

# 洋上風力発電模型による発電体験

2020年10月10日(金)

統括コーディネーター  
松浦 正己

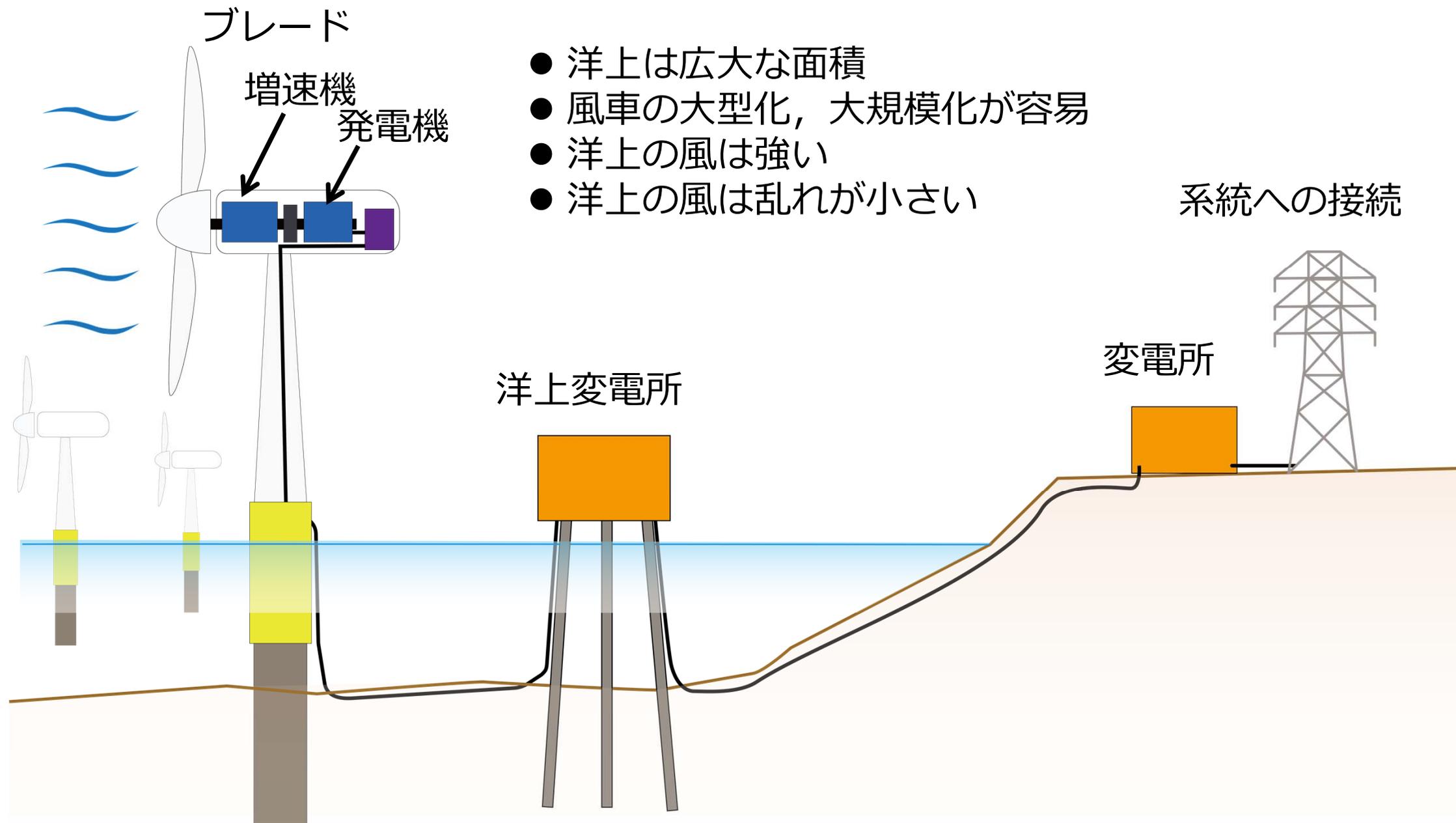
1. 洋上風力発電とは？
2. 風車の流体力学
3. 風力発電模型を作って、原理を知ろう！

