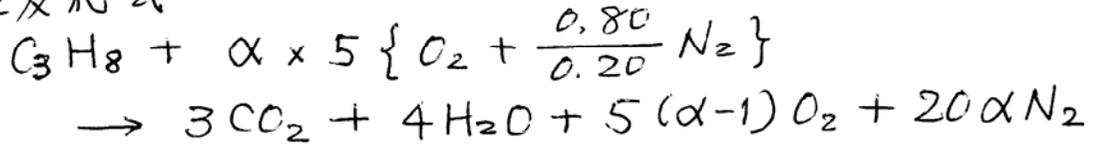


地球環境科学(第9回) 燃烧計算演習問題 解答 2005.1/6 (木)

1. 空気比を α , 排ガス中の CO_2 体積分率を Y とする.

完全反応式

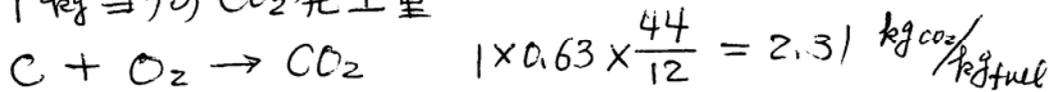


$$Y = \frac{5(\alpha-1)}{3+4+5(\alpha-1)+20\alpha} = \frac{5\alpha-5}{25\alpha+2}$$

$$\alpha = \frac{5+2Y}{5-25Y} = \frac{5+2 \times 0.03}{5-25 \times 0.03} = 1.19$$

答 1.19

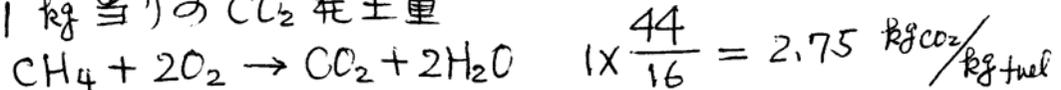
2. 石炭 1kg当りの CO_2 発生量



$$\text{発熱量当りの } CO_2 \text{ 発生量 } \frac{2.31}{26.5} = 0.0872 \text{ kg } CO_2 / \text{MJ} \text{ (A)}$$

天然ガス (メタン)

1kg当りの CO_2 発生量



$$\text{発熱量当りの } CO_2 \text{ 発生量 } \frac{2.75}{55.5} = 0.0496 \text{ kg } CO_2 / \text{MJ} \text{ (B)}$$

$$\text{(A)/(B)} = \frac{0.0872}{0.0496} = 1.76 \quad \text{答 } \underline{1.76 \text{ 倍}}$$

(B/A) = 0.569, 天然ガス燃焼では CO_2 は石炭の約6割)

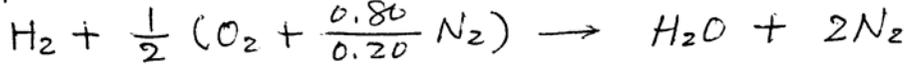
(別解)

	石炭	天然ガス
燃料中のCの質量割合	0.63	$\frac{12}{16} = 0.75$
発熱量 (MJ/kg)	26.5	55.5

燃料中のCはすべて CO_2 になるから.

$$\left(\frac{0.63}{26.5} \right) / \left(\frac{0.75}{55.5} \right) = \underline{1.76}$$

3. 水素の完全燃焼反応 ($\alpha = 1.0$)

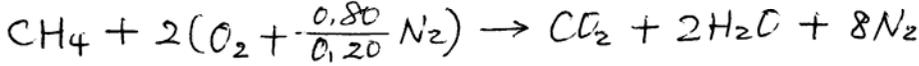


$$T_{bt} = T_0 + \frac{H_R}{\sum_i C_{p_i} V_i}$$

$$= 298 + \frac{10.8 \times 1000}{2.0 \times 1 + 1.5 \times 2}$$

$$= 298 + 2160 = \underline{2458 \text{ K (2185}^\circ\text{C)}}$$

メタンの完全燃焼反応式



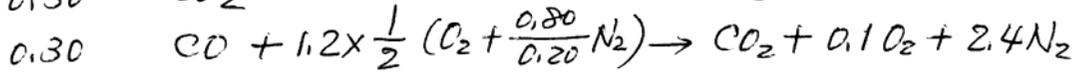
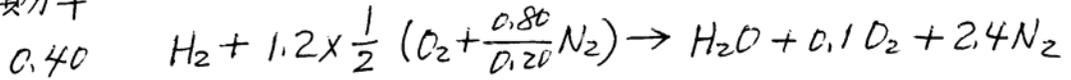
$$T_{bt} = 298 + \frac{35.8 \times 1000}{2.5 \times 1 + 2.0 \times 2 + 1.5 \times 8}$$

$$= 298 + 1935 = \underline{2233 \text{ K (1960}^\circ\text{C)}}$$

水素の T_{bt} が高い理由

燃焼に要する空気量が少く、燃焼ガス量が少い (熱容量が小さい) から。

4. 体積分率



ガス化燃料 1 m^3_{N} から生成する燃焼ガス組成

	CO_2	H_2O	O_2	N_2	Σ
m^3_{N}	$0.3 + 0.3$	0.4	$0.1 \times 0.4 + 0.1 \times 0.3$	$2.4 \times 0.4 + 2.4 \times 0.3$	
m^3_{N}	0.6	0.4	0.07	1.68	2.75

(1) 湿り燃焼ガス体積 $\frac{2.75 \text{ m}^3_{\text{N gas}}}{\text{m}^3_{\text{N fuel}}}$

