

「洋上風力入門」2024年度後期計画

■2024年度後期実施概要

主担当：九州大学 工学研究院 海洋システム工学部門 海洋システム設計学 宇都宮 智昭 教授

兼 洋上風力研究教育センター支持構造物・洋上送電研究部門長

概要：サイト条件評価、風車工学、支持構造物・浮体設計、環境・経済評価の各々のエッセンスを入門的に学ぶことができる。

受講条件：特になし。

到達目標：洋上風力発電に関する全体像を理解するとともに、今後、さらに学習を深める上での動機付けをおこなう。

講義形式：オンライン授業。実際の授業時間後に、録画した動画を視聴し受講することも可能。

受講料：43,000円/名

■2024年度後期実施計画：全8回（1回90分）

|   | ご担当   | 授業のテーマ                            | 内容  |
|---|---|-----------------------------------|---|
| 1 | 東芝エネルギーシステムズ株式会社<br>丸紅洋上風力開発株式会社<br>ひびきウインドエナジー株式会社             | 大型風車の洋上風力の実プロジェクト案件紹介             | 大型風車の国産化・洋上変電所、秋田港・能代港洋上風力発電所の概要、北九州響灘洋上ウインドファームの概要   |
| 2 | 九州大学 工学研究院<br>宇都宮 智昭 教授   | 洋上風車支持構造物・海底ケーブルによる電力輸送           | 洋上風車の支持構造物および海底ケーブルによる電力輸送について入門的に講義  |
| 3 | 佐賀大学海洋エネルギー研究所<br>吉田茂雄 教授                                       | 洋上風車                              | 風車、ならびに、風車設計、解析法の概要を入門的に講義する。   |
| 4 | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | 風況、風車ウェイク(数値シミュレーション、風洞実験、野外計測)   | 風力発電に関連する風況(風車ウェイク)を入門的に講義  |
| 5 | 九州大学応用力学研究所<br>胡 長洪 教授  | 数値シミュレーション                        | 風車の数値シミュレーションを入門的に講義  |
| 6 | 北九州市立大学 経済学部<br>牛房 義明 教授<br>九州大学 グローバルイノベーションセンター<br>早淵 百合子 准教授 | 環境経済評価                            | 洋上風力発電事業の経済性、環境影響評価等、洋上風力発電における環境経済評価のエッセンスを入門的に講義  |
| 7 | 講師未定  | 系統連系・雷と風車                         | 再生可能エネルギーの系統連系ならびに雷の風車への影響について入門的に講義（仮）   |
| 8 | Ramboll Japan株式会社   | 洋上風力発電のプロジェクトライフサイクルとプロジェクトマネジメント | 洋上風力発電事業に係る戦略立案などの開発初期～企業化検討～概念設計～公募・落札～詳細設計～建設・据付～運転・保守～撤去といった一連のライフサイクルとそのプロジェクトマネジメント手法について概説する。 |

