

ボイラー排ガスの比熱 (その1)

Specific Heat of Boiler Exhaust Gas (Part 1)

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会

委員 八木橋多聞

(川重冷熱工業(株))

by Tamon Yagihashi

ボイラーの熱損失において、その大部分を占める排ガスによる損失熱量を算出する方法がJIS B 8222「陸用ボイラー熱勘定方式」に示されている。これは、排ガス量と排ガスの平均比熱および排ガス温度と基準温度の差から求めるものである。

$$L_1 = G \cdot c_g (t_g - t_0)$$

ここで

L_1 : 排ガスによる熱損失

[kJ/kg(または m^3N)—燃料]

G : 単位燃料量当たりの実際排ガス量

[m^3N/kg (または m^3N)—燃料]

c_g : 排ガスの平均比熱 [kJ/($m^3N \cdot K$)]

t_g : 排ガスの温度 [°C]

t_0 : 基準温度 [°C]

排ガスの平均比熱には $1.38kJ/(m^3N \cdot K)$ (湿り) が与えられているが、実際にはその組成や温度によって変化する。そこで、化石燃料はもとより副生成物、バイオマス、廃棄物といった昨今多様化してきている燃料にも対応できることを狙い、各種燃焼生成ガスごとの平均比熱をノモグラフとして提供する。

図1ではJANAF「Thermochemical Tables 3rd. Edition (1985)」を元に、 CO_2 や H_2O といった完全燃焼による生成ガス、過剰空気分として排出される O_2 および燃焼に寄与せず排出される「空気中の N_2 」それぞれの比熱を示した。空気は湿分

を含まない乾き空気とし、「空気中の N_2 」については「岩波理化学辞典第5版(1990)」より O_2 、Ar(アルゴン)、 CO_2 を求め残りを N_2 として、乾き空気の組成を以下とし、 O_2 を差し引いた残りの成分割合にて按分した比熱を用いている。

空気組成 [体積%]

O_2 : 20.948

N_2 : 78.081

Ar : 0.938

CO_2 : 0.033

計 : 100.000

空気中の N_2 組成 [体積%]

N_2 : 98.771

Ar : 1.187

CO_2 : 0.042

計 : 100.000

一方、実際の計算で使用するのは平均比熱であり、図1から $25^\circ C$ を基準とした平均比熱を求めたものが図2である。したがって、 $25^\circ C$ であれば比熱と平均比熱は一致する。

CO_2 を例にした場合、 $25^\circ C$ では比熱、平均比熱とも $1.657kJ/(m^3N \cdot K)$ であるが、 $150^\circ C$ では比熱が $1.881kJ/(m^3N \cdot K)$ 、平均比熱が $1.774kJ/(m^3N \cdot K)$ であることが分かる。

ボイラー排ガスの比熱 (その1)