# 洋上風車



# なぜ洋上風力発電？

- 洋上は広大な面積
- 風車の大型化, 大規模化が容易
- 洋上の風は強い
- 洋上の風は乱れが小さい



# 洋上風車のメーカー



**Siemens Gamesa**



**MHI Vestas**



**GE**

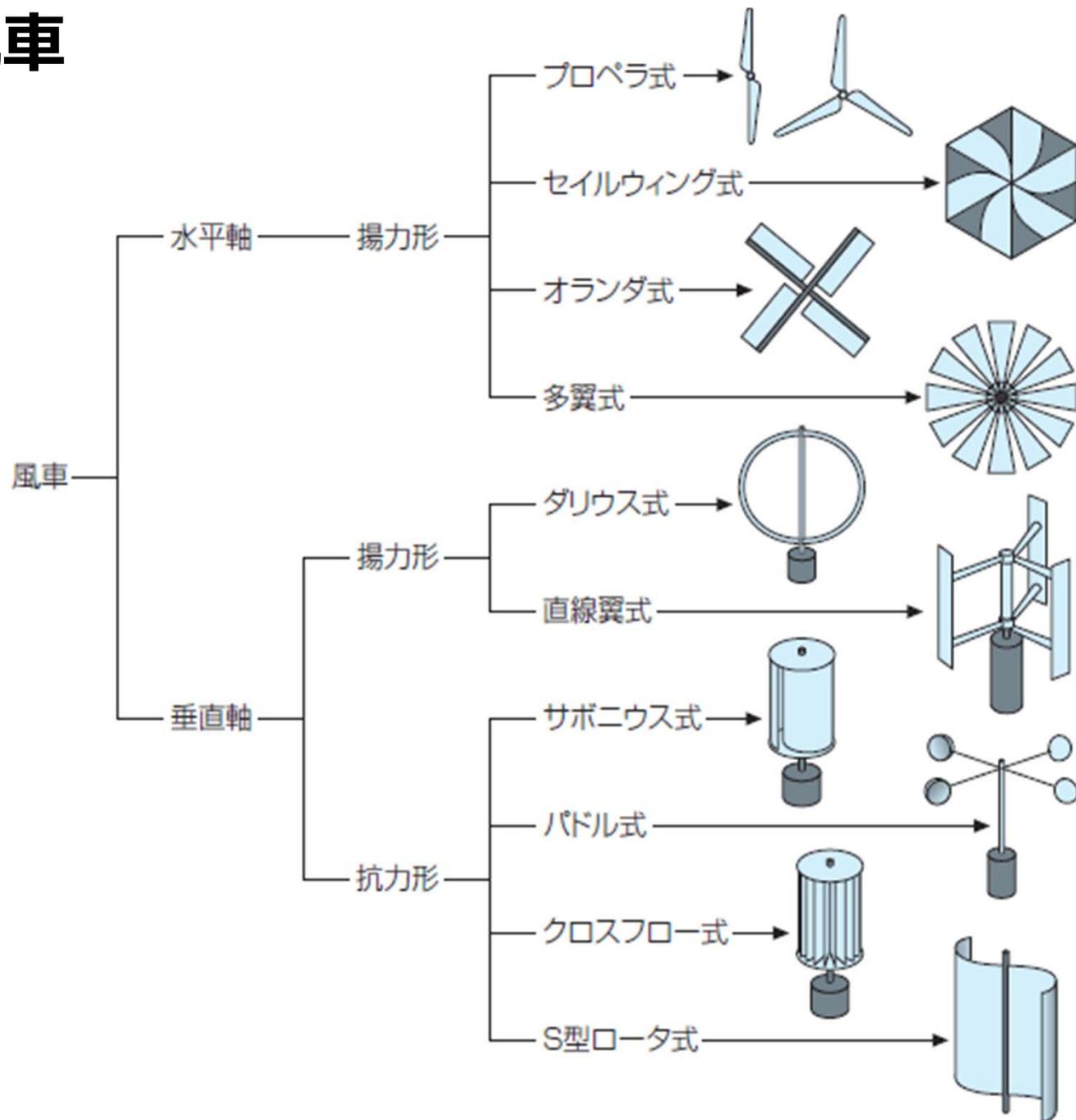
# いろいろな風車

Windmill

粉ひき機

Wind turbine

回転式原動機



# Windmill

## アメリカ式

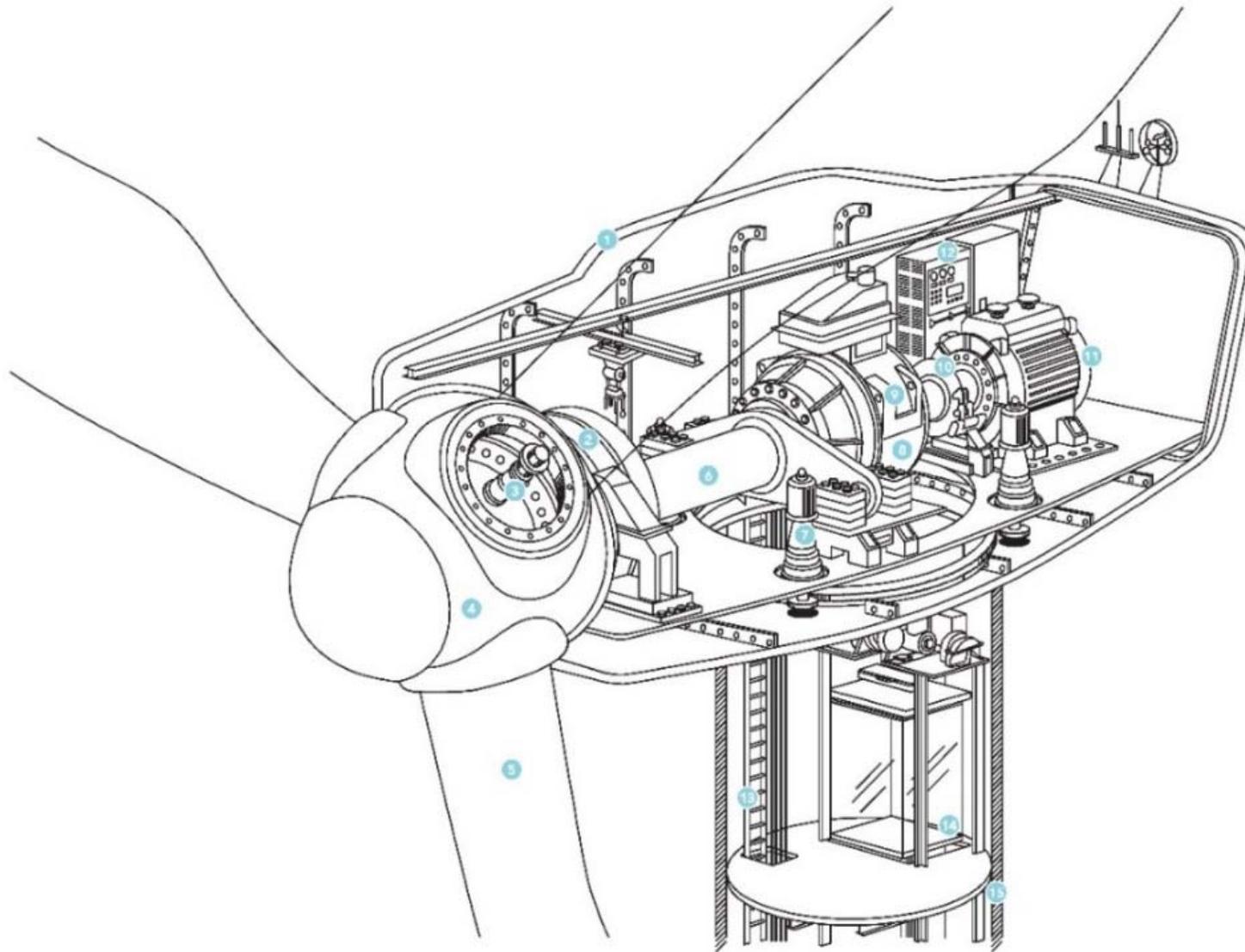


- 揚水
- 製粉
- 製材

## オランダ式



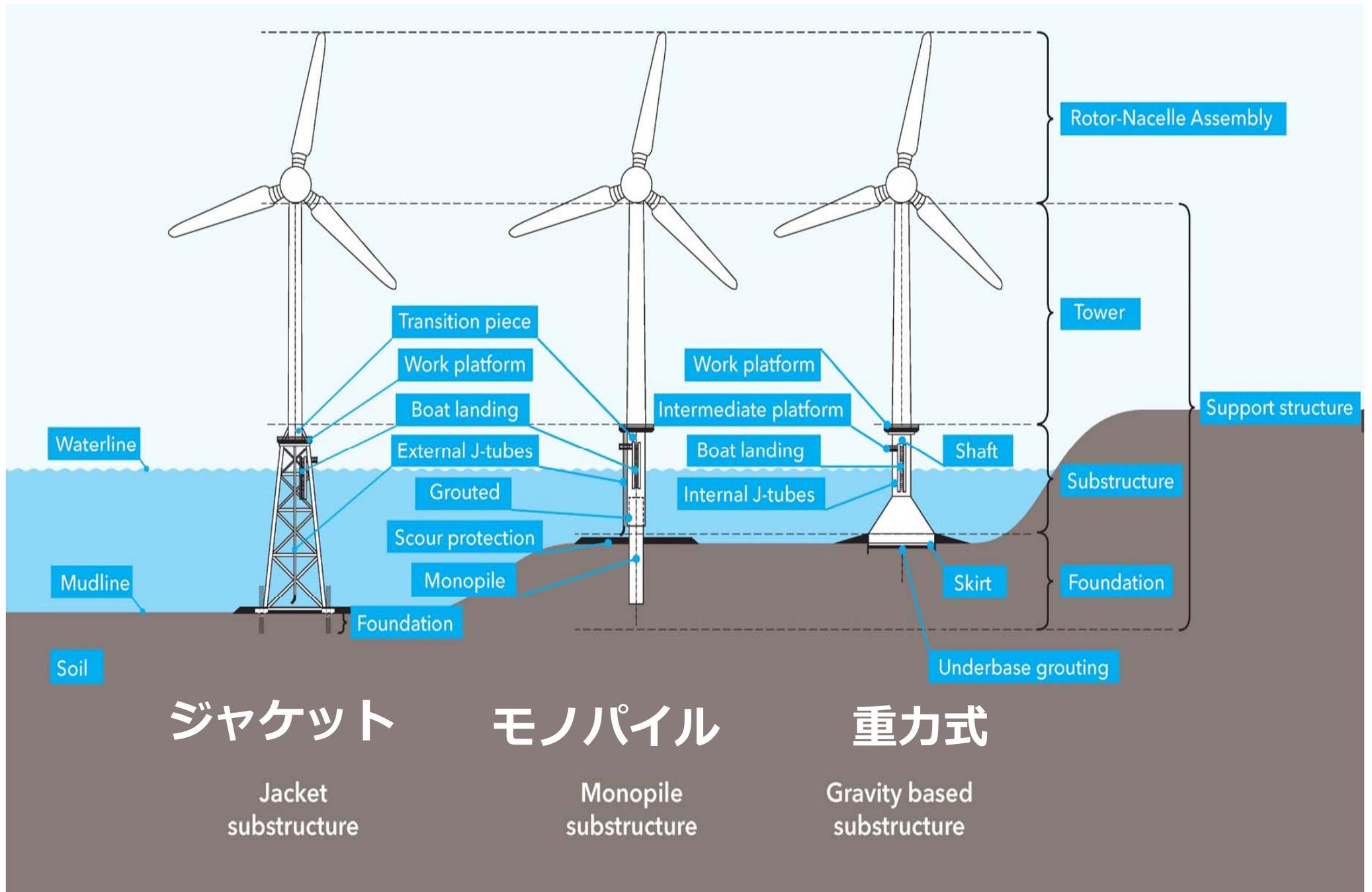
# Wind turbine



1 – nacelle cover; 2 – main bearing; 3 – pitch drive; 4 – hub; 5 – rotor blade; 6 – main shaft; 7 – yaw drive; 8 – gearbox; 9 – lift point; 10 – disk brake; 11 – generator; 12 – electrical cabinet; 13 – ladder; 14 – elevator; 15 – upper tower segment

