

高校生海洋伝習所事業

洋上風力発電模型による発電体験

2019年12月7日(土)

統括コーディネーター
松浦 正己

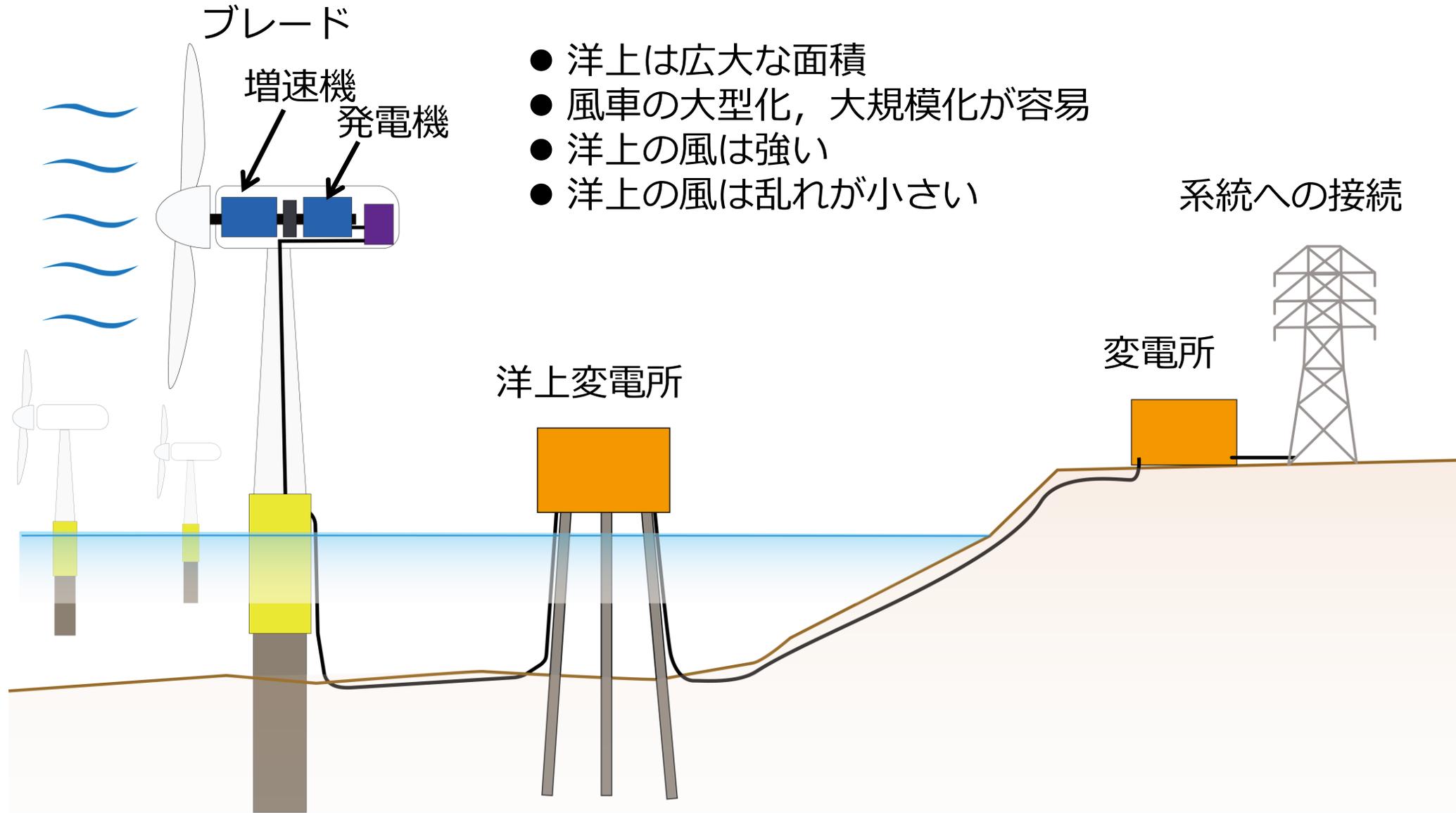
1. 洋上風力発電とは？
2. 風車の流体力学
3. 風力発電模型を作って、原理を知ろう！