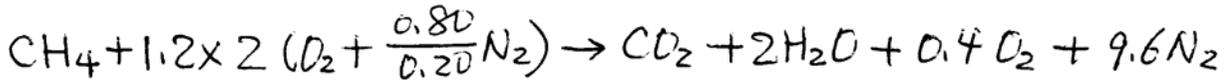
(2) CO_2 の体積分率 $\frac{0.6}{2.75} = 0.218, 21.8\%$

(3) $T_{bt} = 298 + \frac{(10.8 \times 0.40 + 12.6 \times 0.30) \times 1000}{2.5 \times 0.6 + 2.0 \times 0.4 + 1.6 \times 0.07 + 1.5 \times 1.68}$

$$= 298 + 1642 = \underline{1940 \text{ K}}$$

$$\underline{\underline{(1667}^\circ\text{C)}}$$

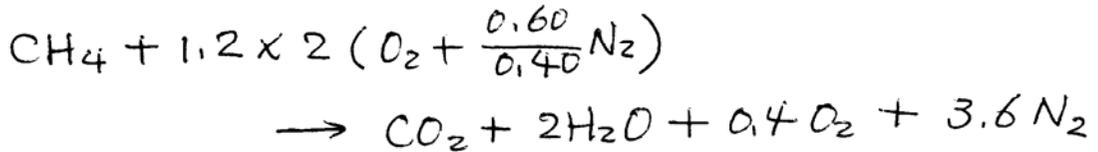
5. 通常空气燃烧



$$\begin{aligned} T_{bt} &= 298 + \frac{35.8 \times 1000}{2.5 \times 1 + 2.0 \times 2 + 1.6 \times 0.4 + 1.5 \times 9.6} \\ &= 298 + 1662 = \underline{1960 \text{ K (1687}^\circ\text{C)}} \end{aligned}$$

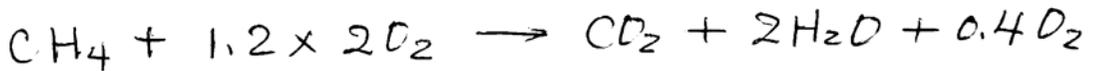
• 40% 酸素富化燃烧

($\text{O}_2: 0.40, \text{N}_2: 0.60$)



$$\begin{aligned} T_{bt} &= 298 + \frac{35.8 \times 1000}{2.5 \times 1 + 2.0 \times 2 + 1.6 \times 0.4 + 1.5 \times 3.6} \\ &= 298 + 2855 = \underline{3153 \text{ K (2880}^\circ\text{C)}} \end{aligned}$$

• 純酸素燃烧



$$\begin{aligned} T_{bt} &= 298 + \frac{35.8 \times 1000}{2.5 \times 1 + 2.0 \times 2 + 1.6 \times 0.4} \\ &= 298 + 5014 = \underline{5312 \text{ K (5039}^\circ\text{C)}} \end{aligned}$$

地球環境科学 演習問題 <必ず自分で解答し次回(1/6)に持参すること>

[燃焼計算]

1. プロパン (C_3H_8) を空気中で完全燃焼させたとき、排ガス中の O_2 濃度を分析したら体積分率で3%であった。このときの空気比 (空気過剰率) を求めよ。
2. 石炭を燃焼させる場合、天然ガスを燃焼させる場合に比べて、単位発熱量当たりの二酸化炭素発生量は何倍になるか求めよ。ただし、石炭の原炭基準の元素分析値 (wt%) は、C: 63.0 %, H: 5.0 %, O: 12.6 %, N: 1.1 %, S: 0.3 %, (灰分+水分): 18.0 % で、高発熱量は 26.5 MJ/kg である。また、天然ガスは100%メタンであり、高発熱量は質量基準で 55.5 MJ/kg である。
3. 水素およびメタンを空気比1.0で完全燃焼させたとき、それぞれの理論断熱燃焼温度 T_{bt} を求めよ。燃焼前の燃料および空気の温度は $T_0=298K$ (25°C) とする。また、単位体積当たりの発熱量はメタンの方が水素よりはるかに大きいにもかかわらず、 T_{bt} は水素の方が高い理由は何か。(体積基準で計算せよ)
4. 石炭をガス化して得られた燃料ガスの組成を測定したら、体積分率で H_2 が40%、 CO_2 が30%、 CO が30%であった。この燃料ガスを空気比1.2で完全燃焼させたとき、次の問に答えよ。ただし、燃焼前の燃料および空気の温度は $T_0=298K$ (25°C) とする。
 - (1) この燃料ガス 1 m^3_N 当たりの湿り燃焼ガス体積を求めよ。
 - (2) 湿り燃焼ガス中の CO_2 の体積分率を求めよ。
 - (3) 理論断熱火炎温度を求めよ。
5. メタン (CH_4) を酸素過剰率 (空気比) 1.2 で、通常空気中で燃焼させた場合と O_2 を40%に酸素富化した空気中で燃焼させた場合のそれぞれについて、理論断熱火炎温度を求めよ。また、 O_2 を富化するとなぜ火炎温度が大幅に上昇するのか理由を述べよ。燃焼前の燃料および空気の温度は $298K$ (25°C) とする。

上記の設問で、必要ならば次の値を用いよ。

通常空気中の体積分率	O_2 : 0.20, N_2 : 0.80
低発熱量 H_0 [MJ/ m^3_N]	H_2 : 10.8, CO : 12.6, CH_4 : 35.8
定圧比熱 C_p [kJ/ $m^3_N \cdot K$]	CO_2 : 2.5, H_2O : 2.0, O_2 : 1.6, N_2 : 1.5
(簡単のため比熱は温度によらず一定とする)	