

令和2年3月5日（木）10:00～17:00

東京大学 山上会館 大会議室

第1回世界エンジニアリングデイ記念シンポジウム  
ダイアログ：持続可能な成長のための工学の未来

# 工学教育の未来 - 協働するProblem Solversの育成 -

私とエンジニアとの  
出逢い・驚き・学び

深堀 聰子

fukahori@ueii.kyushu-u.ac.jp



九州大学  
KYUSHU UNIVERSITY



UEII

九州大学教育改革推進本部  
Kyushu University Education Innovation Initiative

# プロフィール

- 専門分野：教育学
  - 比較教育学・教育社会学・高等教育論
  - 教育制度・政策の国際比較研究
  - 教育政策の効果検証
- 京都大学教育学部：学士（教育学）
- 京都大学大学院教育学研究科：修士（教育学）
- Columbia University, Graduate School of Arts and Sciences/ Teachers College, Ph.D.

- 職歴
  - 東京大学社会科学研究所 助手
  - 京都女子大学短期大学部 講師・准教授
  - 国立教育政策研究所 高等教育研究部  
総括研究官・部長  
総括客員研究員
  - 九州大学教育改革推進本部・教授

## 主著

深堀聰子・松下佳代・中島英博・佐藤万知・田中一孝・畑野快・斎藤有吾「学修成果アセスメント・ツール活用支援を通じたエキスパート・ジャッジメントの涵養と大学組織の変容—先駆的事例の分析」『大学教育学会誌』第41号2巻、2020年1月、pp.62-66.（査読有）

Fukahori, S. “Towards a Theory of Disciplinary Relationships – A Proposal for an Analytical Framework of Disciplinary Learning Outcomes Reference Points.” Japanese Educational Research Association. *Educational Studies in Japan: International Yearbook*, No.12, 2018, 61-75.（査読有）

Cross, J., Ekawati, E., Fukahori, S., Obi, S., Saito, Y., Tandian, N., Triawan, F. “Development of a Mechanical Engineering Test Item Bank to Promote Learning Outcomes-Based Education Japanese and Indonesian Higher Education Institutions.” *Tuning Journal for Higher Education*, Vo.5. No.1, 2017, 41-73. (DOI: [http://dx.doi.org/10.18543/tjhe-5\(1\)-2017pp41-73](http://dx.doi.org/10.18543/tjhe-5(1)-2017pp41-73))（査読有）

深堀聰子編著『アウトカムに基づく大学教育の質保証-チューニングとアセスメントにみる世界の動向』東信堂，2015年.

## 主な公的委員

日本技術者教育認定協会理事 2017-

日本学術会議連携会員（心理学・教育学委員会教育学分野の参照基準検討分科会）2018-2020

中央教育審議会臨時委員・専門委員（大学分科会教学マネジメント特別委員会）2018-2021

大学教育学会理事 2019-

「学生が高等教育を通してどのような知識・技能・態度を修得したか」を、国際通用性のある方法で測定することは~~可能かどうか~~を検証する試み。

- 工学、経済学、一般的技能分野におけるテスト開発
- 17か国（248大学、学生22,977人）
- 工学分野9カ国：日本（12大学、学生504人）
  - 研究代表者：岸本喜久雄、National Project Manager：深堀聰子

「どのようにすれば、高等教育の矮小化に繋がらないテスト問題を開発することができるか。」

「標準テストの開発は、高等教育の標準化、画一化、矮小化を招くのではないか。果たして、開発してよいものだろうか・・・。」

私とエンジニアとの出会い・驚き・学び

**第1章 OECD-AHELO 高等教育における学習成果調査  
(2008～2012)**

Donald, J.G. (2002). *Learning to Think – Disciplinary Perspectives*.  
San Francisco. CA: Jossey-Bass

学問分野によって異なる「思考の型」を明らかにすることを目指す試み。

分野	思考の型	問題解決アプローチ	検証方法
物理学	一般法則に基づく推論	仮説的状況の構築	結果が法則と一致するか
化学		未知の問題を既知の枠組みに当てはめる	
工学		限られた情報・制約下での推論・試行錯誤	Does it work?
生物学	現象の多様性・文脈依存的な認識枠組み	仮説・検証	実証研究の信頼性
心理学			
法学	状況の解釈	法令と判例	権威の説得
教育学 (教員養成)		理論と教材	Does it work?
文学	対抗する解釈の評価	テキスト分析	内的整合性・説得力・美しさ

