

最優秀賞 沖合海域を利活用する

～浮体式洋上風力発電と沖合養殖の連携の可能性～

白 申逸・東京大学大学院

1. 養殖の現状

直近の約 30 年にわたり、漁船漁業の生産に対する養殖漁業の生産割合が世界的に増加しており、今では漁船漁業の生産量を凌駕している。漁船漁業から養殖漁業へ、グローバルなトレンドは大きく傾いている。日本でも漁船漁業の生産が急落していることは周知の事実であるが、養殖生産もこの約 30 年間で漸減しており、現在年間 100 万トンほどにとどまる（図 1）。カロリーベースの魚介類自給率が 50% を割り込む今、養殖業の増産が日本における喫緊の課題となっている。

水産庁の「養殖業成長産業化総合戦略」では、2030 年までの養殖生産量および輸出額の目標値が定められている（農林水産省、2021）。他方で、海洋環境の変化により、沿岸における海面養殖の生産性が低下する事例が見うけられる。とりわけ赤潮による被害が顕著であり、生簀網内に侵入した赤潮プランクトンは、養殖魚のえらに詰まることにより酸欠や窒息を引き起こし大量死に至らしめる。このような事例が多く報告されており、その対策が希求されている。

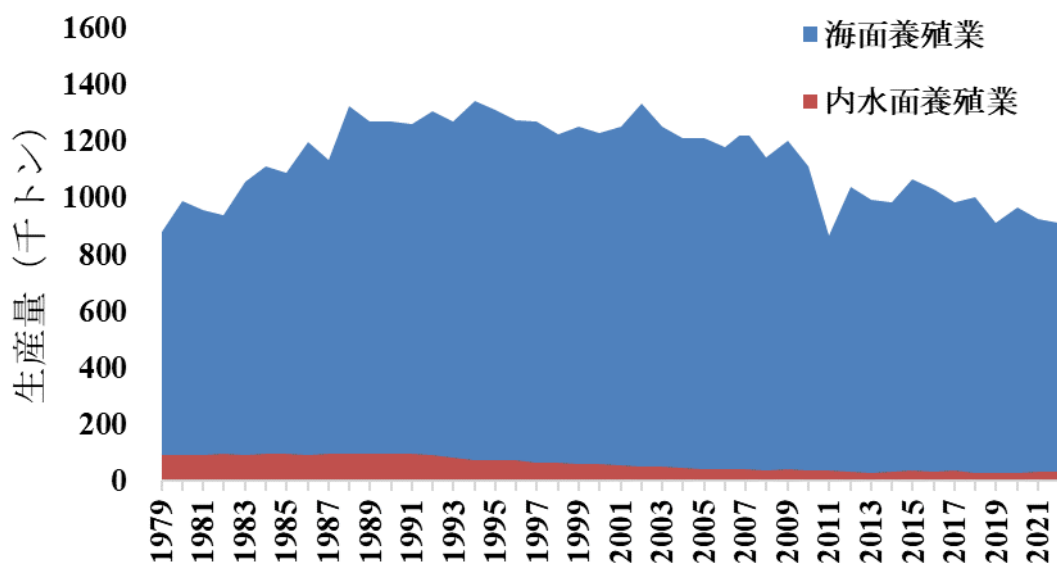


図 1：日本の養殖業生産量の推移（農林水産省、2024）

2. 沖合養殖への期待と課題

沿岸養殖では、環境への負荷や空間の制約、病害のリスクが高まる。今後、今後増産を目指すにあたり、これまでの沿岸域における養殖から、より沖合における養殖場の開拓が必要となっている。生産量の増加、富栄養化の緩和のため、沿岸養殖に加えて沖合養殖が発展することが期待される（北澤、2021）。沖合養殖は沿岸養殖と比べ相対的に大きな設備費を必要とするものの、潮通しのよい清浄な海を利用することによって、質の高い養殖魚の育成、寄生虫等の被害の低減

等を達成できる。トータルで考えれば、養殖業の生産性向上の観点から大いに注目できるものである。

沖合養殖は「深海域」を利用することで、環境への影響を効果的に緩和し、より広い養殖空間を確保することができる。1980年代から1990年代の日本や1990年代から2000年代の米国では、沖合養殖プロジェクトが行われたものの、これらは沿岸養殖を沖合に実験的に展開させたもので、海面において複数の生簀にプラットフォームから給餌を行う方式であった。