## 「サイト条件評価」2024年度後期計画

### ■2024年度後期実施概要

担当：九州大学応用力学研究所 再生可能流体エネルギー研究センター 内田 孝紀 教授  
兼 洋上風力研究教育センターマルチスケール洋上風況研究部門長

概要：日本の気象・海象に対応した風況観測手法や、風車配置最適化手法を学ぶことにより、対象区域の発電量ポテンシャルを導く方法論を身に付ける。

受講条件：流体力学に関する基礎的事項を理解していることが望ましい。

到達目標：サイト条件評価の基礎知識を理解するとともに、実際の問題に対する解析能力を身に付ける。

講義形式：オンライン授業。実際の授業時間後に、録画した動画を視聴し受講することも可能。

受講料：73,000円/名

### ■2024年度実施計画：全15回（1回90分）

|    | ご担当                       | 授業のテーマ     | 内容                                      |
|----|---------------------------|------------|---|
| 1  | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | オリエンテーション  | 本授業の方針や進め方などを概説する。                      |
| 2  | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | 流体力学基礎     | 流体力学の基礎方程式など、風力発電に関する流体力学全般について概説する。    |
| 3  | 九州大学応用力学研究所<br>胡 長洪 教授    | 波浪力学基礎     | 波浪力学の基礎方程式など、特に洋上風力発電に関する内容に関して概説する。    |
| 4  | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | 風洞実験法1     | 風洞実験の相似性など、室内風洞実験手法の全般について概説する。         |
| 5  | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | 風洞実験法2     | 風力発電に関連する室内風洞実験について概説する。                |
| 6  | 九州大学応用力学研究所<br>胡 長洪 教授    | 水槽実験法1     | 水槽実験の相似性など、室内水槽実験手法の全般について概説する。         |
| 7  | 九州大学応用力学研究所<br>胡 長洪 教授    | 水槽実験法2     | 洋上風力発電に関連する室内水槽実験について概説する。              |
| 8  | 日本気象株式会社                  | 野外風況観測手法 1 | 大気境界層：風力発電に必要な大気境界層学について概説する。           |
| 9  | 西日本技術開発株式会社               | 野外風況観測手法 2 | 風況観測、解析関係について概説する。                      |
| 10 | 株式会社ユーラスエナジー<br>ホールディングス  | 野外風況観測手法 3 | 風力発電に関連する野外観測手法について概説する。                |
| 11 | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | 数値風況計算手法   | 風力発電に関連する数値風況計算手法について概説する。              |
| 12 | 九州大学総合理工学研究院<br>山形 幸彦 准教授 | 雷害         | 高電圧、絶縁破壊現象の基礎と雷害対策例について概説する。            |
| 13 | 日立造船株式会社                  | 風力発電1      | 陸上風力発電に関する最新の数値風況計算手法などを概説する。           |
| 14 | 東芝エネルギーシステムズ<br>株式会社      | 風力発電2      | 洋上風力発電に関する最新の風況研究事例などを概説する。             |
| 15 | 九州大学応用力学研究所<br>内田 孝紀 教授   | 風力発電3      | 陸上・洋上風力発電の風況分野に関して、将来の課題やその解決方法などを概説する。 |

## 「洋上風車工学」2024年度前期計画

## ■2024年度前期実施概要

担当：佐賀大学海洋エネルギー研究所 吉田茂雄 教授

兼 九州大学 応用力学研究所 再生可能流体エネルギー研究センター、洋上風力研究教育センター

概要：洋上風力エネルギー、ならびに、それらの利用技術に関して、エネルギー変換の基本原則、解析法、機器設計、評価法などを身に付ける。

受講条件：流体力学/流体工学、振動工学を理解していることが望ましい。演習ではMS Excelを使用する。

到達目標：風車の設計・解析に関する基礎的な知識を習得する。

講義形式：オンライン授業。実際の授業時間後に、録画した動画を視聴し受講することも可能。

受講料：73,000円/名

## ■2024年度前期実施計画：全15回（1回90分）

| 授業のテーマ |   | 内容   |
|--------|---|--|
| 1      | 風力発電の背景                                     | 環境、エネルギー、導入ポテンシャル、発電コスト、導入目標など、風力発電の背景、社会的価値について概要を解説する。                                 |
| 2      | 風車の基礎                                       | 風車の基本構成や主要部位の呼称など、風車の基礎について解説する。   |
| 3      | 風車概念設計                                      | 風車サイズ、風車クラス、ロータ形式、制御方式、ドライブトレイン形式、経済性など、風車の概念設計法について解説する。                                |
| 4      | 運動量理論                                       | 風車ロータの解析・設計の基本となるアクチュエータディスクモデルについて解説する。   |
| 5      | 渦法  | 風車ロータの設計・解析に有用な渦法について解説する。   |
| 6      | 翼素・運動量理論                                    | 風車の設計/解析に一般に使用されている翼素・運動量理論について解説する。   |
| 7      | 風車ロータ設計                                     | 翼素・運動量理論による風車ロータの設計法について解説する。  |
| 8      | 翼型  | 風車ロータの翼型（翼断面形状）に関して、ロータの運用条件、風車用翼型の要件、空力係数、代表的な風車翼型について解説する。                             |
| 9      | 風車ロータにおける翼型特性                               | 翼型を風車ロータに適用した場合の空力特性について解説する。  |
| 10     | 風車の制御・保護                                    | 風車の制御・保護の概要、ならびに、発電機トルク制御、ピッチ制御の設計法について解説する。   |
| 11     | 連成解析法                                       | 風車の設計・解析に必要な連成解析（空力弾性解析）における風車各要素のモデリングと解析法について解説する。                                     |
| 12     | 風車基本設計、サイト適合性評価                             | 風車設計の準拠規格、設計荷重ケース、荷重・応答計算法、終局荷重/疲労荷重の計算法、システムエンジニアリング（最適化）、ならびに、設置サイトへの適合性の評価方法について解説する。 |
| 13     | 荷重計算  | 実設計における気象・海象条件の設定法、荷重計算法、設計荷重条件を解説する。  |
| 14     | 風車の構造設計／特別講義<br>RECOW客員教授<br>飛永育男氏（日立製作所）   | 風車に使用する材料、ならびに、ブレード、タワーなどの風車の構造設計について解説する。   |
| 15     | 風車の機械要素設計／特別講義<br>RECOW客員教授<br>飛永育男氏（日立製作所） | ベアリング、増速機などの風車に使用する主要な機械要素の設計について解説する。   |