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

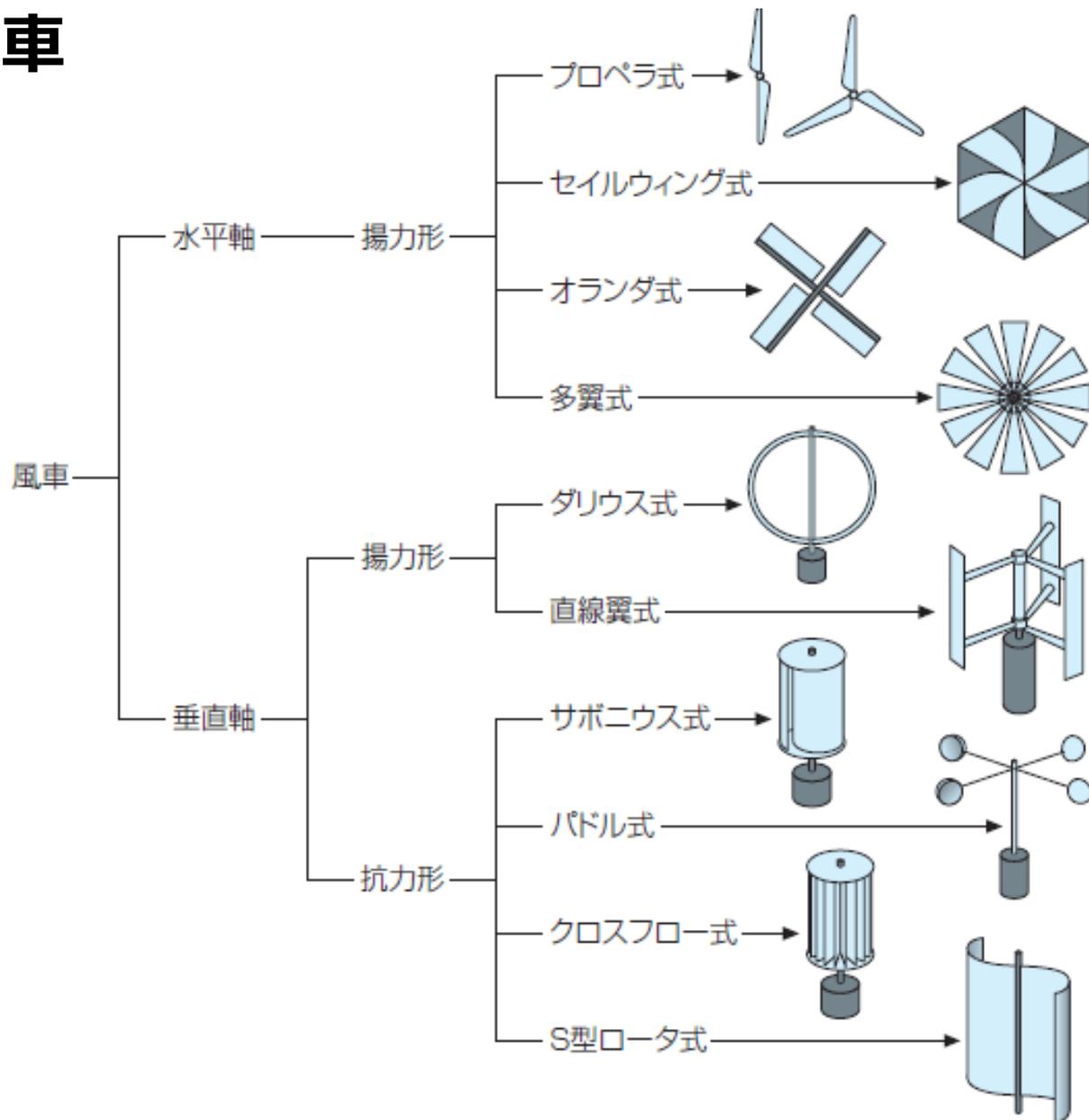
いろいろな風車

Windmill

粉ひき機

Wind turbine

回転式原動機



Windmill

アメリカ式

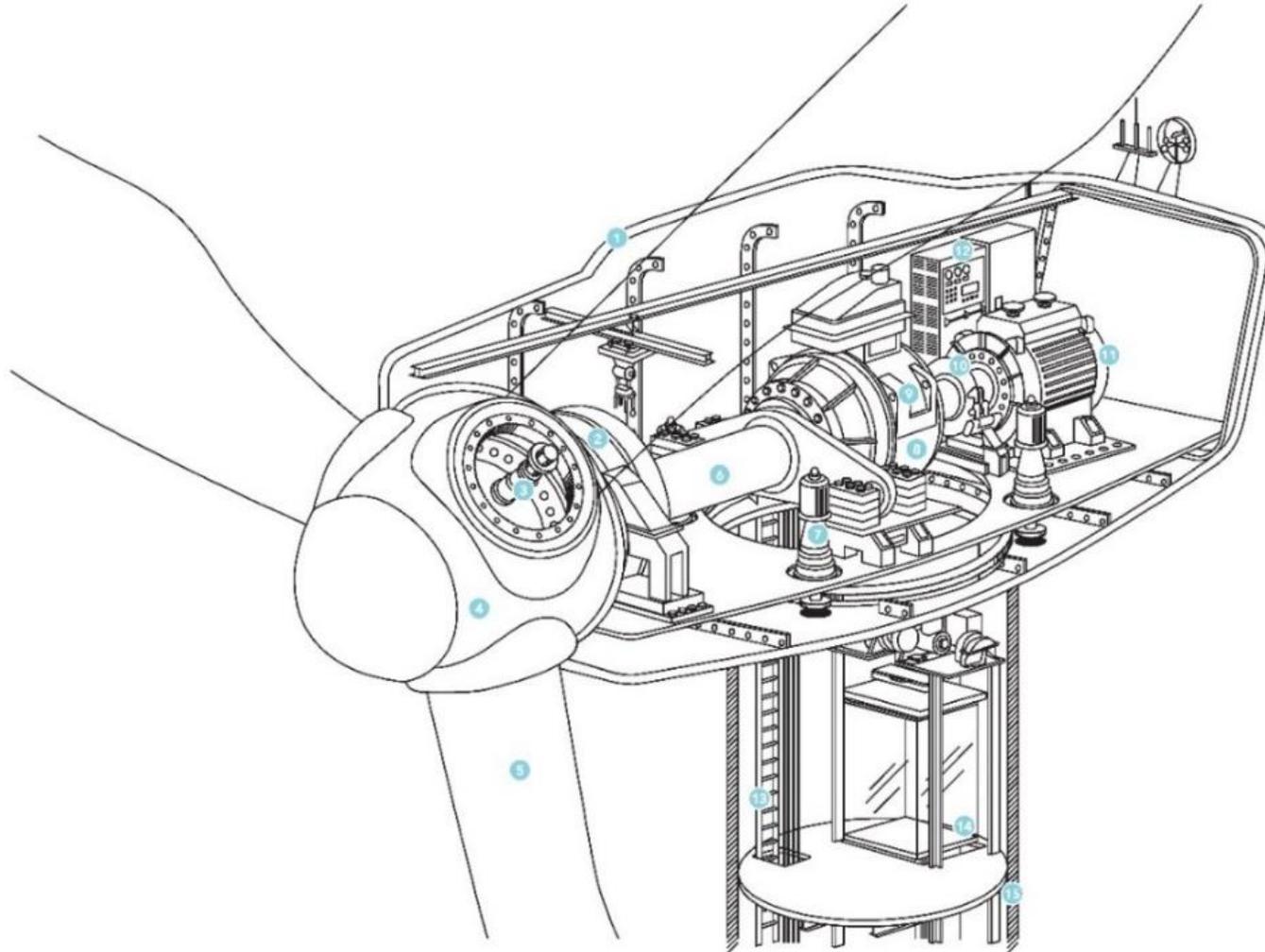


- 揚水
- 製粉
- 製材

オランダ式



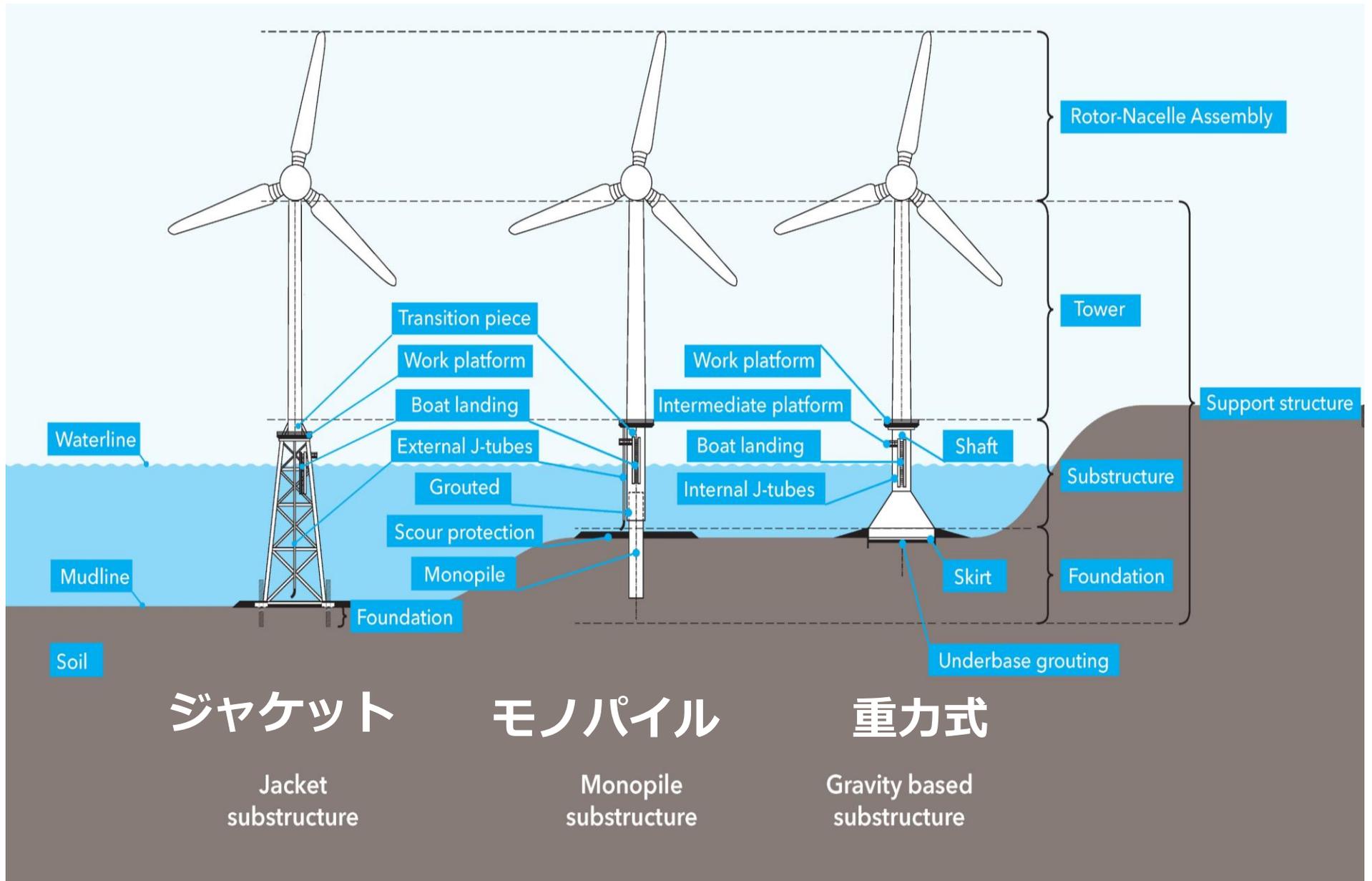
