも良好ではない。

そこで, 図4にみられる T_{50} と Den との関連でのバラツキあるいはデータの幅に内在する燃料物性の差異について検討した結果を図5に示す。この場合, パラメータとしてセタン指数 CI を用いて T_{50} と密度 Den との関係について検討した。

図において、セタン指数が同一であれば、 T_{50} とDenとの相関は極めて明瞭な正の直線関係になると同時に、CIが高いほど T_{50} は上昇していることが明らかである。

更に、先に述べた様に、 T_{50} は動粘度とも密接な関連を有することから、動粘度をパラメータとした T_{50} とDenとの関係を図6に示す。

図に見られる様に、 T_{50} とDenとの関係は、動粘度をパラメータとすることによって、より一層明瞭になると共に、 T_{50} の上昇により動粘度は全般に増加する特性を示すが、動粘度一定の条件下では、Denの増加に対する T_{50} は、動粘度が高い場合は減少の、また低い場合には増加の傾向をそれぞれ示すものの、いずれの場合もその程度は必ずしも大きなものではないと言える。

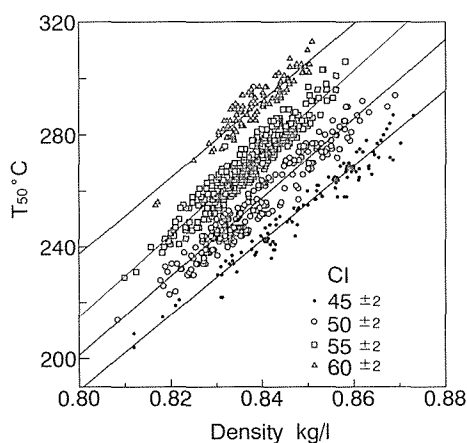


図5 セタン指数を変数とする密度と T_{50} の関係

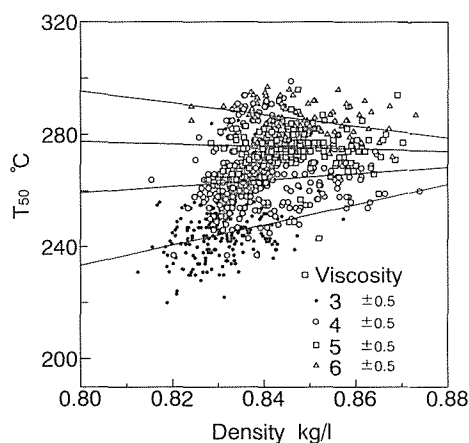


図6 動粘度を変数とする密度と T_{50} の関係

以上の結果を基に、動粘度とセタン指数をパラメータとして、 T_{50} と密度Denとの相互関係を総括した結果を図7に示す。図において、世界各国の市場軽油においては、 T_{50} 、密度、動粘度、セタン指数の4つの性状因子の中で、いずれか2つの因子が与えられれば、他の2つの因子は概ね決定されることが明らかである。

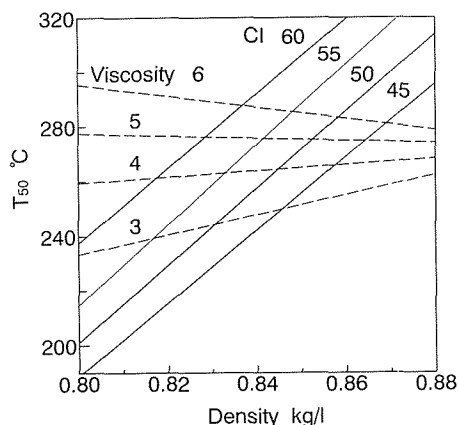


図7 密度、 T_{50} 、セタン指数および動粘度間の相互関係

4. 燃料密度と他の性状因子との関係

図8に、密度 Den とアロマチックス含有割合との関係を示す。全般的にみて、Den の増加に伴ってアロマチックス含有割合は若干ながら増加する傾向を示してはいるが、両者の間のバラツキはかなり大きく、また両者の関係に対する留出温度の影響も明確には認められない。

図9は、密度 Den と動粘度 Vis の関係を示すものである。Den の増加で Vis は明らかに上昇する特性を示している。この場合、Den の大きな領域には T_{50} の比較的高い点が多くみられ、またその点に対する動粘度も増加していることがみられる。

