

## 記述式問題 例題：風力発電

### 【旧問題から新問題への改善のポイント】

#### (1) 問題前文について

旧問題では、1994年から2014年までの世界の風力発電量の推移を導入として示していたが、問題を解く上で必要な情報ではなかった。そこで、新問題の問3で使用する写真を示すとともに、各々の大問の概要を記述した。また、「特に、論述問題においては、論理的な文章表現をもって解答せよ。」という文言を追記した。

#### (2) 新問題の問1について

旧問題の問2を改変：旧問題の問2では、2枚の写真を提示するだけで、ブレードの形状の違いを二つ指摘させるとともに、それぞれを機械工学の観点から説明することを求めていた。しかし、写真だけから両者の違いを的確に指摘することは難しく、指摘内容の良否が判断しにくいために採点が困難になる傾向があった。また、測定するコンピテンスが不明確であった。そこで、形状の違いを具体的に与えて着目点を絞らせるとともに、難易度を段階的に変化させ、測定するコンピテンスを意識して、あらためて三つの小問を作成した。

#### (3) 新問題の問2について

旧問題の問3を改変：旧問題の問3では、3枚ブレードのプロペラ型が多いことの理由を単純に問い、その理由を三つ挙げさせ、それぞれの得失を推察させていたが、与える情報量が少ないために難易度が高く、測定するコンピテンスも不明確であった。そこで、着目すべき観点を一つに絞って考察させるとともに、設計に関するコンピテンスを測定する問題を新たに導入して、二つの小問を作成した。

#### (4) 新問題の問3について

旧問題の問1を改変：旧問題の問1では、写真を提示するだけで二つの条件を挙げさせ、理由を説明することを求めていた。しかし、解答に極端なバリエーションが生じ、採点のポイントが絞りにくく、測定するコンピテンスも不明確であった。そこで、着目すべき条件を指定した小問を作成し、それぞれの条件についてメリットとその理由を説明させることによって、採点のポイントが絞りやすいようにした。

#### (5) 新問題の問4について

旧問題の問4を改変：旧問題の問4では、設計時の想定以上の風速で支柱が倒壊する確率の大小を考えさせた上で、それぞれに応じて3種類の対策を挙げさせるとともに、それらの得失を説明させていた。しかし、具体的な状況設定がないために解答に極端なバリエーションが生じ、採点のポイントが絞れないために、採点が困難になるとともに、測定するコンピテンスが不明確であった。そこで、具体的な状況設定（シナリオ）と対策の方向性（ブレードの不具合の検出）を指定

## Tuning テスト問題バンク：機械工学

---

した小問，その他の対策を自由に1つだけ挙げる小問，および技術者倫理に特化した小問のそれぞれに分け，測定するコンピテンスも明確にした。

### 【新問題で測定するコンピテンスの一覧】

		① EGS2	② BES2	③ EA1	④ EA2	⑤ ED1	⑥ EP1-3	⑦ EP6	⑧ EP7
問1	(1)	✓			✓				
	(2)	✓	✓						
	(3)	✓			✓				
問2	(1)	✓			✓				
	(2)	✓				✓			
問3	(1)	✓					✓		
	(2)	✓					✓		
	(3)	✓							✓
問4	(1)	✓		✓					
	(2)	✓					✓		
	(3)	✓						✓	

問1.

(1) 【解答例】

風力発電用風車のブレードは、伝統的風車のブレードに比べて細長い形状である上に材質の面からも軽量で、さらに先細であるため先端ほど軽量であると推察できる。また、風力発電用風車の方がブレードの枚数が少ない。これらの理由から、風力発電用風車は、伝統的風車に比べて回転軸まわりの慣性モーメントが小さいという特徴がある。したがって、回転速度（角速度）の変化、延いては風速の変化に追従し易いという利点がある。（197字）

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

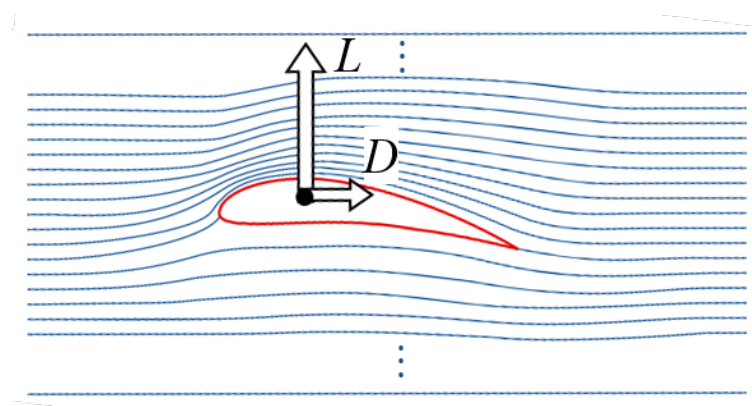
① (EGS2)

