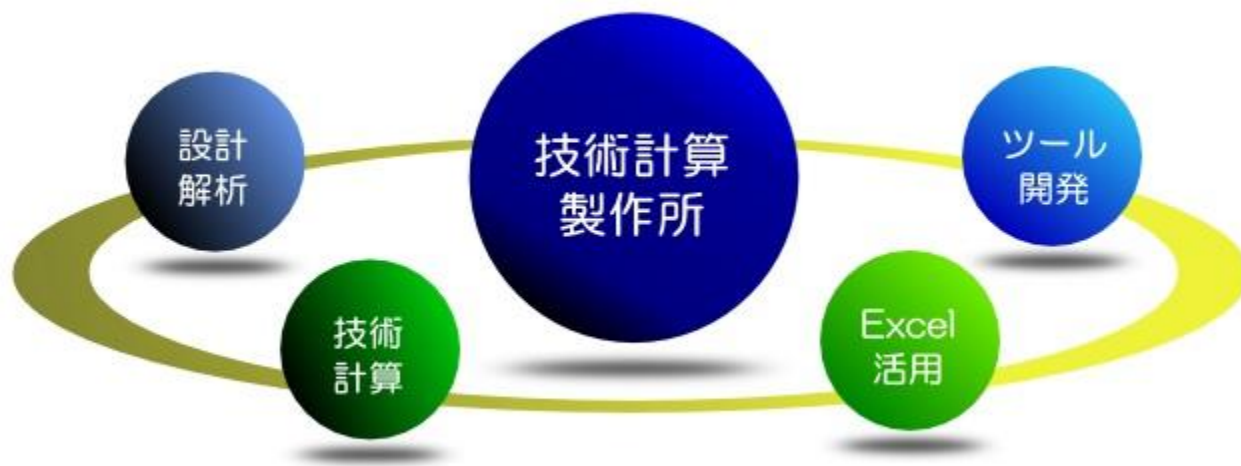


# 遠心ファン設計ツール



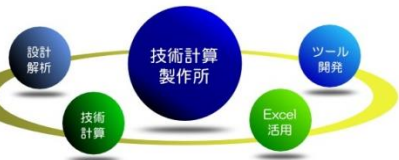
技術計算製作所

<http://gijyutsu-keisan.com/>

# 目次

---

1. 目的
2. 計算フロー
3. 入出力項目
4. 計算
5. 画面構成
6. 参考資料ほか

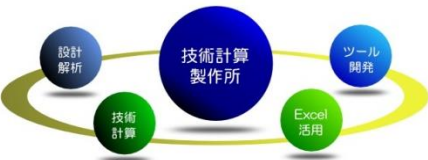