## 「支持構造物」2024年度後期計画

### ■2024年度後期実施概要（2024年度前期に浮体設計、後期に支持構造物について実施予定）

担当：九州大学 工学研究院 海洋システム工学部門 海洋システム設計学 宇都宮 智昭 教授  
兼 洋上風力研究教育センター支持構造物・洋上送電研究部門長

概要：浮体の波浪中応答解析法の基礎理論を理解するとともに、実際の問題に対する解析能力を身に付ける。後期開講の支持構造物においては、周波数領域・時間領域それぞれの応答解析法とともに、風車支持構造物としての風車・浮体・係留連成系としての時刻歴応答解析についても扱う。

受講条件：前期に開講する「浮体設計」を受講済みであることが望ましい。

到達目標：浮体の波浪中応答解析法の基礎理論を理解するとともに、風車支持構造物としての浮体・係留系の解析能力を身に付ける。

形態：オンライン授業として行う。実際の授業時間後に、録画した動画を視聴し受講することも可能。

受講料：73,000円/名

### ■2024年度後期授業計画：全15回（1回90分）

| 授業のテーマ |  | 内容   |
|--------|--|--|
| 1      | 不規則波に対する浮体応答のスペクトル法による算定(1)                                  | 不規則波の代表値、波のパワースペクトル、応答のパワースペクトル  |
| 2      | 不規則波に対する浮体応答のスペクトル法による算定(2)                                  | 不規則波および不規則波応答の統計的性質、解析例  |
| 3      | 不規則波中での変動波漂流力  | 規則波中での定常波漂流力、変動波漂流力の発生メカニズム、変動波漂流力の定式化とNewman近似  |
| 4      | 係留ライン解析（カテナリー理論）   | カテナリー理論の基礎式、カテナリーラインの特性線図  |
| 5      | 浮体応答に対する係留反力の算定  | カテナリーラインの特性線図の逆関係、浮体動揺と係留反力の関係、解析例   |
| 6      | 時間領域での浮体動揺シミュレーションと係留設計(1)                                   | 時間領域での浮体の運動方程式、メモリー影響関数の計算   |
| 7      | 時間領域での浮体動揺シミュレーションと係留設計(2)                                   | 平均加速度法、不規則波・1次波強制力・変動波漂流力の発生手法、流れ・風による定常外力について、C.C.法による解析プログラムおよび解析例                           |
| 8      | 時間領域での浮体動揺シミュレーションと係留設計(3)                                   | C.I.法による解析プログラムおよび解析例  |
| 9      | 演習、OrcaFlexによる浮体の時刻歴応答解析（番外編）                                | 剛体の運動：Eulerの運動方程式、Eulerの運動方程式の誘導、回転の角度表現、  |
| 10     | Morison式の浮体応答解析への適用  | Morison式とDiffraction理論の適用範囲、Morison式、付加質量係数・慣性力係数・抗力係数、スパー型浮体に作用する波力、有限振幅波の扱い：WheelerのStretch法 |
| 11     | 特別講義<br>RECOW客員准教授 高島 新一郎 氏(関西設計)<br>RECOW客員教授 大窪 慈生 氏(日立造船) | 浮体式洋上風力発電設備の基本設計、次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究（バージ型）浮体・係留 設計事例  |
| 12     | マルチボディダイナミクス   | 剛体の運動：Eulerの運動方程式、Eulerの運動方程式の誘導、回転の角度表現、多剛体系のダイナミクス、MBDynによる剛体運動の解析                           |
| 13     | 浮体式洋上風車のマルチボディダイナミクスによる解析(1)                                 | NREL 5MW風車ロータのMBDynによる解析   |
| 14     | 浮体式洋上風車のマルチボディダイナミクスによる解析(2)                                 | NREL 5MW風車コントローラの導入、NREL 5MW風車RNA・タワーのモデル化   |
| 15     | 浮体式洋上風車のマルチボディダイナミクスによる解析(3)                                 | OC3 Hywindモデルの解析   |