**Rotor-nacelle-assembly and upper tower segment of a wind turbine**

# 洋上風力発電装置（着床式）



# 洋上風車の大型化

Offshore wind turbines  
growing by leaps and bounds

2017年  
8MW

2001年  
2MW

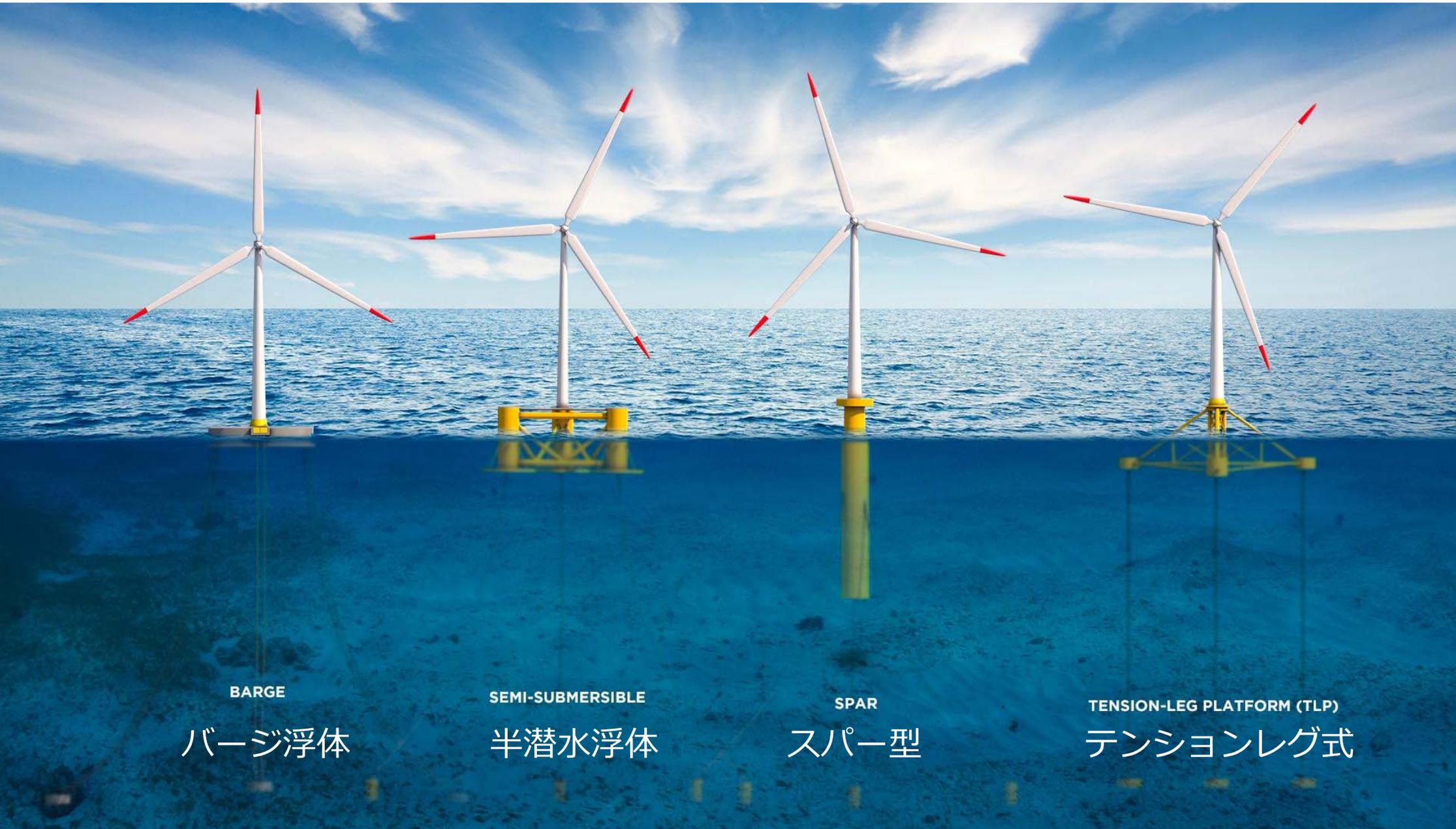
Boeing 747-8  
Length: 76m



Project Name	Year	Diameter	Tower Height	Capacity
Vindeby	1991	35m	35m	0.45MW
Middelgrunden	2001	76m	64m	2.00MW
Nysted	2003	82m	69m	2.30MW
Horns Rev 2	2010	93m	68m	2.30MW
Anholt	2013	120m	82m	3.60MW
Westermøst Røgh	2015	154m	102m	6.00MW
Burbo Bank Extension	2017	164m	113m	8.00MW



# 洋上風力発電装置（浮体式）



BARGE

バージ浮体

SEMI-SUBMERSIBLE

半潜水浮体

SPAR

スパー型

TENSION-LEG PLATFORM (TLP)