# 1. 目的

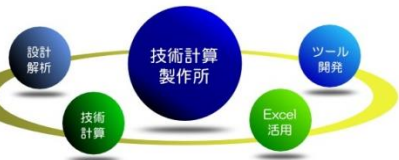
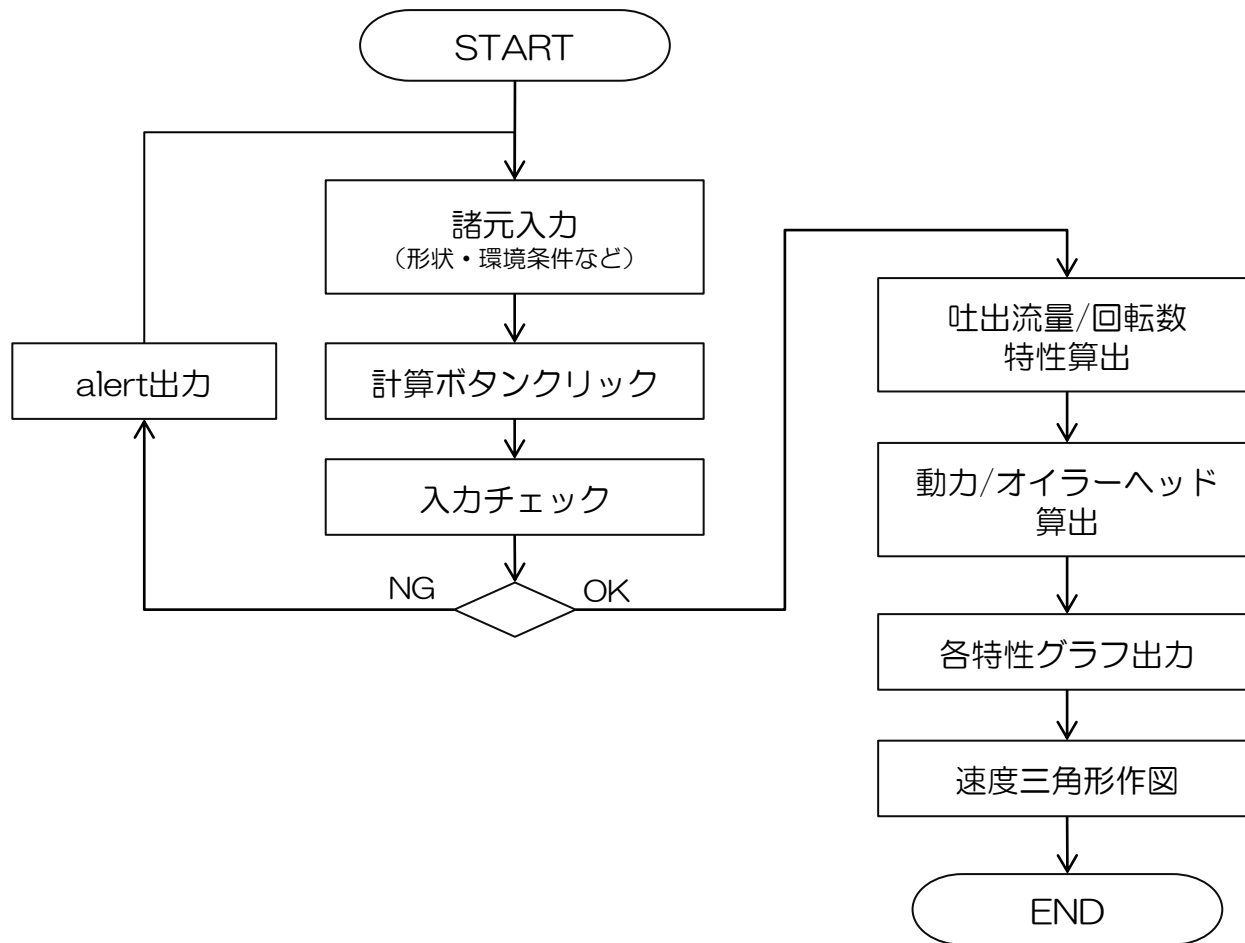
---

本ツールは、遠心ファンの簡易設計計算をWeb上で行う。

- (1) 遠心ファンの形状と使用条件が決まっていることを前提とし、吐出流量、動力、オイラーヘッド、比速度、速度三角形を出力する。
- (2) 形状パラメータのうち2個（暫定）を選択し、可変させることで吐出流量特性をグラフ上に出力する。