深海域における沖合養殖システムが普及していない原因の一つとして、強い風、速い流れ、高い波浪といった荒天に対応するためのプラットフォームのコスト高が挙げられる。また沖合海域に設置された養殖システムは、電力の安定供給という問題も抱える。例えば太陽光発電を併設した浮体式給餌プラットフォームの開発例もあるが、発電が不安定であることや、新たな浮体式給餌プラットフォームの開発コストがかかることから現実性に乏しかった。そこで、本稿では沖合海域に導入普及が見込まれる浮体式洋上風力発電との技術的な連携可能性に着目してみたい。プラットフォームを洋上風車で代用することで、沖合養殖実用化への一里塚とできるかもしれない。

3. 洋上風力発電との連携可能性

2021年10月22日に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」によって、日本では2030年まで5.7GWの洋上風力発電の導入目標が定められた（経済産業省、2021）。洋上風力は2000年代より欧州を中心として展開されてきたが、日本では再エネ海域利用法をはじめとした法制度が整備され、沿岸域を中心に導入が始まったばかりである。他方で、日本は深海域が相対的に大きく、浮体式洋上風力発電においては世界に先駆けた市場の一つとなりうる。そこで国内産業界への裨益も見据えて、これまで様々な浮体式洋上風車のコンセプトが提案されてきた。

本エッセーでは給餌システムを浮体式洋上風車に併設したハイブリッド・システムを提案してみたい（図2）。こうした連携は両事業に対してメリットを持つ。沖合養殖業側から見れば、加工そして市場への輸送に必要となる安定した大量の電力を得るメリットがある。逆に、浮体式洋上風力発電側から見れば、漁業者との協調やオペレーション、メンテナンスの共有化などを通じて、漁業側との合意形成上のメリットが生じる可能性がある。

他方で、こうした連携は技術的なリスクも持つ。剛体の浮体構造物の相互作用と柔軟体の網状構造物の制御に関する研究は、日本の船舶海洋工学界で長く取り組まれてきたものの、これらをハイブリッドシステムに応用する研究はまだ不十分であり、筆者は当該分野で研究を進めてきた。具体的には、図2の緑枠内で提示したように、給餌システム(Feeding system)の併設による重心の変化が波浪中の風車の安定性に与える影響は小さいことを水槽模型実験により検証した(Liら、2024)。さらに図2の赤枠で提示したように、波浪中における風車の水平方向の運動は生簀(Fish farming)の存在によって減少することを検証した(白ら、2024)。ここからは、養殖システムの併設が浮体式風車に与える影響は小さいことが示唆される。これらは初歩的な研究成果である一方で、ハイブリッドシステムの技術的な可能性を示すものでもあると考えられる。

