

# 波力発電の動向・展望

## Trends and Prospects of Wave Energy Converters

今井康貴\*

### 1. 波力発電をとりまく背景

COP21 パリ協定<sup>1)</sup>、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) による 1.5°C 特別報告書<sup>2)</sup>を受け、世界各国は温暖化ガス排出削減に注力している。中でも EU は削減推進の中心であり、潮流・波力といった海洋エネルギーを含む再生可能エネルギー機器の開発や国際規格の作成を積極的に行ってきた。2009 年に法制化された Europe 2020 climate & energy package では、2020 年までに温室効果ガス排出量を 1990 年比で少なくとも 20% 削減する目標を立て、結果として目標を超える 30% を削減した<sup>3)</sup>。その後も EU は 2050 年のカーボンニュートラルに向けて削減ロードマップを発表した。同ロードマップでは全ての部門において低炭素への移行が促され、とりわけ電力部門が最も多く削減されると見込まれる。電力部門の脱炭素化は再生可能エネルギー導入とエネルギー効率向上により 2050 年までに完了を目指すことが示されている<sup>4)</sup>。

加えて 2022 年 2 月に始まったロシアによるウクライナ侵攻は、欧州におけるロシア産化石燃料からの脱却、化石燃料から再生可能エネルギーや原子力への転換を加速している。特に EU の総ガス需要に占めるロシア産天然ガスの割合は、2010 年の 26% から 2018-2021 年までの平均で 40% 超に増加しており、EU 域内には供給パイプライン網が整備されていた<sup>5)</sup>。ウクライナ紛争を受け、欧州委員会が 2022 年 3 月に発表したエネルギー安全保障政策「Repower EU」では、(1) エネルギー効率向上による省エネ、(2) エネルギー供給の多角化、(3) 再生可能エネルギーへの移行を提案し、ロシア産化石燃料依存からの早期脱却を目指している<sup>6)</sup>。また、EU 以外においても、エネルギー危機と経済的混乱は各国におけるエネルギー安全保障政策を見直す契機となった。

このように、エネルギーをめぐる世界情勢は、ウクライナ紛争によるエネルギー安全保障の強化、再生可能エネルギーや原子力などの低炭素エネルギーへの転換を強化する方向にある。

### 2. 海洋エネルギーの発電量

2022 年の世界全体の発電における自然エネルギーの割合を図 1 に示す<sup>7)</sup>。化石燃料が 61%、原子力が 9% を占め、残り 29.9% が再生可能エネルギーである。29.9% の内訳は水力が 15.1%、太陽光・風力が 12.1%、バイオマス・地熱・海洋エネルギー他が 2.7% である。現在発電における海洋エネルギーのシェアはわずかであるが、欧州を中心に意欲的に装置が開発されており、米国、中国がそれに続いている。

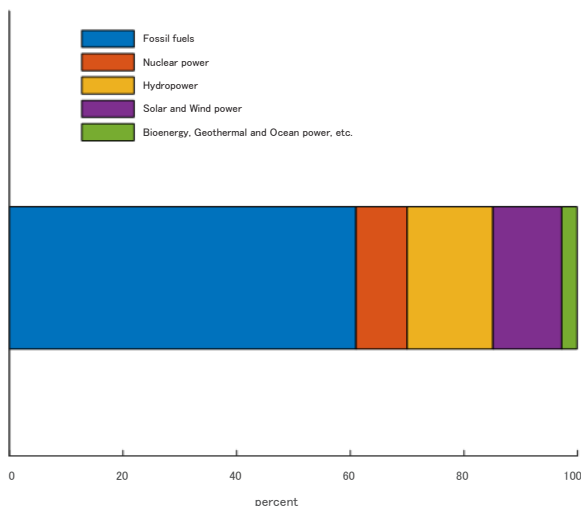


図 1 2022 年の世界全体の発電におけるシェア<sup>7)</sup>

\* 佐賀大学海洋エネルギー研究所 准教授

### 3. EU における波力発電装置の設置容量

図2に2022年にEUに新設された潮流発電装置および波力発電装置の容量を示す<sup>8)</sup>。COVID-19の余波、ウクライナ紛争による資材高騰、経済的混乱などが影響し、設置容量は潮流発電・波力発電ともに2010年以降最小となった。ただし、潮流装置は大型化が進み、商業化に近いプロジェクトが進行中である。信頼性も高く、2022年末には総発電量が80GWhを超えた。一方、波力発電はまだ潮流発電と同じレベルに達しておらず、フルスケール機の試験段階にある。