## OECD-AHELOから何を学んだか

抽象的な学修成果を具体的な学習成果に紐づけて論じてみなければ、真の共通理解が図れているのか判断することはできない



- テスト問題作り（採点・修正）は、専門家同士の対話を通して、抽象的な学修目標を具体的な到達目標に落とし込み、共通理解を形成するための演習。
- 抽象的な学修目標と具体的な到達目標の関係性について、一度、基本的な共通理解が形成されると、他の文脈にも転移可能であることから、日々の多様な教育実践に援用されることが期待される。
  - 分野全体を覆い尽くすほど多くのテスト問題は必要ない。
  - 具体的な教育内容の要不要・取捨選択を目的としているのでもない。

OECD-AHELO終了後も、日本における取組の継続へ

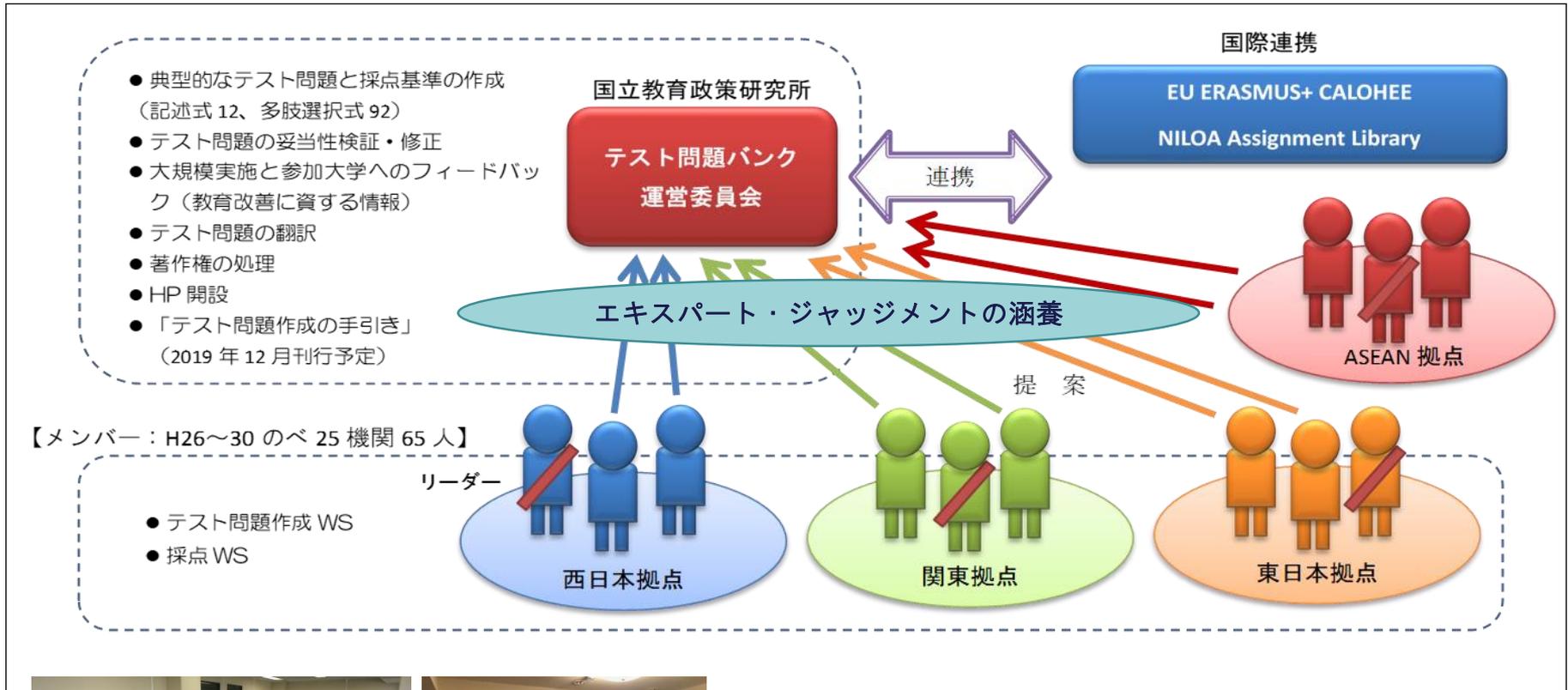
- 2013～2015
  - 「エンジニアのように考える力」をどのように測定することができるか。ただし、2時間程度のペーパーテストという境界条件の下で。
- 2016～2018
  - 測りたい能力を、よりの確に測るためには、どのような問題を設定すればよいのか（テスト理論の専門家との協働）。
  - 採点者の負担を可能な限り抑えながら、高い信頼性で記述式問題の採点を行うには、どのような採点基準を作成すればよいか。
- 2019～
  - 開発したテスト問題を、大学教育の改善に活かすためには、教学マネジメントにどのように組み込めばよいのか。
  - 技術者倫理の知識・能力は、どのように捉えられるか（哲学者との協働）