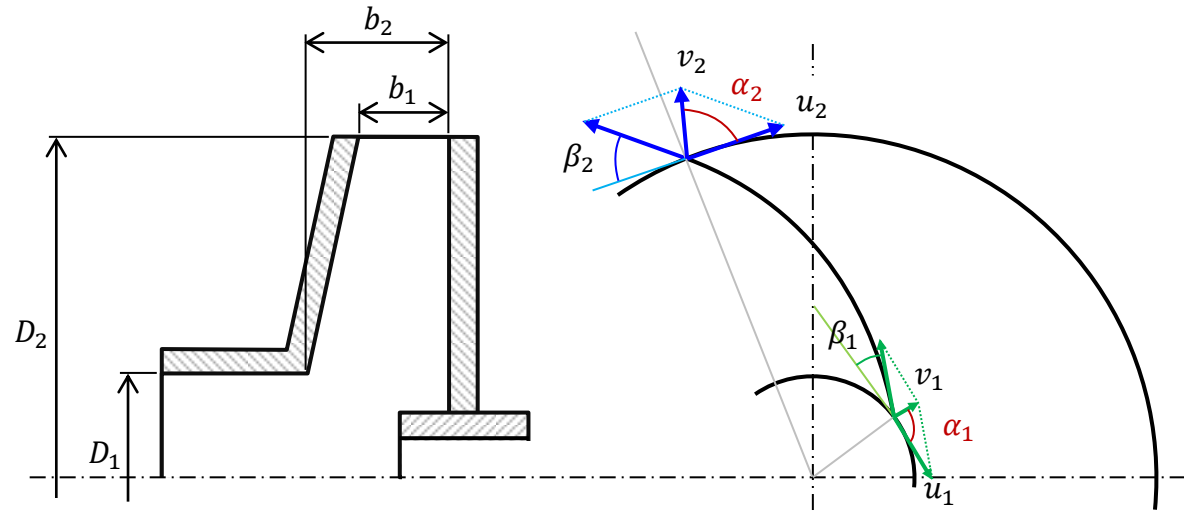
## 2. 計算フロー



# 3. 入出力項目

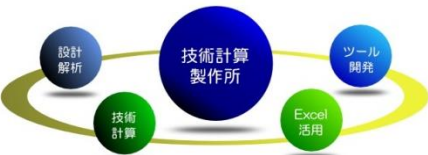
## (1) 入力項目

項目	記号	単位
形状		
羽根内径	$D_1$	mm
羽根外径	$D_2$	mm
羽根入口高さ	$b_1$	mm
羽根出口高さ	$b_2$	mm
羽根入口角度	$\beta_1$	deg
羽根出口角度	$\beta_2$	deg
羽根枚数	$Z_{fan}$	枚
羽根肉厚	$t_{fan}$	mm
使用条件		
ファン回転数	$N_{fan}$	r/min
流体密度	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>
流量効率	$\eta_q$	-
流体温度	$T_{emp}$	K
入口静圧	$P_{s1}$	kPa
出口静圧	$P_{s2}$	kPa



## (2) 出力項目

項目	記号	単位
要求仕様		
吐出量	$Q_{spec}$	l/min
すべり係数	$k$	-
オイラーヘッド	H	mm
動力	L	W
速度三角形 各速度成分 流入角	図示	



## 4. 計算

### 4. 1. 前提条件

1) 羽根車の回転数 $N_{fan}$  [rpm] は不変かつ一定

$$\rightarrow \text{角速度} : \omega = \frac{2\pi N_{fan}}{60}、\text{周速度} : u_i = \frac{D_i}{2} \omega = R_i \omega$$

