

洋上風力発電のための国内海域および主要国海域の海上風の比較

水圏防災工学研究室 稲川廉

指導教員 犬飼直之

1. はじめに

既往研究より、新潟県周辺海域では、村上・胎内沖だけではなく佐渡市沖も洋上風力発電に好条件である可能性が示唆されている。そこで、本研究では風車の規格や送電系統等、佐渡市沖での洋上風力発電導入の可能性をより詳細に検討していくため、洋上風力発電の導入が進んでいる欧州・中国と他県促進区域及び新潟県沖の風況・海象特性の比較を行った。

2. 評価地点及び解析に用いたデータ

評価地点は、欧州 7 地点、中国 4 地点、台湾 1 地点、日本 8 地点とした。

解析に用いたデータは、風況特性比較に気象庁が作成する全球客観解析データ (GSM)、NASA の全球データセットを用いた Renewables.ninja¹⁾²⁾、海象特性比較に気象庁が作成する全球波浪数値予報モデル (GWM)、国際水路機関 (IHO) と国連政府間海洋学委員会 (UNESCOIOC) が共同で推進している世界の海底地図 (GEBCO) を用いた。また、Renewables.ninja は NASA の衛星データと大気・陸・海洋などを再現する全球数値モデル NASAGEOS-5 を組み合わせて再解析を行ったデータを基にしたソフトウェアである。

3. 風況特性の比較

風況特性比較は、風速、風向と仮想風車を設置したときの設備利用率の比較を行った。

欧州の風速は、季節変動があるが、年平均風速が 9m/s を下回ることがないため、1 年を通して安定した発電が可能だと考えられる。また、欧州と同様に洋上風力発電事業先進国である中国・台湾は、年平均風速が 6m/s~8m/s 程度で欧州に比べると低いが、風速の季節変動が小さいため、通年発

電に期待が持てる。一方、日本は年平均風速が 6m/s~8m/s 程度と中国同様であるが、風速の季節変動が大きく、夏季の月間平均風速がほとんどの地点で 5m/s を下回ることによって発電効率が低下するため、安定した通年発電は難しいと考えられる。

欧州の年平均仮想風車設備利用率は、45%~55%程度と NEDO による設備利用率の指標である 30%を下回ることがないため、1 年を通して安定した発電が可能だと考えられる。また、中国・台湾は、年平均仮想風車設備利用率が 22%~39%程度で、特に設備利用率が悪い中国南部区域 CTGNE Yangjiang Shapa は年平均仮想風車設備利用率が 30%を超えることがない。一方、日本は冬季に欧州並みの仮想風車設備利用率を期待できる地点もあるが、風速同様、夏季の仮想風車設備利用率が悪いため、年平均仮想風車設備利用率は 25%~36%程度であった。

中国・台湾と日本は、NEDO の指標を十分に満足しているとは言えないため、本研究で比較対象とした Vestas 社 V164-9.5MW 機は適していないと考えられる。また、日本の促進区域で実際に導入される風車は、発電容量が 12MW~18MW と大型かつ高効率な風車であるため、設備利用率は本研究で導き出した数値より向上すると考えられる。

風向は、季節風の吹き込む方角や海陸風の方角が一致する海域の方が、風向分布が一直線に定まりやすく、効率的に風力エネルギーを取得できると考えられる。一方、出現頻度が多い方角が直角に分布している風向特性や風が多方向からの吹送する風向特性の海域は、時間帯別、季節別などの風向特性を詳細に把握し、効率的に風力エネルギーを取得できるよう制御するシステムを導入する必要があると考えられるが、欧州は East Anglia One,

