

Project brief 1

プロジェクト紹介

水上・水辺を生かす未来への挑戦

～新型浮体構造物の研究開発～

山下 悠輝

YAMASHITA Yuki

株式会社長大
事業戦略推進統轄部
新事業イノベーション推進部
主査



菊地 英一

KIKUCHI Hidekatsu

株式会社長大
事業戦略推進統轄部
新事業イノベーション推進部
部長



はじめに

当社は、未来の「水上都市」実現を目指し、「新型浮体構造物の研究開発」について2019年より取り組んでいる。当社の目指す「水上都市」とは、海上や水上に浮体構造物を利用した人工地盤を建設し、都市を形成する構想である(図1)。

近年、地球温暖化による海面上昇や異常気象が世界で猛威を振るっており、我が国でも洪水や台風による水害は毎年発生している。一方、世界の人口の約10%(約7億人)は沿岸部から100km圏内に住

んでいる。海面上昇や水害への対応は人類共通の喫緊の課題といえる。

そのような中、東日本大震災時の津波により甚大な被害に遭った地域でも、11か所中7か所の浮体式の港湾施設が無傷あるいは軽微な損傷であったように、浮体構造物は災害に強い構造であることが分かっている。また浮体構造物は海底地盤とは直接繋がっていないため、地震の影響を受けにくい特性がある。さらに浮体構造物は、土砂を埋め立てて人工地盤を形成するよりも、海洋生物への影響が

少なく、魚が住み着き、漁礁のような機能も期待されている。

2019年、人類の居住空間の改善を目指す国際機関「国連ハビタット」の会合で、浮体構造物を利用した人工地盤に都市を形成する海上都市「OCEANIX CITY」の計画が発表され、2025年には韓国釜山市の沿岸部でOCEANIX CITYのプロトタイプを建設することも決まった。海面上昇や水害への課題解決手段として、世界的にも浮体構造物の利用は注目されている。

目的

当社は、総合建設コンサルタントとして培ってきたまちづくりに関する知見を土台に、水域を平時から地方活性化の起爆剤として活用し、災害時には安心安全な生活基盤として活用できるインフラの実現を目指し、「水上都市プロジェクト」(以下、「本プロジェクト」)と称して、浮体構造物の研究開発等の取り組みを進めている。

事業展開

当社は、本プロジェクトで、下記3つのテーマ(課題)を掲げ、これまで取り組んできた。

①技術的課題解決

従来の浮体構造物は、安定性や建設コストに課題があるため、安定性に優れ、安価で建設可能な新たな浮体構造物の開発が必要である(詳細は後述)。

②事業化の課題解決

本プロジェクトの構想に類似する事例としては、水上レストランや水上ホテル等があるが、これらはいずれも収益性が低く、多くの場合、浮体構造物が売却や撤去の対象となっている。そのため、いかに付加価値を加えて収益化を図るかが重要な課題である。また、水域の活用においては、地方自治体や他分野の事業者を取りまとめる推進体制の構築が不可欠である。しかし、多様な関係者を調整する労力や、新領域に踏み込むリスクを考慮すると、各事業者とも既存事業を優先する傾向にある。こうした課題を克服するには、事業性を的確に判断し、浮体を活用した

収益性の高いサービスを開発するとともに、多様な関係者を統合し、強力で推進する体制を構築することが必要である。

③社会受容性の課題解決

日本国内では浮体構造物を活用した事業実施には、建築基準法および船舶安全法等の複数の法規制への対応が必要になるが、この許認可申請手続きが煩雑であり、そもそも民間事業者が水域を占有することができる制度が整備されていない地方自治体も少なくない。当社だけでなく官民一体で広く、水域の利活用に関する構想を普及拡大させることが必要である。

当社は、これらの課題解決の取り組みを進めていき、水上レストランや浮体式洋上風力発電等の比較的小規模な施設から徐々に他のユースケースへ事業拡大し、最終目標として水上都市実現を目指す事業展開を計画している(図2)。