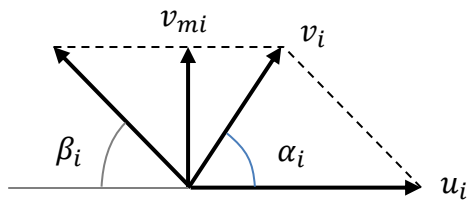
2) 入口流れに予旋回はない

3) 羽根枚数 $\infty$ 、羽根板厚0の理想状態での流入角 $\alpha_1 = 90^\circ$

4) 羽根が流体に与えるトルクは、流体の出口運動量と入口運動量の差で決まる

3)、4) については4.2節参照

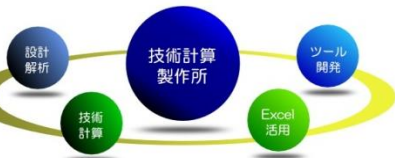
5) 速度線図は下図の通り（入口 / 出口共通）。



$$v_{mi} = v_i \sin \alpha_i = (u_i - v_i \cos \alpha_i) \tan \beta_i$$

$v_i$ を消去すれば

$$\tan \alpha_i = \frac{1}{\frac{u_i}{v_{mi}} - \frac{1}{\tan \beta_i}}$$



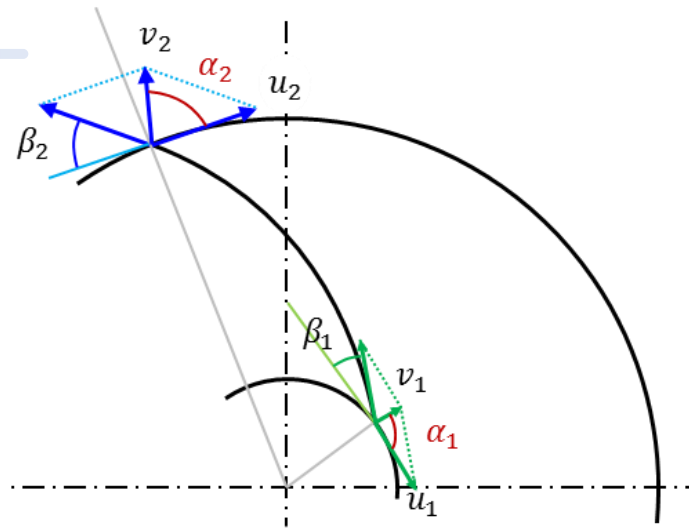
## 4. 計算

### 4. 2. 流体に与える仕事

吐出流量 $Q$ 、羽根入口/出口速度は右図に基づき  
入口/出口の流体に作用するトルクは

$$T_1 = \rho Q R_1 v_1 \cos \alpha_1$$

$$T_2 = \rho Q R_2 v_2 \cos \alpha_2$$



よって、羽根が流体に与えるモーメント $T$ は出口と入口のモーメント差で決まる。

$$T = T_2 - T_1 = \rho Q (R_2 v_2 \cos \alpha_2 - R_1 v_1 \cos \alpha_1)$$

このトルクによって得られる仕事と理論揚程 $H_{th}$ の間には次式が成り立つ。

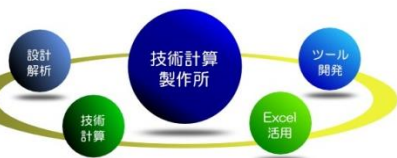
$$L = T\omega = \rho g Q H_{th}$$

$$\Leftrightarrow gH_{th} = (u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1) \quad \left( \because u_i = R_i \omega, \omega = 2\pi \frac{N_{fan}}{60} \right)$$

理論揚程を最大にする流入角 $\alpha_1$ は $90^\circ$ であるから、

$$\alpha_1 = 90$$

となるよう設計する。

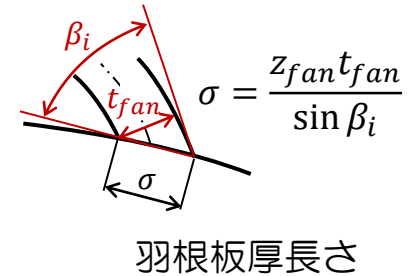


# 4. 計算

## 4. 3. 通過断面積と入口流量

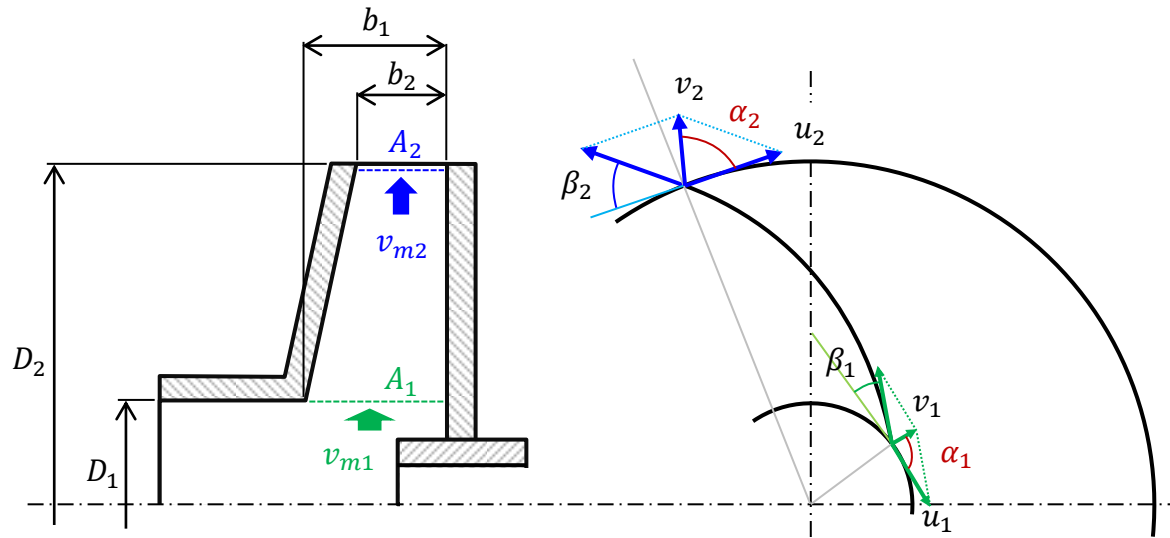
入口流路断面積 $A_1$ 、出口流路面積 $A_2$ は以下の通り。

$$A_i = \left( \pi D_i - \frac{z_{fan} t_{fan}}{\sin \beta_i} \right) b_i \quad (i = 1, 2)$$