## 私とエンジニアとの出逢い・驚き・学び

### 第2章：国立教育政策研究所チューニングによる大学教育のグローバル質保証-テスト問題バンクの取組（2013～）

（研究代表者：岸本喜久雄）

大学を越えて専門家が集い、学修目標の達成度を測定するテスト問題を共同開発する。テスト問題は各大学で実施し、ベンチマーク情報を含むフィードバックを得ることで、教育改善に活かすことができる。



<https://www.nier.go.jp/tuning/centre/kikai-public.html>

「テスト問題作成の手引き (概要版)」近日公開予定

風力発電は、風車を使用して風の運動エネルギーを電気エネルギーに変換する発電方式であって、環境負荷が小さく、発電コストが比較的安いなどの長所がある一方で、風速変動に伴う出力変動、強風や落雷などによる破損可能性などの短所もある。図1は、北海道天塩郡幌延町にあるオトンレイ風力発電所の概観である。この発電所は2003年から本格稼働しており、風車1基当たり750 kW、全28基で21,000 kWの出力を有する集合型風力発電所（多数の風車を1か所に集約設置した発電所。ウィンドファーム）である。風車の直径は50.5 m、支柱高さは74 mである。このような集合型風力発電所について、その基本構成要素である風車の構造と性能、発電所の設置条件、事故対策などについて考察する。以下の問題に対して、機械工学を中心とする工学的観点から解答せよ。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。



図1. 集合型風力発電所の例  
提供：幌延町（オトンレイ風力発電所）



図2. 水平軸型風車の例

- 図2は、風車の回転軸が風向と平行な水平軸型風車の代表例であり、(a)は風力発電に多く用いられているプロペラ型、(b)は伝統的なオランダ型である。
- 両者のブレード（羽根）には、それらの動作原理と関係した違いがある。風が作用したブレードには揚力と抗力が発生するが、風力発電用風車は揚力を利用して回転トルクを発生させる揚力型であるのに対し、伝統的風車は抗力を利用して回転トルクを発生させる抗力型である。このことを踏まえて、風力発電用風車の「ブレード」に関する次の問題に答えよ。
- (1)風力発電用風車のブレードはガラス繊維強化プラスチック製の中空構造（内部補強リブ付き）であるのに対し、伝統的風車のブレードは木製の骨組みに布を張った構造である。また、風力発電用風車は、伝統的風車に比べてブレードが細長く、先細である。風力発電用風車について伝統的風車と対比して推察し、回転軸まわりの慣性モーメントの違い及びそれに伴う回転性能の特徴と利点を100～200字で説明せよ。
- (2)風力発電用風車のブレードは、図3に示すように飛行機の翼と同様の断面形状（翼型）を有している。解答欄に図3のような一般的な二次元翼型を描いた上で、その周囲の空気の流線及び発生する揚力と抗力を矢印を用いて簡単に図示せよ。

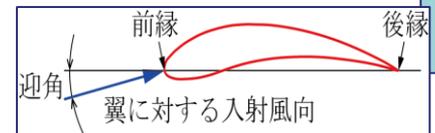


図3 二次元翼型

出所：左 Martijn Roos. [www.mroosfotografie.nl](http://www.mroosfotografie.nl)  
(<http://free-photos.gatag.net/2014/11/07/040000.html>)  
右 『2000ピクセル以上のフリー写真素材集』  
(<http://sozai-free.com/sozai/01541.html>)  
<https://www.nier.go.jp/tuning/centre/pdf/20150418WindPowerGenerationJapanese.pdf>

