

エネルギーシステム・要素論

第二回

風力発電2, 電池1

平成22年10月8日

流体力学の基礎

- 完全流体
粘性のない理想化された流体。ずれによる摩擦が生じない。
- 流線・流管
流体中の各位置において流れの方向を向くようにひいた曲線。流線の束を流管。
- 定常流
流線, 圧力, 密度が時間によって変化しない流れ。
- ベルヌーイの定理
完全流体・定常流の流管(流線)の任意の場所で次式が成り立つ。

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z + p = \text{const}$$

ただし, 流速 v [m/s], 重力加速度 g [m/s²], 高さ z [m], 圧力 p [Pa], 空気の密度 ρ [kg/m³]

風力(パワー)

- 風が持つ単位時間当たりの運動エネルギー

$$K = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (\rho V) V^2 = \frac{1}{2} \rho V^3 [J / m^2 s]$$

- 風速 V [m/s], 1m^2 を一秒に通過する空気の質量 m [kg], 空気の密度 ρ [kg/m³]

- プロペラ半径 R [m] の理想風車の出力 W [W]

$$W = \frac{1}{2} \rho A V^3 = \frac{1}{2} \pi R^2 \rho V^3 [J / s]$$

面積に比例
風速の3乗に比例

- 風車の後ろでは風速 0m/s
- 受風面積 A [m²]

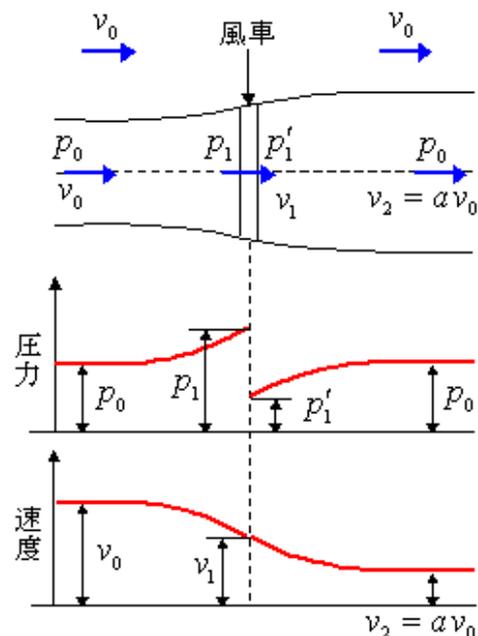
風車におけるベルヌーイの定理

- 風車の前後に対するベルヌーイの定理

$$\begin{cases} p_0 + \frac{\rho}{2} v_0^2 = p_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 \\ p_0 + \frac{\rho}{2} v_2^2 = p'_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 \end{cases}$$

- 風車前後の圧力差と速度の関係

$$p_1 - p'_1 = \frac{\rho}{2} (v_0^2 - v_2^2)$$



風車に作用する力

- 圧力差により風車の受ける力F

$$F = \pi R^2 (p_1 - p_1') [N]$$

- 運動量の時間変化より風車の受ける力F

$$F = \pi R^2 \rho v_1 \Delta t \frac{v_0 - v_2}{\Delta t} = \pi R^2 \rho v_1 (v_0 - v_2) [N]$$

$$F = \pi R^2 (p_1 - p_1') = \pi R^2 \frac{\rho}{2} (v_0^2 - v_2^2) = \pi R^2 \rho v_1 (v_0 - v_2) [N]$$

$$\frac{1}{2} (v_0 + v_2) (v_0 - v_2) = v_1 (v_0 - v_2)$$

$$v_1 = \frac{1}{2} (v_0 + v_2)$$

- 風車を通過する風速は前後の風速の平均となる

風車の出力

- 理想風車の出力L

$$L = F v_1 = \pi R^2 (p_1 - p_1') v_1 = \pi R^2 \frac{\rho}{2} (v_0^2 - v_2^2) \frac{1}{2} (v_0 + v_2)$$

$$= \frac{\pi R^2 \rho (v_0 - v_2) (v_0 + v_2)^2}{4} [J/s]$$

減速比 $a (0 < a < 1)$ $a = \frac{v_2}{v_0}$

$$= \frac{\pi R^2 \rho v_0^3 \left(1 - \frac{v_2}{v_0}\right) \left(1 + \frac{v_2}{v_0}\right)^2}{4} = \frac{\pi R^2 \rho v_0^3 (1 - a)(1 + a)^2}{4} [J/s]$$

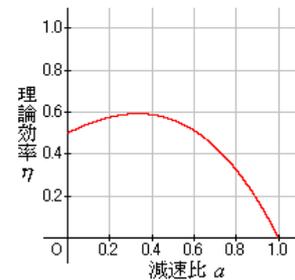
風車の出力は減速比aの関数となる

風車の効率

- 風力の出力W $W = \frac{1}{2} \rho A v_0^3 = \frac{1}{2} \pi R^2 \rho v_0^3 [J/s]$
- 理想風車の出力L $L = \frac{\pi R^2 \rho v_0^3 (1-a)(1+a)^2}{4} [J/s]$

- 風車の効率 η

$$\eta = \frac{L}{W} = \frac{\frac{\pi R^2 \rho v_0^3 (1-a)(1+a)^2}{4}}{\frac{1}{2} \pi R^2 \rho v_0^3} = \frac{(1-a)(1+a)^2}{2}$$



