

着床式洋上風力発電導入ガイドブック
(最終版)

2018年3月

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

はじめに

世界の平均地上気温は、人類のエネルギー消費の増加とともに上昇し、1880年から2012年の間に0.85℃の昇温が認められている。このような状況の中、フランスのパリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）にてパリ協定が採択され、2016年11月4日に発効した。パリ協定では、世界共通の長期目標として、産業革命前からの地球平均気温上昇を2℃より十分下方に保持し、1.5℃に抑える努力を追及することとしている。またパリ協定では、今世紀後半に温室効果ガス的人為的な排出と吸収のバランスを達成し、世界の排出ピークをできるだけ早期に迎え、最新の科学に従って急激に削減することを求めている。その実現のためには、低炭素エネルギーである再生可能エネルギーの活用が欠かせず、再生可能エネルギーの活用はエネルギーの安定供給等に重要な役割を担う。その際、ポテンシャルの大きい風力発電、とりわけ洋上風力発電は、その導入促進が期待されているところである。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、洋上風力発電実証研究の一環として、洋上風力発電の導入促進を図るため、発電事業者等にとって参考となる「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」（第一版）を2015年9月に取りまとめた。第一版では、着床式洋上風力発電に係る概要として、洋上風力発電の定義と種類、ポテンシャル、国内外の現状と動向等の基礎情報を整理した。また、洋上風力発電の導入計画を策定する上での参考資料となる導入手引きとして、導入計画の進め方に沿った形で、NEDO洋上風力発電実証研究の成果の一部を含め国内外の知見を整理した。本最終版では、第一版公開以降の新たな知見を反映するとともに、事業者から出された要望に応える形で記述を追加した。また銚子沖・北九州市沖でのNEDO洋上風力発電実証研究の内容を、それぞれ別冊という形でまとめた。なお、洋上風力発電は大きく着床式と浮体式の二つに分けられるが、本ガイドブックの対象は着床式とした。

上記の「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」の作成・検討にあたり、洋上風力発電等技術研究開発委員会から、各種専門分野の委員より構成されるワーキングを設立し（次表、参照）、指導・助言を得て取りまとめた。ワーキング長をはじめ、各委員の方々には深謝申し上げます。

※本書は、2017年3月時点での情報をとりまとめた。その上で、関連法令等に関しては2018年3月時点の内容を記載した。

洋上風力発電導入ガイドブックワーキング委員

委員	所属/肩書
荒川 忠一 (ワーキング長)	東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 教授
赤松 友成	国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所 海洋・生態系 研究センター生態系モデルグループ 主任研究員
関田 欣治	一般財団法人 沿岸技術研究センター 顧問
長井 浩*	日本大学生産工学部環境安全工学科 准教授
松宮 輝	(株) HIKARUWIND.LAB. 代表取締役社長
石原 孟 (プロジェクトリーダー)	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授

(50音順、敬称略)

*長井委員は、第2回ワーキングまで委員を務めていただきましたが、2014年10月16日に逝去されました。

目 次

	頁
I. 再生可能エネルギーにおける風力発電の位置づけ	1
1 再生可能エネルギーの導入意義	1
2 風力発電の優位性	6
3 参考文献	11
II. 着床式洋上風力発電の基本的事項	13
1 着床式洋上風力発電の定義と種類	14
1.1 洋上風力発電の定義	14
1.2 支持構造物の種類	15
2 洋上風力発電のポテンシャル	17
2.1 海外のポテンシャル	18
(1) ヨーロッパ	18
(2) アメリカ	21
2.2 日本のポテンシャル	24
3 洋上風力発電の現状と動向	27
3.1 世界の洋上風力発電	27
(1) 導入量の現状	27
(2) 今後の展開	35
3.2 日本の洋上風力発電	46
(1) 導入量の現状	46
(2) 今後の展開	52
3.3 洋上風力発電の導入に係る課題	57
(1) コストの低減	58
(2) 環境影響評価手法の確立	64
4 参考文献	70
III. 着床式洋上風力発電の導入手引き	75
1 洋上風力発電導入計画の進め方	78
2 立地環境調査	82
2.1 自然条件	82
(1) 気象	82
(2) 海象	88
(3) 海洋生物	99
2.2 社会条件	101
(1) 関連法規	101
(2) 系統連系	112

2.3	候補海域の選定例	116
3	海域・気象・海象調査	118
3.1	風況	118
	(1) 海上風の観測調査	118
	(2) 海上風の予測方法	136
3.2	波浪・海潮流	142
	(1) 波浪調査	142
	(2) 海潮流調査	152
3.3	海底地形・土質	155
	(1) 海底地形調査	155
	(2) 土質調査	157
4	基本設計	160
4.1	風車設置点の決定	160
4.2	風力発電施設規模の設定	160
4.3	風車の機種選定	161
4.4	支持構造物の選定	166
4.5	経済性の検討	173
	(1) 建設コストと運転保守費	173
	(2) 発電原価と経済性	173
5	実施設計	178
5.1	設備設計	178
	(1) 洋上風力発電システム設計	178
	(2) 電気設備設計	178
	(3) 電気事業法	179
	(4) 省令で定める技術基準	180
5.2	工事設計	184
	(1) 電気工事設計	184
	(2) 土木・建築工事設計	184
5.3	工事計画	184
	(1) 一般論	184
	(2) NEDO 洋上風力発電実証研究事例	188
6	建設工事	191
6.1	契約	191
6.2	施工	192
	(1) 基礎工事	193
	(2) 風車の設置工事	223
	(3) 自己昇降式作業台船 (SEP 船)	231
	(4) 海底ケーブルの敷設	238
	(5) 電気工事	252