Hollandse Kust Noord, Solige Nordsjo II, 中国・台湾は Huaneng Dafeng phase 1, CGN Daishan 4, CTGNE Yangjiang Shapa, Formosa II, 日本は北海道石狩市沖, 青森県日本海沖, 秋田県由利本荘市沖, 千葉県銚子市沖, 長崎県五島市沖, 新潟県村上市・胎内市沖が概ね風向分布が一直線に定まっている。また, 新潟県佐渡市沖, Moray East, Laoting Bodhi Island は出現頻度が多い方角が直角に分布している風向特性, Hornsea, Horns Rev 3, EnBW He Dreiht は風が多方向からの吹送する風向特性となっていることが明らかになった。

4. 海象特性の比較

海象特性比較は, 水深, 有義波高, うねり, 波向の比較を行った。

欧州及び中国・台湾のウィンドファームは, 水深が 60m 以下と浅いため, モノパイル式やジャケット式洋上風力発電として事業が進んでいるため, 日本の北海道石狩市沖, 秋田県能代市沖, 秋田県由利本荘市沖, 千葉県銚子市沖, 新潟県村上市・胎内市沖も同様に着床式想定で事業が行えると考えられる。また, 青森県日本海沖, 長崎県五島市沖, 新潟県佐渡市沖は, いずれの海域も水深 100m を超えているため, 浮体式洋上風力発電が適していると考えられる。

欧州の有義波高は, 夏季の波高 1m 未満の波の割合が高く, 概ね 50% を超えており, 最も低い Solige Nordsjo II でも 40% 程度であった。また, 欧州の全海域が共通して冬季に波高 3m 以上の波の割合が増加するが, ほとんどの海域は月間割合が 20% を下回る。

中国・台湾は, 全ての海域で, 1 年を通して波高 1m 未満の波の割合が高く 50% を超えている。また, 中国近海は波高 3m 以上の波の月間割合が 5% を下回ることに対し, 台湾の Formosa II は 29% に達することがある。

日本は, 千葉県銚子市沖と長崎県五島市沖以外の海域で, 夏季の波高 1m 未満の波の割合が高く 50% を超えていたのに対し, 長崎県五島市沖は最も高い月で 40% であった。千葉県銚子市沖は波高 1m~2m の波の割合が最も高く, 10 月を除くすべての月で

40% を超えていた。また, 日本海側の海域は波高 3m 以上の波の割合が冬季に 50% に達する海域があるのに対し, 千葉県銚子市沖と長崎県五島市沖は 10%~30% 程度であった。

高波の出現頻度を欧州, 中国・台湾と比較すると, 日本海側の海域は, 欧州, 中国・台湾と比べて高いことから, 設計基準を高く設定する必要があると考えられる。また, 太平洋側の海域, 東シナ海側の海域は, 欧州, 中国・台湾と同等かそれ以下であった。

欧州のうねりは, 全海域で 1 年を通して短いうねりが 50% を超えている。また, ほとんどの海域の中位のうねりは 10% 程度, 長いうねりは 10% 以下であった。Moray East, Hornsea, Solige Nordsjo II の北緯 52 度以北の海域は, 中位のうねりが 27%~35% 程度に達する月も存在した。

中国・台湾は, 全海域で 1 年を通して短いうねりが 60% を超えている。また, 中位のうねりは南部に行くほど出現頻度が多い傾向が見られた。一方, 長いうねりはほとんど出現しない。

日本は, 日本海側の海域で冬季に, 太平洋側の海域, 東シナ海側の海域で夏季~秋季に中位のうねりが増加する傾向が確認できた。さらに, 日本海側の海域は長いうねりの出現頻度が少ないのに対し, 太平洋側の海域は冬季に, 東シナ海側の海域は秋季に長いうねりが増加する傾向も確認できた。さらに, 太平洋側の海域は他海域に比べると短いうねりの出現頻度が少ないことが分かった。

これは, 夏季~秋季に発生する台風の影響及び波の伝播距離とうねりの長さが比例関係にある特徴が関係していると考えられる。したがって, 赤道付近で発生する低気圧の影響を受けるため, 太平洋側の海域, 東シナ海側の海域は長いまたは中位のうねりが増加すると考えられる。