2010/10/08

エネルギーシステム・要素論

7

ベッツの限界

- 風車の最大効率(出力)となる条件

$$\begin{aligned} \frac{d}{da} \eta &= \frac{d}{da} \frac{(1-a)(1+a)^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{d}{da} [(1-a)(1+a)^2] \\ &= \frac{1}{2} [-(1+a)^2 + (1-a)2(1+a)] = \frac{1}{2} (1+a) [-(1+a) + (1-a)2] \\ &= \frac{1}{2} (1+a) [1-3a] = 0 \quad \longrightarrow \quad a = \frac{1}{3} \end{aligned}$$

- 理論最大効率(ベッツの限界) 実際には40%ぐらいが限度

$$\eta_{\max} = \frac{(1-\frac{1}{3})(1+\frac{1}{3})^2}{2} = \frac{\frac{2}{3}(\frac{4}{3})^2}{2} = \frac{16}{27} = 0.593$$

- 風車の最大出力L_{max}

$$L_{\max} = \frac{\pi R^2 \rho V^3 (1-\frac{1}{3})(1+\frac{1}{3})^2}{4} = \frac{8}{27} \pi R^2 \rho V^3 [J/s]$$

2010/10/08

エネルギーシステム・要素論

8

風力発電

水平軸風車



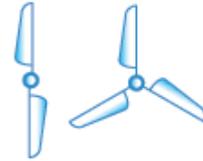
A 多翼型



B セイルウイング型



C オランダ型



D プロペラ型

垂直軸風車



1 クロスフロー型



2 サボニウス型



3 ダリウス型



4 ジャイロミル型

2010/10/08

エネルギーシステム・要素論

NEFのHPより

9

電池の種類

● 電池

－ 物理電池

- 太陽電池
- 熱電対

－ 化学電池

- 一次電池 放電のみ可能
- 二次電池 充電可能
- 燃料電池

2010/10/08

エネルギーシステム・要素論

10

電池の歴史



肖像
wikipediaより

Alessandro Volta
1745年2月18日 - 1827年3月5日

Sanyo HPより



2010/10/08

エネルギーシステム・要素論

11

- ボルタの電池
 - 1800年頃発明
 - オリジナル
 - 銀, 錫, 食塩水
 - 一般には銅と亜鉛
- 乾電池の発明
 - 1885年 屋井先蔵 (日本人)
 - 松下幸之助が発展させる

おもな一次電池の種類

- マンガン乾電池
 - 正極 二酸化マンガン
 - 負極 亜鉛
 - 電解液 塩化亜鉛
 - 電圧 1.5V
- アルカリマンガン乾電池
 - 正極 二酸化マンガンと黒鉛粉末
 - 負極 亜鉛, 水酸化カリウム
 - 電解液 塩化亜鉛
 - 電圧 1.5V
- オキシライド乾電池(製造中止)
 - 正極 オキシ水酸化ニッケル, 二酸化マンガン, 黒鉛
 - 負極 亜鉛
 - 電圧 1.5V(1.7V)
- 酸化銀電池(ボタン電池)
 - 正極 酸化銀
 - 負極 ゲル化亜鉛
 - 電解液 水酸化カリウムor水酸化ナトリウム
- 水銀電池(昔のボタン電池)
 - 正極 酸化水銀
 - 負極 亜鉛
 - 電解液 水酸化カリウム+酸化亜鉛
- EVOLTA(アルカリ電池扱い)
 - 正極 オキシ水酸化チタン, 二酸化マンガン, 黒鉛
 - 負極 亜鉛
 - 電圧 1.5V(1.6V)
- その他
 - ニッケル系一次電池
 - ニッケル水素電池とアルカリ電池の合成
 - 正極 オキシ水酸化ニッケル
 - 負極 亜鉛
 - 電解液 水酸化カリウム
 - 空気亜鉛電池(補聴器用)
 - 正極 酸素
 - 負極 亜鉛
 - 電解液 アルカリ金属水酸化物or水酸化カリウム
 - リチウム電池(メモリーバックアップ用)
 - 正極 二酸化マンガン他
 - 負極 金属リチウム
 - 電解液 有機溶媒+リチウム塩
 - 海水電池
 - 正極 酸化鉛or酸化銀
 - 負極 マグネシウム
 - 電解液 海水

2010/10/08

エネルギーシステム・要素論

12

主な二次電池の種類

- 一般型
 - 鉛蓄電池
 - リチウムイオン二次電池
 - リチウムイオンポリマー二次電池
 - ニッケル・水素蓄電池
 - ニッケル・カドミウム蓄電池
 - ニッケル・鉄蓄電池
 - ニッケル・亜鉛蓄電池
 - 酸化銀・亜鉛蓄電池
- 液循環型
 - レドックス・フロー電池
 - 亜鉛・塩素電池
 - 亜鉛・臭素電池
- メカニカルチャージ型(負極取換式)
 - アルミニウム・空気電池
 - 空気・亜鉛電池
 - 空気・鉄電池
- 高温動作型
 - ナトリウム・硫黄電池
 - リチウム・硫化鉄電池
 - ゼブラ電池
 - (名称:ゼオライト電池研究アフリカプロジェクトに由来)
 - ナトリウム塩化ニッケル(Na/NiCl₂)電池
 - 深い放電サイクルに強い