

# Technical Report

株式会社 Noble Engineer

正興 太子 様

2011 年 10 月 5 日

株式会社 Future Engineer

新川 智英

## 相談案件

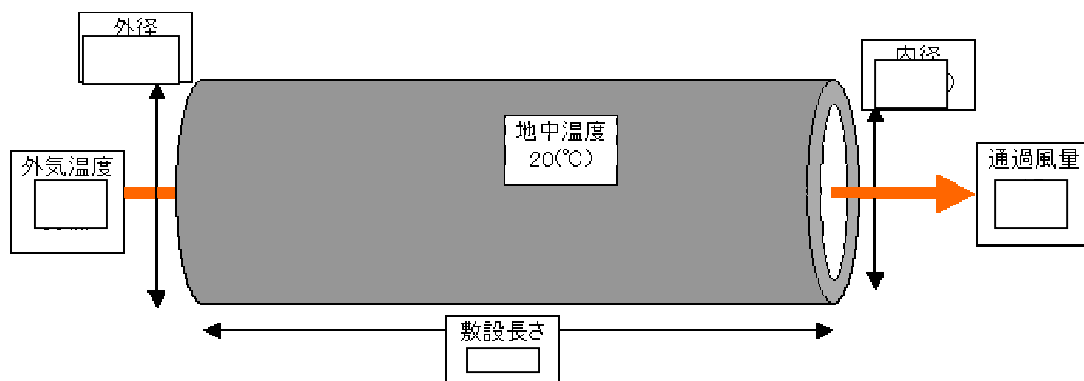
管内通過流体の出口温度算出および、計算プロセスの提示

## 現象

- 管 $d\phi$ が地中( $20^{\circ}\text{C}$ )に埋設され、その中に外気( $T^{\circ}\text{C}$ )を導入する。
- 埋設管塩化ビニール管外形 $D\phi$ 、肉厚  $t(\text{mm})$ 、敷設長さ: $L(\text{m})$ 。
- 外気温度 $T^{\circ}\text{C}$ 、60%、通過風量 $v(\text{m}^3/\text{h})$ 。
- 通過風出口温度の算出方法を提示希望。

この概略図を(図表 1)に示します。

(図表 1)



## 調査結果、説明

円管内壁と、流体との熱伝達率を算出する式を以下に示します。

$$Nu_d = xxxx$$

$$h_d = \frac{Nu_d \lambda}{d}$$

$$Re_d = \frac{ud}{\nu}$$

上式適用可能範囲

$$10^3 < Re_d < 10^7$$

ただし、

Nu<sub>d</sub>:ヌセルト数

Re<sub>d</sub>:レイノルズ数

Pr:プラントル数

h<sub>d</sub>:平均熱伝達率(W/m<sup>2</sup> K)

λ:空気熱伝導率(W/m K)

d:円管内径(m)

u:流速(m/sec)

d:円管内径(m)

ν:空気動粘性係数(m<sup>2</sup>/sec)

通過風量 15(m<sup>3</sup>/h)を円管内流速 0.66(m/sec)に変換した結果、空気温度と熱伝達率、算出に使用した物性値を図表 2 に記します。円管内空気が変化し得る温度範囲(20~32(°C))で、熱伝達率の変化は 3(%)未満であることから今回の案件では、熱伝達率は温度によって、(つまり流れ方向全体わたって)一定として計算可能と判断します。

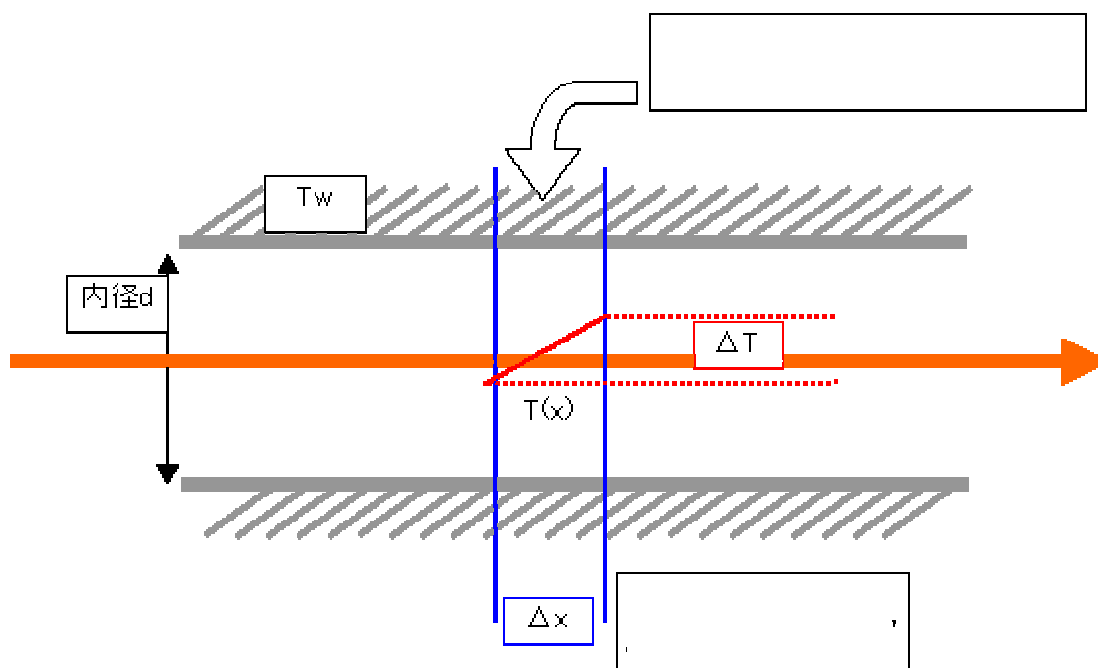
(図表 2)