6.3	試運転・検査	253
7	運転・保守	254
7.1	運転監視、保守、補修契約	254
7.2	損害保険、賠償責任保険	256
7.3	運転・保守の概要	256
(1)	運転・保守の方法	257
(2)	運転・保守の実状	260
(3)	運転・保守費用	269
(4)	アクセスの方法	270
8	撤去	281
9	環境影響評価	285
9.1	環境影響評価手続	285
9.2	洋上風力発電の導入にあたって想定される主な環境影響	287
(1)	水中音	288
(2)	動物（鳥類）	301
(3)	景観	311
(4)	蝸集効果	313
10	事業性評価	317
10.1	キャッシュフローによる事業性評価	317
(1)	評価の方法	317
(2)	事業性の検討	317
10.2	事業リスク要因とコスト低減	323
(1)	事業リスク要因	324
(2)	コスト低減策	341
11	運転開始までの手続き	343
11.1	事業計画認定	343
11.2	接続検討	345
(1)	系統連系技術要件ガイドライン	345
(2)	系統連系の手続き手順	346
12	電気事業法による法的手続き	353
12.1	手続きの概観	353
12.2	保安規程の作成	354
12.3	電気主任技術者の選任・委託	355
12.4	工事計画	356
12.5	使用前安全管理検査	356
13	参考文献	357
	参考となる資料	371

付属資料

- I. 世界の洋上風力発電導入実績と計画（国別・稼働年順）
- II. 風車の大型化
- III. ユニークな日本製風車
- IV. SEP 船のリスト
- V. 我が国の港湾における波浪特性（稼働率）
- VI. アクセス船のリスト
- VII. 洋上風力発電事業開発に係る許認可権者
- VIII. 洋上風力発電関係機関等連絡先
- IX. 風力発電用語集

豆知識の一覧

【 I 章】	頁
I.1-1 第4次エネルギー基本計画における再生可能エネルギーに関する記述	4
I.1-2 日本における風力発電関連機器産業の現状	5
I.1-3 IEA加盟国における電力需要量に対する風力発電電力量の割合（2015年末）	10
風力電力を供給力に算入（毎日新聞：2013年10月9日より）	10
世界における再生可能エネルギーの累積設備容量のベスト5（2015年末）	10
【 II 章】	
II.1-1 浮体式洋上風力発電の定義	14
II.2.1-1 ヨーロッパの浮体式洋上風力発電のポテンシャル	20
II.2.1-2 中国の浮体式洋上風力発電のポテンシャル	23
韓国の浮体式洋上風力発電のポテンシャル	23
II.3.1-1 ドイツにおける洋上風力発電の導入支援策	40
II.3.1-2 中国の固定価格買取制度による洋上風力発電の買取価格	43
II.3.1-3 アメリカ初の商業洋上風力発電の導入：Block Island Wind Farm	45
II.3.2-1 港湾における洋上風力発電に係る国土交通省港湾局の動向	48
II.3.2-2 日本の企業による海外の洋上風力発電への取組み	56
II.3.3-1 日本における洋上風力発電のコスト増の要因	63
II.3.3-2 洋上風力発電所等に係る環境影響評価の項目に係る考え方の概要	65
II.3.3-3 イギリスにおける洋上風力開発と漁業対策	68
フランスの漁業者に対する取組み	69
【 III 章】	
III.2.1-1 生物保護へ重要海域選定（中国新聞・夕刊，2014.5.9より）	100
III.2.2-1 関係機関との協議先	111
III.2.2-2 電力系統の広域的運営の推進と電力システム改革	115
風力発電のための送電網整備実証事業	115
III.3.1-1 NEDOによる浮体式風況観測システムの研究	135
III.3.3-1 ボーリングデータの例	159
III.6.2-1 モノパイルの技術開発	201
III.6.2-2 穿孔モノパイル（Drilled Monopile）の概要	202
III.6.2-3 トリパイル式	205
III.6.2-4 洋上風車建設の黎明期	237
SEP船を使わない設置工法の開発	237
III.6.2-5 海底ケーブルと洋上風車のインターフェイス（Jチューブ/Iチューブ）	248
III.6.2-6 石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準を定める省令	249
III.7.3-1 海外の洋上ウィンドファームの点検に係る関連情報	264
III.7.3-2 Thoronton Offshore Wind Farm（ベルギー）のアクセスシステム	272
III.7.3-3 日本初の洋上風力発電専用アクセス船-JCAT ONE（東京汽船）	275
III.8-1 撤去が簡便な支持構造物の形式	284
III.9.2-1 スナメリとネズミイルカ	300