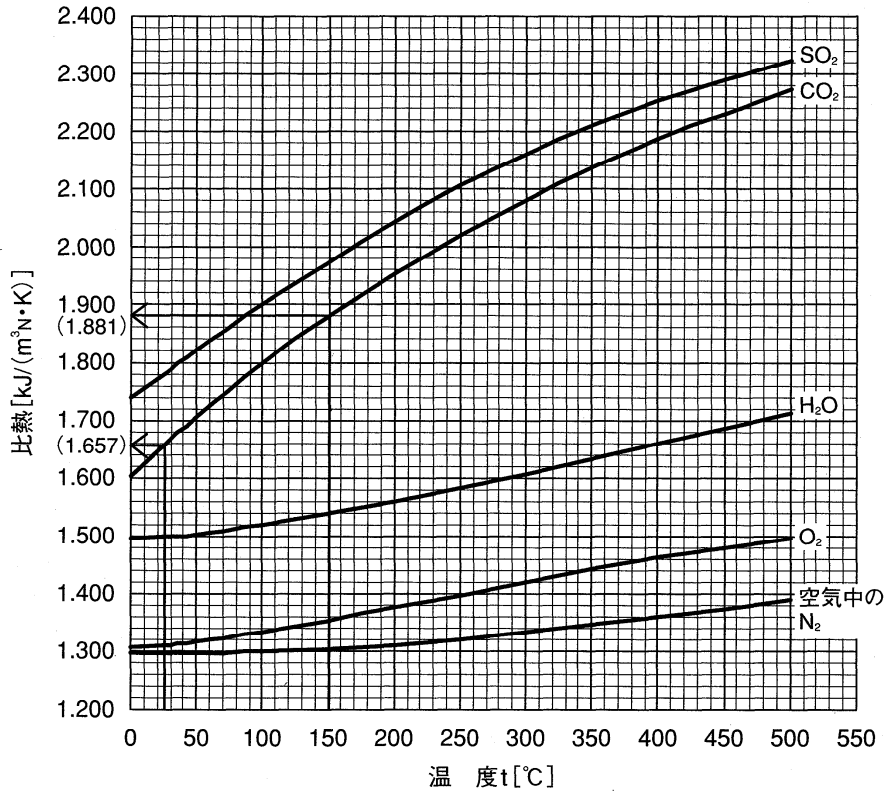


図1 各種ガスの比熱

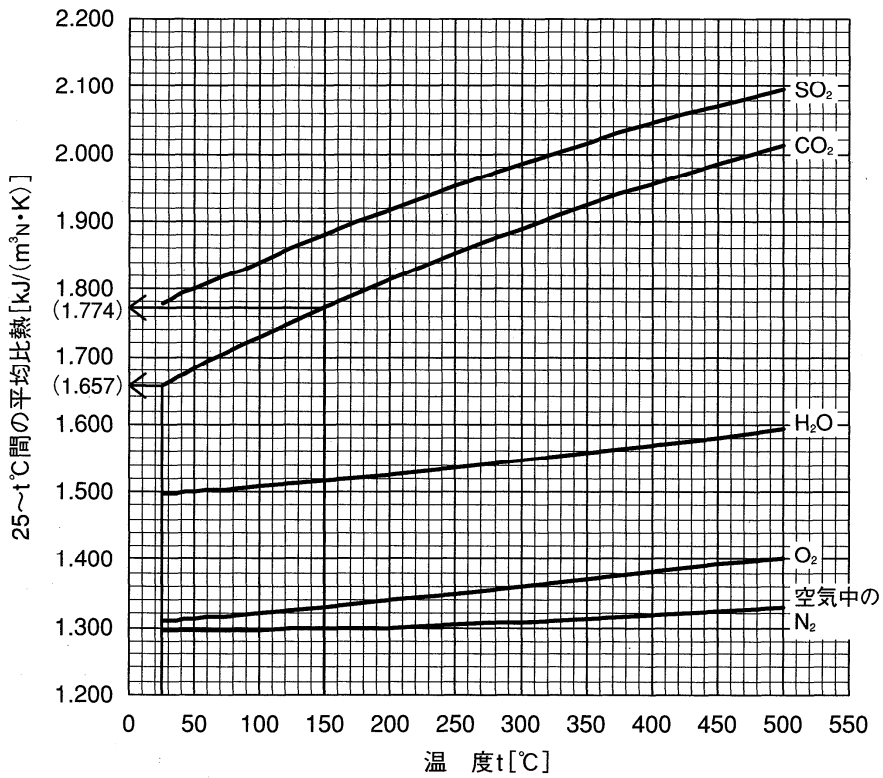


図2 各種ガスの平均比熱

ボイラー排ガスの比熱 (その2)

Specific Heat of Boiler Exhaust Gas (Part 2)

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会
委員 八木橋多聞
(川重冷熱工業株)
by Tamon Yagihashi

その1 (平成19年10月号) では、各種燃焼生成ガスごとの平均比熱をノモグラフに示した。今回は液体燃料からA重油を例にとり、空気比や排ガス温度をパラメータとした排ガスの平均比熱を提供する。

ここで、A重油の性状は以下とした。

組成 [質量%]

C : 87.5

H : 12.0

S : 0.5

計 : 100.0

また、空気組成や「空気中の N_2 」は、前回と同様に「岩波理化学辞典第5版 (1990)」によっている。

このA重油が燃焼した結果、各種理論ガス量と実際排ガス量は次である。

A_0 : 理論空気量 11.02 m^3N/kg 燃料

G_{d0} : 理論乾き排ガス量 10.35 m^3N/kg 燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 11.69 m^3N/kg 燃料

G_d : 実際乾き排ガス量
 $= G_{d0} + (m-1) \cdot A_0$ [m^3N/kg 燃料]

G_w : 実際湿り排ガス量
 $= G_{w0} + (m-1) \cdot A_0$ [m^3N/kg 燃料]

m : 空気比

また、空気中の O_2 割合として一般に用いられる概算値の21% [体積] を使用した各ガス量は次となる。

A_0 : 理論空気量 10.99 m^3N/kg 燃料

G_{d0} : 理論乾き排ガス量 10.32 m^3N/kg 燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 11.67 m^3N/kg 燃料

空気中の O_2 割合の扱い方によって排ガス量に違いがあるため損失熱量を算出する場合には留意

が必要であるが、排ガスの平均比熱としてはほとんど差がない。ここでは21% [体積] とした平均比熱を用いている。

図1は、乾き排ガスにおける排ガス温度と、25°Cを基準とした平均比熱である。パラメータには空気比 (m) をとり、1.0から1.5とした。また、図2は湿り排ガスにおけるグラフである。

排ガス温度200°Cの場合、乾き排ガスの平均比熱は空気比1.1で1.375 $kJ/(m^3N \cdot K)$ 、空気比1.3で1.364 $kJ/(m^3N \cdot K)$ である。一方、湿り排ガスでは空気比1.1で1.391 $kJ/(m^3N \cdot K)$ 、空気比1.3で1.379 $kJ/(m^3N \cdot K)$ となる。空気比が高くなるにつれて排ガスの成分割合が変化し、前回ノモグラフで示したように比較的比熱の高い CO_2 が減少するとともに比熱の低い O_2 が増加するため、全体として排ガスの平均比熱は低くなっていく。

さらに図2では、空気比1.2について湿り空気 (30°Cにおいて相対湿度80%) の場合の平均比熱を破線で示した。比熱の低い N_2 が大部分を占める排ガス中により比熱の高い H_2O 成分が増えることで平均比熱が高くなっている。

ボイラーの部分負荷も含めた実運転でよく見られる、湿り排ガスで150~300°C、空気比1.1~1.5の範囲では、平均比熱は1.363~1.408 $kJ/(m^3N \cdot K)$ にあることがわかる。JIS B 8222「陸用ボイラー熱勘定方式」で与えられている乾き空気および空気中の O_2 割合を21% [体積] とした湿り排ガスの平均比熱1.38 $kJ/(m^3N \cdot K)$ はほぼ中央値であり、その解説にあるようにボイラー効率算出への影響も大きくはない。しかし、燃料の性状や発熱量によっては無視できない場合もある。