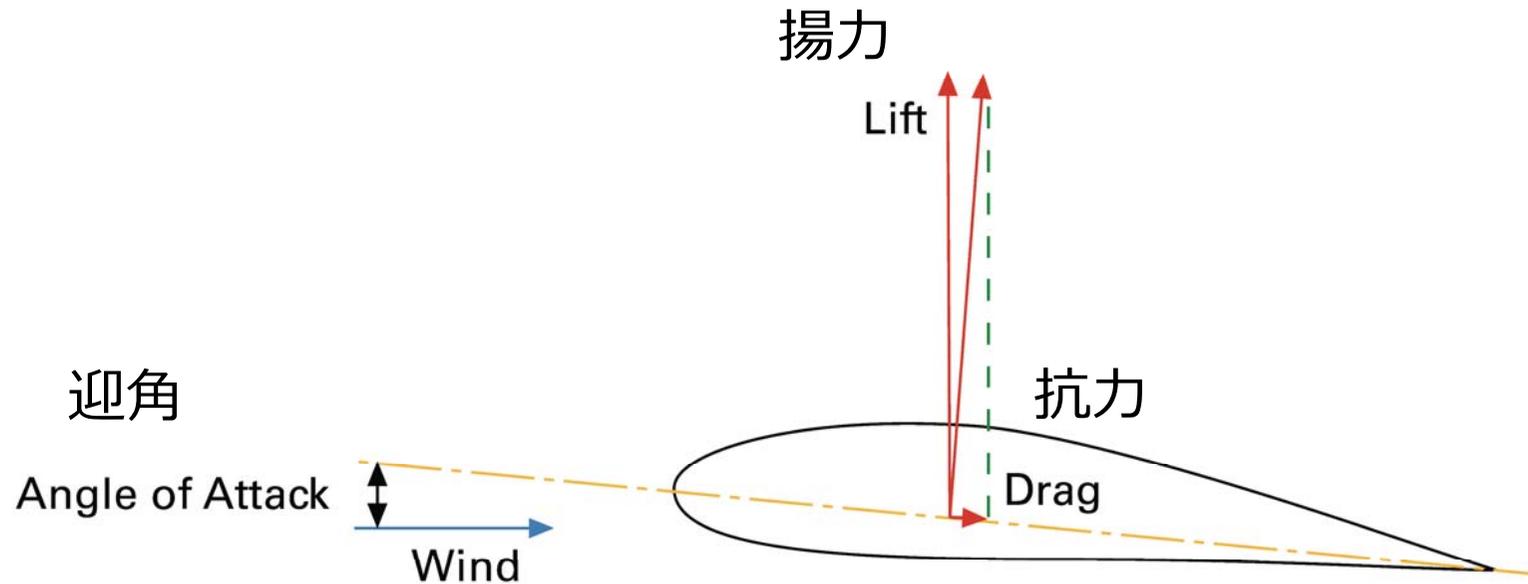
テンションレグ式

# 洋上風車の規模

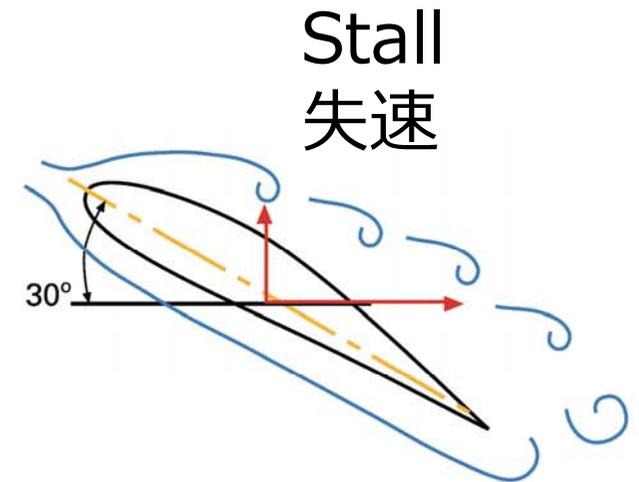
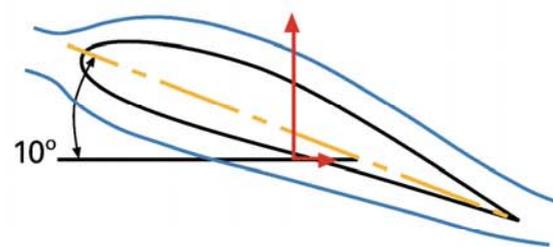
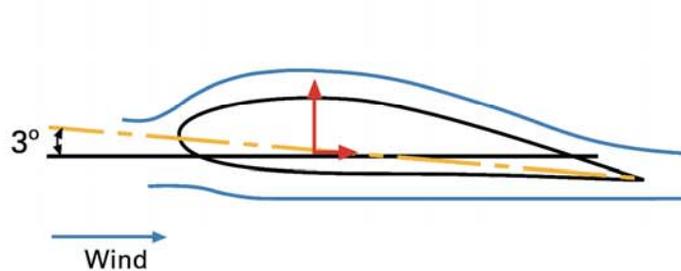
	600 kW (Enercon E44/600)	2MW (Vestas V80/2000)	8MW (MHI Vestas 164/8000)
仕様	□-ター直径：44 m 受風面積：1520 m <sup>2</sup> 最大回転数：34 rpm	□-ター直径：80 m 受風面積：5026 m <sup>2</sup> 最大回転数：19 rpm	□-ター直径：164 m 受風面積：21124 m <sup>2</sup> 最大回転数：12.2 rpm
年間発電量 (設備利用率 35%と仮定して)	$0.6(\text{MW}) \times 24(\text{h/日}) \times 365(\text{日}) \times 35(\%)$ = 1,839,600 (kWh)	$2(\text{MW}) \times 24(\text{h/日}) \times 365(\text{日}) \times 35(\%)$ = 6,132,000 (kWh)	$8(\text{MW}) \times 24(\text{h/日}) \times 365(\text{日}) \times 35(\%)$ = 24,528,000 (kWh)
供給電力量 (相当世帯数) (1世帯あたり 4397kWh/年として)	418世帯	1,394世帯	5,578世帯

1. 洋上風力発電とは？
2. 風車の流体力学
3. 風力発電模型を作って、原理を知ろう！

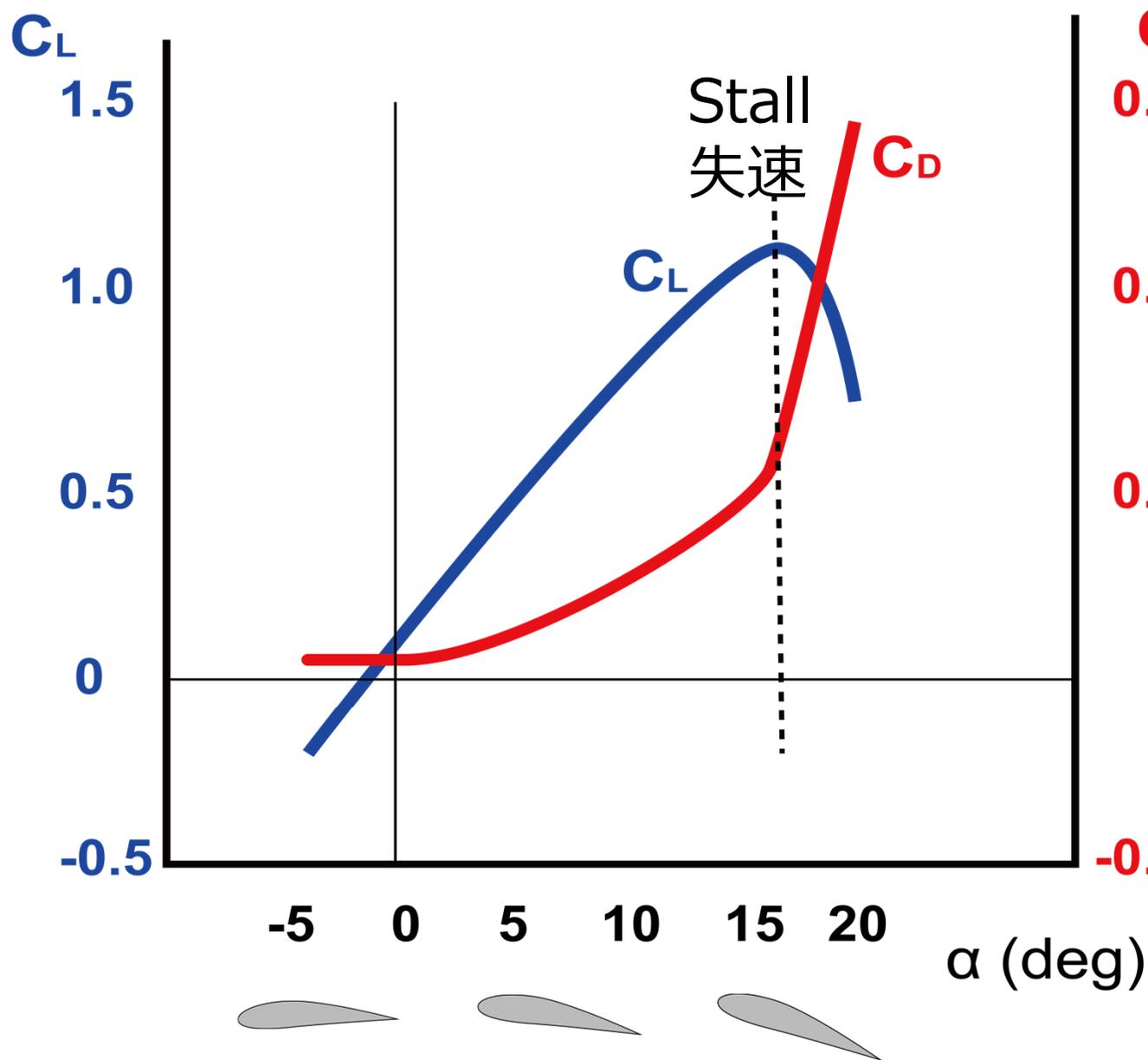
# 翼断面に作用する揚力，抗力



最適な迎角



# 翼断面に作用する揚力，抗力



$C_L$  : 揚力係数  
 $C_D$  : 抗力係数

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho U^2 S}$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 S}$$