Wind turbine



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）

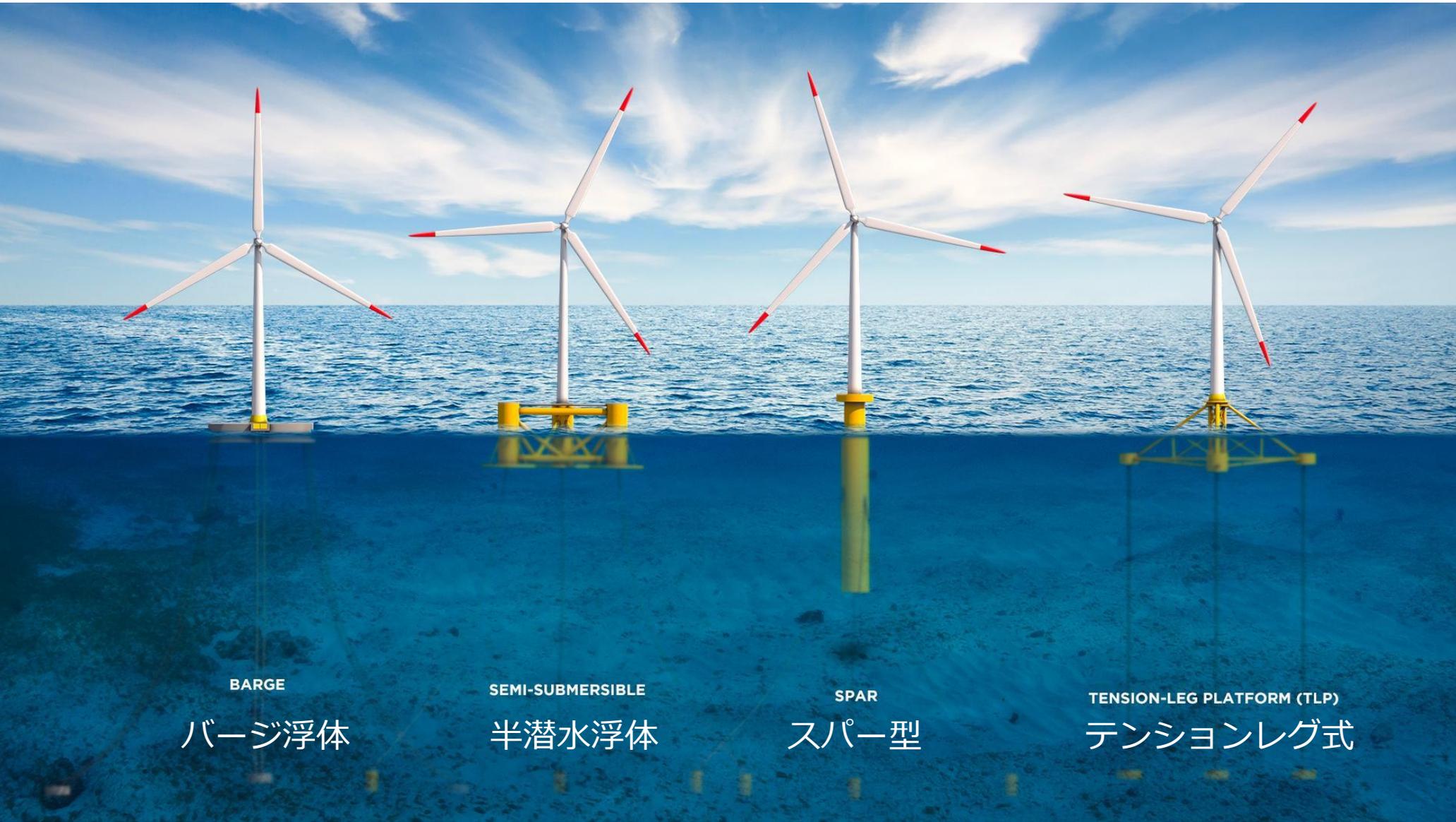


洋上風車の大型化

Offshore wind turbines
growing by leaps and bounds



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)

