

着床式洋上風力発電導入ガイドブック

(第一版)

平成 27 年 9 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。気候変動枠組み条約締約国会議（COP:Conference of Parties）の2010年のCOP16において、気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑えることが採択（カンクン合意）され、低炭素エネルギーの活用が欠かせないことが謳われた。低炭素エネルギーの一つである再生可能エネルギーの活用は、二酸化炭素の排出量削減に効果的であるのみならず、エネルギーの安定供給等にとっても重要な役割を担う。その中でもポテンシャルの多い風力発電、取り分け洋上風力発電は、その導入促進が期待されているところである。

本調査は、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」を取りまとめた。当ガイドブックでは、着床式洋上風力発電に係る概要として、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とともに、洋上風力発電計画を策定する上で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て、NEDO 洋上風力発電実証研究の一部の成果を含め国内外の知見を整理した。

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会開発委員会のうち、各種専門分野の委員から構成されるワーキングを設立し（下表、参照）、指導・助言を得て取りまとめた。ワーキング長はじめ、各委員の方々には深謝申し上げます。

着床式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 (WG長)	東京大学大学院工学研究科機械工学専攻 教授
赤松 友成	水産総合研究センター水産工学研究所 水産業システム研究センター エネルギー・生物機能利用技術グループ グループ長
関田 欣治	一般財団法人 沿岸技術研究センター 顧問（前理事長）
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 (産業技術総合研究所エネルギー技術研究部 客員研究員)
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、平成26年10月16日に逝去されました。

目 次

	頁
1. 再生可能エネルギーにおける風力発電の位置づけ	1
1.1 再生可能エネルギーの導入意義	1
1.2 風力発電の優位性	5
1.3 参考文献	9
2. 着床式洋上風力発電の基本的事項	10
2.1 着床式洋上風力発電の定義と種類	11
2.1.1 洋上風力発電の定義	11
2.1.2 支持構造物の種類	12
2.2 洋上風力発電のポテンシャル	14
2.2.1 海外のポテンシャル	15
(1) ヨーロッパ	15
(2) アメリカ	18
2.2.2 日本のポテンシャル	20
2.3 洋上風力発電の現状と動向	23
2.3.1 海外の洋上風力発電	23
(1) 導入量の現状	23
(2) 今後の展開	31
2.3.2 日本の洋上風力発電	42
(1) 導入量の現状	42
(2) 今後の展開	47
2.3.3 洋上風力発電の導入に係る課題	51
(1) コストの低減	51
(2) 環境影響評価の確立	58
2.4 参考文献	62
3. 着床式洋上風力発電の導入手引き	66
3.1 洋上風力発電導入計画の進め方	69
3.2 立地海域調査	74
3.2.1 自然条件	74
(1) 気象	74
(2) 海象	79
(3) 海洋生物	90
3.2.2 社会条件	92
(1) 関連法規	92
(2) 系統連系	99

3.2.3	候補海域の選定例	102
3.3	気象・海象調査	104
3.3.1	風況	104
	(1) 海上風の観測調査	104
	(2) 海上風の予測方法	128
3.3.2	波浪・海潮流	134
	(1) 波浪調査	134
	(2) 海潮流調査	139
3.4	基本設計	143
3.4.1	風車設置点の決定	143
3.4.2	風力発電施設規模の設定	143
3.4.3	風車の機種選定	144
3.4.4	海底地形・土質調査	148
	(1) 海底地形	148
	(2) 土質調査	149
3.4.5	支持構造物の選定	151
3.4.6	経済性の検討	157
	(1) 建設コストと運転保守費	157
	(2) 発電原価と経済性	157
3.5	環境影響評価	161
3.5.1	環境アセスメントの手続	161
3.5.2	洋上風力発電の主な環境影響要因	164
	(1) 水中騒音	164
	(2) バードストライク（衝突死）	176
	(3) 景観	186
	(4) 蛸集効果	188
3.6	実施設計	190
3.6.1	設備設計	190
	(1) 洋上風力発電システム設計	190
	(2) 電気設備設計	191
	(3) 電気事業法	191
	(4) 省令で定める技術基準	192
3.6.2	工事設計	195
	(1) 電気工事設計	195
	(2) 土木・建築工事設計	195
3.6.3	工事計画	196
	(1) 一般論	196
	(2) NEDO 洋上風力発電実証研究事例	200
3.7	建設工事	203