新型浮体構造物の特徴

当社は図2の1つ目のテーマにある「技術的課題解決」について、従来の浮体構造物の欠点を克服した「新型浮体構造物の研究開発」に取り組んでいる。

一般的に浮体構造物は、バージ式と空気式の大きく2種類に分けられるが、バージ式は一般的な船と同様に底板の付いた構造である。これまでも多くの事例で利用されているが、バージ式は底部や端部が波の影響を受けやすい。波の影響を抑えるため、消波提を設置するか、海底と強固に接続する係留を設置する等の対応が伴うため、建設コスト増の要因にもなる。

一方、空気式は底が開放され空気中で物体を支える構造である。底板がない分、波の影響を抑えられるが、時間の経過とともに空気が水に溶け、浮力が徐々に低下する欠点がある。

また両方式とも構造物に一樣な



図1 水上都市イメージ図



図2 事業展開イメージ

浮力が働くため、上載荷重が大きく変化する都市の地盤としては不向きである。

当社はこれらの課題に対応すべく空気式を基にした新型浮体構造物の研究に取り組んでいる。図3は新型浮体構造物の概念図である。新型浮体構造物は、水と空気層の間に膜を設けることで、空気が水に溶けず浮力を保つことができるよう改良した構造であり、従

来方式の浮体構造物の欠点を克服しつつ、都市形成への展開も視野に入れている。2023年9月には、水上都市用の浮体構造物として、日本国内で特許を取得した（特許第7347764号）。

新型浮体構造物は、主に次の6つ特徴がある。

- ①膜で空気を覆う構造により、空気が水に溶けず、外に漏れる危険性も防ぐ
- ②空気の出し入れで浮力調整が自在となり、建物の重量により調整が可能
- ③モジュールを複数連結し、安定性を高めることが可能
- ④底板がないため、材料費を抑えることが可能
- ⑤分割が可能のため、運搬が容易
- ⑥連結部分に水道管等のライフラインを格納可能

