

解説4. 自然気化消費における液温回復

バルク貯槽等の液温は、自然気化消費すると徐々に低下する。また、消費終了時の液温は、消費終了時の液相組成と圧力によって決まる。このように低下した液温が何時間で外気温に回復するかという問題は、特に連続消費時間が長い場合、発生能力の低下につながる可能性があるため重要である。そこで、KHKの実験データから自然気化消費における液温回復の問題を以下の通り検討する。

1. KHKの実験データ

1978年に実施されたKHKの「LPガス容器の発生能力に関する実験」データは、解・表19に示す通りである。尚、このデータは、総括伝熱係数の測定実験であるため、消費終了時の圧力を殆ど大気圧まで低下させている。

解・表 4.1 液温回復に関するKHKの実験データ

実験 No		Run1	Run2	
実験条件	容器	50 kg	50 kg	
	組成	C ₂ H ₆	0.1 mol%	0.1 mol%
		C ₃ H ₈	10.0	10.0
		i-C ₄ H ₁₀	27.4	27.4
		n-C ₄ H ₁₀	61.8	61.8
		C ₅ H ₁₂ ⁺	0.7	0.7
	風速	0.3 m/s	0.3 m/s	
	外気温	5 °C	5 °C	
	消費終了時圧力	0.1014 MPa	0.1014 MPa	
	残液量 (消費開始時)		20.0 wt%	30.0 wt%
		(消費終了時)	17.2 wt%	24.2 wt%
消費量		1.4 kg	2.88 kg	
連続消費時間		72 min	150 min	
最終液温		-8.6 °C	-9 °C	
液温回復 (実験結果)	時 間		温度	温度
	(min)	(h)	(°C)	(°C)
	0	0.00	-8.6	-8.8
	15	0.25	-6.2	-7.4
	30	0.50	-4.6	-6.2
	45	0.75	-3.5	-5.2
	60	1.00	-2.6	-4.3
	75	1.25	-1.8	-3.3
	90	1.50	-1.0	-2.6
	105	1.75	-0.5	-2.0
	120	2.00	0.0	-1.3
	135	2.25	0.5	
150	2.50	0.9		

2. LPガス容器に関する液温回復推算式の誘導

発生能力に関する基礎式(解2-1)式における左辺第二項 W_v は、LPガスの圧力上昇に伴って液相から気相に蒸発する量であるが、仮に、バルク貯槽等周囲からの入熱が全て液温上昇に費やされた(W_v を無視)とすると、次の液温回復式を得る。

$$T = T_a - (T_a - T_E) \exp(-\alpha\tau) \quad \dots\dots(\text{解 4-1})$$

ここで、 T_E : 消費終了時の液温 (K)

α : 本文(2)式の通り

尚、(解4-2)における各パラメータは、次の方法で計算するものとする。

- ・ LPガスの物性値 (L , C_p , ρ_p , ρ_v など) は、消費終了時の液温と外気温の平均温度における値とする。
- ・ 伝熱面積 (A) 及び液深さ (z) は、消費終了時の値とする。
- ・ 総括伝熱係数 (U) は、消費終了時の温度差をベースに計算する。

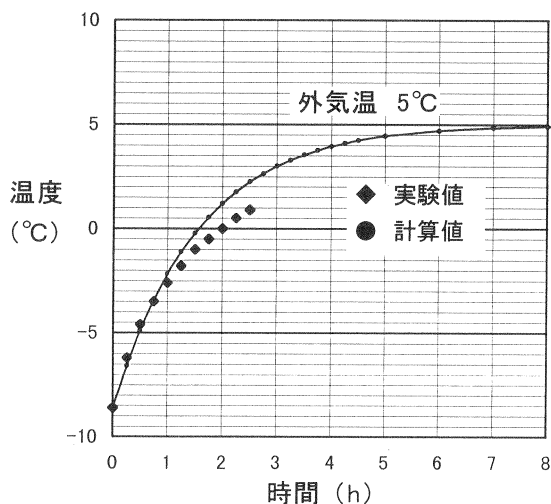
3. 自然気化消費における液温回復推算式の評価～KHK実験データとの比較

解・表4.1のKHK実験データと(解4-1)式による液温回復推算値の比較結果を解・表4.2及び解・図4.1, 解・図4.2に示す。

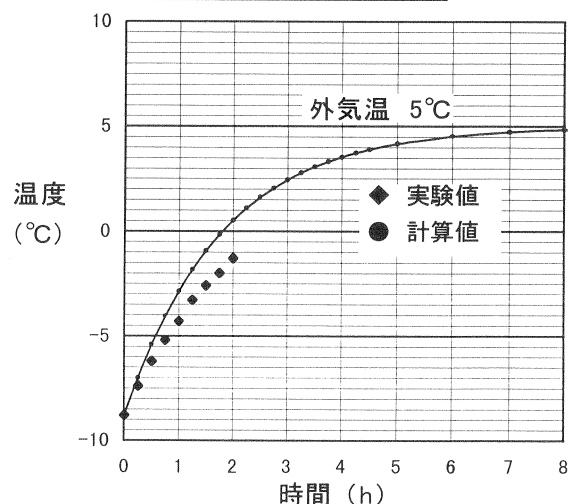
経過時間が長くなると計算結果と実験結果の差が大きくなるが、これは液温回復末期における総括伝熱係数が計算で想定した値よりも実際には小さいためと考えられる。

解・表4.2 液温回復に関する実験データと推算結果

時間 (h)	Run1			Run2		
	実験	計算	差	実験	計算	差
0.00	-8.6	-8.6	0.0	-8.8	-8.8	0.0
0.25	-6.2	-6.6	0.4	-7.4	-7.0	-0.4
0.50	-4.6	-4.9	0.3	-6.2	-5.4	-0.8
0.75	-3.5	-3.4	-0.1	-5.2	-4.1	-1.1
1.00	-2.6	-2.2	-0.4	-4.3	-2.9	-1.4
1.25	-1.8	-1.1	-0.7	-3.3	-1.8	-1.5
1.50	-1.0	-0.2	-0.8	-2.6	-1.0	-1.6
1.75	-0.5	0.5	-1.0	-2.0	-0.2	-1.8
2.00	0.0	1.2	-1.2	-1.3	0.5	-1.8
2.25	0.5	1.8	-1.3		1.1	
2.50	0.9	2.2	-1.3		1.6	
2.75		2.6			2.0	
3.00		3.0			2.4	
3.25		3.3			2.8	
3.50		3.5			3.1	
3.75		3.8			3.3	
4.00		3.9			3.5	
4.25		4.1			3.7	
4.50		4.2			3.9	
5.00		4.4			4.2	
6.00		4.7			4.5	
7.00		4.8			4.7	
8.00		4.9			4.8	



解・図4.1 液温回復 (Run1)



解・図4.2 液温回復 (Run2)