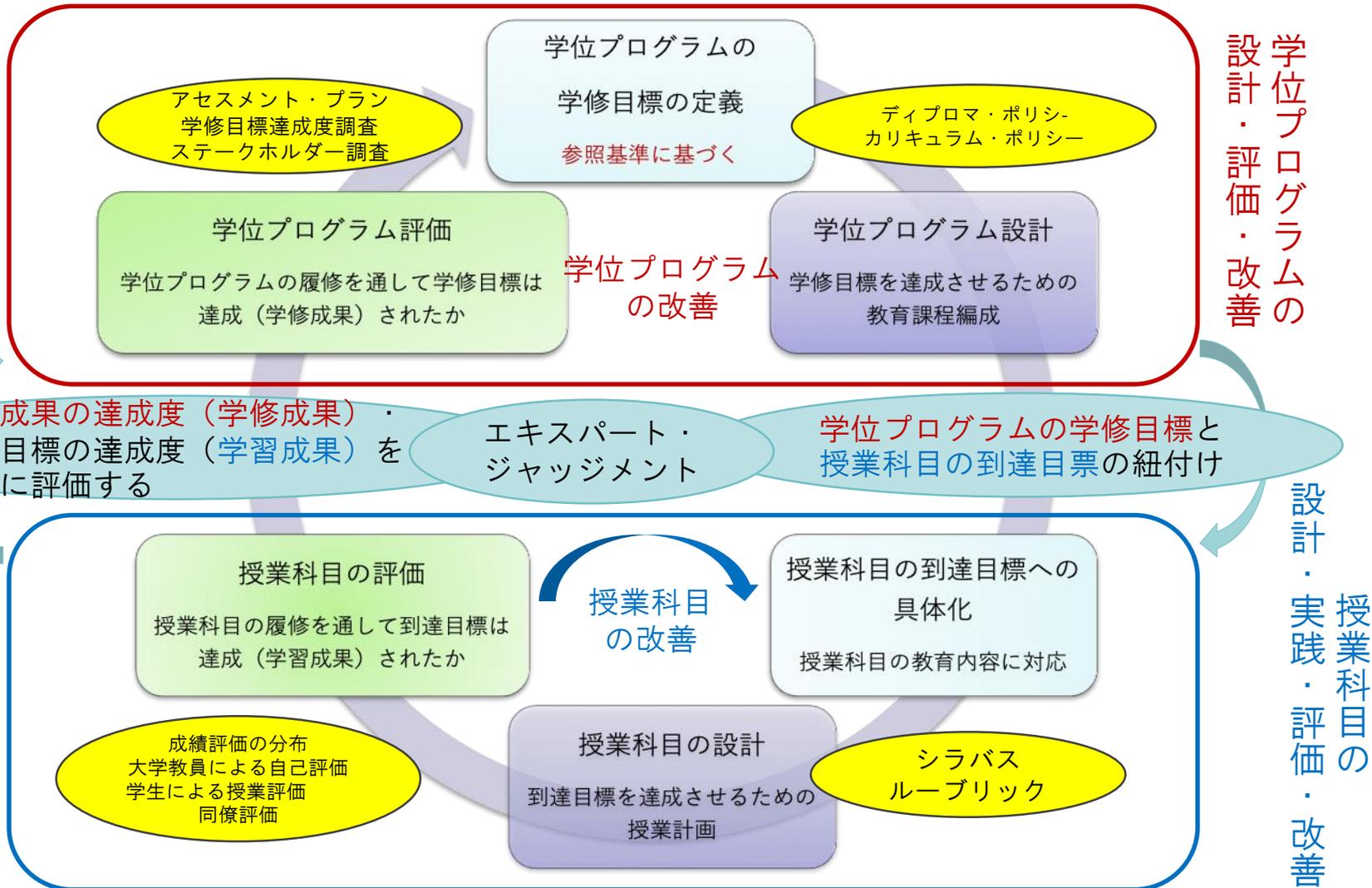
「エンジニアのように考える力」を問う

- 全学の教育イノベーションの企画・評価
- 工学部は、常に、フロントランナーとして全学の教育イノベーションを牽引

「どのようにすれば、意味のある取組にすることができるか。  
しかも、できる限り教育現場の負担を少なく、効果的・効率的に。」

私とエンジニアとの出逢い・驚き・学び  
第3章：九州大学教育改革推進本部（2018～）

# 九州大学教学マネジメント枠組み “From my course, to our program”



# 工学部機械航空工学科機械工学コース・工学府機械工学専攻の カリキュラム・マップ

Tuning AHELO参照基準に基づいて学修目標の妥当性を説明。

## カリキュラム・マップとシラバスと学務情報連結システム（2020年度試行）



工学教育の未来：  
持続可能な成長に貢献する、  
協働するProblem Solversの育成。





エンジニアリング汎用的能力 (Engineering Generic Skills)		備考
EGS1	個人として、またはチームの一員として、効果的に役割を果たす能力。	EGS2に含まれる
EGS2	①エンジニアリングの社会および一般社会と効果的にコミュニケーションを図るために、種々の方法を活用する能力。	固有の設問、及び各設問の解答を「表現力」の観点から採点する。
EGS3	生涯にわたり、自主的に学習することの必要性を認識し取組む能力。	本取組では測定しない
EGS4	エンジニアリングの広範囲に亘る分野横断的な状況についての認識を示すことができる能力	ED1に含まれる
工学基礎・工学専門 (Basic and Engineering Sciences)		
BES1	専門とするエンジニアリング分野の基礎となる科学や数学の原理に関する知識と理解を示すことができる能力。基礎数学は微分・積分、線形代数、数値解析法を含む。	多肢選択式テストで確認する
BES2	②専門とするエンジニアリング分野の重要事項や概念に関する系統的な理解を示すことができる能力。	多肢選択式テストで確認する
BES3	専門とするエンジニアリング分野について最先端の事がらを含む幅広い知識を示すことができる能力。機械工学分野では、以下の様な項目 (高度なプログラミング、固体力学・流体力学、材料科学・材料力学、熱学：熱力学・熱伝導、一般的な機械の動作 (ポンプ、換気装置、タービン、エンジン))。	多肢選択式テストで確認する
エンジニアリング分析・解析 (Engineering Analysis)		
EA1	③エンジニアリングの課題を特定して定式化し、確立した方法で解くために知識と理解を応用する能力。	
EA2	④エンジニアリングの生産物、プロセス、手法について分析するために知識と理解を応用する能力。	
EA3	適切な分析方法やモデルを選択・適用する能力。	EA1-2に含まれる
EA4	文献を検索し、データベースや他の情報源を活用する能力。	EA1-2に含まれる
EA5	適切な実験を計画して実施し、データを解釈して、結論を導く能力。	EA1-2に含まれる