- ・ 文字数が概ね 100～200 字に収まっている。
- ・ 全体的に論理的な説明がなされている。

④ (EA2)

- ・ 伝統的風車に比べて風力発電用風車の方が、回転軸まわりの慣性モーメントが小さいことを述べている。
- ・ 慣性モーメントが小さい理由（ブレードの形状が細長いこと、中空であること、先細であること、枚数が少ないこと、材質が軽いと思われることなど）を述べている。
- ・ 慣性モーメントが小さければ、回転速度や風速の変化に追従し易いという利点（あるいはその他の妥当な利点）を述べている。

(2) 【解答例】



$L$  : 揚力,  $D$  : 抗力

出所：富田幸雄，水力学—流れ現象の基礎と構造—，実教出版（1982）

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

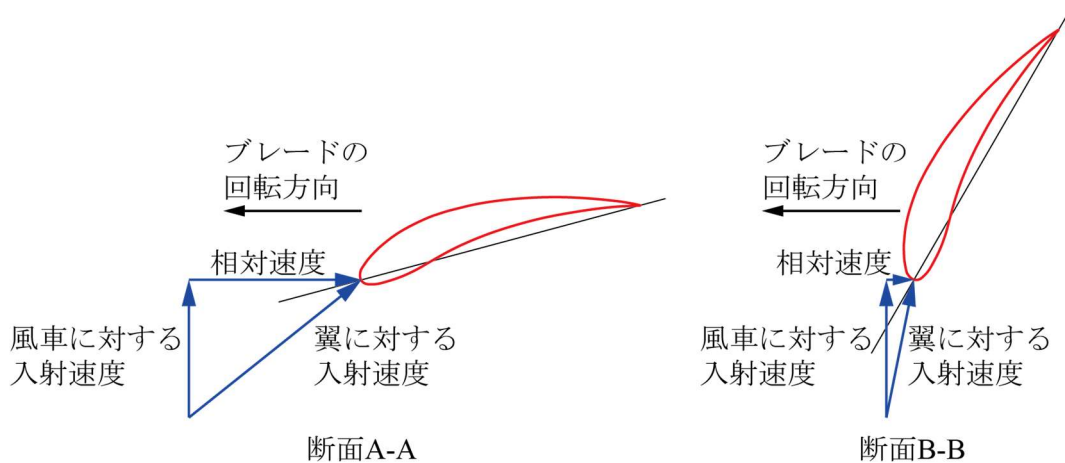
- ・ 問題に与えた図（翼型と入射風向）を正しく描いている。

② (BES2)

- ・ 抗力を概ね正しく描いている。抗力の方向が入射風向と一致している。

- ・ 揚力を概ね正しく描いている。揚力の方向が入射風向に垂直である。
- ・ 流線を概ね正しく描いている。流線の間隔が、揚力の正の側で密、負の側で粗になっている。

### (3) 【解答例】



回転によって生じるブレードと空気の相対速度は、回転半径に比例して大きくなる。そのため、ブレードに入射する空気の速度は、根元から先端に向かうにつれて図に示すように変化する。風の運動エネルギーを風車の回転エネルギーに効率よく変換するためには、ブレードのどの位置においても揚抗比ができるだけ大きくなるように迎角を適切に調整する必要がある。そこで、図に示すようにブレードの方向を回転させる。(191字)

#### 【測定するコンピテンスと採点ポイント】

##### ① (EGS2)

- ・ 問題に与えた図（翼型とそれぞれの方向）を正しく描いている。
- ・ 文字数が概ね 100～200 字に収まっている。
- ・ 全体的に論理的な説明がなされている。

##### ④ (EA2)

- ・ 翼に対する空気の入射速度ベクトルが正しく描けている。
- ・ ブレードの回転による相対速度が、回転半径に比例して大きくなることを述べている。
- ・ 風車への入射速度とブレードの回転による相対速度の両者を考慮して、ブレードへの入射方向が、それぞれの断面で異なることを述べている。
- ・ 入射方向が異なるため、それに合わせて揚抗比が大きくなるようにブレードの迎角を適切に変える必要があることを述べている。

問 2.

(1) 【解答例】

大型風車はブレードの寸法が大きいため、重力や風力に対するブレードの強度の確保が小型風車に比べて難しく、破損リスクも高くなる。また、ブレードの枚数を少なくすれば、ブレードの破損による風車の不具合発生の確率が低減できる。ただし、ブレードが 1 枚の場合は、風車の回転体としての釣合いが顕著に低下する。以上の理由により、ブレードの枚数は 2 枚または 3 枚がよい。

(175 字)

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 文字数が概ね 100～200 字に収まっている。
- ・ 全体的に論理的な説明がなされている。

④ (EA2)

- ・ ブレードの寸法が大きいため、重量や風力に対する強度の確保が難しくなり、破損リスクが高くなることを述べている。
- ・ ブレードの枚数が少なければ、ブレードの破損による風車の不具合発生の確率が低減できることを述べている。
- ・ ブレードの枚数が 1 枚の場合のデメリット（釣合いの低下でなくても妥当な内容であればよい）を述べている。