欧州は, N 方向または北海の中心からの波向が卓越している。また, Moray East はマレー湾方向からの波の割合も高い。

中国・台湾は, 海域により波向の特徴が違い, 渤海に位置する Laoting Bodhi Island は, 北部の遼東湾, 西部の渤海湾, 南部の莱州湾のからの波の割合が高

い。また、黄海に位置する Huaneng Dafeng phase 1 は、黄海から波の割合が高い。その他の海域は、東シナ海の E 方向からの割合が高い。また、台湾は東シナ海の NNE 方向からの割合が高い。

日本も中国同様、海域により波向の特徴が違うが、千葉県銚子市沖と新潟県村上市・胎内市沖以外の海域は、風向と同様の方角が卓越する波向特性となった。一方、千葉県銚子市沖は、太平洋側の NE, E の割合が高く、風向で卓越している SW, SSW 方向の波の出現頻度は少ない。また、新潟県村上市・胎内市沖は、N, NNW の割合が高く、風向で卓越している S 方向の波の出現頻度は少ない。これは、千葉県銚子市沖の SW, SSW と新潟県村上市・胎内市沖の S は陸側の方角であるため、波の出現頻度が少ないのだと考えられる。

以上より、風向と波向は同様の特性を持たない可能性があることが確認できた。

5. まとめ

本研究では、佐渡市沖を含めた新潟県沖での洋上風力発電導入の可能性をより詳細に検討していくために、他県促進区域及び洋上風力発電の開発が進んでいる欧州・中国との風況・海象特性の比較を行った。

その結果、新潟県佐渡市沖は、欧州・中国のウィンドファームには満たないが、同じ新潟県周辺海域の村上市・胎内市沖と同等かそれ以上の洋上風力発電のポテンシャルを秘めている可能性があることを確認できた。また、佐渡市沖は水深が深い為、浮体式かつ日本の促進区域で実際に導入される大型で高効率な風車で事業を進める必要があり、高い技術力を要すると考えられる。

今後は、佐渡市沖が村上市・胎内市沖同様の促進区域に選定されるよう、佐渡市沖での洋上風力発電最適地の詳細な検討を行う必要があると考える。

参考文献

- 1) Pfenninger, Stefan and Staffell, Iain (2016). Long-term patterns of European PV output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data. Energy 114, pp. 1251-1265.
- 2) Staffell, Iain and Pfenninger, Stefan (2016). Using Bias-Corrected Reanalysis to Simulate Current and Future Wind Power Output. Energy 114, pp. 1224-1239.