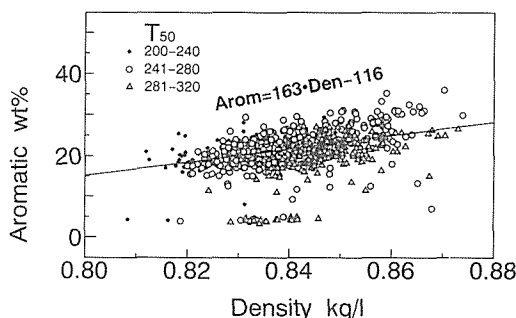


図8 密度とアロマチックス含有割合

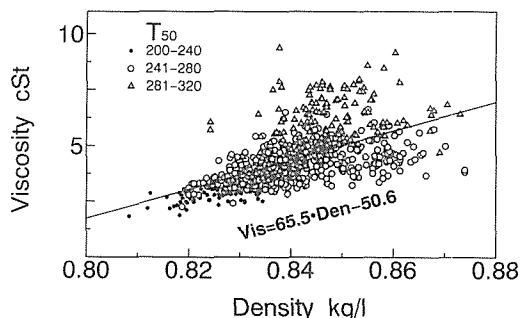


図9 密度と動粘度

図10には、密度と硫黄含有割合の関係を示すが、両者の間には明瞭な相関は殆ど認められない。

更に、図11に密度 Den とセタン価 CN の関係を示す。Den の増加によってセタン価は減少する傾向が全体として明らかに認められるが、その相関の程度は必ずしも大きくはない。なお、Den の増加にともなうセタン価の減少については、Den の増加によるアロマチックス含有割合あるいは T_{50} の増加からも、またアロマチックス含有割合増加によるアニリン点の低下からもそれぞれ推定し得る。

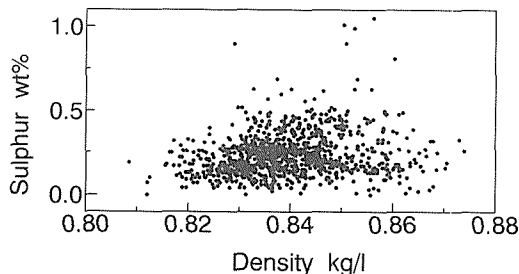


図10 密度と硫黄含有割合

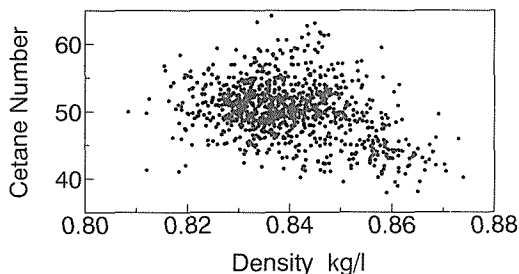


図11 密度とセタン価

5. セタン指数とセタン価との関係

燃料の着火性については、セタン指数 CI、セタン価 CN あるいはディーゼル指数 DI のいずれかによって評価されて来ている。

セタン指数 CI は、いくつかの燃料性状因子を基にして次式で算出される。

$$\begin{aligned} CI &= 0.49083 + 1.06577x + 0.001052x^2 \\ x &= 97.833(\log T^*_{50})^2 + 2.2088 \cdot G \cdot \log T^*_{50} + 0.01247 \cdot G^2 \\ &\quad - 423.51 \cdot \log T^*_{50} - 4.7808 \cdot G + 419.59 \end{aligned}$$

ただし、 T^*_{50} : 101.3kPa における50%留出温度(°F)

G : API 度 [=141.5/(60°F における比重) - 131.5]

また、ディーゼル指数 DI 次式で算出あるいは定義されている。

$$DI = A^* \cdot G / 100$$

ただし、 A^* : アニリン点(°F)

G : 燃料密度に対応して決められる API 度

すなわち、 G が一定の場合には、着火性はアニリン点によって影響を受け、あるいは評価されることもあり得よう。

図12に、通常その割合が高いと着火性が悪化されると言われるアロマチックス含有割合 Arom(wt-%)とアニリン点 $A(^{\circ}\text{C})$ との関係を示す。図においてアロマチックス含有割合が高いほど、アニリン点はほぼ直線的に低下していることから、着火性の低下が十分推定される。

なお、 A と Arom との関係はほぼ次式で記述できる。

$$A = -0.815 \cdot (\text{Arom}) + 83.4$$

一方、セタン価 CN は、着火性を示す一つの評価値として、CFR 標準機関により実験的に求められて来た。そこで、これら三者の関係を包括的に調査した結果を図13に示す。