(2) 【解答例】

例 1：図 6 に示されているように、周速比が約 7.2 のとき、ブレードの枚数が 2 枚でも 3 枚でもパワー係数はほぼ同じである。風車の製作、設置、維持管理に要するコストを考慮すれば、ブレードの枚数は少ない方が望ましい。よって、2 枚とするのがよい。(114 字)

例 2：図 6 に示されているように、周速比が約 7.2 のとき、ブレードの枚数が 2 枚でも 3 枚でもパワー係数はほぼ同じである。風車の回転運動の安定性を考慮すれば、ブレードの枚数が多い方が回転面内の質量分布がより均等になるので望ましい。よって、3 枚とするのがよい。(123 字)

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 文字数が概ね 100～200 字に収まっている。
- ・ 全体的に論理的な説明がなされている。

⑤ (ED1)

- ・ 周速比が 7.2 のとき、ブレードの枚数が 2 枚でも 3 枚でもパワー係数はほぼ同じであることを指摘している。
- ・ 適切な理由を述べた上で、2 枚または 3 枚のいずれかに決定している。○ の場合は 2 枚、△の場合は 3 枚のように、両方の場合を述べていてもよい。

問3.

(1) 【解答例】

昼は海風，夜は陸風として安定な風向と風速が期待できるため，それに合わせて風車を設計することによって高効率で運用できる。(59字)

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 50字程度で記述され，メリットと理由が整合している。

⑥ (EP1-3)

- ・ メリットが明確に挙げられている。
- ・ 理由が明確に説明されている。

(2) 【解答例】

例1：多数の風車を集約的に設置することができるため，風車および周辺設備の設置と維持管理にかかるコストが低減できる。(54字)

例2：全ての風車に入射する風の条件が同じと考えられるため，同一設計の風車が使用できる。(40字)

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 50字程度で記述され，メリットと理由が整合している。

⑥ (EP1-3)

- ・ メリットが明確に挙げられている。
- ・ 理由が明確に説明されている。

(3) 【解答例】

万一の風車の倒壊事故の際にも周囲に被害を及ぼす可能性がないため，安全性が確保でき，被害の補償の必要もない。(53字)

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 50字程度で記述され，メリットと理由が整合している。

⑧ (EP7)

- ・ メリットが明確に挙げられている。
- ・ 理由が明確に説明されている。

問4.

(1) 【解答例】

例1：繊維強化プラスチック製のブレードに導線を埋め込んでおき、導線の抵抗を測定することによって、ブレードの不具合の兆候を検出する。測定には抵抗計を用い、導線の抵抗値の変化を計測する。

例2：支柱に作用する曲げモーメントは風車の回転とともに周期的に変動するが、わずかな不釣合いが生じればその周期変動パターンに変化が生じ、それによって支柱に作用する曲げモーメントも変化すると考えられる。そこで、ひずみゲージを用いて支柱に生じるひずみを測定することによって、支柱に作用する曲げモーメントの変化を通じてブレードの不具合を計測する。

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 全体が論理的にわかり易く説明されている。

③ (EA1)

- ・ 測定する物理量と測定手段を明記している。
- ・ 提案した方法が概ね現実的である（実現不可能ではない）。

(2) 【解答例】

最大風速に応じてブレードを小さいものに交換すれば、ブレードが軽量になるとともに風車全体に作用する風の抵抗が小さくなるので、支柱に作用する力も小さくなって、倒壊の危険性が低くなる。ただし、ブレード交換は支柱の補強と比べて大掛かりな作業を要し、コストが高いと推察される。

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 全体が論理的にわかり易く説明されている。

⑥ (EP1-3)

- ・ 提案した対策が概ね適切である（実現不可能ではない）。
- ・ 支柱や基礎の補強と比較して、提案方法の課題を指摘している。

(3) 【解答例】

まず初めに、発覚した不備の「リスク評価」を行う。これは、不備による風車の倒壊などの致命的な事故の発生を未然に防止するためであり、リスクが高いと評価された場合は「緊急対策」が必要となる。次に、不備の「原因究明」を行う。これは、その後に適切な対策を行うためであり、原因は正確に把握する必要がある。続いて、究明された原因を踏まえて、「対策の計画」を行う。対策には複数の方法が考えられるので、それらの得失を的確に評価して、慎重に計画する必要がある。

この例では、「リスク評価」、「緊急対策」、「原因究明」、「対策の計画」の四つの行動を挙げている。

【測定するコンピテンスと採点ポイント】

① (EGS2)

- ・ 全体が論理的にわかり易く説明されている。

⑦ (EP6)

- ・ 技術者としてあるべき三つの行動が挙げられている。技術者としてあるべき解答であれば，内容は問わない。

おわり