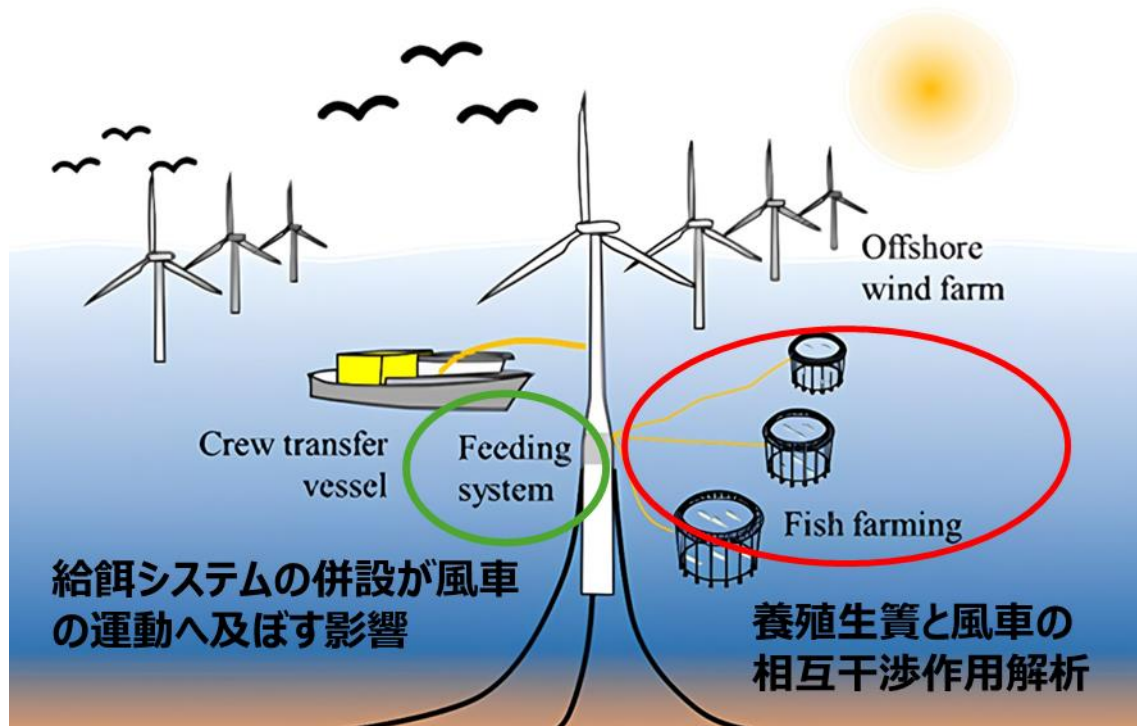


図 2：洋上風力発電と養殖の連携のイメージ図 (Bai ら、2024)

4.提言

深海域が相対的に広い日本においては、沖合養殖と浮体式洋上風車のハイブリッドシステム実用化の意義は小さくない。沖合の有効活用は、SDGs の達成に寄与するだけでなく、海洋空間の有効利用を通じた試金石ともなるだろう。そのためには、国家レベルでの研究を推進し、民間企業や大学と連携したプロジェクトを組成し、技術革新を推進する必要がある。産学連携や企業の共同研究を支援し、技術革新を加速させる環境を整えて、生態系保全と海洋資源利用に関する教育を推進することで、この分野における将来の技術・人材プールを確保することが肝要であろう。

最後に、ハイブリッドシステム実用化のために、研究開発の側面と同様——もしくは、それ以上——に重要となる社会受容の側面に触れて本エッセーを結びたい。西洋型の海洋空間計画が根付いていない日本においては、海面利用に関する電力事業者と漁業関係者の関係は不透明な部分が多かった (山口ら、2024)。例えば複雑に入り組む漁業権の取り扱いも含め、両者の間で合意形成のためのプラットフォームは不安定なままである。本稿で提示したハイブリッドシステムは両者にウィン・ウィンの関係性をもたらすことを通じて、その関係改善の一助となると考えられる。逆に、こうした関係改善は、技術の実用化のための外部環境の改善につながる。こうした観点の検討も今後求められると思われる。

参考文献

Bai, S., Dong, S., Zhou, J., Kitazawa, D. Li, Q. & Murai M. (2024). Review of recent research on offshore floating wind turbine collaborated with aquaculture cages. The 11th East Asian Workshop for Marine Environmental and Energy (EAWOMEN2 2023).

Bai, S., Dong, S., Li, Q., J., & Kitazawa, D. (2024). Experimental Study on the Effects of Aquaculture Net Cages on the Motion Responses of a Spar-type Floating Structure. Proceedings of the ASME 2024 43rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 8pp. OMAE2024-120710

Li, Q., Bai, S., Dong, S., Zhou, J., & Kitazawa, D. (2024). Experimental and Numerical Investigation on the Motion Responses of a Spar-Type Floating Structure with Aquaculture Feeding Systems. Journal of Marine Science and Engineering, 12(8), 1329.

北澤大輔. (2021). 国内外の沖合養殖の動向. 水産工学, 58(1), 29-35.

経済産業省. (2021). 資源エネルギー庁新エネルギー課：2030 年に向けた今後の再エネ政策.

白申逸, 董書闢, 周金鑫, 李僑, 北澤大輔. (2024). 養殖用生簀とスパー型浮体式洋上風車間の波浪特性に関する実験的研究. 日本船舶海洋工学会令和 6 年度春季講演会. pp. 443-447

農林水産省. (2021). 養殖業成長産業化総合戦略.

農林水産省. (2024). 令和 5 年漁業・養殖業生産統計.

山口健介, 田嶋智, 渡部熙, 城山英明. (2024). 我が国の洋上風力事業における漁業者との合意形成: 秋田県男鹿市、潟上市及び秋田市沖における事例と政策提言. 日本海洋政策学会誌, 第 13 号, 16-32.