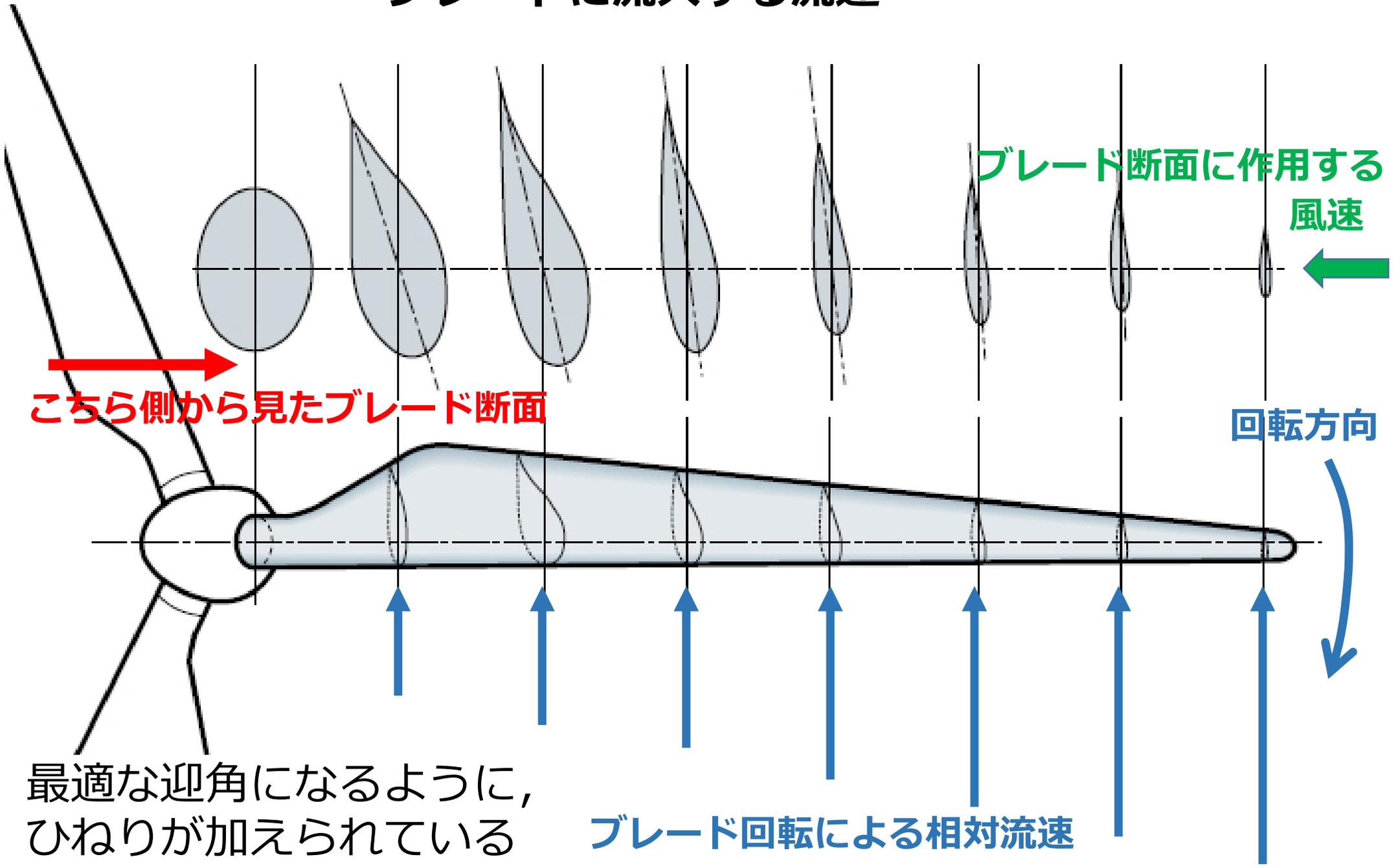
$\rho$  : 空気密度

$S$  : 翼面積

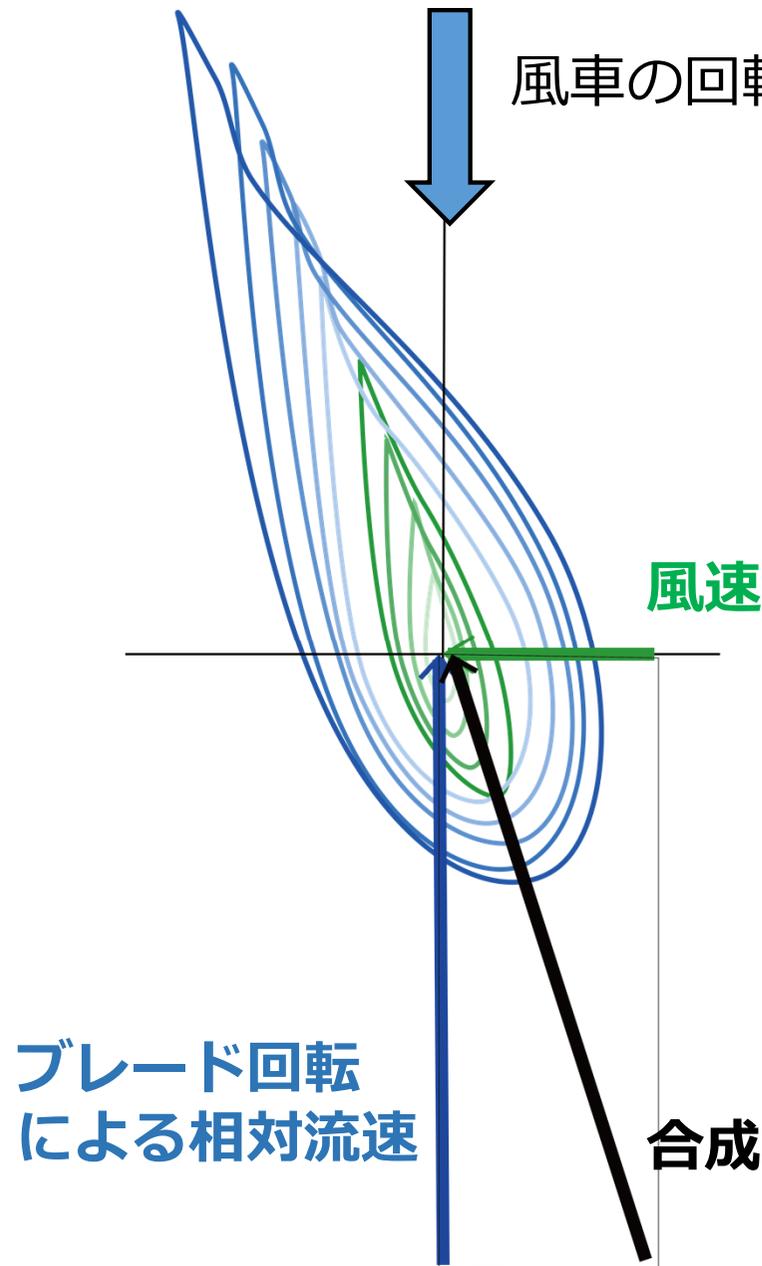
$U$  : 風速

$\alpha$  : 迎角

# ブレードに流入する流速



# ブレードに流入する流速



R: ローターの半径

r: ブレード断面位置の  
ローター中心からの距離

—  $r/R=0.2$

—  $r/R=0.3$

—  $r/R=0.4$

—  $r/R=0.5$

—  $r/R=0.6$