メリディアン速度と流路断面積から流量は決まる。

$$Q_i = A_i v_{mi}$$





## 4. 計算

4. 4. 羽根枚数 $Z_{fan} \rightarrow \infty$ 、板厚 $t_{fan} = 0$ の理想状態（その1）

前提3) によって流入角 $\alpha_1 = 90^\circ$ 。

前提5) 速度線図の関係と周速度 $u_1$ が既知なことから、

$$v_{m1} = v_1 = u_1 \tan \beta_1, \quad w_1 = v_{m1} / \sin \beta_1$$

よって入口流量は、入口流路断面積 $A_1$ がわかっているので、

$$Q_1 = A_1 v_{m1} \quad (A_1 = \pi D_1^2 / 4)$$

今回は理想状態を考えるので、入口流量 = 出口流量 =  $Q_{ideal}$  とする。

すると、出口流路断面積 $A_1$ がわかっているので、出口メリディアン速度が決まる。

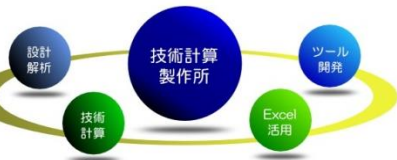
$$v_{m2} = Q_{ideal} / A_2 \quad (A_2 = \pi D_2^2 / 4)$$

前提5) の速度関係式から $v_2$ を消去して、流出角 $\alpha_2$ が決まる。

$$\tan \alpha_2 = \frac{1}{u_2 / v_{m2} - 1 / \tan \beta_2}$$

よって、出口絶対速度 $v_2$ 、相対速度 $w_2$ が決まる。

$$v_2 = v_{m2} / \sin \alpha_2, \quad w_2 = v_{m2} / \sin \beta_2$$



## 4. 計算

4. 4. 羽根枚数  $Z_{fan} \rightarrow \infty$ 、板厚  $t_{fan} = 0$  の理想状態（その2）  
羽根が流体に与えるトルクは流入角  $\alpha_1 = 90^\circ$  を考慮して、

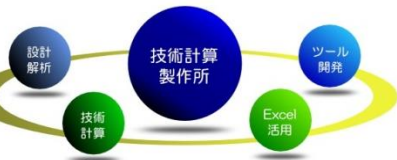
$$T_{qideal} = \rho Q_{ideal} R_2 v_2 \cos \alpha_2$$

よって、このトルクを得るための動力は

$$L_{ideal} = T_{qideal} \omega = \rho Q_{ideal} u_2 v_2 \cos \alpha_2$$

オイラーヘッドは

$$H_{ideal} = \frac{1}{g} u_2 v_2 \cos \alpha_2$$

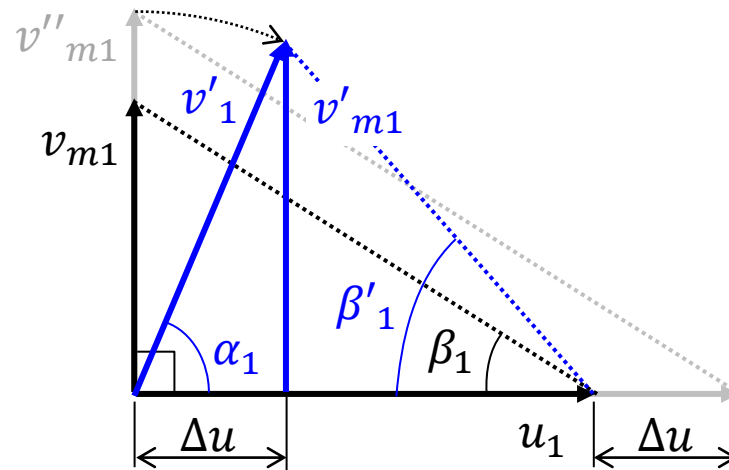


## 4. 計算

4. 5. 羽根枚数 $Z_{fan}$  ( $< \infty$ )、板厚 $t_{fan}$  ( $> 0$ ) の場合 (その1)