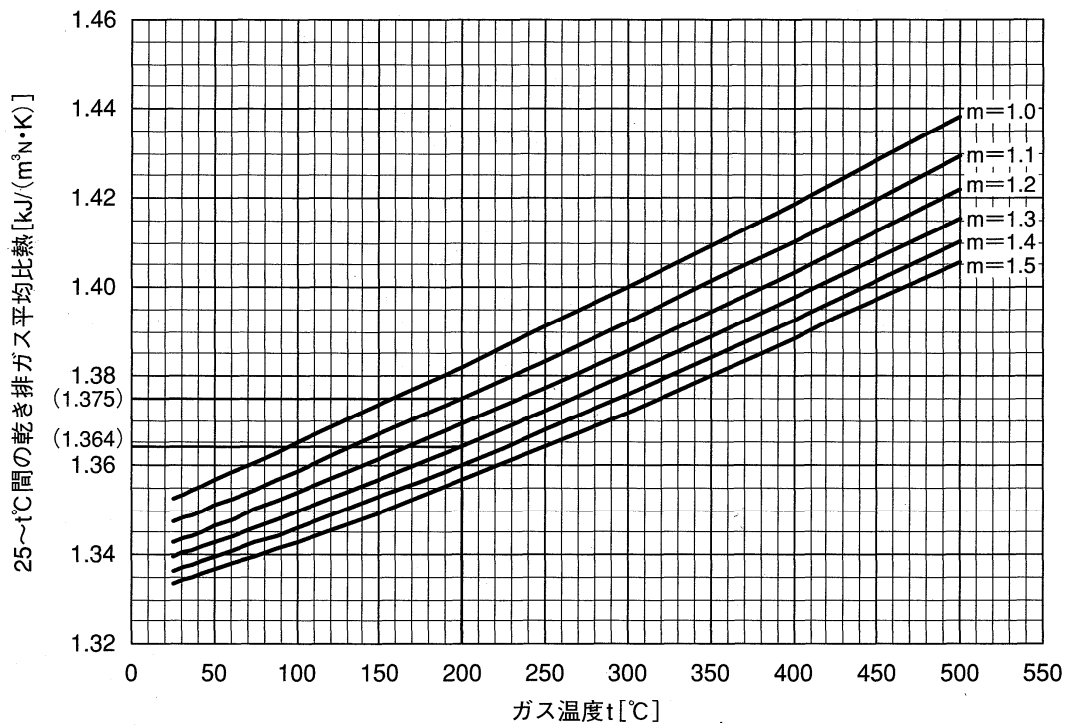


図1 乾き排ガスの平均比熱

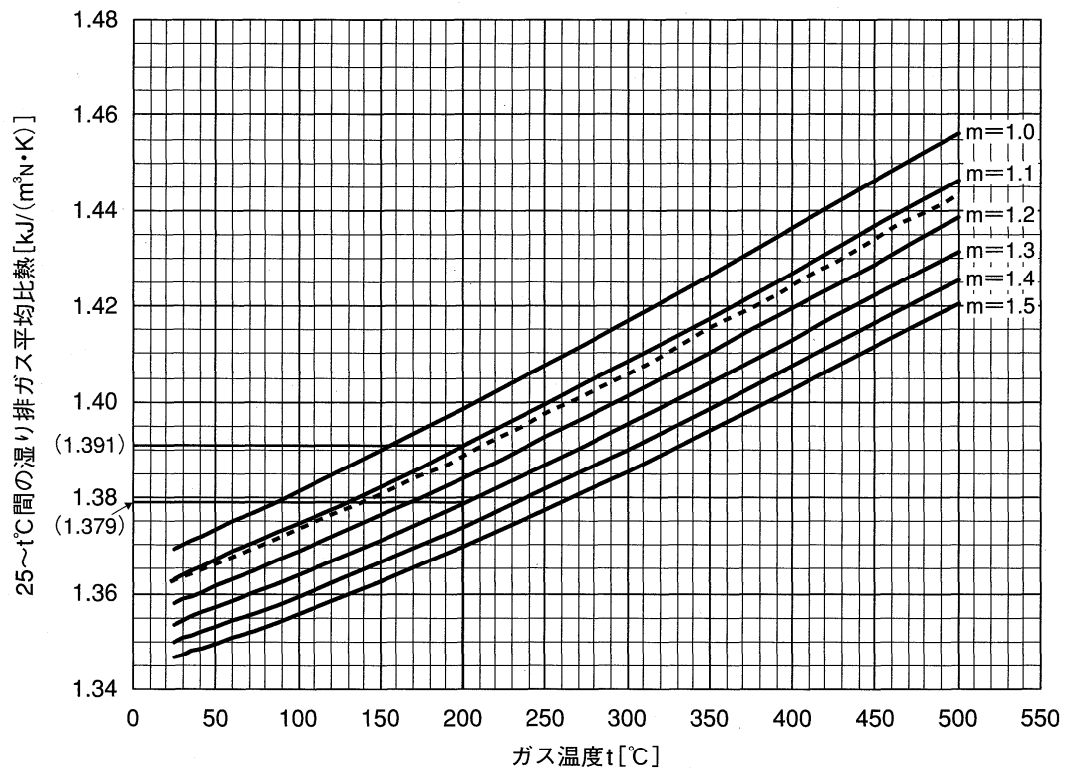


図2 湿り排ガスの平均比熱

ボイラー排ガスの比熱 (その3)

Specific Heat of Boiler Exhaust Gas (Part 3)

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会
委員 八木橋多聞
(川重冷熱工業(株))
by Tamon Yagihashi

前号 (平成19年12月号) では液体燃料からA重油を例に、空気比や排ガス温度をパラメータとして排ガスの平均比熱を示した。今回は、気体燃料から13Aガスを例としたノモグラフを提供する。

ここで、13Aガスの性状は以下とした。

組成	[体積%]
メタン (CH ₄)	: 89.60
エタン (C ₂ H ₆)	: 5.62
プロパン (C ₃ H ₈)	: 3.43
ブタン (C ₄ H ₁₀)	: 1.35
計	: 100.00

また、空気組成や「空気中のN₂」は、これまで同様に「岩波理化学辞典第5版 (1990)」に よっている (O₂=20.948体積%)。

この13Aガスが燃焼した結果、各種理論ガス量と実際排ガス量は次のとおりである。

A ₀ : 理論空気量	10.73m ³ N/m ³ N -燃料
G _{d0} : 理論乾き排ガス量	9.65m ³ N/m ³ N -燃料
G _{w0} : 理論湿り排ガス量	11.81m ³ N/m ³ N -燃料
G _d : 実際乾き排ガス量	= G _{d0} + (m-1) · A ₀ [m ³ N/m ³ N -燃料]
G _w : 実際湿り排ガス量	= G _{w0} + (m-1) · A ₀ [m ³ N/m ³ N -燃料]
m : 空気比	

また、空気中のO₂割合として一般に用いられる概算値の21体積%を使用した各ガス量は、次のとおりである。

A ₀ : 理論空気量	10.71m ³ N/m ³ N -燃料
G _{d0} : 理論乾き排ガス量	9.62m ³ N/m ³ N -燃料
G _{w0} : 理論湿り排ガス量	11.79m ³ N/m ³ N -燃料

やはり、空気中のO₂割合の扱い方によって排ガス量に違いがあり、損失熱量を算出する場合には留意する必要がある。しかし、排ガスの平均比

熱としてはほとんど差がなく、前回と同様ノモグラフには21% [体積] とした平均比熱を用いた。

図1は、乾き排ガスにおける排ガス温度と、25°Cを基準とした平均比熱のグラフである。パラメータには空気比 (m) をとり、1.0から1.5としている。また、図2は湿り排ガスにおけるグラフである。