## 「浮体設計」2024年度前期計画

### ■2024年度前期実施概要（2024年度前期に浮体設計、後期に支持構造物について実施予定）

担当：九州大学 工学研究院 海洋システム工学部門 海洋システム設計学 宇都宮 智昭 教授

兼 洋上風力研究教育センター支持構造物・洋上送電研究部門長

概要：浮体の波浪中応答解析法の基礎理論を理解するとともに、実際の問題に対する解析能力を身に付ける。前期開講の浮体設計においては、主にポテンシャル理論により浮体の応答関数を求めるところまでを主な範囲とする。

受講条件：流体力学、振動工学、複素関数論に関する基礎的事項を理解していることが望ましい。

到達目標：浮体の波浪中応答解析法の基礎理論を理解するとともに、実際の問題に対する解析能力を身に付ける。

講義形式：オンライン授業。実際の授業時間後に、録画した動画を視聴し受講することも可能。

受講料：73,000円/名

### ■2024年度前期実施計画：全15回（1回90分）

|    | 授業のテーマ                       | 内容  |
|----|------------------------------|---|
| 1  | はじめに、流体力学の基礎方程式              | 流体運動の記述－Lagrange式とEuler式、Gaussの定理について、Eulerの連続方程式、Eulerの運動方程式                         |
| 2  | 完全流体の運動の一般論、微小振幅波理論          | 速度ポテンシャル、Bernoulliの式（圧力方程式）、境界条件、問題の定式化、境界値問題の解、分散関係式                                 |
| 3  | 矩形浮体の領域分割法による解法（1）           | 問題の定義、速度ポテンシャルに関する境界値問題の定式化、速度ポテンシャルの一般解の構築   |
| 4  | 矩形浮体の領域分割法による解法（2）           | 速度ポテンシャルの領域接続による未定係数の決定、付加質量・造波減衰係数・波強制力の導出   |
| 5  | 反射波・透過波と流体力の関係               | Greenの定理から導かれる様々な関係   |
| 6  | 2次元問題における波漂流力、解析例            | RAOおよび反射率・透過率の算定、定常波漂流力の算定、解析プログラムおよび解析例  |
| 7  | 着底円柱に作用する波力                  | 問題の定義、着底円柱に関する解析解の導出、着底円柱に関する波力の導出、Morison式   |
| 8  | 円柱状浮体の領域分割法による解法（1）          | 問題の定義、速度ポテンシャルに関する境界値問題の定式化、速度ポテンシャルの一般解の構築、速度ポテンシャルの領域接続による未定係数の決定                   |
| 9  | 円柱状浮体の領域分割法による解法（2）          | 付加質量・造波減衰係数・波強制力の導出、RAOの算定および無限遠方における波浪場、Greenの定理から導かれる様々な関係式、定常波漂流力の算定、解析プログラムおよび解析例 |
| 10 | 任意形状浮体のGreen関数法による解法（1）      | 問題の定義、速度ポテンシャルに関する境界値問題の定式化、水波Green関数の導入、Greenの定理の適用による積分方程式の導出                       |
| 11 | 任意形状浮体のGreen関数法による解法（2）      | 高次境界要素法の概要、特異積分の処理、非正則周波数（Irregular Frequency）の除去                                     |
| 12 | 任意形状浮体のGreen関数法による解法（3）      | 付加質量・造波減衰係数・波強制力の導出、RAOの算定および無限遠方における波浪場、Greenの定理から導かれる様々な関係式、定常波漂流力の算定               |
| 13 | 3次元境界要素法プログラム（KUBEM）による解析（1） | 解析プログラム（KUBEM）および解析例  |
| 14 | 3次元境界要素法プログラム（KUBEM）による解析（2） | 造波減衰について、箱型浮体に作用する圧力分布および縦曲げモーメントの算出  |
| 15 | 3次元境界要素法プログラム（KUBEM）による解析（3） | 任意形状浮体の解析、プリ・ポストの利用方法   |