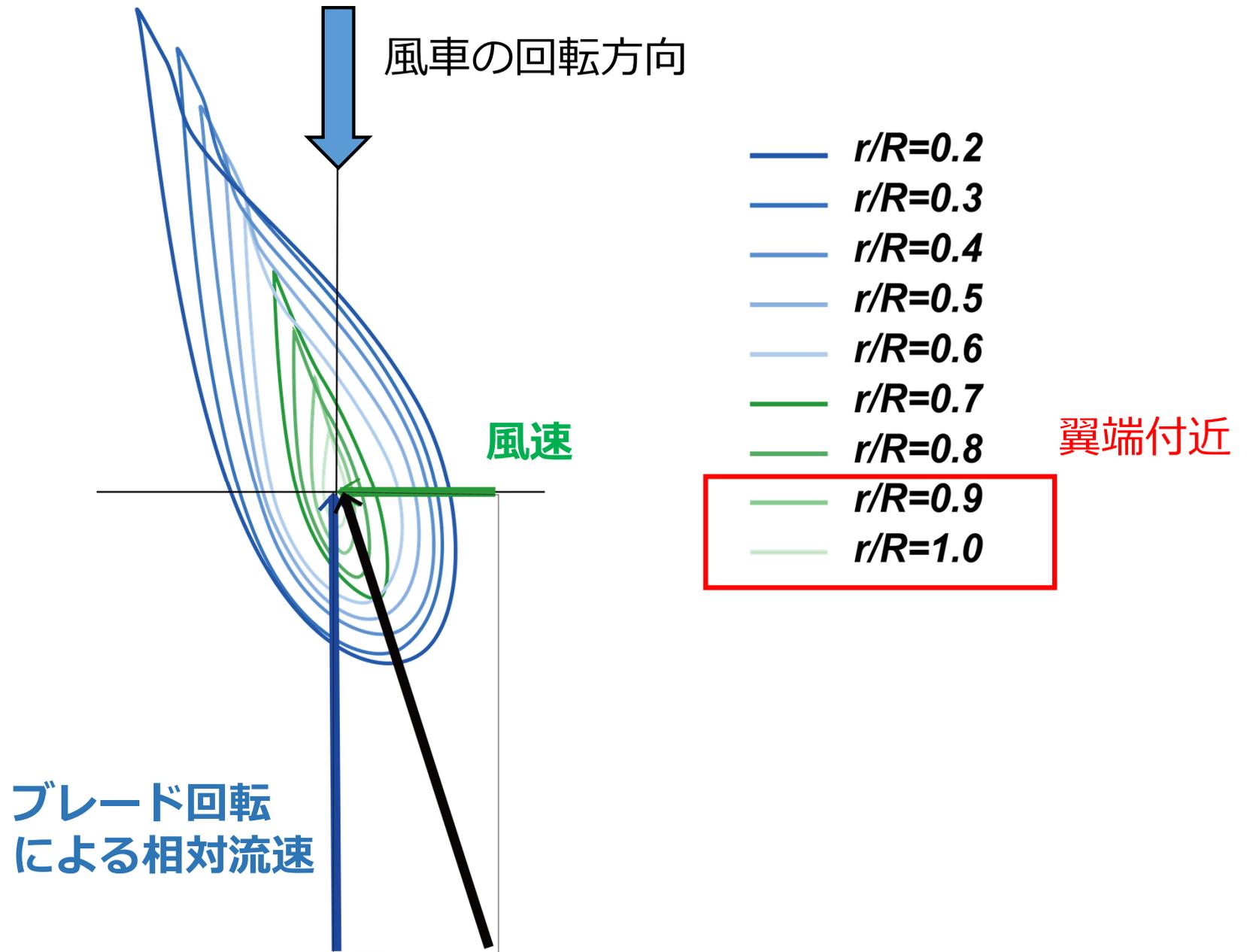
—  $r/R=0.7$

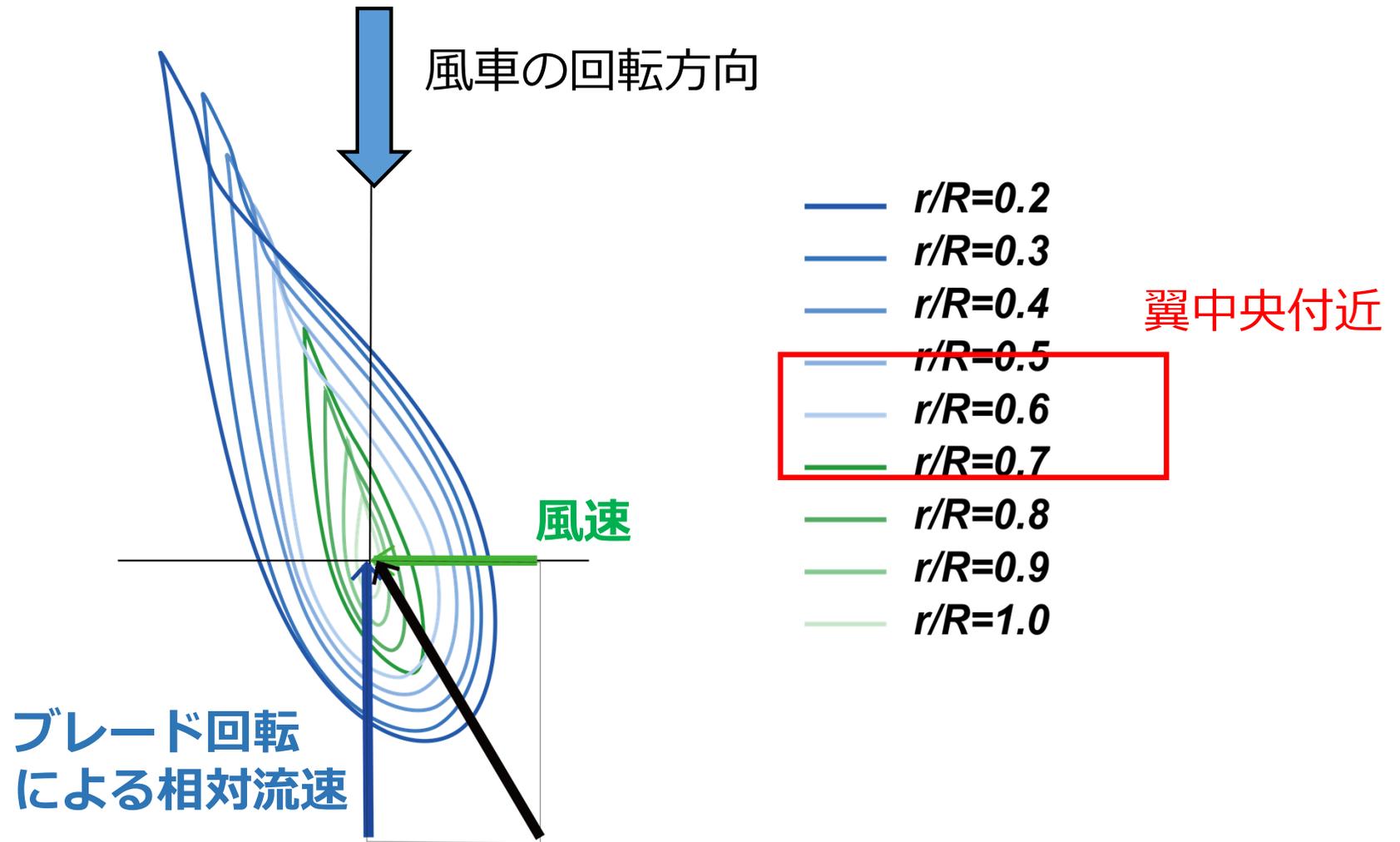
—  $r/R=0.8$

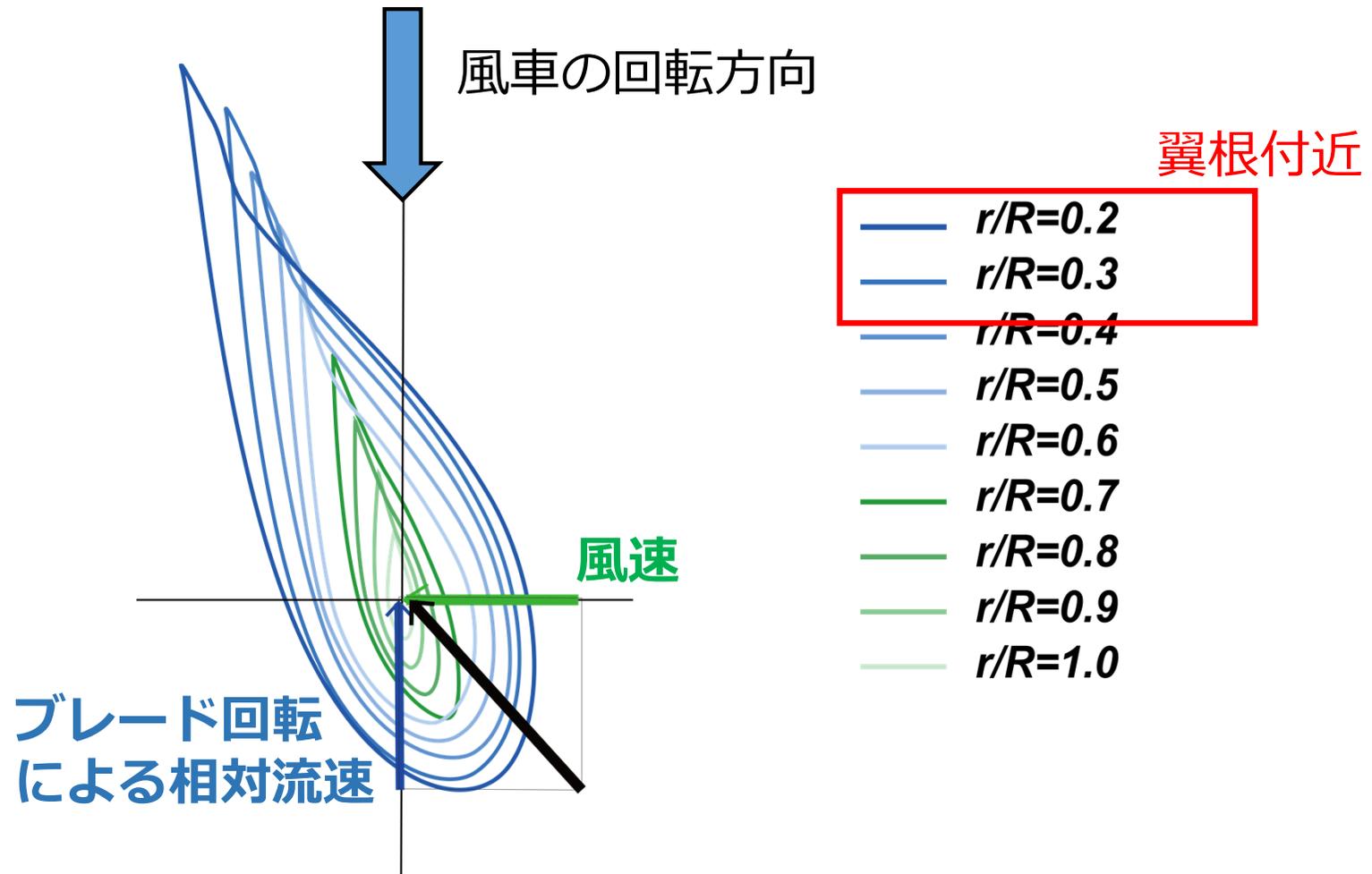
—  $r/R=0.9$

—  $r/R=1.0$

翼断面に作用する流速には、  
ブレード回転による相対流速が加わる



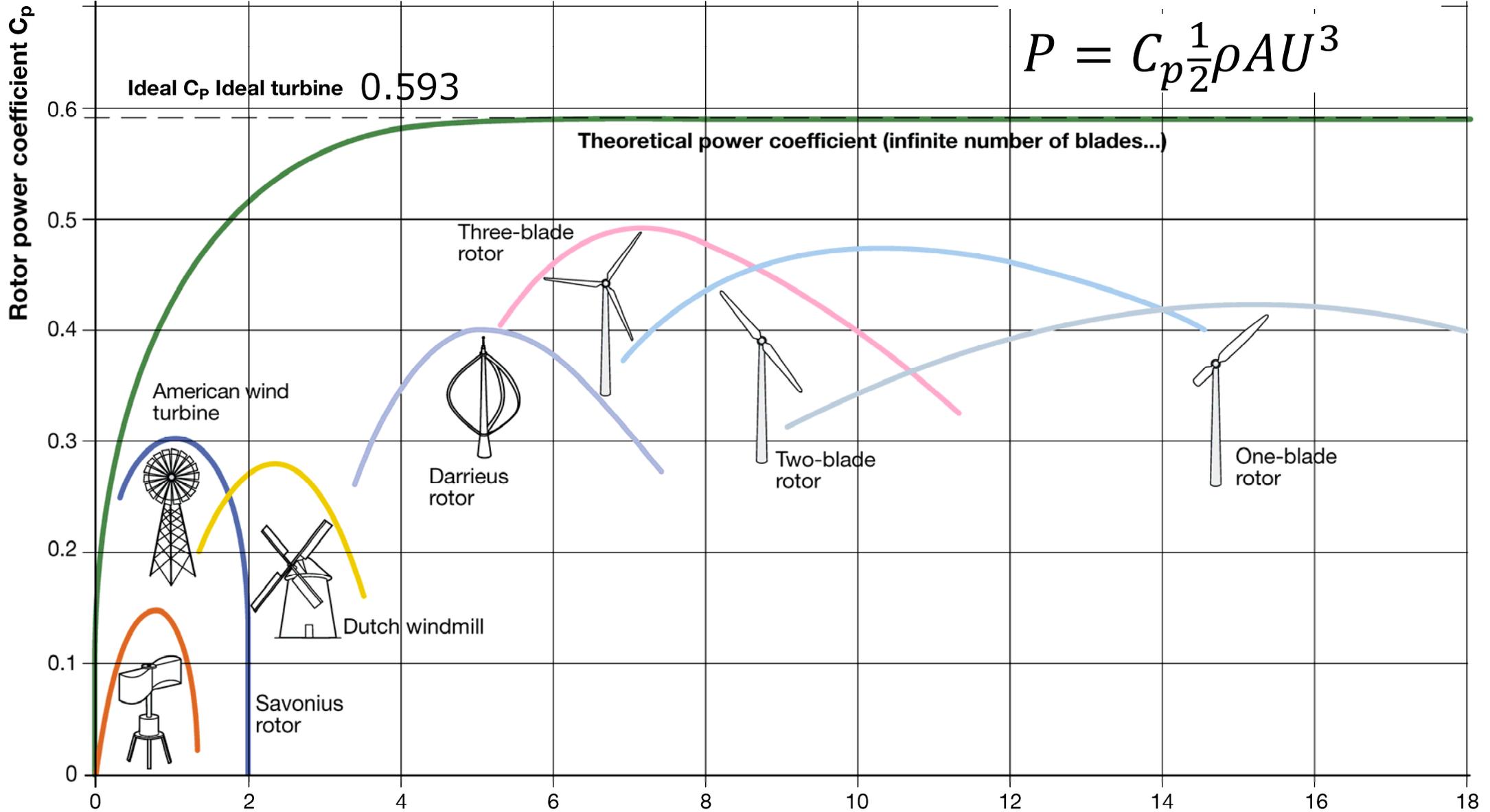




# 風車の効率

風車から得られるパワー