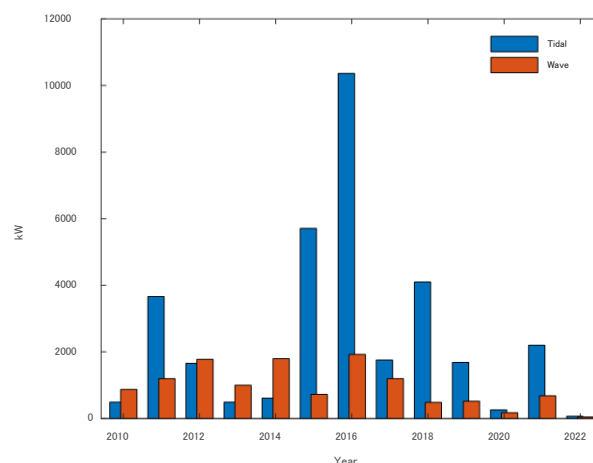


図2 EUにおける潮流発電装置と波力発電装置の設置容量<sup>8)</sup>

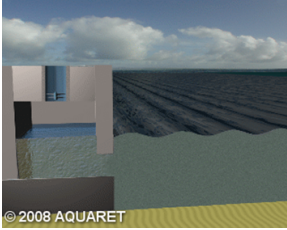
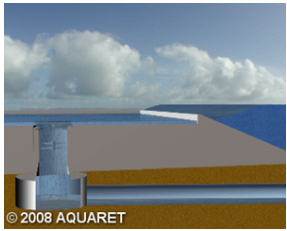
### 4. 波力発電装置の分類

波力発電装置は様々な型式が提案され試験中であり、設計は主流となる方式にまだ収束していない。

表1に装置型式の分類と動作原理を示す。装置形式は可動物体型、振動水柱型、越波型の3種類に分類される。

表1 波力発電装置型式の分類

型式	動作原理 (図は AQUARET <a href="http://www.aquaret.com/indexea3d.html">http://www.aquaret.com/indexea3d.html</a> から引用)
可動物体型	1. Attenuator : 複数の浮体がヒンジ結合された形式。浮体間に発生する動力を油圧ポンプなどで取り出す (Crestwing など)。 
	2. Point Absorber : 2つの物体から構成され、一方が波により運動し、他方が固定点となる形式。物体間に発生する動力を油圧ポンプなどで取り出す (PowerBuoy, Wavebob など)。 
	3. Oscillating Surge Wave Converter : 沿岸域海底に置かれた基礎にフラップがヒンジ接続された装置。沿岸では水粒子の水平運動成分 (サージ) でフラップを前後に動かす形式 (WaveRoller など)。 

<p>振動水柱型</p>	<p>寄せ波と引き波に応じて空気室内の水柱が上下振動する。水柱振動により空気室内の空気が入り出し、双方向空気流を作り出す。この双方向空気流でタービンを駆動させる (Mutriku, OE Bouy など)。</p>  <p>© 2008 AQUARET</p>
<p>越波型</p>	<p>装置はエネルギー収集部、貯蔵部、抽出部から構成される。収集部は広く、貯蔵部でより狭くなることにより入射波が垂直方向に大きくなる。波は水面上の貯蔵部で保存され、ヘッドを利用してタービンを駆動させる (Wave Dragon など)。</p>  <p>© 2008 AQUARET</p>

### 5. 近年試験された波力発電装置

表 2 に近年実海域実験を実施した波力装置を示す<sup>9, 10)</sup>。表 2 に示した装置はフルスケールに近い規模でグリッド接続し発電実験が行われている。数年以内に 5-10 ユニットから構成されるファームの実証試験、その後大規模な商業ファームの実証試験が

予定されている。スペイン Mutriku 発電所は堤防に埋め込まれた振動水柱型波力発電装置であり、2011 年から系統に電力を供給している。また、米国 Ocean Power Technologies 社は波力発電を利用した海洋監視装置を商用化している。