図にみられる様に、セタン価とセタン指数あるいはディーゼル指数との間には若干のバラツキがみられるものの、かなり良好な正の直線関係が存在しており、その関係は概ね次式で示すことができる。

$$CI = 0.84(CN) + 10.6$$

$$DI = 0.93(CN) + 9.1$$

なお、図中にはこれらの式による計算値を実線および破線で示してあるが、同一セタン価に対してディーゼル指数はセタン指数よりも若干高い値となっている。

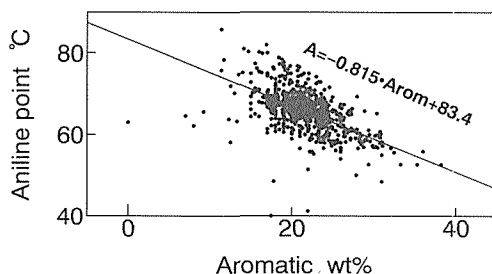


図12 アロマチックス含有割合とアニリン点の関係

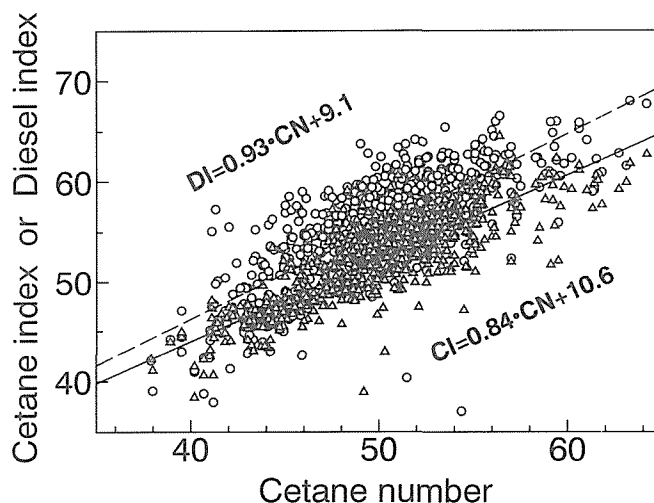


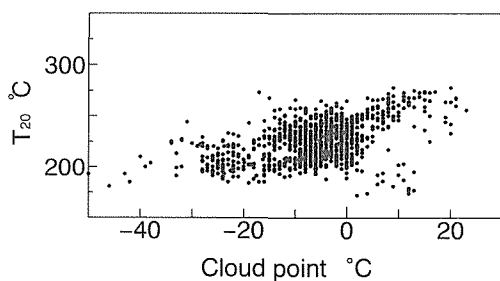
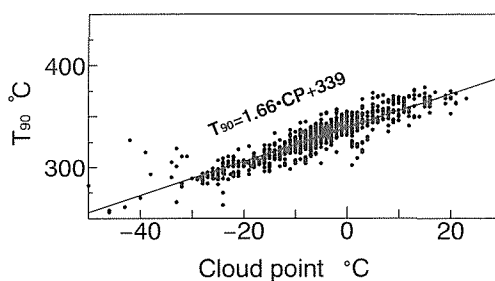
図13 セタン指数あるいはディーゼル指数とセタン価の関係

6. 曇り点と留出温度との関係

寒冷地において燃料の曇り点は、その流動上からも重要である。

曇り点に対して相関が高いと思われる性状因子として留出温度が考えられる。図14および図15に、各種留出温度と曇り点との関係を示すが、留出温度が高いほど、それと曇り点との相関が明瞭になると同時に、バラツキも少なくなっている。すなわち、例えば20%留出温度 T_{20} に比較して、90%留出温度 T_{90} (°C) は曇り点 CP (°C) に対して著しく明確な相関を示しており、両者の関係はデータの最小二乗法より次式の様に求められる。

$$T_{90} = 1.66(CP) + 339$$

図14 曇り点と T_{20} 図15 曇り点と T_{90}

7. む す び

本稿では、世界各国で使用されている軽油を対象にして、その燃料性状因子のいくつかについて相互関係を総括的に解明することを試みた。

結果を要約すると以下の通りである。

- 1) 燃料の動粘度は、種々の留出温度の中でも特に50%留出温度との相関が良好である。
- 2) 曇り点は、特に90%留出温度に対して良好な相関を示す。
- 3) 燃料の50%留出温度、密度、セタン指数、動粘度の中でいずれか二つの因子が与えられれば、他の二つの因子は決定される。
- 4) セタン指数あるいはディーゼル指数とセタン価との間にはリニアな正の相関が認められる。
- 5) アロマチックス含有量の増加によりアニリン点はほぼ直線的に減少する。

ここでは、数多くの燃料性状因子のデータをパソコン用のデータベースにすると同時に、その相互関係について検討したが、データ数が母集団として未だ十分ではない場合もあり、最小二乗法によって求めた式、あるいはその特性に精度上の問題が若干残った部分もあるが、今後更にデータの数を増加させ、信頼性の高い特性を抽出できればと考えている。

最後に、Exxon chemical 社から発行されているデータを提供いただいたエクソン化学(株)齊藤寿徳課長に感謝の意を表する。

参 考 文 献

Exxon chemical limited, Winter Diesel Fuel Quality Survey. 1988/89/90/91/92/93