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho A U^3$$



周速比 = 翼端の周速 / 風速

$R\Omega/U$

## 600kW

ローター直径：D=44 m  
受風面積：A=1,520 m<sup>2</sup>  
最大回転数：34 rpm



## 2000kW

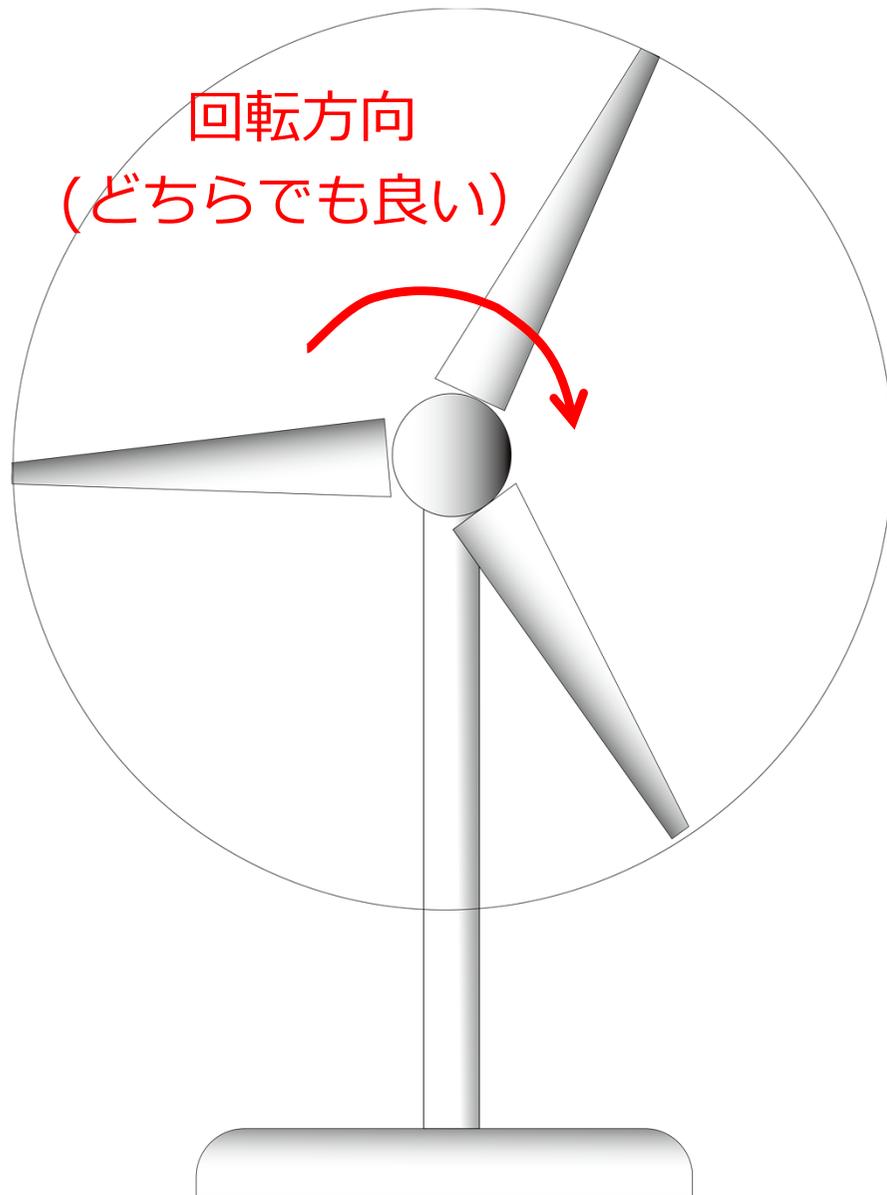
ローター直径：D=80 m  
受風面積：A=5,026 m<sup>2</sup>  
最大回転数：19 rpm