表 2 近年試験された波力発電装置<sup>9) 10)</sup>

装置名	事業代表者	発電形式	発電容量	実験年	実験場所
Mutriku Power plant <sup>11)</sup>	Basque Energy Agency	振動水柱型	18.5kW × 16 基	2011 ~	スペイン, Mutriku 港
PowerBuoy PB3 <sup>12)</sup>	Ocean Power Technologies	可動物体型	3kW	-	海洋監視ブイとして商用化
OE35 <sup>13)</sup>	Ocean Energy	振動水柱型	500kW	2021 ~	ハワイ U.S. Navy Wave Energy Test Site
インテリジェント吸波式波力発電 <sup>14)</sup>	(株) マリンエナジー	振動水柱型	未公開	2022	釜石市
振り子式波力発電装置 <sup>15)</sup>	(株) e-ウェーブ R & D	可動物体型	45kW	2022	平塚市
X100 <sup>16)</sup>	CalWave Power Technologies	可動物体型	100kW	2021 ~ 2022	カリフォルニア州サンディエゴ
SeaRAY <sup>17)</sup>	Columbia Power Technologies	可動物体型	未公開	2023 予定	ハワイ U.S. Navy Wave Energy Test Site
Triton-C <sup>18)</sup>	Oscilla Power	可動物体型	100kW	2023 予定	ハワイ U.S. Navy Wave Energy Test Site
C5 <sup>19)</sup>	CorPower Ocean	可動物体型	300kW	2023 予定	ポルトガル, Agucadoura サイト
Blue X <sup>20)</sup>	Mocean Energy	可動物体型	未公開	2021	European Marine Energy Centre

Archimedes Waveswing <sup>21)</sup>	AWS Ocean Energy	可動物体型	15-500kW	2022	European Marine Energy Centre
Dikwe <sup>22)</sup>	Legendre Group, GEPS Techno, Ifremer	可動物体型	未公開	2022	フランス, Brest 港
Exowave <sup>23)</sup>	Exowave ApS	可動物体型	未公開	2022	ベルギー, Ostend 港沖
Wavepiston <sup>24)</sup>	Wavepiston	可動物体型	未公開	2018-2024	スペイン, Oceanic Platform of the Canary Islands (PLOCAN)
Slow Mill - 40 <sup>25)</sup>	Slow Mil	可動物体型	40kW	2022	オランダ, Texel island, North-Holland Province
ISWEC <sup>26)</sup>	Eni	可動物体型	30-250kW	2023	イタリア, Pantelleria 島
Sharp Eagle <sup>27)</sup>	Guangzhou Institute of Energy Conversion	可動物体型	500kW	2019 ~	中国, Wanshan Island in Zhuhai, Guangdong Province
Penghu <sup>28)</sup>	Guangzhou Institute of Energy Conversion	可動物体型	60kW	2019 ~	中国, Wanshan Island in Zhuhai, Guangdong Province
Yongsoo OWC <sup>29)</sup>	Korea research institute of ships & ocean engineering	振動水柱型	250kW × 2 基	2019 ~	韓国, 済州島,
UniWave200 <sup>30)</sup>	Wave Swell Energy	振動水柱型	200kW	2021 ~	タスマニア, King Island
mWave <sup>31)</sup>	Bombora Wave Power	可動物体型	未公開	2018 ~	英国, Pembrokeshire
CETO / MoorPower <sup>32)</sup>	Carnegie Clean Energy,	可動物体型	未公開	2021 ~	オーストラリア, North Fremantle,
Crestwing <sup>33)</sup>	Crestwing	可動物体型	未公開	2021 ~	デンマーク, Kattegat sea
WaveRoller <sup>34)</sup>	AW-Energy	可動物体型	125-1200kW	2019 ~	ポルトガル, Peniche

## 6. まとめ

本稿では波力発電装置をとりまく背景と近年実海域試験された装置を紹介した。多くの欧州諸国における政策措置により、EUにおける2023年と2024年の再生可能エネルギー設備増設はウクライナ紛争前より40%もの上方修正が見込まれており<sup>35)</sup>、海洋エネルギーへの政策支援も大きくなると考えられる。潮流発電装置は海底や浮体式プラットフォームに設置された水平軸型タービンに主流の設計が収束したが、波力発電はまだ主流の設計方式に収束しておらず、様々な型式が提案され試験中である。今後、商業化に向けた装置の大型化、信頼性の向上、コスト削減などが課題として挙げられる。

### 参考文献 (URL)

1) United Nations (2015), Paris Agreement, [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)