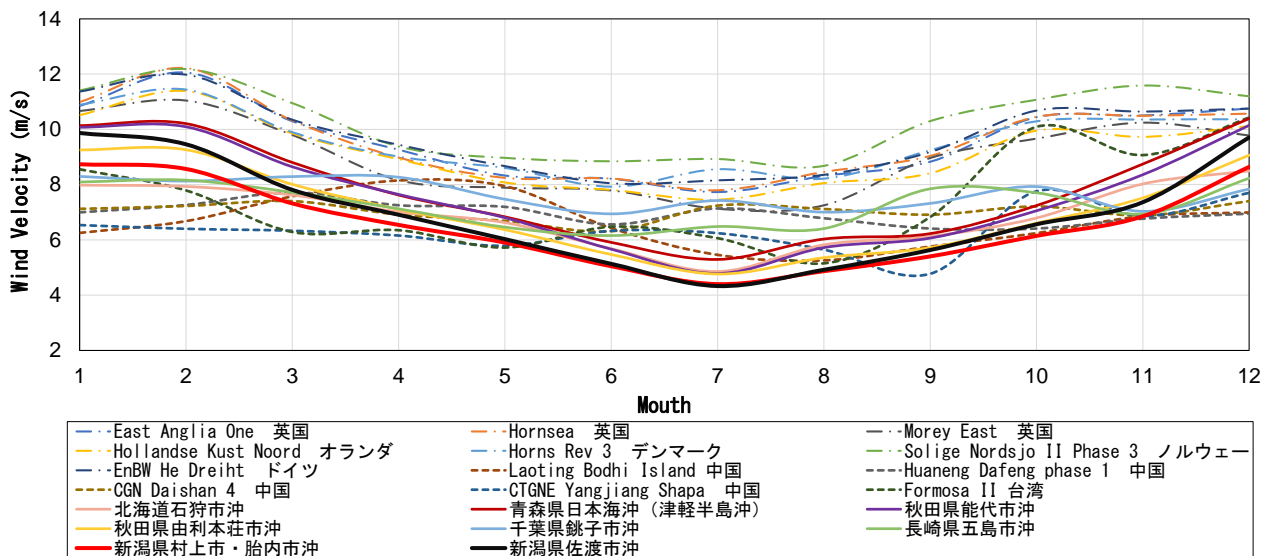


図 1 風速比較

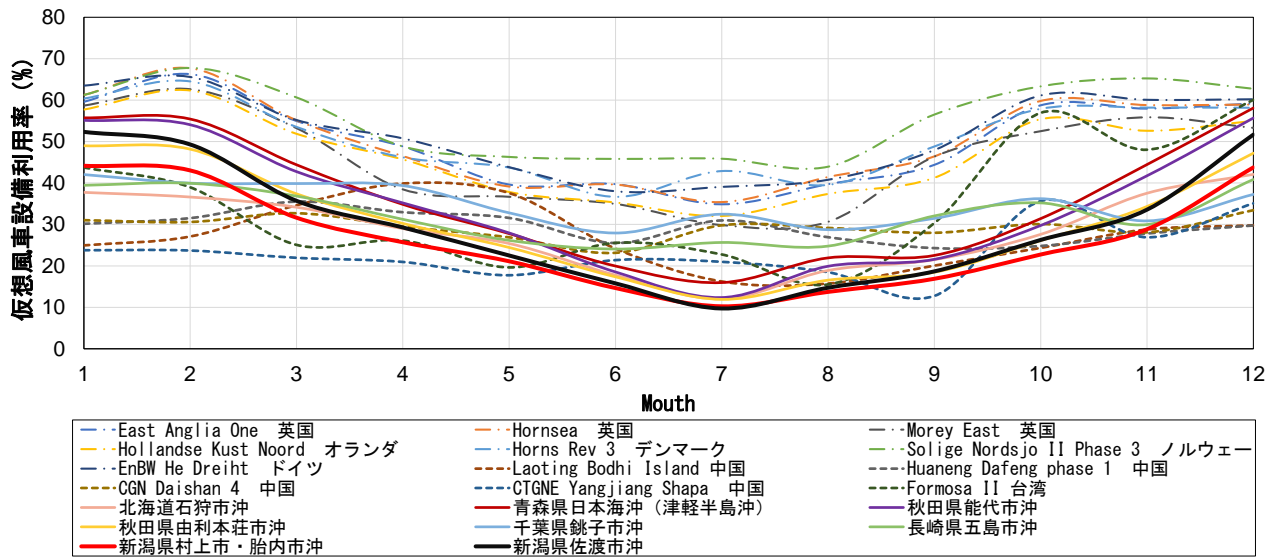


図2 仮想風車設備利用率比較

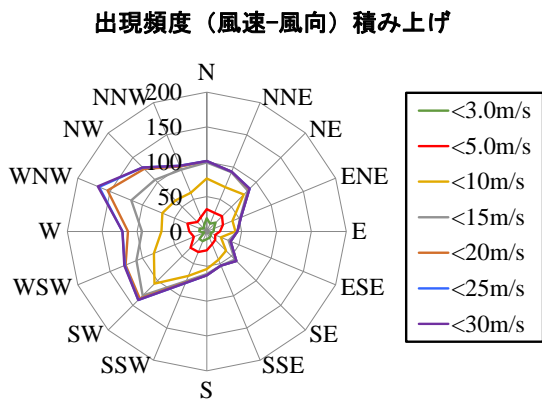


図3 風速別風向出現頻度例 (佐渡市沖)