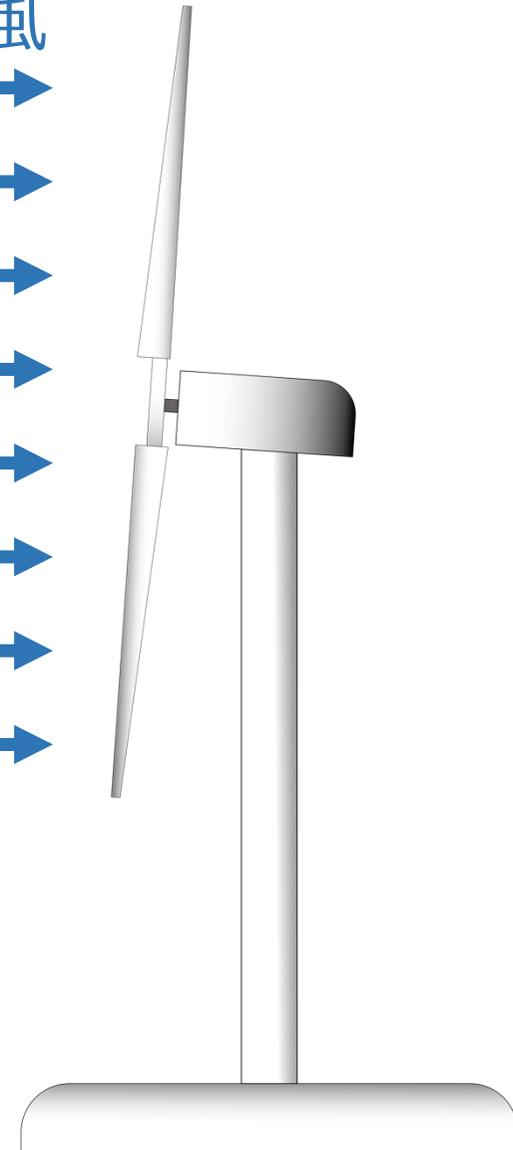
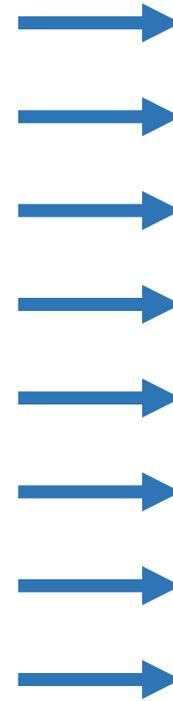
発電パワー  $P = C_p \frac{1}{2} \rho A U^3$

1. 洋上風力発電とは？
2. 風車の流体力学
3. 風力発電模型を作って、原理を知ろう！

# ペーパークラフトでブレードを作る



扇風機風の風



# レグレーション

- 水平軸方式，回転方向は自由
- 競争ではないので，その他は特になし
- ブレード枚数は自由
- ブレードの長さは装置の大きさを考慮して