## 「環境・経済評価」2024年度後期計画

## ■2024年度後期実施概要

担当：北九州市立大学 経済学部 牛房義明 教授

概要：環境経済学、環境政策手法及び環境価値の経済的評価手法を学ぶことにより、地域の環境特性を踏まえた、適切な風力発電事業導入評価を導く方法論を身に付ける。

受講条件：特になし。工学系の受講者が主であることを想定して授業を実施する。

到達目標：温室効果ガス排出算定法、経済性、環境影響評価、社会的受容について基礎と応用を理解する。

講義形式：オンライン授業。実際の授業時間後に、録画した動画を視聴し受講することも可能。

受講料：43,000円/名

## ■2024年度実施計画：全8回（1回90分）

|   | ご担当   | 授業のテーマ   | 内容  |
|---|---|--|---|
| 1 | 北九州市立大学 経済学部<br>牛房 義明 教授                            | <洋上風力発電事業に関する環境・経済評価の概要><br>・講義で学ぶこと、講義の進め方の説明<br>・公募占用指針、公募占用計画、事業者選定基準<br>・グループワークのためのチームビルディング    | 公募占用指針に沿った洋上風力発電事業計画を作成するために必要な知識を学ぶ。また様々な利害関係者が存在する中で実現可能な事業計画を作成するため、グループワークのためのチームビルディングを行う。           |
| 2 | 九州大学 グローバルイノベーションセンター<br>早淵 百合子 准教授                 | <温室効果ガス排出量の算定方法論><br>・国際枠組みにおける発電に伴う排出の算定方法論<br>・パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略<br>・発電に伴う直接排出と間接排出の考え方         | 国連気候変動枠組条約及びパリ協定に基づき、国家温室効果ガス排出・吸収量インベントリの発電に関連する算定方法論について概説し、パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略における再エネ導入目標や政策について議論する。 |
| 3 | 九州大学 グローバルイノベーションセンター<br>早淵 百合子 准教授                 | <エネルギー転換部門の政策と削減ポテンシャル><br>・国レベルでの再エネ導入拡大の意義<br>・発電技術のライフサイクルCO2排出量評価<br>・洋上風力発電における削減ポテンシャル評価       | 我が国のエネルギー転換部門における関連法案について概説し、発電技術によるLCA評価のバウンダリーとアロケーション、再エネ特に洋上風力発電の削減ポテンシャル評価について議論する。                  |
| 4 | 北九州市立大学 経済学部<br>姚 智華 講師<br>北九州市立大学 経済学部<br>牛房 義明 教授 | <プロジェクトファイナンスの概要><br>・洋上風力発電における資金調達の方法<br>・プロジェクトファイナンスの基本<br>・洋上風力発電におけるリスクとその対策                   | 洋上風力発電事業における主な資金調達はプロジェクトファイナンスであることから、プロジェクトファイナンスの基礎、流れ、リスク分析について学ぶ。                                    |
| 5 | 北九州市立大学 経済学部<br>牛房 義明 教授                            | <洋上風力発電の経済性評価><br>・洋上風力発電の収益と費用の試算方法<br>・年間発電量の評価による売電収入の試算<br>・発電コストの試算                             | 洋上風力発電事業の経済性を評価する手法のキャッシュフロー分析（事業の採算性、安定性の評価）やリアルオプション法を学ぶ。   |
| 6 | 北九州市立大学 経済学部<br>牛房 義明 教授                            | <洋上風力発電の環境影響評価と社会的受容><br>・洋上風力発電における環境影響評価制度<br>・洋上風力発電の社会的受容の基礎知識と社会的受容に影響する要因                      | 洋上風力発電事業における環境影響評価制度、環境影響評価手法、また再生可能エネルギーに関する社会的受容の考え方、それに影響する要因について学ぶ。                                   |
| 7 | 東邦大学 理学部<br>竹内 彩乃 准教授                               | <洋上風力発電導入における合意形成、地域共生について><br>・再エネ海域利用法における社会的受容の考え方<br>・法定協議会における合意形成<br>・洋上風力発電事業へのステークホルダーとの関わり方 | 事業者に求められる「地域・漁業との共存共栄策の実施」に関わる基本理論を理解した上で、「令和4年度 新エネルギー等の導入促進のための広報等事業」において話し合われた現場に落とし込むためのスキームについて学ぶ。   |
| 8 | 北九州市立大学 経済学部<br>牛房 義明 教授                            | <再エネ海域利用法に基づく事業者選定の評価について><br>・成果報告<br>・ふりかえり  | これまで学んだ知見を活用し、グループ単位で作成した洋上風力発電事業計画を報告し、参加者からフィードバックをもらう。   |