前回のA重油と同じパラメータで排ガスの平均比熱を読み取ると、排ガス温度200°Cの場合、乾き排ガスの平均比熱は空気比1.1で1.357kJ/(m³N·K)、空気比1.3で1.349kJ/(m³N·K) である。また、湿り排ガスでは空気比1.1で1.386kJ/(m³N·K)、空気比1.3で1.375kJ/(m³N·K) となる。空気比が高くなるにつれて排ガスの成分割合が変化し、比較的比熱の高いCO₂が減少するとともに比熱の低いO₂が増加するため、全体として排ガスの平均比熱が低くなっていく傾向はA重油と同じである。

図2では、空気比1.2について燃焼空気中の水分 (温度30°C、相対湿度80%) を考慮した場合の平均比熱を鎖線で示した。ここでもA重油の場合と同じように、比熱の低いN₂が大部分を占める排ガス中に高い比熱をとるH₂O成分が増えることで平均比熱が高くなっていることがわかる。

ただし、A重油に比較して13Aガスの排ガス成分割合は、H₂Oが高いがCO₂が低いため、平均比熱は全体に低い値となっている。

特に13Aガス焚のボイラーでは、良好な燃焼性が得られること、低温腐食の問題が深刻ではないことなどから、排ガス温度100~150°C、空気比1.1~1.3の範囲での運転がよく見られる。この時の湿り排ガスの平均比熱は、1.362~1.378kJ/(m³N·K) である。これに比べ、JIS B 8222「陸用ボイラー熱勘定方式」で与えられている乾き空気

および空気中の O_2 割合を21体積%とした湿り排ガスの平均比熱 $1.38\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{N}\cdot\text{K})$ は若干高い値となる。同JISの解説にあるようにボイラー効率算

出への影響は大きくないが、精度を要する場合には排ガスの状態からその平均比熱も算出することが望ましい。

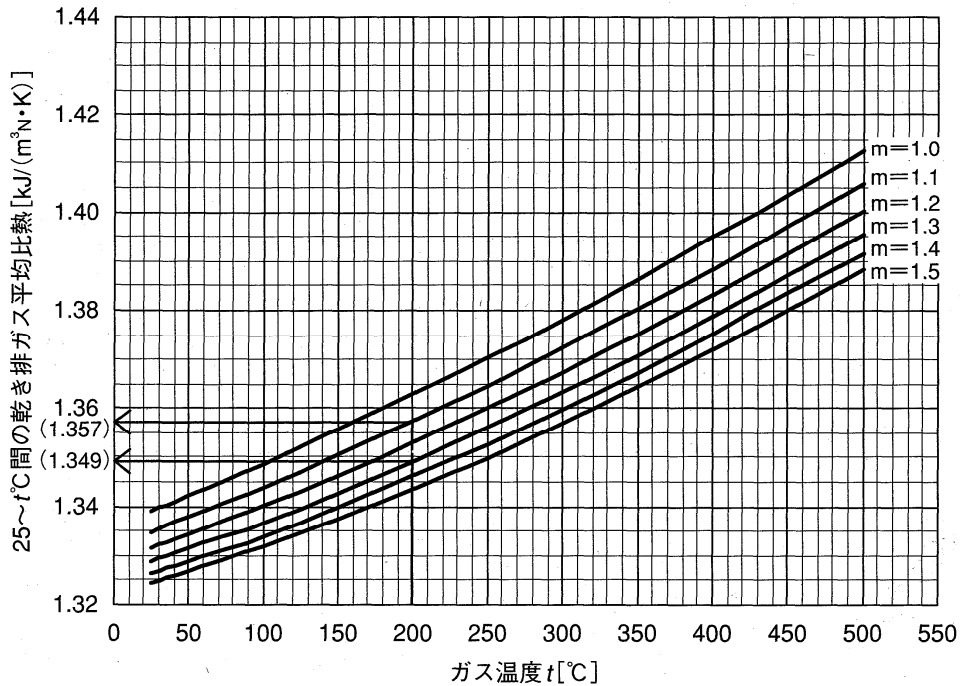


図1 乾き排ガスの平均比熱

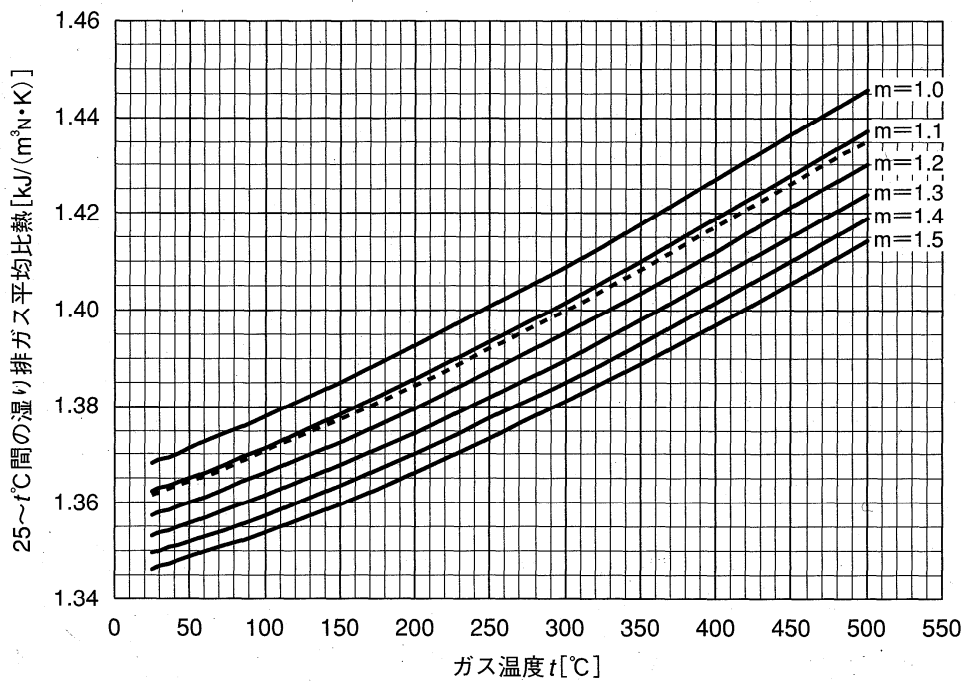


図2 湿り排ガスの平均比熱

ボイラー排ガスの比熱 (その4)