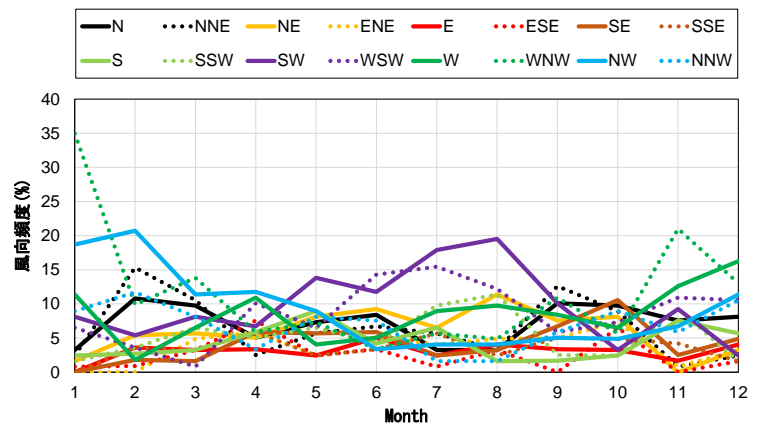


図4 月別風向出現頻度例 (佐渡市沖)

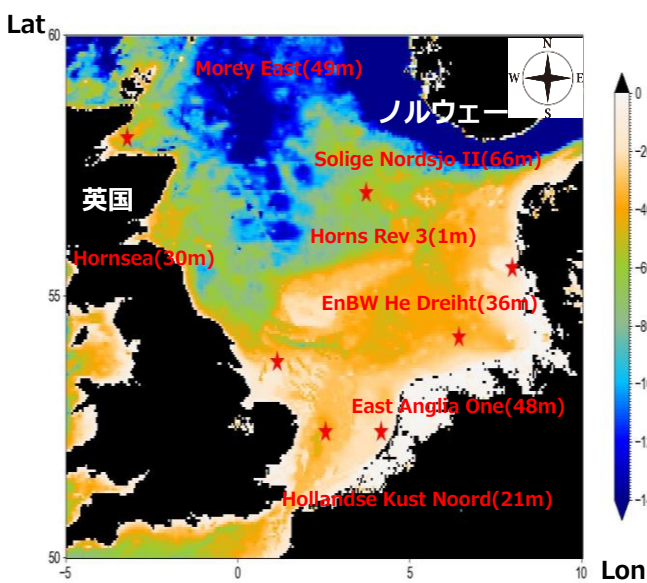


図5 欧州の洋上風力発電事業海域水深比較

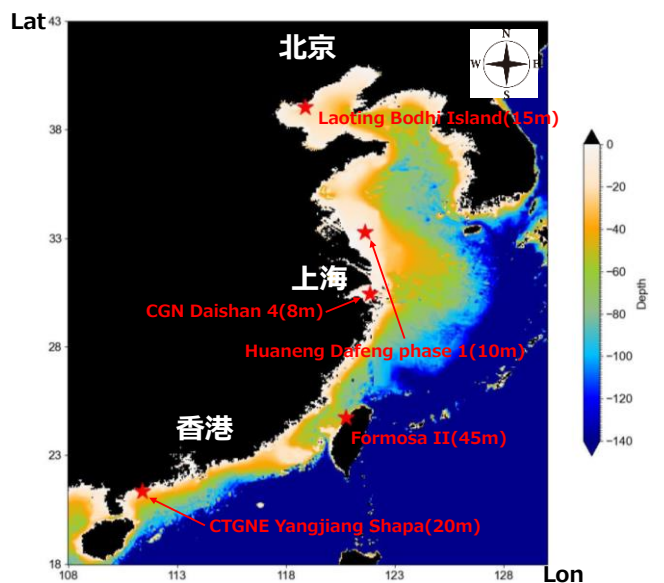