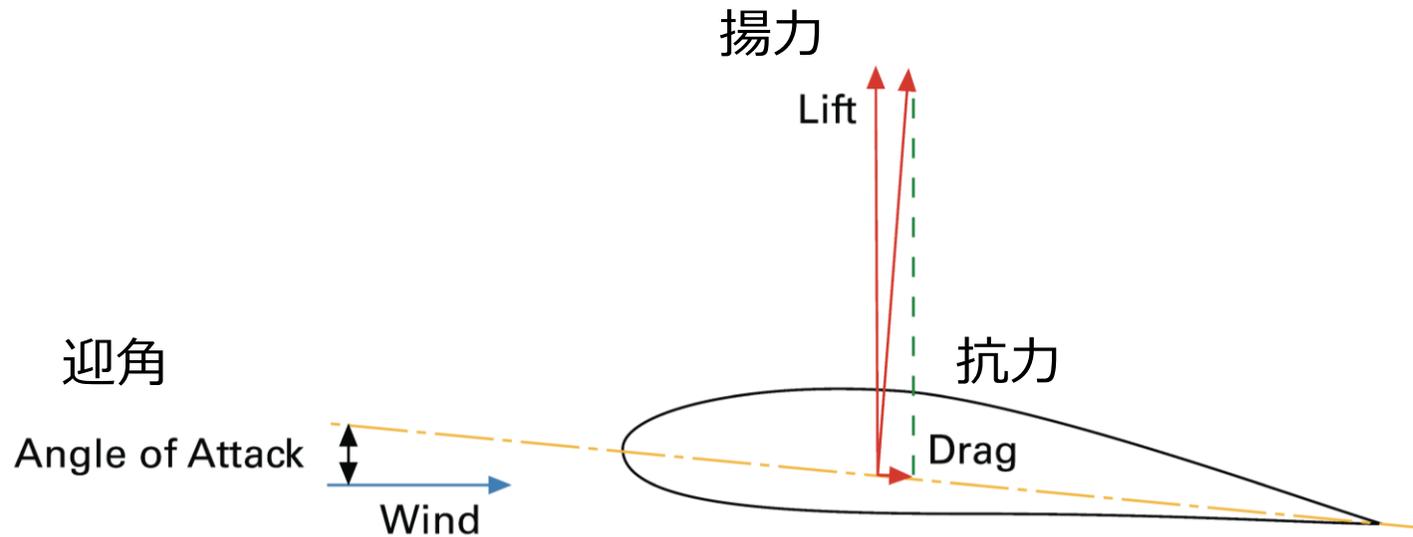
テンションレグ式

洋上風車の規模

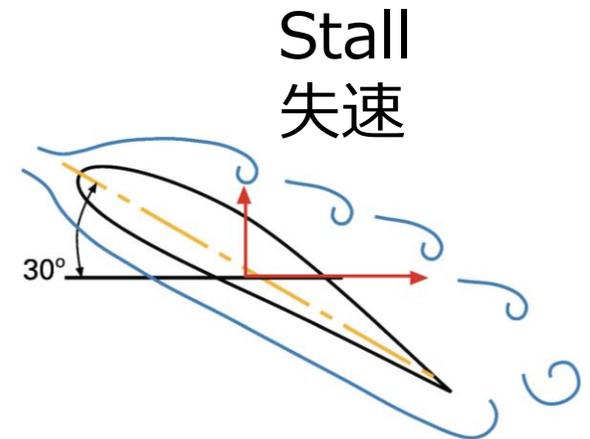
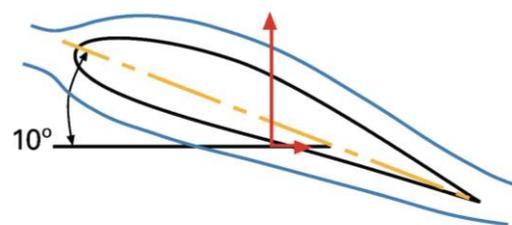
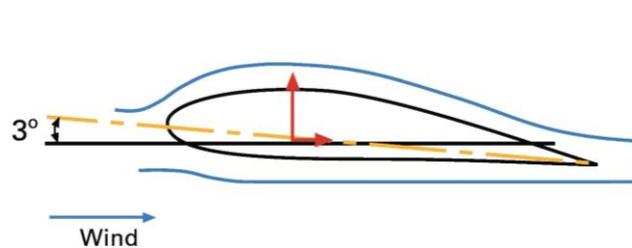
	600 kW (Enercon E44/600)	2MW (Vestas V80/2000)	8MW (MHI Vestas 164/8000)
仕様	ローター直径：44 m 受風面積：1520 m ² 最大回転数：34 rpm	ローター直径：80 m 受風面積：5026 m ² 最大回転数：19 rpm	ローター直径：164 m 受風面積：21124 m ² 最大回転数：12.2 rpm
年間発電量 (設備利用率 35%と仮定して)	0.6(MW)×24(h/日) ×365(日)×35(%) = 1,839,600 (kWh)	2(MW)×24(h/日) ×365(日)×35(%) = 6,132,000 (kWh)	8(MW)×24(h/日) ×365(日)×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！