$T(^{\circ}\text{C})$	Pr	$\rho$	$\nu$	$\lambda$	$\mu$	$Re_d$	$Nu_d$	$h_d$
20	0.72	1.19	1.54E-05	2.56E-02	1.83E-05	3.84E+03	15.33	4.37
21	0.72	1.18	1.55E-05	2.57E-02	1.83E-05	3.81E+03	15.25	4.35
22	0.72	1.18	1.56E-05	2.58E-02	1.84E-05	3.79E+03	15.18	4.35
23	0.72	1.18	1.57E-05	2.59E-02	1.84E-05	3.76E+03	15.10	4.34
24	0.72	1.17	1.58E-05	2.59E-02	1.85E-05	3.74E+03	15.02	4.33
25	0.72	1.17	1.59E-05	2.60E-02	1.85E-05	3.72E+03	14.95	4.32
26	0.72	1.16	1.60E-05	2.61E-02	1.86E-05	3.69E+03	14.87	4.31
27	0.72	1.16	1.61E-05	2.62E-02	1.86E-05	3.67E+03	14.81	4.30
28	0.72	1.16	1.62E-05	2.62E-02	1.87E-05	3.65E+03	14.73	4.29
29	0.72	1.15	1.63E-05	2.63E-02	1.87E-05	3.63E+03	14.66	4.28
30	0.72	1.15	1.64E-05	2.64E-02	1.88E-05	3.61E+03	14.59	4.27
31	0.72	1.15	1.65E-05	2.65E-02	1.88E-05	3.58E+03	14.52	4.27
32	0.72	1.14	1.66E-05	2.65E-02	1.89E-05	3.56E+03	14.45	4.26

## 円管出口温度算出方法の指針

円環軸方向の微小長さ  $\Delta x$  における、管内壁と流体との熱収支を図表 3 に示します。

(図表 3)



ただし、

$\Delta Q$ :単位時間に、 $\Delta x$  間で交換する熱量(W)

$T_w$ :壁面温度(K)

$T(x)$ :流体温度(軸方向  $x$  の関数)

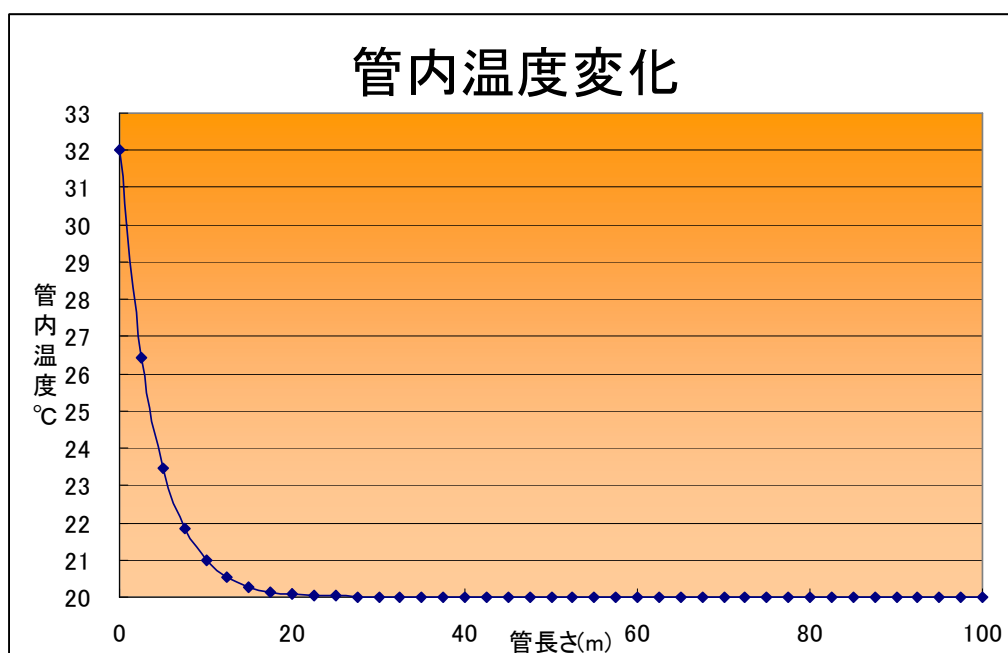
$\dot{m}$ :流体の質量流量(Kg/sec)

$c$ :比熱(J/Kg K)

$\Delta T$ : $\Delta x$  間での流体の温度上昇値

図中の微分形式の式を互いに積分し、境界条件を代入することにより、 $T(x)$ を求めることができ、それから、出口温度を算出可能です。

(図表 4)



## 結論

32(°C)の空気は、20(°C)の地中管を 100(m)通過すると地中へ熱が逃げることにより、  
20(°C)まで下がる。

ここで以下の仮定を用いています。

- ・ 空気は乾き空気として計算
- ・ 計算結果は、定常状態
- ・ 地中温度と管厚全域(5(mm)全域)にわたり、常に 20(°C)

以上