- 2) The Intergovernmental Panel on Climate Change (2015), Special Report: Global Warming of 1.5 °C, <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- 3) Eurostat (2022), Greenhouse gas emission statistics - emission inventories, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Greenhouse\\_gas\\_emission\\_statistics\\_-\\_emission\\_inventories](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Greenhouse_gas_emission_statistics_-_emission_inventories)
- 4) European commission (2018), A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en)
- 5) International Energy Agency (2022), A 10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas, <https://www.iea.org/reports/a-10-point-plan-to-reduce-the-european-unions-reliance-on-russian-natural-gas>

- 6) The European Commission (2022), REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_22\\_3131](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3131)
- 7) REN21 (2023), Renewables 2023 Global Status Report- Renewables in Energy Supply Module, <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- 8) Ocean Energy Europe (2023), Ocean Energy Key trends and statistics 2022, <https://www.oceanenergy-europe.eu/wp-content/uploads/2023/03/Ocean-Energy-Key-Trends-and-Statistics-2022.pdf>
- 9) International Energy Agency - Ocean Energy Systems (2023), Wave energy - Developments & highlights, [https://www.etipocean.eu/knowledge\\_hub/iea-oes-wave-energy-developments-highlights/](https://www.etipocean.eu/knowledge_hub/iea-oes-wave-energy-developments-highlights/)
- 10) International Energy Agency - Ocean Energy Systems (2023), Annual report 2022, <https://www.ocean-energy-systems.org>
- 11) Bimep Mutriku ホームページ, <https://www.bimep.com/>
- 12) Ocean Power Technologies ホームページ, <https://oceanpowertechnologies.com/>
- 13) OceanEnergy ホームページ, <https://oceanenergy.ie/>
- 14) (株) マリンエナジー ホームページ, <https://marine-energys.com>
- 15) (株) e-ウエーブ R&D ホームページ, <https://e-waverd.co.jp/>
- 16) CalWave ホームページ, <https://calwave.energy/>
- 17) C-Power ホームページ, <https://cpower.co/>
- 18) Oscilla Power ホームページ, <https://www.oscillapower.com/>
- 19) CorPower Ocean ホームページ, <https://corpowersocean.com/>
- 20) Mocean Energy ホームページ, <https://www.mocean.energy>
- 21) AWS Ocean Energy ホームページ, <https://awsocan.com/>
- 22) DIKWE ホームページ, <https://www.ifremer.fr/fr/innover-avec-lifremer/dikwe>
- 23) Exowave ホームページ, <https://exowave.com/>
- 24) Wavepiston ホームページ, <https://www.wavepiston.dk/>
- 25) Slow Mill ホームページ, <https://www.slowmill.nl/>
- 26) ISWEC ホームページ, <https://www.eni.com/en-IT/operations/iswec-eni.html>
- 27) Sharp Eagle ホームページ, <http://english.giec.cas.cn/>
- 28) Guangzhou Institute of Energy Conversion, GIEC Successfully Built the First Semisubmersible Open Sea Aquaculture Platform “Penghu”, [http://english.giec.cas.cn/ns/rp/201908/t20190809\\_213996.html](http://english.giec.cas.cn/ns/rp/201908/t20190809_213996.html)
- 29) KRISO Wave Energy Test Site ホームページ, <https://www.kriso.re.kr/menu.es?mid = a20203000000>
- 30) Wave Swell Energy ホームページ, <https://www.waveswell.com/>
- 31) Bombora Wave Power ホームページ, <https://bomborawave.com/>
- 32) Carnegie Clean Energy ホームページ, <https://www.carnegiece.com>
- 33) Crestwing ホームページ, <https://crestwing.dk/>
- 34) WaveRoller ホームページ, <https://aw-energy.com/waveroller/>
- 35) International Energy Agency (2023) , Renewables 2022, <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>

#### 著者略歴



今井 康貴 (いまい やすたか)

1991年九州大学工学部生産機械工学科卒業, 1996年九州大学総合理工学研究科博士後期課程単位取得退学, 1996年 広島大学大学院国際協力研究科助手, 2002年 (株) グローバルオーシャンディベロップメント, 2006年より佐賀大学海洋エネルギー研究センター (現海洋エネルギー研究所) 波浪エネルギーシステム分野准教授. 博士 (工学)