3.7.1	契約	203
3.7.2	施工	204
(1)	基礎工事	205
(2)	風車の設置工事	244
(3)	自己昇降式作業台船 (SEP 船)	262
(4)	海底ケーブルの敷設	269
(5)	電気工事	288
3.7.3	試運転・検査	289
3.8	運転・保守	290
3.8.1	運転監視、保守、補修契約	290
3.8.2	損害保険、賠償責任保険	292
3.8.3	運転・保守の概要	292
(1)	運転・保守の方法	292
(2)	運転・保守の実状	301
(3)	運転・保守費用	314
(4)	アクセスの方法	315
3.9	撤去	326
3.10	事業性評価	328
3.10.1	キャッシュフローによる事業性評価	328
(1)	評価の方法	328
(2)	事業性の検討	328
3.10.2	事業リスク要因とコスト低減	334
(1)	事業リスク要因	335
(2)	コスト低減策	348
3.11	運転開始までの手続き	350
3.11.1	設備認定	350
3.11.2	接続検討	352
(1)	系統連系技術要件ガイドライン	352
(2)	系統連系の手続き手順	353
3.12	電気事業法による法的手続き	360
3.12.1	手続きの概観	360
3.12.2	保安規定の作成	361
3.12.3	電気主任技術者の選任・委託	362
3.12.4	工事計画	363
3.12.5	使用前安全管理検査	363
3.13	参考文献	364
	参考となる資料	376

付属資料

- I. 世界の洋上風力発電導入実績と計画
- 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

【1章】	頁
1.1-1 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	3
1.1-2 日本における風力発電関連機器産業の現状	4
1.1-3 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（2013年）	8
風力電力を供給力に参入（毎日新聞：2013年10月9日）	8
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（2013年末）	8
【2章】	
2.1-1 浮体式洋上風力発電の定義	11
2.2.1-1 ヨーロッパの浮体式洋上風力発電のポテンシャル	17
2.2.1-2 中国の浮体式洋上風力発電のポテンシャル	19
韓国の浮体式洋上風力発電のポテンシャル	19
2.3.1-1 ドイツのFIT制度による洋上風力発電の買取価格	36
2.3.1-2 中国のFIT制度による洋上風力発電の買取価格	39
2.3.1-3 アメリカ初の洋上風力開発領域リース販売オークション	41
2.3.2-1 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	43
2.3.2-2 日本の企業による海外の洋上風力発電への取組み	50
2.3.3-1 日本における洋上風力発電のコスト増の要因	57
日本の洋上風力発電の調達価格	57
2.3.3-2 イギリスにおける洋上風力開発と漁業対策	60
フランスの漁業者に対する取組み	61
【3章】	
3.2-1 生物保護へ重要海域選定	91
3.2.2-1 関係機関との協議先	98
3.2.2-2 電力系統の広域的運営の推進と電力システム改革	101
風力発電のための送電網整備実証事業	101
3.3.1-1 NEDOによる浮体式風況観測システムの研究	127
3.4.4-1 ボーリングデータの例	150
3.5.2-1 スナメリとネズミイルカ	175
3.7.2-1 モノパイルの技術開発	213
3.7.2-2 穿孔モノパイル（Drilled Monopile）の概要	214
3.7.2-3 トリパイル式	217
3.7.2-4 洋上風車建設の黎明期	268
3.7.2-5 銚子沖洋上風力発電実証研究施設の不具合の原因と対策	281
3.7.2-6 北九州市沖洋上風力発電実証研究施設の不具合の原因と対策	283
3.7.2-7 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）	284
3.7.2-8 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	285
3.8.3-1 海外の洋上ウィンドファームの点検に係る関連情報	304
3.8.3-2 Thoronton Offshore Wind Farm（ベルギー）のアクセスシステム	317
3.8.3-3 日本初の洋上風力発電専用アクセス船-JCAT ONE	320
3.9-1 撤去が簡便な支持構造物の形式	327