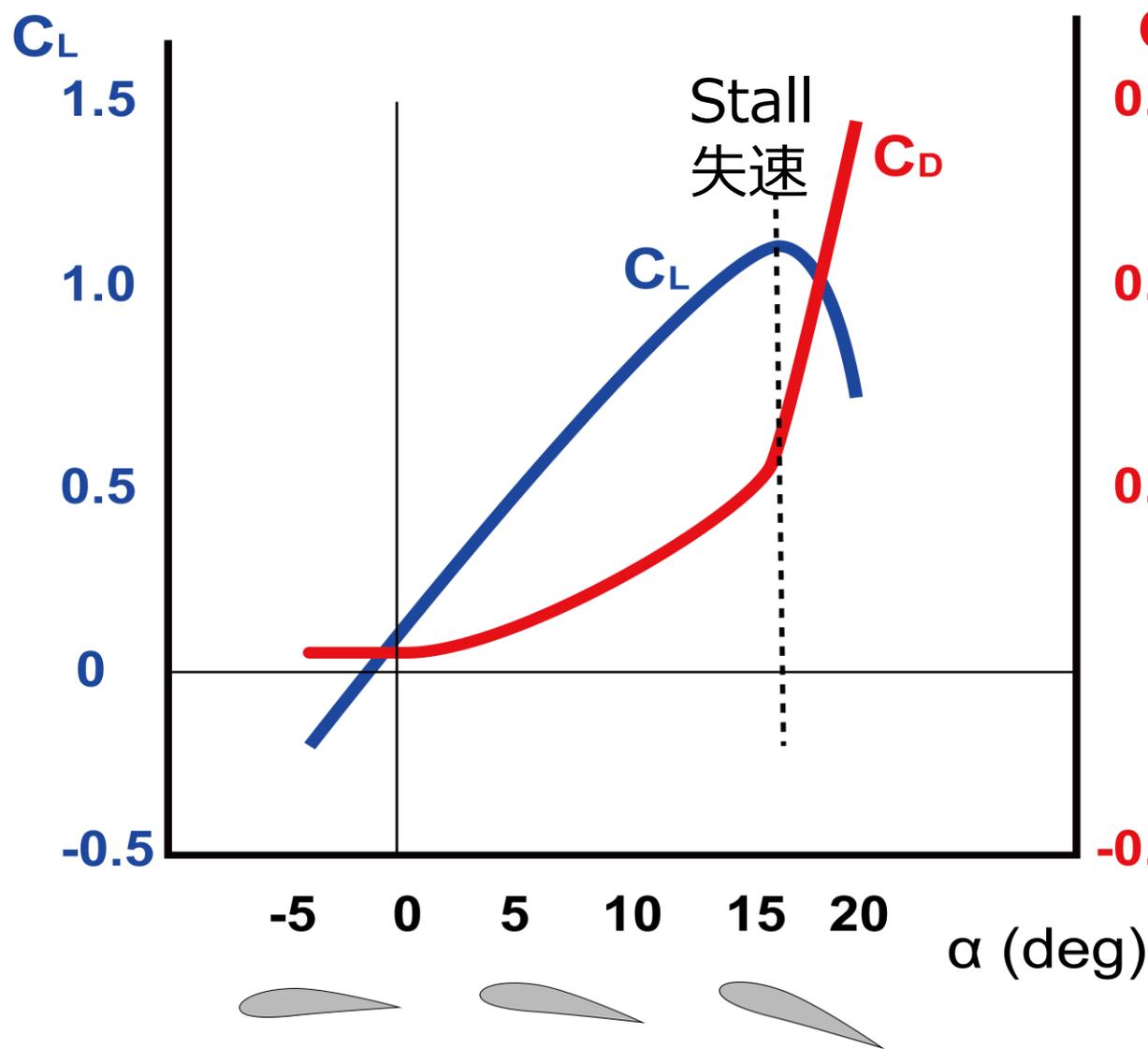
翼断面に作用する揚力, 抗力



最適な迎角



翼断面に作用する揚力, 抗力



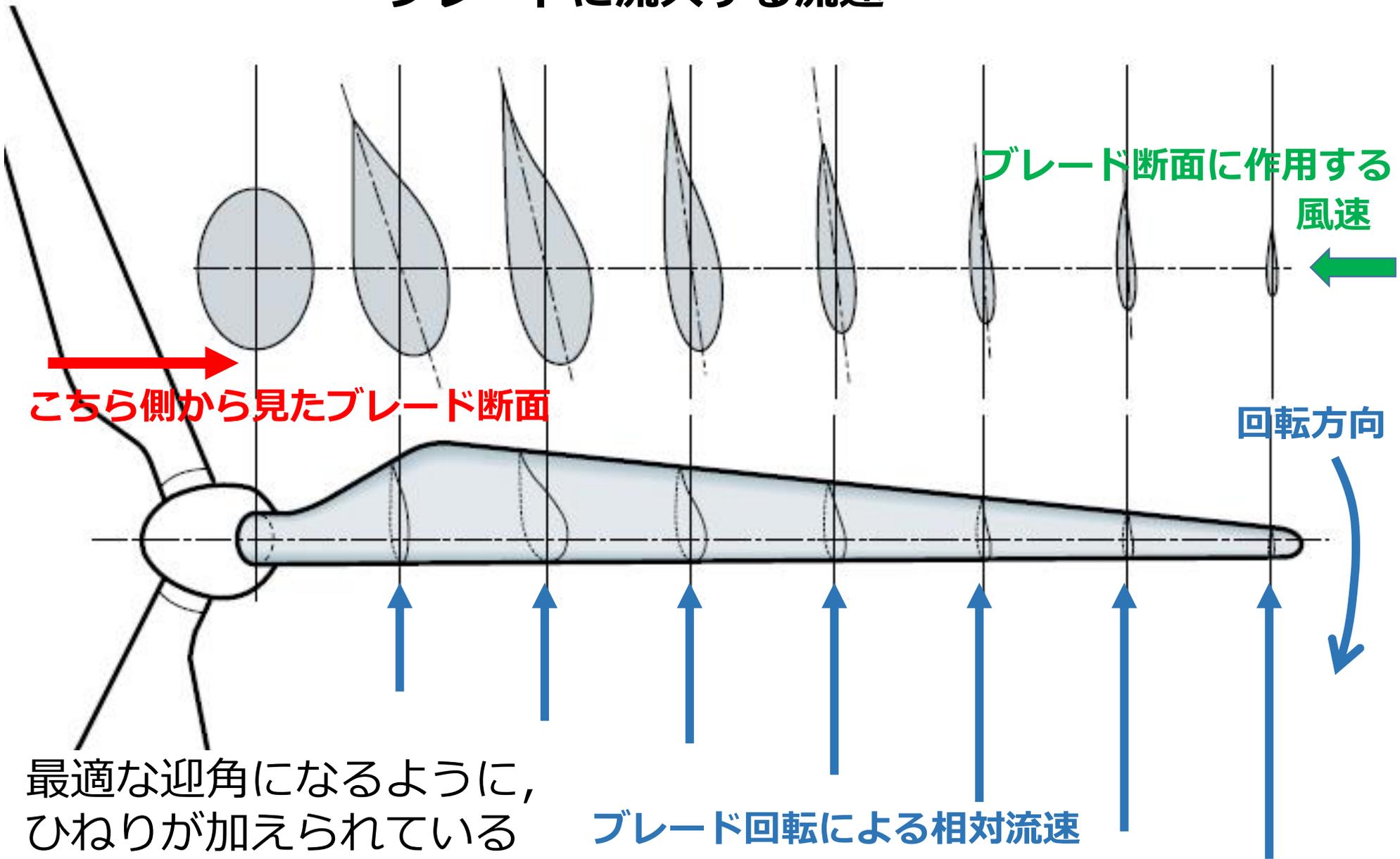
C_L : 揚力係数
 C_D : 抗力係数

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