図6 中国・台湾の洋上風力発電事業海域水深比較

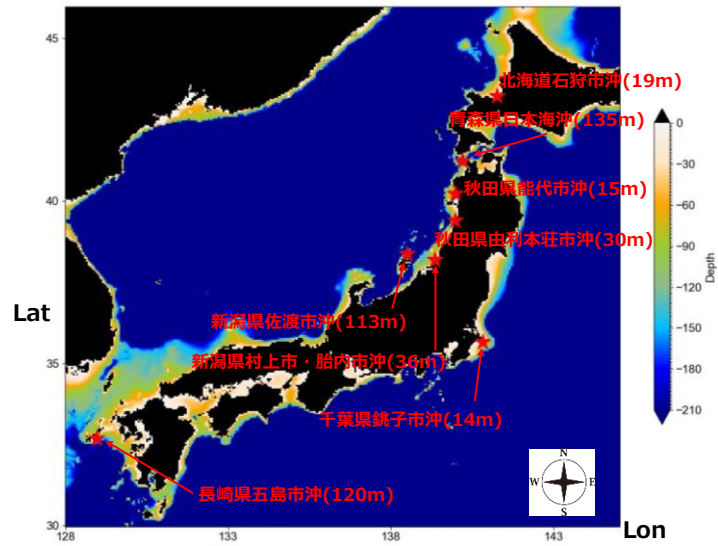


図7 日本の洋上風力発電事業海域水深比較

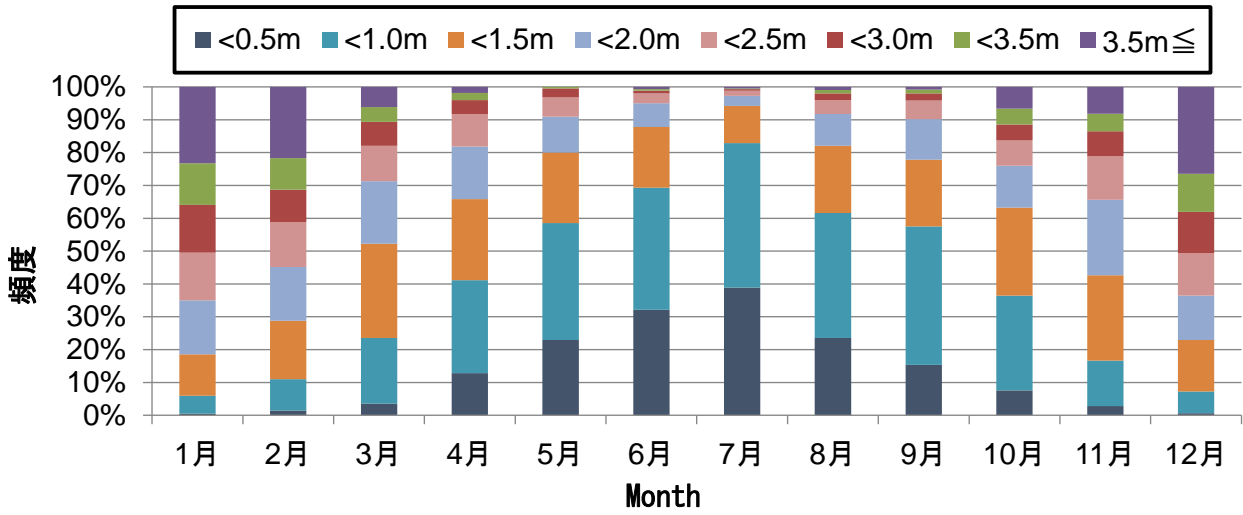


図8 月別有義波高出現頻度例（佐渡市沖）

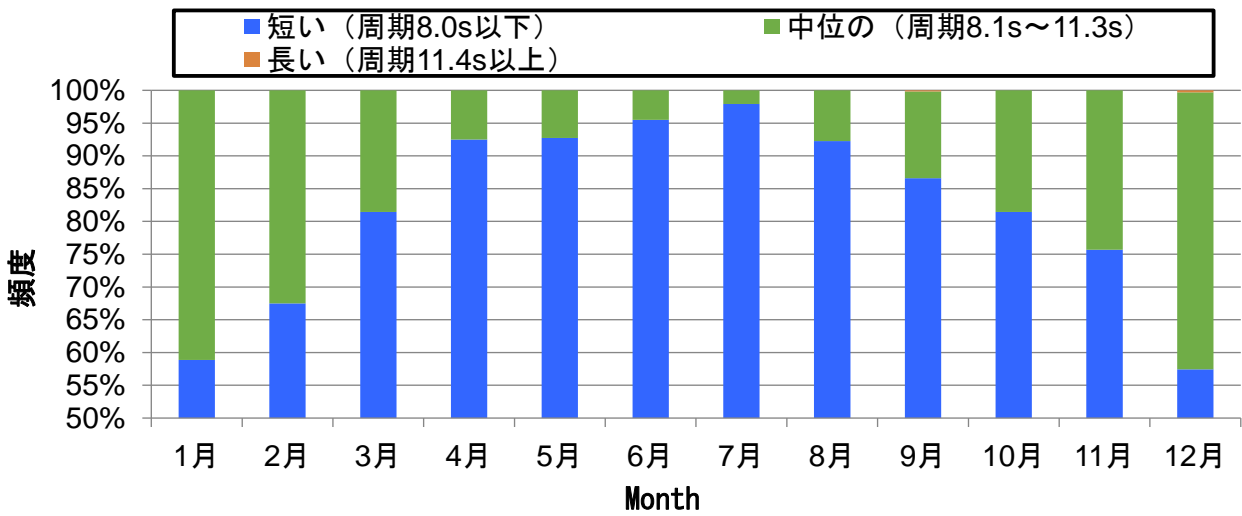