Specific Heat of Boiler Exhaust Gas (Part 4)

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会

委員 八木橋多聞

(川重冷熱工業株)

by Tamon Yagihashi

前号 (平成20年2月号) の都市ガス13Aに引き
いて気体燃料からLPGを例に、空気比をパラメ
タとした排ガスの平均比熱をノモグラフとして
供する。

LPGは一般に、プロパン (C_3H_8)、ブタン
(C_4H_{10})、それらの混合など、多様な供給状況で
る。ここではプロパンとブタン、それぞれ単体
の平均比熱を示す。混合の場合にはその割合で
分していただきたい。

プロパン (C_3H_8) 単体の場合

空気組成や「空気中の N_2 」を、これまでと同
く「岩波理化学辞典第5版 (1990)」による
($O_2=20.948$ 体積%) 理論空気量と理論排ガス
は次のとおりである。

A_0 : 理論空気量 23.87 m^3N/m^3N -燃料

G_{d0} : 理論乾き排ガス量 21.87 m^3N/m^3N -燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 25.87 m^3N/m^3N -燃料

また、空気中の O_2 割合として一般に用いられ
概算値の21体積%を使用した各ガス量は次のと
りである。

A_0 : 理論空気量 23.81 m^3N/m^3N -燃料

G_{d0} : 理論乾き排ガス量 21.81 m^3N/m^3N -燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 25.81 m^3N/m^3N -燃料

ブタン (C_4H_{10}) 単体の場合

同じく、空気組成や「空気中の N_2 」を「岩波
理化学辞典」による理論空気量と理論排ガス量
は次のとおりである。

A_0 : 理論空気量 31.03 m^3N/m^3N -燃料

G_{d0} : 理論乾き排ガス量 28.53 m^3N/m^3N -燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 33.53 m^3N/m^3N -燃料

一方、空気中の O_2 割合を概算値の21体積%と
した各ガス量は次のとおりである。

A_0 : 理論空気量 30.95 m^3N/m^3N -燃料

G_{d0} : 理論乾き排ガス量 28.45 m^3N/m^3N -燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 33.45 m^3N/m^3N -燃料

ノモグラフには、両者ともこれまで同様に空気
中の O_2 割合を21体積%とした平均比熱を用いて
いる。

図1は、プロパンの乾き排ガスにおける排ガス
温度と、25°Cを基準とした平均比熱のグラフであ
る。パラメータには空気比 m をとり、1.0から1.5
としている。また、図2は湿り排ガスにおけるグ
ラフである。

図3はブタンの乾き排ガスにおける排ガス温度
と、25°Cを基準とした平均比熱のグラフであり、
やはりパラメータには空気比をとって1.0から1.5
としている。また、図4は湿り排ガスにおけるグ
ラフである。

前号まで同様のパラメータで排ガスの平均比熱
を読み取ると、プロパンでは排ガス温度200°Cの
場合、乾き排ガスの平均比熱は空気比1.1で
1.365 $kJ/(m^3N \cdot K)$ 、空気比1.3で1.356 $kJ/(m^3N \cdot K)$
である。また、湿り排ガスでは空気比1.1で
1.388 $kJ/(m^3N \cdot K)$ 、空気比1.3で1.376 $kJ/(m^3N \cdot K)$
となる。

同じパラメータでのブタンは、排ガス温度
200°Cの場合、乾き排ガスの平均比熱は空気比1.1
で1.366 $kJ/(m^3N \cdot K)$ 、空気比1.3で1.357 $kJ/(m^3N \cdot K)$
である。また、湿り排ガスでは空気比1.1で
1.388 $kJ/(m^3N \cdot K)$ 、空気比1.3で1.377 $kJ/(m^3N \cdot K)$
となる。

両者とも、空気比が高くなるにつれて排ガスの
成分割合が変化し、比較的比熱の高い CO_2 が減少
するとともに比熱の低い O_2 が増加するため、全
体として排ガスの平均比熱が低くなっていく。ま
た、プロパンはブタンよりも排ガス中の CO_2 割合

が低いことで排ガスの平均比熱は低めである。

図2および図4では、空気比1.2について燃焼用空気中の水分(温度30℃, 相対湿度80%)を考慮した場合の平均比熱を鎖線で示した。比熱の低いN₂が大部分を占める排ガス中に、高い比熱をとるH₂O成分が増えることで平均比熱が高くなっていることがわかる。

前号の13A焚きのボイラーと同じく、湿り排ガスで100~150℃, 空気比1.1~1.3の範囲での実運転を想定すると、そのときの平均比熱はプロパン

で1.362~1.380kJ/(m³N·K), ブタンでは1.363~1.380kJ/(m³N·K)である。13Aほどではないが、JIS B 8222:1993「陸用ボイラー熱勘定方式」で与えられている乾き空気および空気中のO₂割合を21体積%とした排ガスの平均比熱1.38kJ/(m³N·K)は若干高い目であり、同JISの解説にあるようにボイラー効率算出への影響は大きくないものの精度を要する場合には、排ガスの状態からその平均比熱も算出することが望ましい。

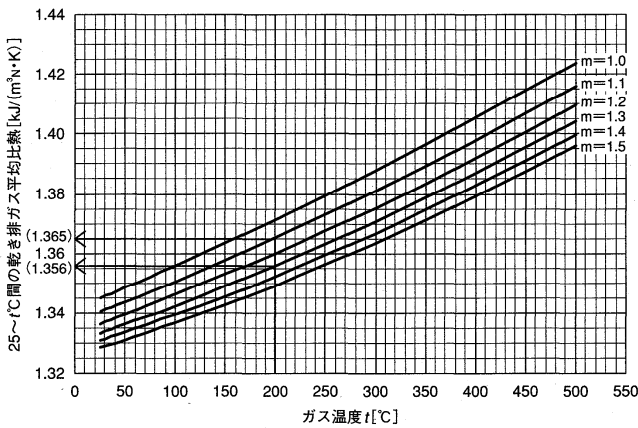


図1 乾き排ガスの平均比熱：プロパン (C₃H₈)