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

ρ : 空気密度
 S : 翼面積
 U : 風速
 α : 迎角

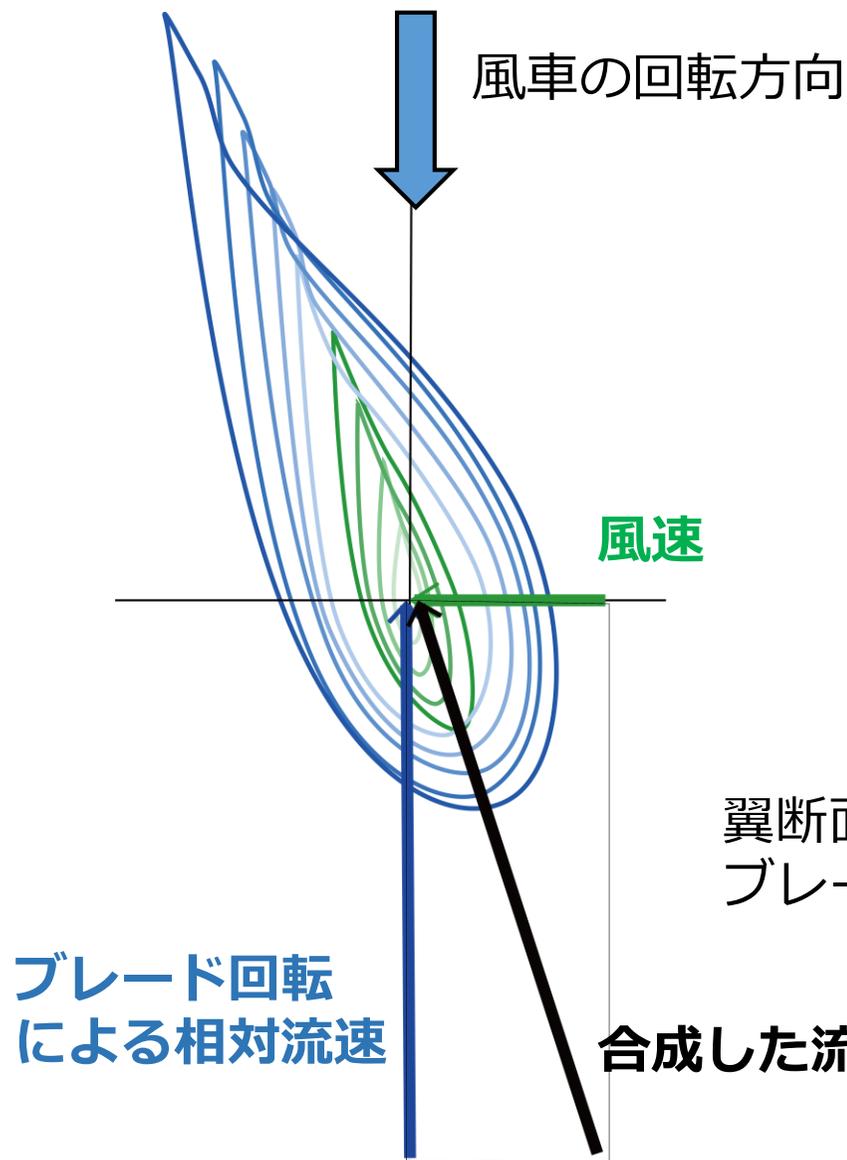
ブレードに流入する流速



最適な迎角になるように、ひねりが加えられている

ブレード回転による相対流速

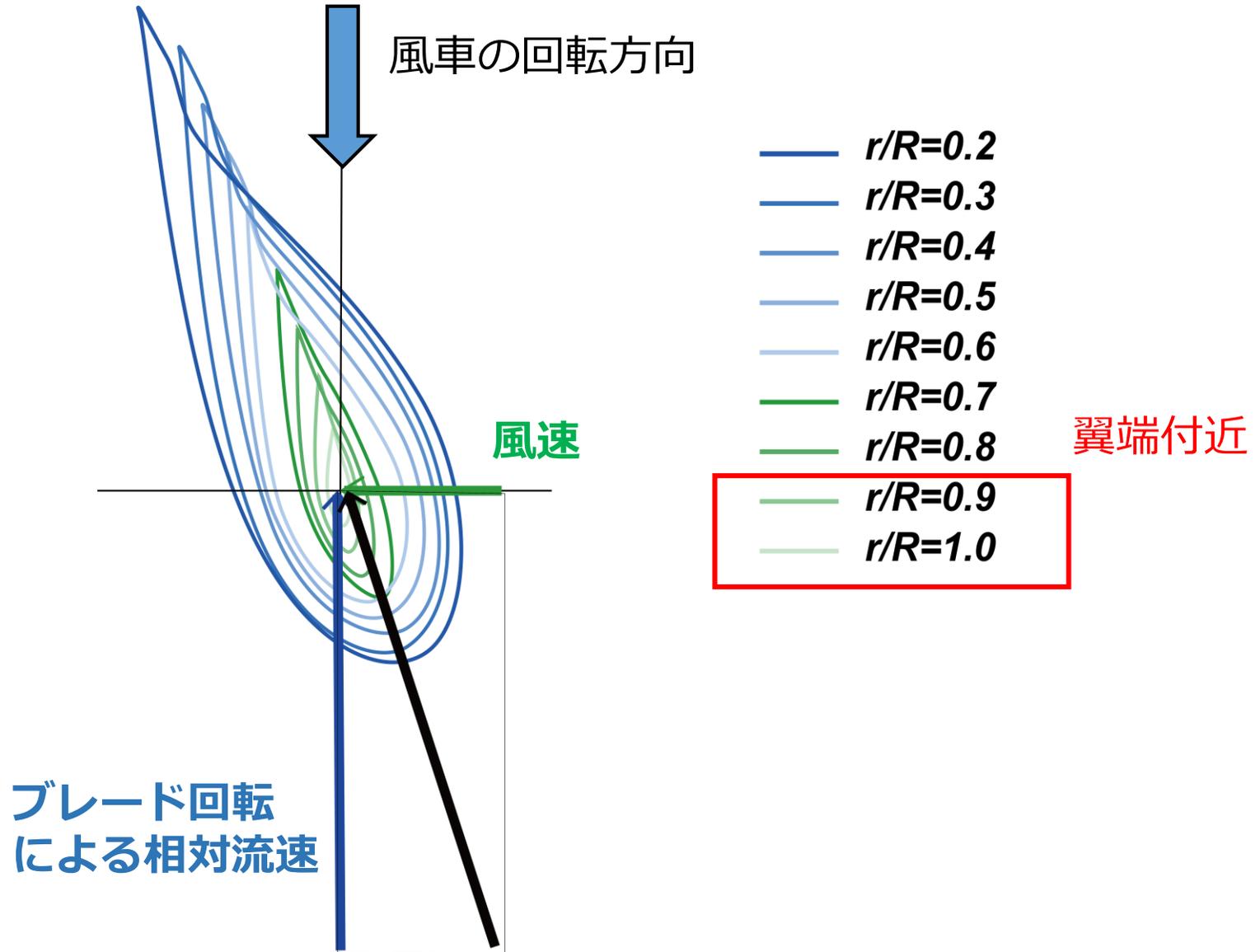
ブレードに流入する流速