以下のようにモデル化する。

- (1) 面積減少分によりメリディアン速度は増加する。
- (2) (1) に対応した流入角 $90^\circ$  と仮定したときの周速度を算出し、理想時の周速度との差をすべり速度 $\Delta u$ とする。
- (3) 理想状態の流量と(1)の速度から算出される流量は同じとし、それが流量として取りうる最大とし、すべり速度 $\Delta u$ 分流量は低下するものとする。つまり入口絶対速度は、その大きさを(1)とし、すべり速度分傾ける。
- (4) この入口絶対速度をもとにメリディアン速度を決定する。



## 4. 計算

4. 5. 羽根枚数 $Z_{fan}$  ( $< \infty$ )、板厚 $t_{fan}$  ( $> 0$ ) の場合 (その2)  
入口流路面積は、羽根板厚の影響により減少する。

$$A'_1 = \left( \pi D_1 - \frac{Z_{fan} t_{fan}}{\sin \beta_1} \right) b_1$$

仮定 (1) により、みかけのメリディアン速度 $v''_{m1}$ を決める。

$$v''_{m1} = Q_1 / A'_1$$

このときのみかけの周速度 $u'_1$ 、すべり速度 $\Delta u_1$ は以下で決まる。

$$u'_1 = v''_{m1} / \tan \beta_1, \Delta u_1 = u'_1 - u_1$$

仮定 (3) によって、 $v''_{m1}$ と絶対速度 $v'_1$ の大きさは同じとするから、すべり速度 $\Delta u_1$ と絶対速度 $v'_1$ から流入角 $\alpha'_1$ が決まる。

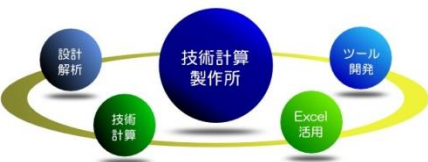
$$\cos \alpha'_1 = \Delta u_1 / v'_1 \quad (v''_{m1} = v'_1)$$

これによりメリディアン速度 $v'_{m1}$ 、 $\beta'_1$ 、 $w'_1$ が決まる。

$$v'_{m1} = v'_1 / \sin \alpha'_1, \tan \beta'_1 = v'_{m1} / (u_1 - \Delta u_1), w'_1 = v'_{m1} / \sin \beta'_1$$

以上により、流入流量 $Q'_1$ が決まる。

$$Q'_1 = A'_1 v'_{m1}$$



## 4. 計算

4. 5. 羽根枚数 $Z_{fan}$  ( $< \infty$ )、板厚 $t_{fan}$  ( $> 0$ ) の場合 (その3)

ここでも流入流量 = 出口流量 =  $Q_{th}$  と考え、出口メリディアン速度を求める。

$$v'_{m2} = Q_{th}/A'_2 \quad \left( A'_2 = \left( \pi D_1 - \frac{Z_{fan} t_{fan}}{\sin \beta_2} \right) b_2 \right)$$

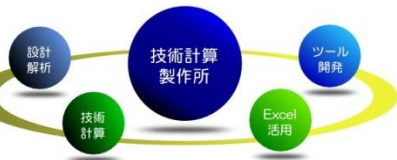
出口速度に関しては、すべり速度としてWisnerの式から定まるすべり係数 $k$ を考慮に入れる。

$$\varepsilon = \frac{1}{\exp\left(8.16 \sin \frac{\beta_2}{Z_{fan}}\right)} \text{ のとき} \quad \frac{D_1}{D_2} < \varepsilon : k_{<} = \frac{\sqrt{\sin \beta_2}}{Z_{fan}^{0.7}}$$

$$\frac{D_1}{D_2} > \varepsilon : k_{>} = 1 - (1 - k_{<}) \left\{ 1 - \frac{(D_1/D_2 - \varepsilon)^3}{(1 - \varepsilon)^3} \right\}$$

このとき、流出角 $\alpha'_2$ は次式で決まる。

$$\tan \alpha'_2 = \frac{1}{(1 - k)u_2/v'_{m2} - 1/\tan \beta_2}$$



## 4. 計算

4. 5. 羽根枚数 $Z_{fan}$  ( $< \infty$ )、板厚 $t_{fan}$  ( $> 0$ ) の場合 (その4)