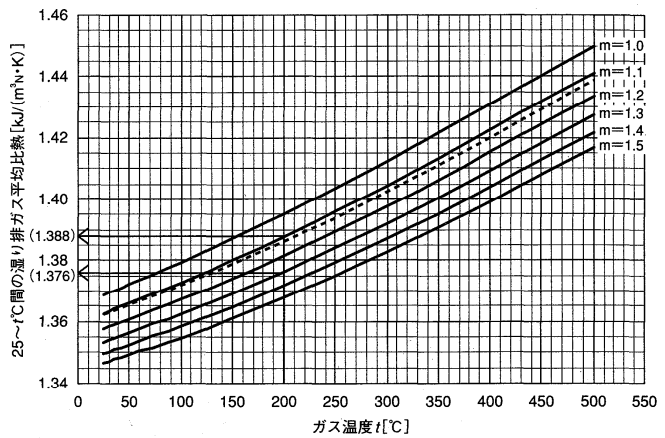


図2 湿り排ガスの平均比熱：プロパン (C₃H₈)

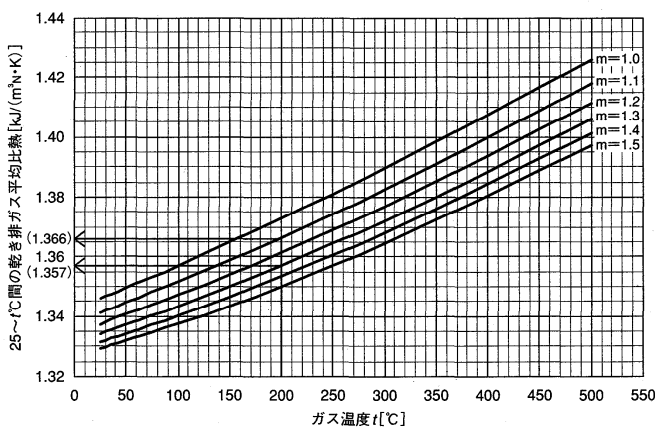


図3 乾き排ガスの平均比熱：ブタン (C₄H₁₀)

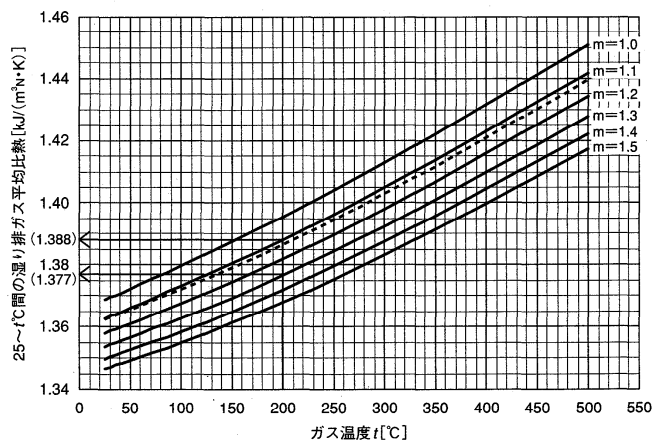


図4 湿り排ガスの平均比熱：ブタン (C₄H₁₀)

ボイラー排ガスの比熱 (その5)

Specific Heat of Boiler Exhaust Gas (Part 5)

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会
委員 八木橋多聞
(川重冷熱工業株)
by Tamon Yagihashi

今月号では固体燃料から石炭を例にとり、空気比をパラメータとした排ガスの平均比熱をノモグラフとして提供する。

ここでは豪州炭を想定し、性状を以下とした。

石炭の性状

高発熱量 (気乾ベース*1) MJ/kg	28.5
工業分析 (気乾ベース) 質量%	
揮発分 (VM)	32.8
固定炭素 (FC)	51.5
灰分	11.6
水分	4.1
計	100.0
元素分析 (無水・無灰ベース*2) 質量%	
炭素 (C)	82.6
水素 (H)	5.2
酸素 (O)	9.7
窒素 (N)	1.9
燃焼性硫黄 (S)	0.6
計	100.0

注*1 室温において平衡状態となる水分を含有した石炭での分析ベース。

*2 水分と灰分を含まない石炭での分析ベース。

また、石炭はその取り扱いや保管の方法によって水分の割合が大きく変化するため、ボイラーへ投入直前の全水分を9.0質量%としたものを、『使用時ベース』とした。

使用時ベースの石炭性状

高発熱量 MJ/kg	27.04
低発熱量 MJ/kg	25.88
元素分析 質量%	
炭素 (C)	66.07
水素 (H)	4.16
酸素 (O)	7.76

窒素 (N)	1.52
燃焼性硫黄 (S)	0.48
灰分	11.01
全水分	9.00
計	100.00

ただし、この石炭の炭素の1%が未燃として、燃焼させた際の理論空気量と各種理論排ガス量は次のとおりである。

空気組成や「空気中のN₂」は、これまでと同じく「岩波理化学辞典第5版(1990)」(O₂=20.948体積%)によった場合は次のとおり。

A ₀ : 理論空気量	6.667m ³ N/kg -燃料
G _{d0} : 理論乾き排ガス量	6.501m ³ N/kg -燃料
G _{w0} : 理論湿り排ガス量	7.079m ³ N/kg -燃料

また、空気中のO₂割合として一般に用いられる概算値の21体積%を使用した場合は次のとおりである。

A ₀ : 理論空気量	6.651m ³ N/kg -燃料
G _{d0} : 理論乾き排ガス量	6.484m ³ N/kg -燃料
G _{w0} : 理論湿り排ガス量	7.062m ³ N/kg -燃料

ノモグラフには、これまで同様に空気中のO₂割合を21体積%とした平均比熱を用いている。

図1は、乾き排ガスにおける排ガス温度と、25℃を基準とした平均比熱である。パラメータには空気比mをとり、1.0から1.5としている。また、図2は湿り排ガスにおけるグラフである。

排ガス温度200℃の場合、乾き排ガスの平均比熱は空気比1.2で1.382kJ/(m³N·K)、空気比1.3で1.376kJ/(m³N·K)である。また、湿り排ガスでは空気比1.2で1.392kJ/(m³N·K)、空気比1.3で1.386kJ/(m³N·K)となる。空気比が高くなるにつれて比較的比熱の高いCO₂が減少するとともに比熱の低いO₂が増加するため、全体として排ガ