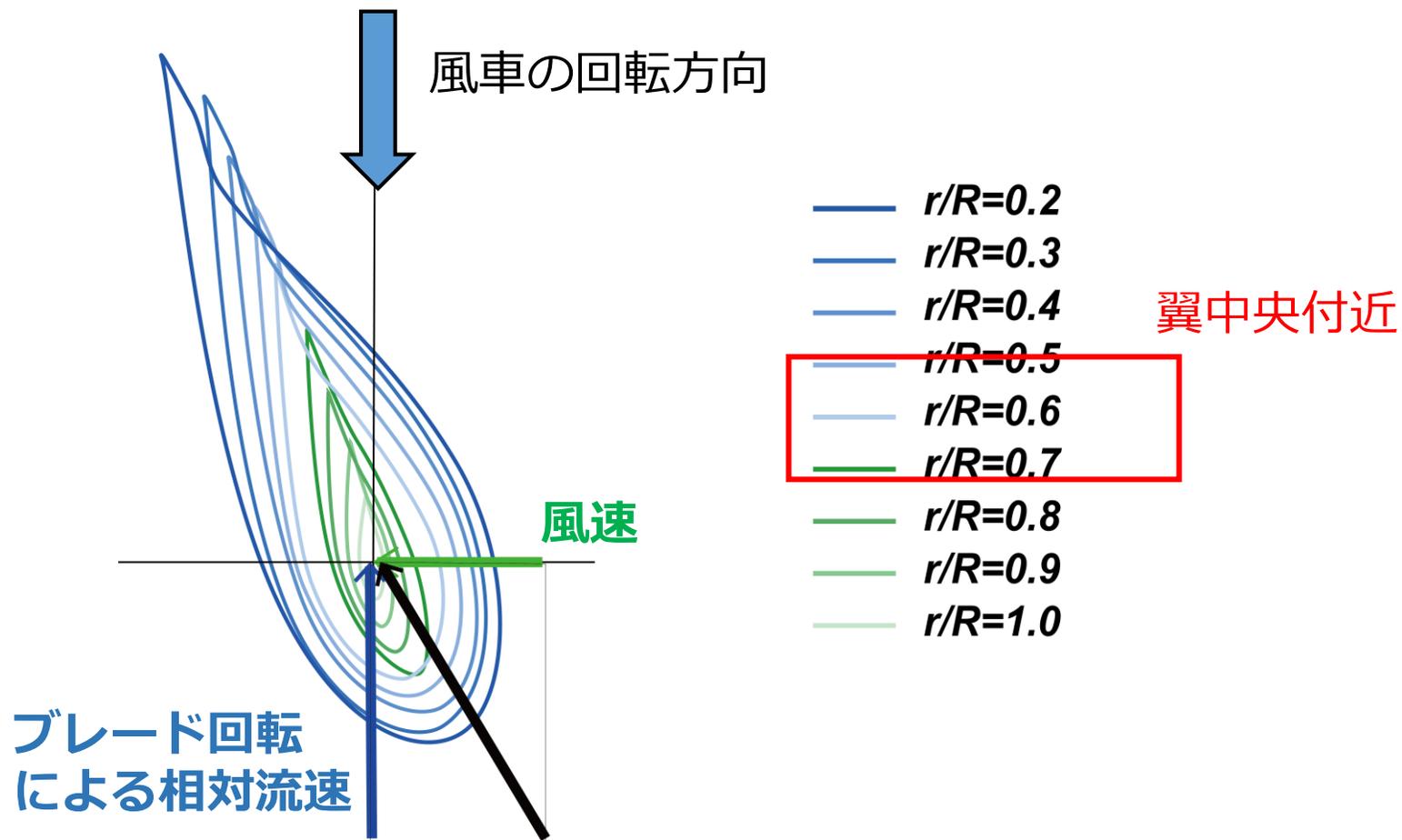


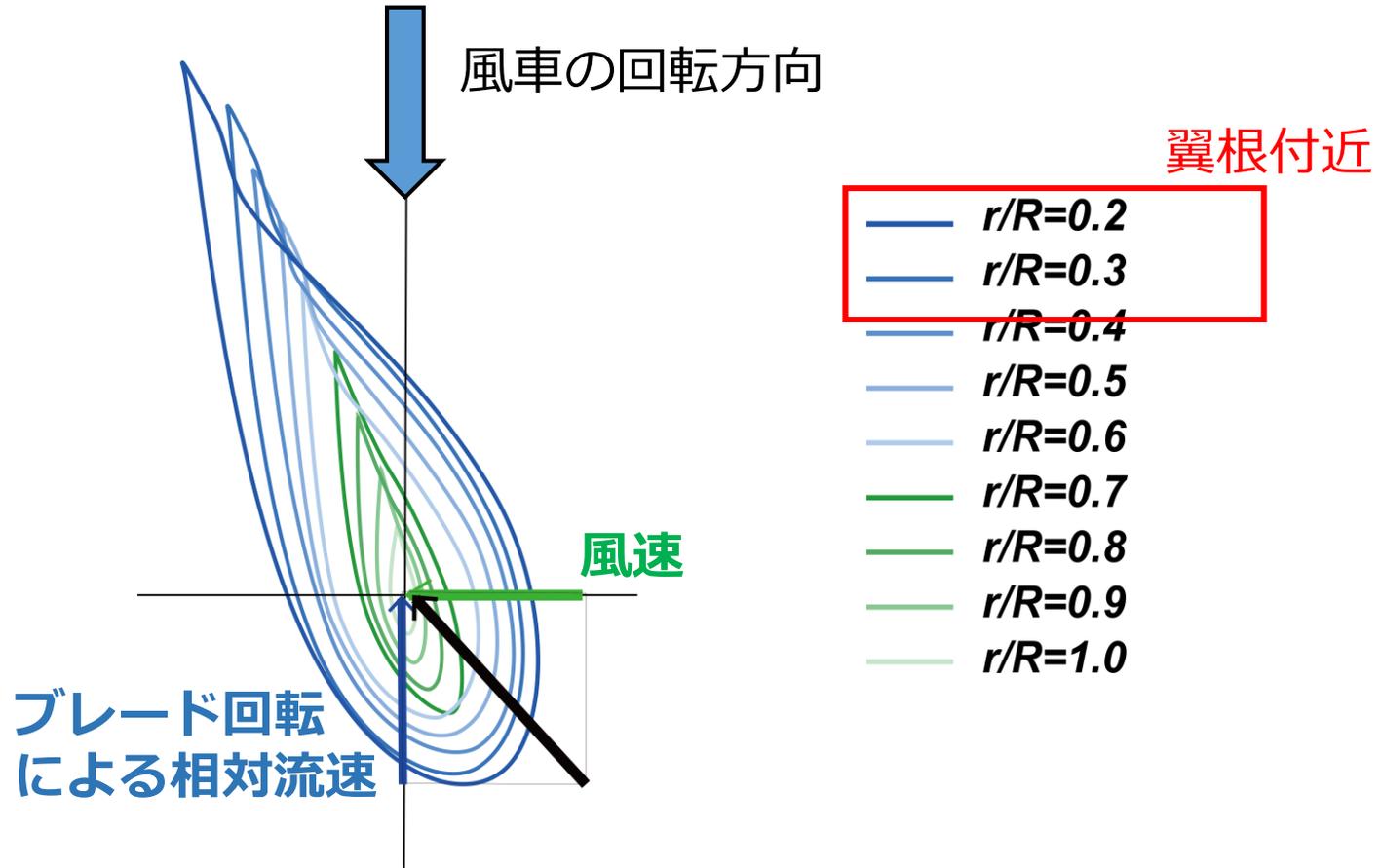
R: ローターの半径
r: ブレード断面位置の
ローター中心からの距離

- $r/R=0.2$
- $r/R=0.3$
- $r/R=0.4$
- $r/R=0.5$
- $r/R=0.6$
- $r/R=0.7$
- $r/R=0.8$
- $r/R=0.9$
- $r/R=1.0$

