

港空研における洋上風力発電の最新の研究について



河合 弘泰

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
理事（港湾空港技術研究所長）

1. はじめに

洋上風力発電施設は、まず港湾区域内に作られ、2019年の再エネ海域利用法によって領海（一般海域）に広がり、さらに2025年の改正再エネ海域利用法で排他的経済水域EEZも目指すことになった。風車の構造も、浅海域の着床式から深海域では浮体式になる。防波堤や杭基礎、GPS波浪計の経験で蓄積して来た知見を生かしながら、新たな技術を開発する必要がある。

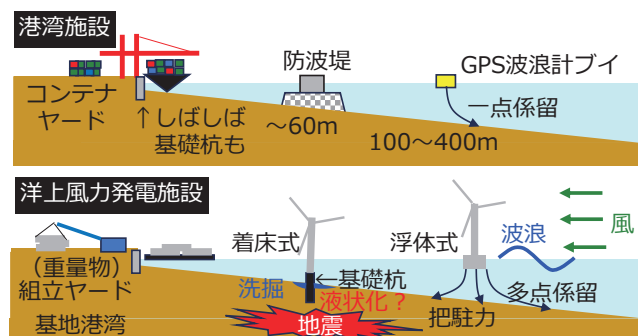


図1 港湾施設と洋上風力発電施設

港湾空港技術研究所（港空研）の洋上風力の研究は、2009年度に構内の一端に「小型風車長期実証試験プラント」と称して、超音波式と三杯式の風速計を立て、風況をつぶさに観測することから始まった¹⁾。そして、2019年度からは、米国で開発された「風車の空力・流体力・制御・弾性の連成解析オープンソースコード」FASTを解読し、日本の複雑な自然条件（例えば、地震、地層が複雑に入り組んだ地盤、液状化）にも適用させる拡張を始めた²⁾。なお、この研究が本格化した2019年は、日本における「洋上風力元年」とも言われている。

あれから6年が経つ今も港空研では、海洋インフラ・洋上風力技術センターを核に研究を進めている。ここには、沿岸水工、海洋利用、地盤、地震防災、構造などの研究領域から研究者が集まり、風・波浪・地震に対する風車・地盤の応答、重量物をさばく埠頭の地盤など、広範な技術に対応している。

2. 港空研における最近の研究事例

(1) 基礎杭周辺の洗掘対策

水中に立つ円柱の周りの地盤は波浪・流れによって洗掘される。欧州では、着床式風車の基礎杭の洗掘対策にしばしば2層積の捨石が使われている。日本では、袋詰め被覆工が明石海峡大橋の橋脚の洗掘対策として開発され、仮設被覆工として広く利用されてきたことから、基礎杭への適用も期待されていた。

そこで、港空研は、共同研究相手のメーカーの施設（縮尺1/60）で基礎杭の実験、港空研の大規模波動地盤総合水路（相似則の影響を抑えるため1/9）で設計を念頭においた実験を実施し³⁾、袋詰め被覆工の波浪に対する安定性と洗掘防止の効果が高いことを確認した。

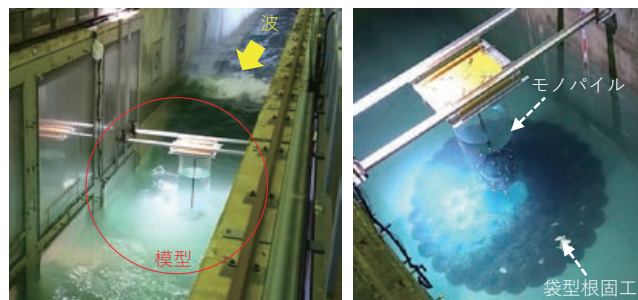


図2 基礎杭模型(アクリルパイプ)周りの洗掘の実験

(2) 風・波浪・地震の連成解析

港空研の遠心模型実験装置には、地震を再現する振動台を搭載していたが、さらに水槽に波浪を再現する造波装置、風を再現する風洞装置も取り付けられた。その装置で、「硬く均質な地盤」に立つ風車に風・波浪・地震動を同時に作用させ、風によるロータや羽根の回転による振動、風車全体の固有振動を再現した。

その一方で、これらを再現する数値計算モデルの改良も進めており、地盤と基礎杭の非線形相互作用を表現する「ばねモデル」を改良し、「軟らかく複雑な地盤」にも適用させる。