以上より $v'_2$ 、 $\beta'_2$ 、 $w'_2$ が決まる。

$$v'_{m2} = v'_2 / \sin \alpha'_2、\tan \beta'_2 = v'_{m2} / (u_2 - \Delta u_2)、w'_2 = v'_{m2} / \sin \alpha'_2$$

これで速度三角形が決まる。

羽根が流体に与えるトルクは

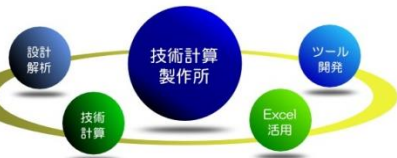
$$T_{qth} = \rho Q_{th} (R_2 v'_2 \cos \alpha'_2 - R_1 v'_1 \cos \alpha'_1)$$

よって、このトルクを得るための動力は

$$L_{th} = T_{qth} \omega = \rho Q_{th} \{ (1 - k) u_2 v'_2 \cos \alpha'_2 - (u_1 - \Delta u_1) v'_1 \cos \alpha'_1 \}$$

オイラーヘッドは

$$H_{ideal} = \frac{1}{g} \{ (1 - k) u_2 v'_2 \cos \alpha'_2 - (u_1 - \Delta u_1) v'_1 \cos \alpha'_1 \}$$



## 4. 計算

### 4. 6. 流量効率を考慮する場合

出口流量は入口流量と流量効率から決まる。

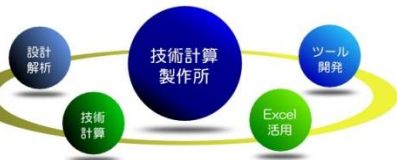
$$Q'_2 = \eta_q Q'_1 \quad (Q'_2 < Q'_1)$$

この $Q'_2$ をもとに出口速度を算出すればよい（前節その3以降を参照）。

また動力については、以下の理由から $L_{th}$ をそのまま採用する。

流量損失分  $(1 - \eta_q) Q'_1$  のエネルギーを見積もるのは困難を極める。そこで、これらすべてが出口を通過するときに必要なエネルギーが最大である、と仮定する（理由は、そのときの流速が最大になると考えられるため）。これは結局のところ、 $L_{th}$ と同じになることは明らか。

当然ながら、オイラーヘッドも $H_{th}$ と同じになる。



# 5. 画面構成 (予定)

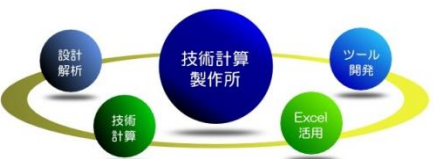
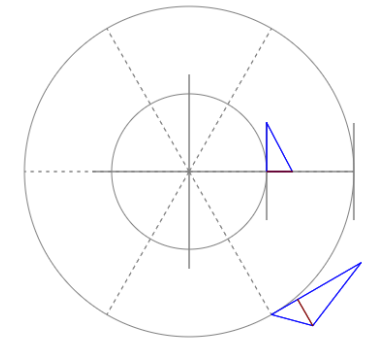
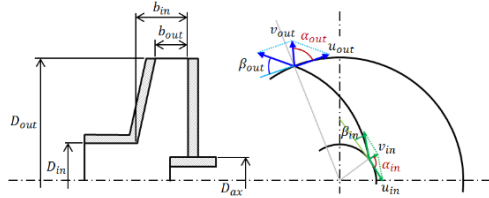
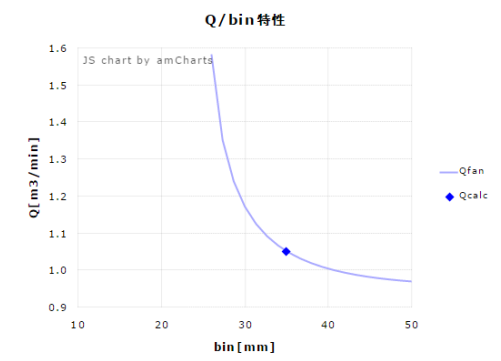
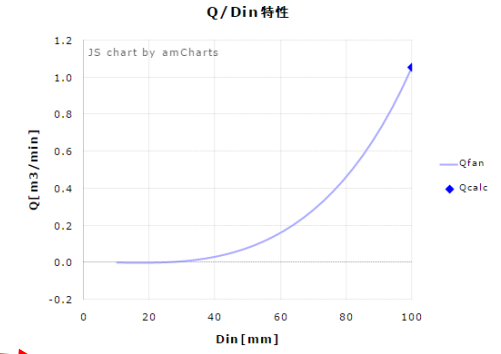
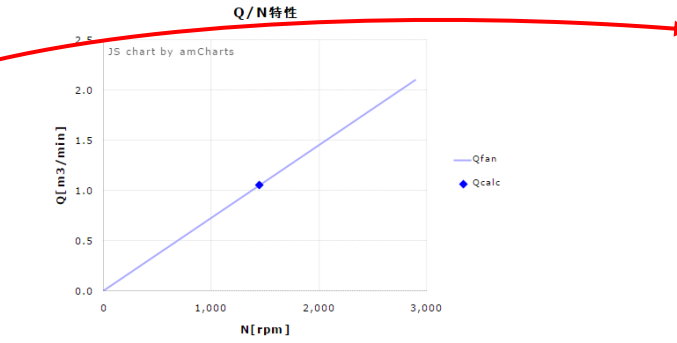
## 1. 入力項目