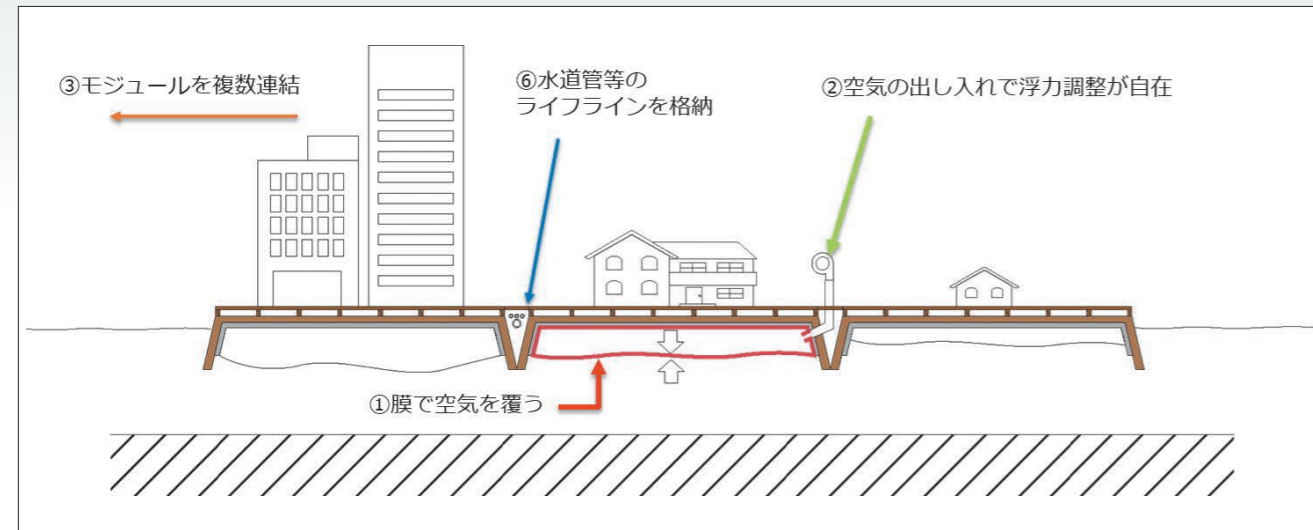


図3 新型浮体構造物の概念図

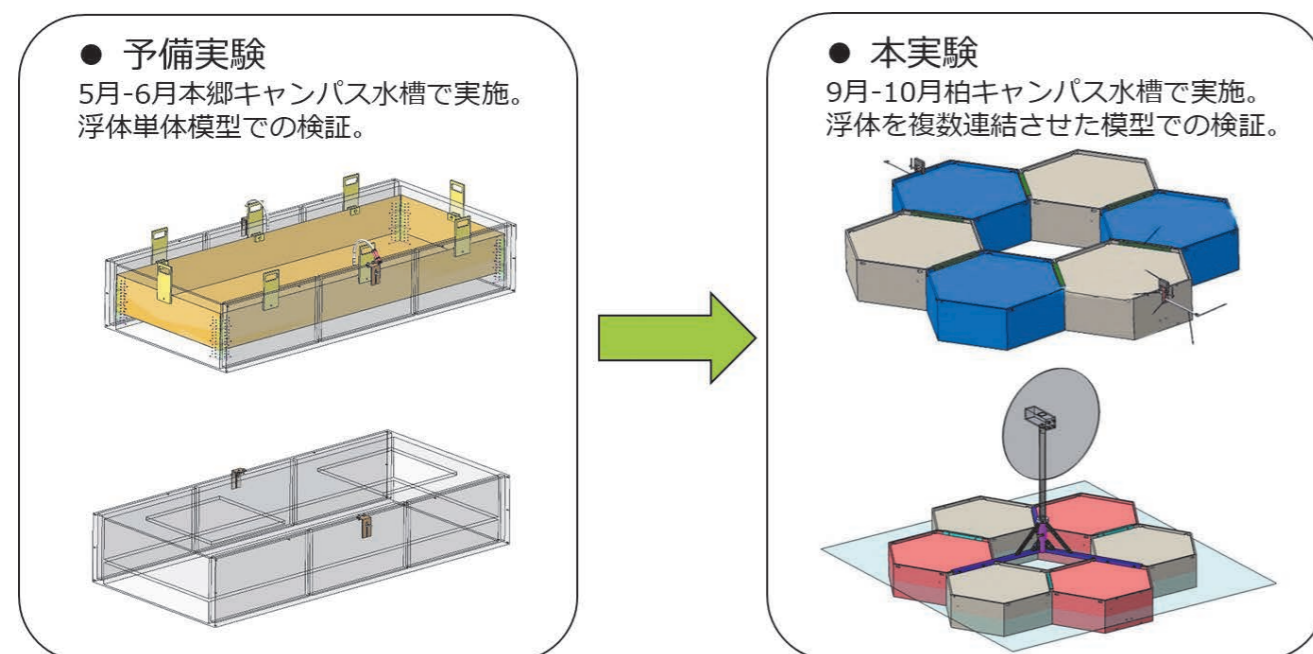


図4 水槽実験の概要

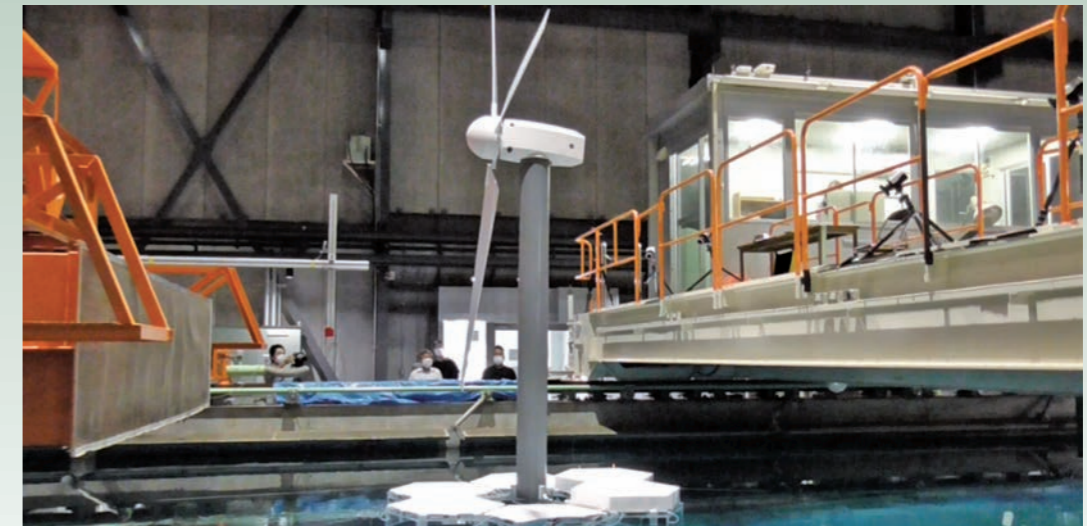


写真1 新型浮体構造物 洋上風力への適用可能性検証

新型浮体構造物の性能検証

新型浮体構造物の性能を科学的に検証するため、2021年より東京大学大学院新領域創成科学研究科の多部田茂教授および平林紳一郎准教授の協力のもと共同研究を行っている。本研究は、東京大学の水槽施設を使用し、これまでに浮体模型単体での検証（予備実験）、および浮体模型を複数連結させた上での検証（本実験）を行っている（図4）。

2021年5～6月にかけて行った予備実験では、東京大学本郷キャンパスにある船型試験水槽で、浮体単体模型で検証を行った。実験計画段階で想定した通り、浮体より波長の短い波であれば浮体の揺れを抑えられ、逆に波長の長い波では浮体の揺れが大きくなる現象を直に確認、実証でき、有意義な実験となった。

2021年9～10月にかけて行った本実験では、東京大学柏キャンパスにある海洋工学水槽を用いて実施した。浮体模型を複数連結させた大きな模型とした場合、単体模型よりも浮体の揺れを抑えられるかを検証した。想定通りではあつ

たものの、単体模型が激しく揺れた波でも、複数連結させた模型では明らかに揺れを抑えられることが確認できた。