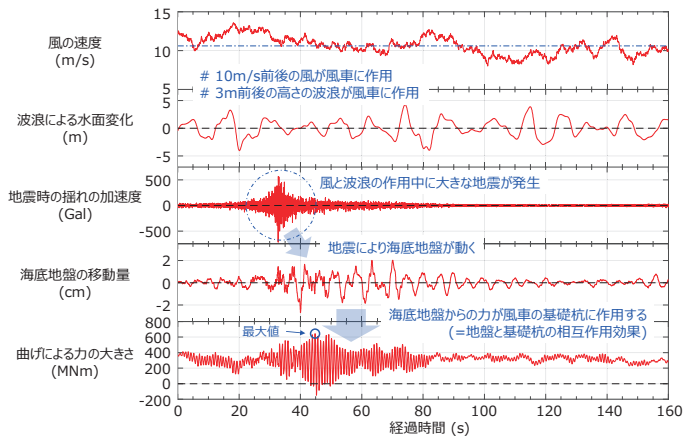


図3 着床式洋上風車の連成解析結果の一例

(3) 地震による海底地すべり

地震で海底の地盤が液状化すると、基礎杭の支持力や係留索のアンカーの把持力が失われるだけでなく、広範囲の地すべりが雪崩となって押し寄せるリスクもある。

そこで、港空研は、1923年関東地震を例に、兵部省海軍部水路局（現在の海上保安庁海洋情報部）が作成した地震前後の深浅図に基づいて海底地形の変化を仮定し、津波の計算をした。その結果、従来のプレートテクトニクスによる地殻変動だけでは説明できなかった津波の痕跡高も再現できた⁴⁾。現在、地震による海底地すべりの現象を再現する、粒子法の数値計算モデルを構築するとともに、海底地盤の液状化危険度の推定法を開発・整備している。

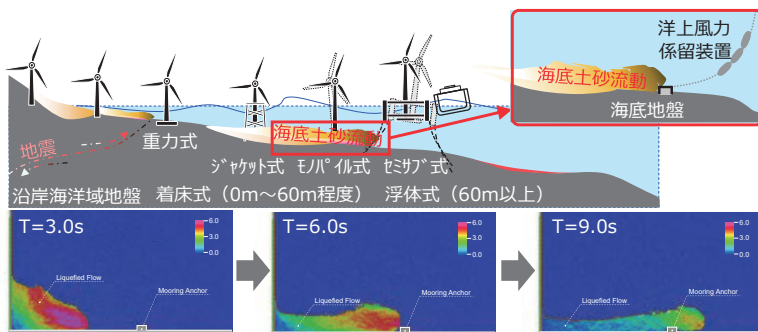


図4 海底地すべりが洋上風力発電に及ぼす影響評価

3. 港空研外との連携

(1) うみそら研での連携

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所（うみそら研）には、港空研、海上技術安全研究所（海技研）、電子航法研究所（電子研）の3つ研究所がある。港空研では着床式を中心に、海技研では浮体式を研究してきた。着床式も浮体式も風・波浪という外力は同じである。浮体式にもコンクリート部材を使うこ

とはあり、鋼でもコンクリートでも維持・点検は不可欠である。このような意識の下で両研究所は、「分野横断的研究」と称して、浮体式の検査の省人化・効率化、コンクリート製浮体の高度化、商用化を見据えた技術基準・安全ガイドラインの見直し、についての研究で連携している⁵⁾。

なお、2025年の港湾法一部改正によって、洋上風力施設の整備の基地となる港湾では、複数の事業者による埠頭の利用を国が調整することになった。うみそら研理事長もその協議会に参加する。

(2) 沿岸技術研究センター等との連携

港空研は2022年から、沿岸技術研究センター、港湾空港総合技術センターと「洋上風力発電の実施に向けた研究開発」を開始した。現在は、①杭の打撃施工の管理手法、②海底で液状化した土砂の流動の影響評価手法、③係留アンカーの耐震性、についての研究に取り組んでいる。

2025年1月には、海洋土木建設会社が核となって、国土交通大臣認可の「浮体式洋上風力建設システム技術研究組合 FLOWCON」が発足した。この組合に対しても、これら3つの技術研究組織はアドバイザーとして協力する予定である。その連携を活発にすることが、2025年7月に港空研に設置した洋上風力建設システム技術研究開発推進室の任務の一つである。

(3) 学会との連携

港空研の研究者は、国際海洋・極地工学会 OMAE などの国際会議で、自らの研究成果を発表し、外国の情報も収集している。2025年7月には、港空研と国際圧入学会が「学術・研究セミナー 洋上風力発電施設整備の技術課題と考察」を共催し、日本を含む12か国から産学官の約600名が対面・オンラインで参加する盛況だった。

4. むすびに

以上のように、港空研は、着床式と浮体式の両方について、様々な機関と連携して研究と情報共有を図っており、これが整備の促進に役立つことを願っている。

参考文献

- 1) 小型風車長期実証試験プラント、情報誌 PARI, Vol.10, p.8, 2013年。
- 2) 洋上風力発電の促進を技術面から支えるために、情報誌 PARI, Vol.38, pp.2-5, 2020年。
- 3) 床式洋上風力発電施設周辺の洗掘に関する研究、情報誌 PARI, Vol.47, 2022年。
- 4) 村田一城他、津波災害を根絶する、TEN Selected Papers、学而図書、166p、2024年。
- 5) 浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究、令和6年度業務実績報告書、pp.5-6、2025年。