スの平均比熱は低くなっていく。また、図2では、空気比1.2について湿り空気 (30℃において相対湿度80%) の場合の平均比熱を鎖線で示した。これもこれまで同様に、比熱の低いN₂が大部分を占める排ガス中に高い比熱をとるH₂O成分が増えることで平均比熱が高くなっていることがわかる。

石炭は、これまでの他の燃料に比べて排ガス成分のCO₂の割合が高いため、排ガスの平均比熱も

全体に高い値となっている。

石炭を燃料とするボイラーで、排ガス温度200～250℃、空気比1.2～1.5の範囲での実運転を想定すると、そのときの湿りガスの平均比熱は図2から、1.368～1.401kJ/(m³N・K) である。JIS B 8222「陸用ボイラー熱勘定方式」で与えられている乾き空気および空気中のO₂割合を21体積%とした排ガスの平均比熱1.38kJ/(m³N・K) は、他の燃料と比べて低目となるので留意が必要である。

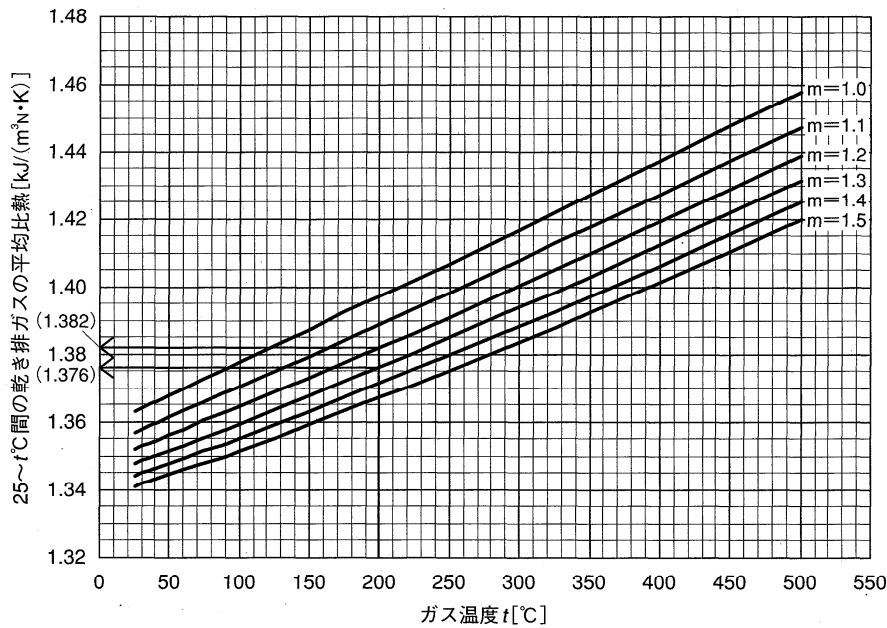


図1 乾き排ガスの平均比熱

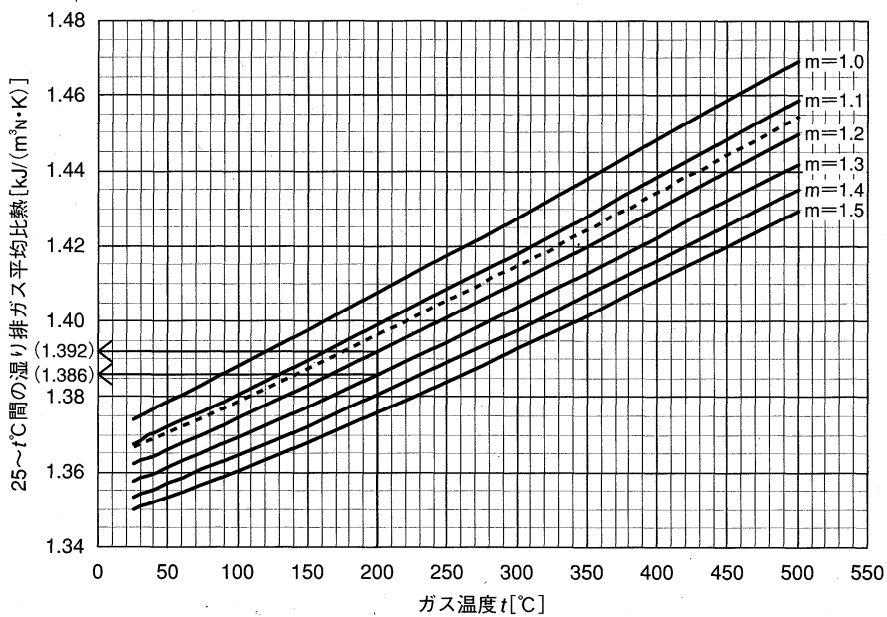


図2 湿り排ガスの平均比熱

ボイラー排ガスの比熱 (その6)

Specific Heat of Boiler Exhaust Gas (Part 6)

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会

委員 八木橋多聞

(川重冷熱工業(株))

by Tamon Yagihashi

今般、経済性はもちろんCO₂削減、循環型エネルギー利用の観点から多様な燃料が用いられている。これらには各種バイオマス、産業廃棄物などが代表されるが、前回の石炭と同様の固体燃料の一種として今回は廃材チップを取り上げ、空気比をパラメータとした排ガスの平均比熱をノモグラフとして提供する。

廃材チップにはチップ工場由来のものを想定し、性状を以下とした。

廃材チップの性状

・高発熱量 (無水ベース*1)	18.8MJ/kg
・工業分析 (無水ベース)	[質量%]
揮発分 (VM)	84.9
固定炭素 (FC)	14.2
灰分	0.9
計	100.0
・元素分析 (無水・無灰ベース*2)	[質量%]
炭素 (C)	51.00
水素 (H)	5.80
酸素 (O)	43.00
窒素 (N)	0.15
硫黄 (S)	0.05
計	100.00

注*1 水分を含まない状態での分析ベース

*2 水分と灰分を含まない状態での分析ベース

また、石炭と同様、その取り扱いや保管の方法によって水分の割合が大きく変化するため、ボイラーへの投入直前の全水分を53.4質量%としたものを『使用時ベース』とした。

使用時ベースの性状

・高発熱量	8.84MJ/kg
・低発熱量	6.82MJ/kg

・元素分析	[質量%]
炭素 (C)	23.55
水素 (H)	2.68
酸素 (O)	19.86
窒素 (N)	0.07
硫黄 (S)	0.02
灰分	0.42
全水分	53.40
計	100.00