新型浮体構造物は、水上都市基盤への活用に加え、浮体式洋上風力発電への活用も構想に入れているため、本実験では、浮体模型上に風車をセットし、浮体式洋上風力発電の適用可能性を検証した（写真1）。検証の結果、実物大では高さ200mの次世代型の20MW級風車の搭載が可能であることが分かった。また「浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン（国土交通省）」で示される復元力を備えていることが確認できた。新型浮体構造物は浮体式洋上風力発電への適用可能性が高いこと、次世代型風車も搭載することができる性能の高さが示される結果となった。

水槽実験を行った後、2022～2024年は、実海域・実物大での実証実験を見据え、新型浮体構造物がどのような挙動を示すか等、コンピューター上でシミュレーションを行い、検証を進めている。

2025年以降は、シミュレーショ

ン結果と照らし合わせながら基本設計の推進、実証実験の実施体制の構築等、実証実験に進めるための取り組みを行う計画である。

おわりに

本プロジェクトは当社としても新領域であり、これまでの取り組みは技術開発の基礎研究段階であった。その取り組みが徐々に実を結んできており、日本国内での特許取得や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の研究支援業務の採択（他社との共同応募）等の結果につながっている（当社HP参照、<https://www.chodai.co.jp/news/2024/09/015333.html>）。

加えて、本記事を執筆中に、欧州へ出願していた特許承諾の通知を受けた。今後は本プロジェクトの技術開発を加速させつつ、水域利用が進む欧州での事業化も視野に入れ、未来の持続可能な水上都市実現に貢献できることを目指し、基礎研究段階から実証実験、事業化へ向けてさらなる開発に取り組む。