EA6	機械工学に係る以下について分析する能力 (物質とエネルギーの収支とシステムの効率、水圧・空気圧システム、機械要素)。	EA1-2に含まれる
エンジニアリング・デザイン (Engineering Design)		
ED1	⑤特定の規定された要求を満足するデザインを開発するために知識と理解を応用する能力。	
ED2	デザインの方法論を理解し、それらを活用できる能力。	ED1に含まれる
エンジニアリング実践 (Engineering Practice)		
EP1-3	⑥エンジニアリングの課題を解決するために、適用可能な理論と手法ならびにそれらの制約を理解した上で、選択・統合・活用する能力。	
EP1	適切な設備・道具・手法を選択して使用する能力。	
EP2	エンジニアリングの課題を解決するために、理論と実践を統合する能力。	
EP3	適用可能な技術や手法とその適用限界についての理解を示すことができる能力。	
EP4	エンジニアリングの実践における非技術的な関連事項に関する理解を示すことができる能力。	EP7に含まれる
EP5	工作や実験の技能を示すことができる能力。	EP1-3に含まれる
EP6	⑦健康・安全・法律の問題とエンジニアリングの実践に伴う責任、および解決策の及ぼす社会的・環境的状況への影響について理解していることを示すことができ、エンジニアリングの実践に伴う職業倫理、責任、規範を引き受ける能力 (EP4より移動)。	
EP7	⑧例えばリスク管理や変革管理などのプロジェクト管理やビジネス手法について、それらの制約についての認識も含めて知識を示すことができる能力	
EP8	制御・生産システムを選択して活用する能力。	EP1-3に含まれる

# 参考資料

抽象的な学修目標を具体的な到達目標に紐付ける：風車問題（流体力学）の例

汎用的能力	学修目標	到達目標
コミュニケーション能力 チームワーク リーダーシップ	①エンジニアリングの社会および一般社会と効果的にコミュニケーションを図るために、種々の方法を活用する能力。	風車の完成後に不備が発覚した時、技術担当者としてとるべき行動を挙げ、その理由を説明することができる。
知識・理解	②専門とするエンジニアリング分野の重要事項や概念に関する系統的な理解を示すことができる能力。	ブレードの周囲の空気の流線、及び発生する揚力と抗力について、図を描いて説明することができる。
論理的思考力 批判的思考力 問題解決能力	④エンジニアリングの生産物、プロセス、手法について分析するために知識と理解を応用する能力。  ⑤特定の規定された要求を満足するデザインを開発するために知識と理解を応用する能力。  ⑥エンジニアリングの課題を解決するために、適用可能な理論と手法ならびにそれらの制約を理解した上で、選択・統合・活用する能力。	風力発電用風車のブレードについて、伝統的風車と対比して、回転性能の観点からその特徴について説明することができる。  風速、ブレードの寸法、回転数などの制約条件が与えられた時に、ブレードの枚数を2枚または3枚のいずれかに決定するために検討すべき観点について説明することができる。  風力発電所の設置条件について、条件を満たすことによって実現されるメリット、及びその理由を説明することができる。