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



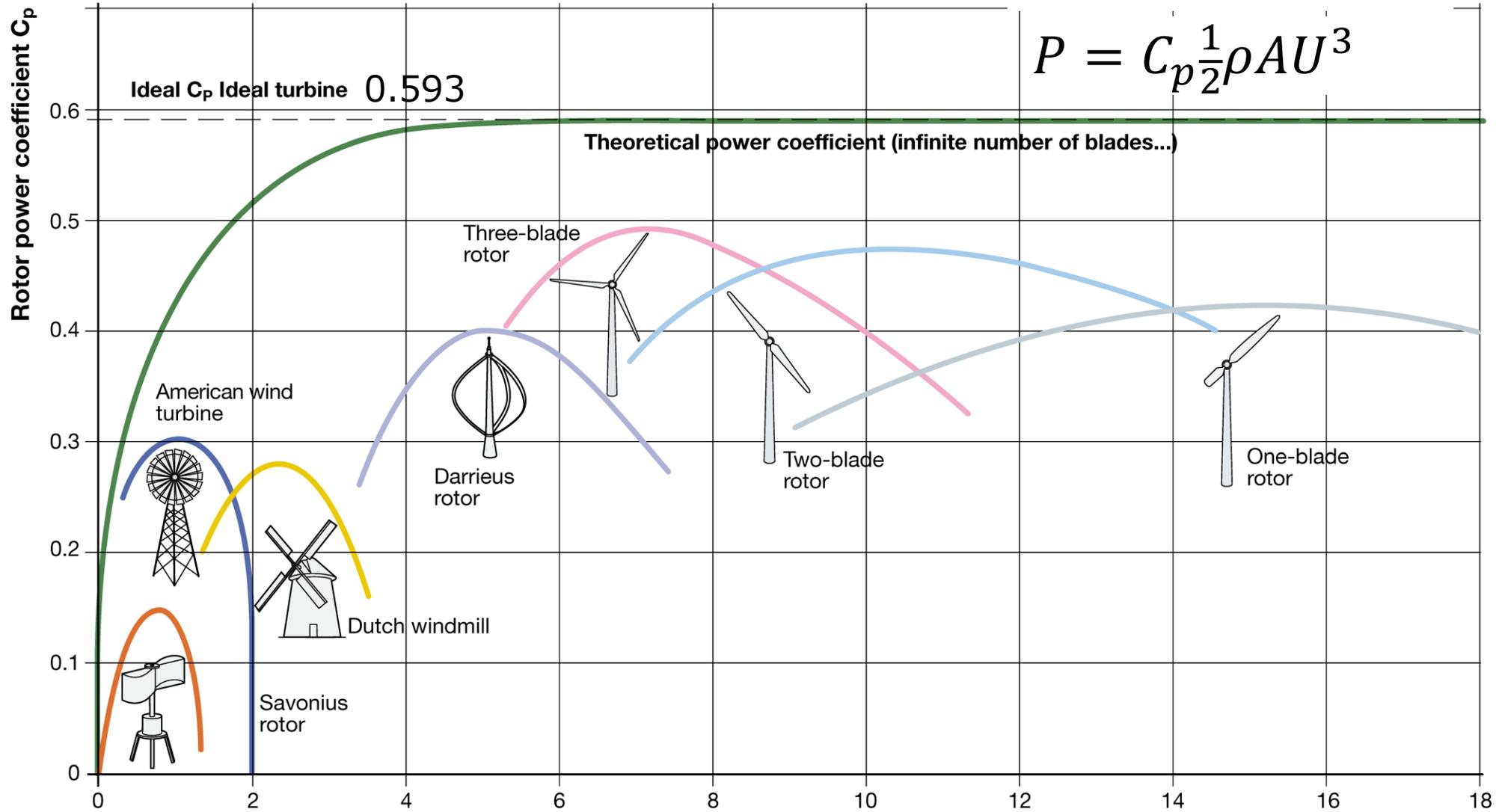




風車の効率

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

$R\Omega / U$

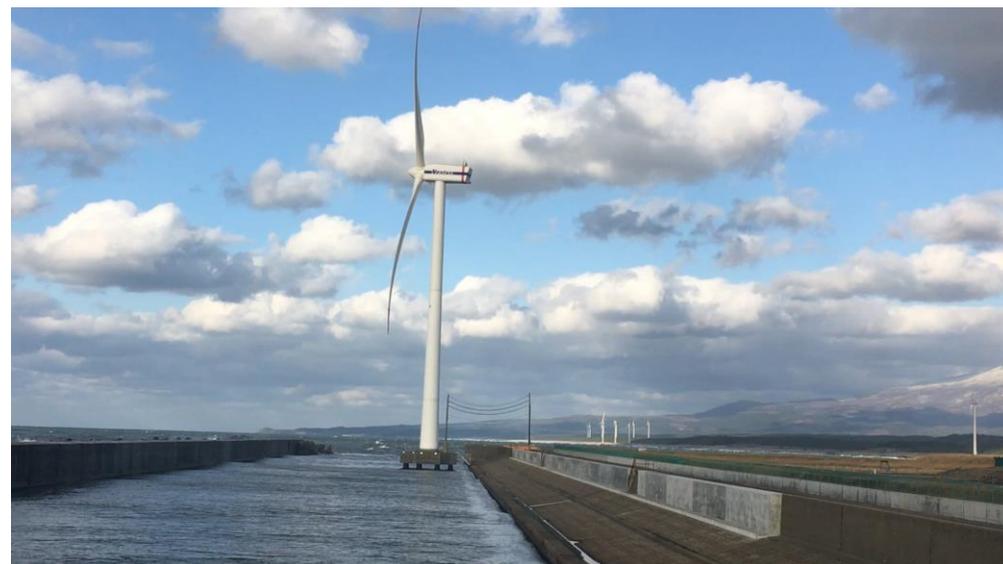
600kW

ローター直径：D=44 m
受風面積：A=1,520 m²
最大回転数：34 rpm



2000kW

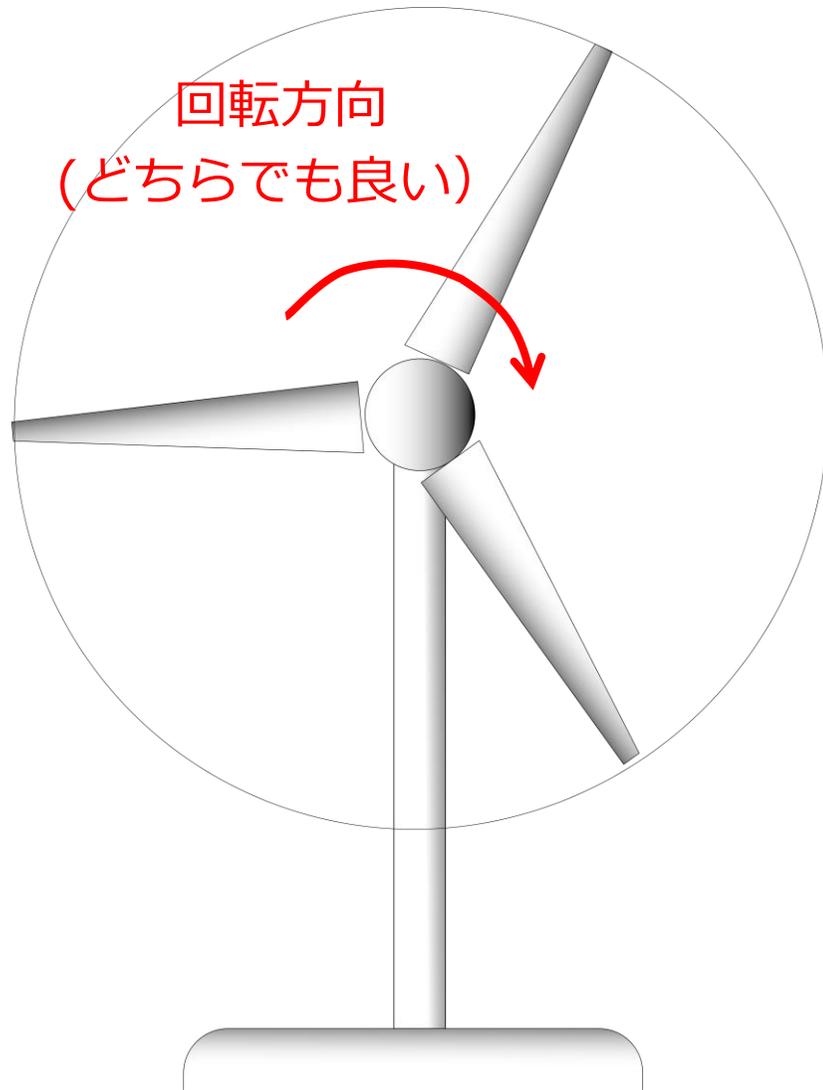
ローター直径：D=80 m
受風面積：A=5,026 m²
最大回転数：19 rpm



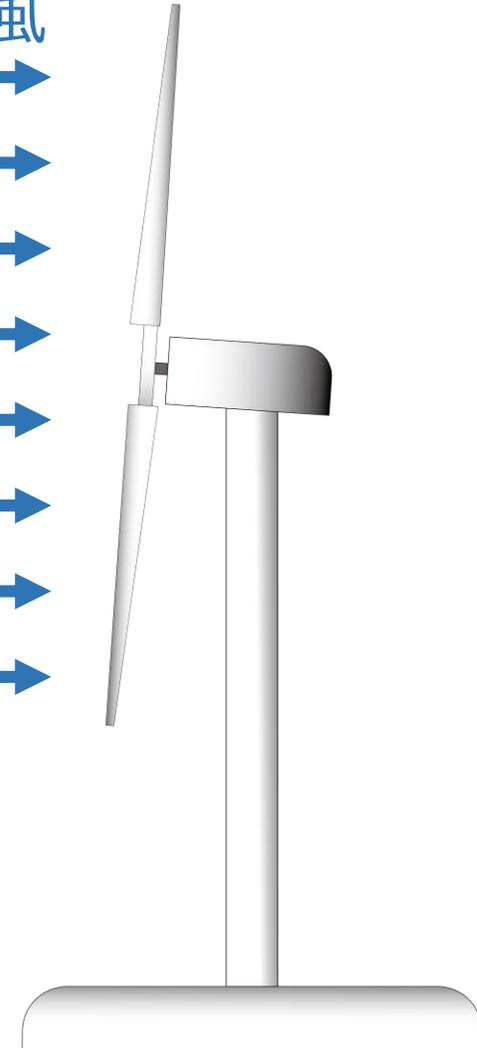
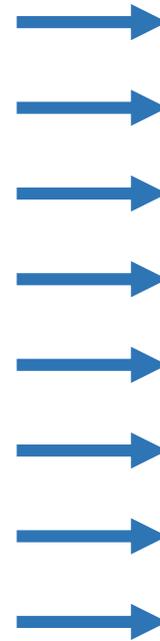
発電パワー $P = C_p \frac{1}{2} \rho A U^3$

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！

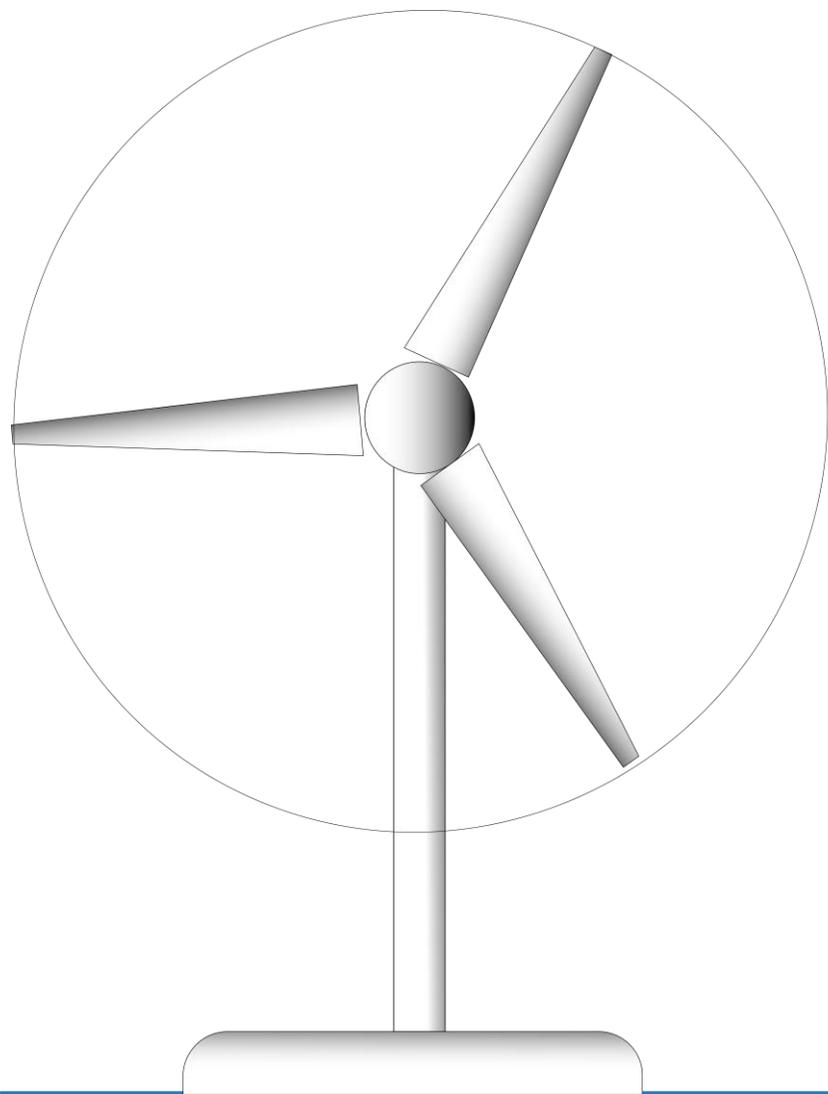
ペーパークラフトでブレードを作る



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

性能確認表

参加者	1号機		2号機	
	仕様 (ブレード数, 直径など)	発生電圧(V)	仕様 (ブレード数, 直径など)	発生電圧(V)
永田				
中村				
林田				
沼田				
釜崎				
野崎先生				
長総大 大川内				
長総大 平井				