※青枠は入力必須

形状・寸法など						
羽根内径	$D_{in}$	<input type="text" value="100"/>	mm	羽根外径	$D_{out}$ <input type="text" value="120"/>	mm
ハウジング外径	$D_{ax}$	<input type="text" value="0.0"/>	mm	←軸が入口から突き出している場合入力		
羽根入口高さ	$b_{in}$	<input type="text" value="35"/>	mm	羽根出口高さ	$b_{out}$ <input type="text" value="12"/>	mm
羽根枚数	$Z_{fan}$	<input type="text" value="6.0"/>	-	羽根肉厚	$t_{fan}$ <input type="text" value="5.0"/>	mm
羽根入口角度	$\beta_{in}$	<input type="text" value="21.3"/>	deg	羽根出口角度	$\beta_{out}$ <input type="text" value="25"/>	deg
その他						
ファン回転数	$N_{fan}$	<input type="text" value="1450"/>	rpm	ファン流量効率	$\eta_Q$ <input type="text" value="1"/>	-
流体密度	$\rho$	<input type="text" value="1.2"/>	kg/m <sup>3</sup>	流体温度	$T$ <input type="text" value="20"/>	°C
入口静圧	$P_{sin}$	<input type="text" value="101.3"/>	kPa · a	出口静圧	$P_{sout}$ <input type="text" value="101.3"/>	kPa · a
仕様目標値						
必要流量	$Q_{spec}$	<input type="text"/>	m <sup>3</sup> /min			
変化パラメータ						
パラメータ1	$D_{in}$	に対し、	<input type="text" value="10"/> 以上	<input type="text" value="100"/> 以下		
パラメータ2	$b_{in}$	に対し、	<input type="text" value="10"/> 以上	<input type="text" value="50"/> 以下		
<input type="button" value="計算"/> <input type="button" value="入力消去"/>						

## 2. 出力項目

要求仕様						
吐出流量	$Q_{out}$	1.05	m <sup>3</sup> /min@1450[rpm]			
オイラーヘッド	$H_{th}$	-2.08	mm	比速度	$N_s$ <input type="text"/>	rpm
トルク	$T_q$	0.171	Nm	動力	$W$ <input type="text"/>	W
速度三角形						
流入角度	$\alpha_{in}$	45.6	deg	流出角度	$\alpha_{out}$ <input type="text" value="85.4"/>	deg
流入速度	$V_{in}$	3.03	m/s	流出速度	$V_{out}$ <input type="text" value="4.78"/>	m/s
流入メリディアン速度	$V_{min}$	2.16	m/s	流出メリディアン速度	$V_{mout}$ <input type="text" value="4.77"/>	m/s
				すべり速度	$k$ <input type="text" value="0.387"/>	-
<input type="button" value="出力消去"/> <input type="button" value="全消去"/>						





## 6. 参考資料ほか

---

### 参考資料

1. うず巻ポンプの設計 大町昌義著 パワー社
2. 2012\_送風機セミナー 友廣輝彦著
3. ファン設計の基礎 Minorikawa Lab.

### 主要なJIS規格

1. JIS B 0132 : 送風機・圧縮機用語
2. JIS B 8330 : 送風機の試験及び検査方法