この廃材チップの炭素1質量%が未燃として、燃焼させた際の理論空気量と各種理論排ガス量は次のとおりである。空気組成や「空気中のN₂」は、これまでと同じく「岩波理化学辞典第5版(1990)」(O₂=20.948体積%)によっている。

A₀ : 理論空気量 2.063m³N/kg -燃料

G_{do} : 理論乾き排ガス量 2.052m³N/kg -燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 3.017m³N/kg -燃料

また、空気中のO₂割合として一般に用いられる概算値の21体積%を使用した場合は次のとおりである。

A₀ : 理論空気量 2.058m³N/kg -燃料

G_{do} : 理論乾き排ガス量 2.047m³N/kg -燃料

G_{w0} : 理論湿り排ガス量 3.012m³N/kg -燃料

ノモグラフには、これまで同様に空気中のO₂割合を21体積%とした平均比熱を用いている。

図1は、乾き排ガスにおける排ガス温度と、25℃を基準とした平均比熱である。パラメータには空気比mをとり、1.0から1.5としている。また、図2は湿り排ガスにおけるグラフである。

排ガス温度200℃の場合、乾き排ガスの平均比熱は空気比1.2で1.390kJ/(m³N・K)、空気比1.5で1.373kJ/(m³N・K)である。また、湿り排ガスでは空気比1.2で1.428kJ/(m³N・K)、空気比1.5で

1.410kJ/(m³N·K) となる。空気比が高くなるにつれて比較的比熱の高いCO₂が減少するとともに比熱の低いO₂が増加するため、全体として排ガスの平均比熱は低くなっていく。

図2では、空気比1.2について、30℃において相対湿度80%の湿り空気を考慮した場合の場合の平均比熱を鎖線で示した。これもこれまで同様に、比熱の低いN₂が大部分を占める排ガス中に高い比熱をとるH₂O成分が増えることで平均比熱が高くなっていることがわかる。

また、前回の石炭よりもさらに排ガス成分の

CO₂の割合が高いため、排ガスの平均比熱も全体に高い値となっている。

廃材チップを燃料とするボイラーで、排ガス温度200~250℃、空気比1.2~1.5の範囲での実運転を想定すると、そのときの湿り排ガスの平均比熱は図2から1.410~1.438kJ/(m³N·K) である。JIS B 8222「陸用ボイラー熱勘定方式」で与えられている乾き空気および空気中のO₂割合を21体積%とした湿り排ガスの平均比熱1.38kJ/(m³N·K) は、石炭にも増して実際より低い値となるので留意が必要である。

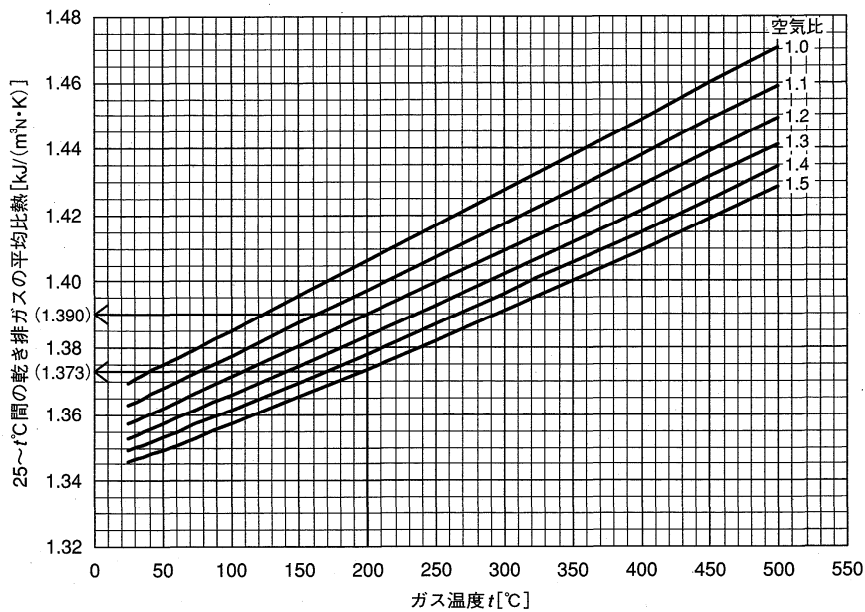


図1 乾き排ガスの平均比熱

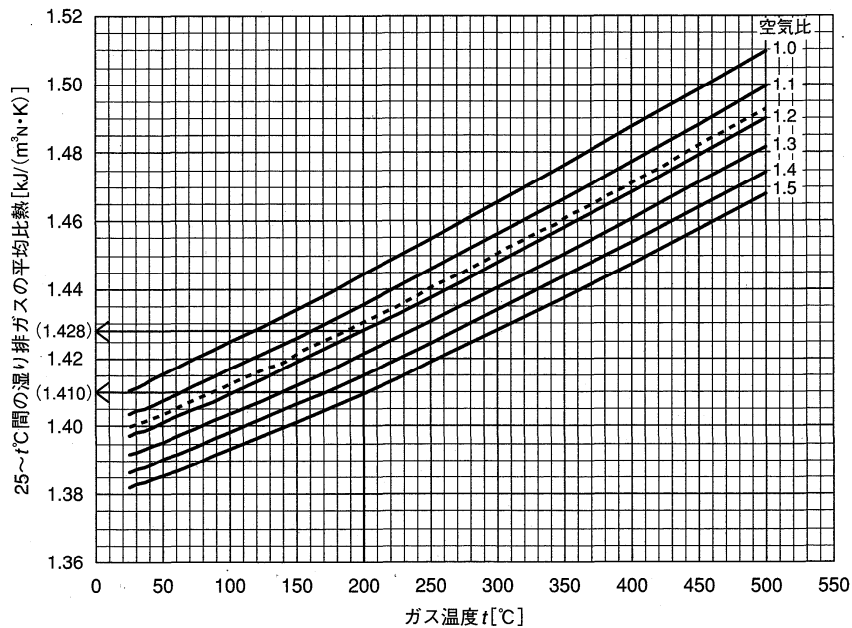


図2 湿り排ガスの平均比熱