図9 月別うねり出現頻度例（佐渡市沖）

出現頻度（波高-波向）積み上げ

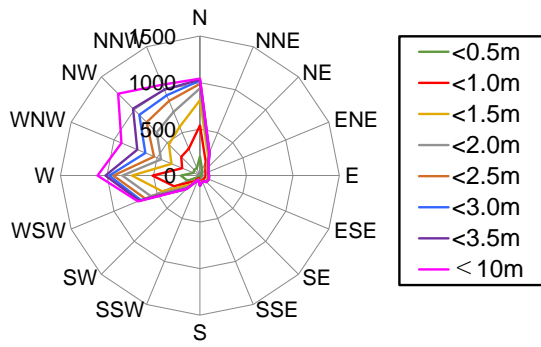


図 10 有義波高別波向出現頻度例（佐渡市沖）

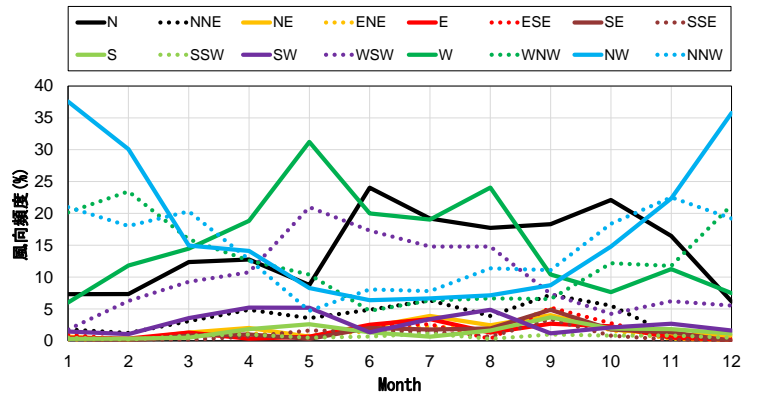


図 11 月別波向出現頻度例（佐渡市沖）