

東北地方太平洋沿岸における海面上昇が波浪特性に与える影響

秋田大学 学生会員 ○加藤 弘也
 秋田大学 正会員 平川 知明

1. はじめに

波力発電施設の設置の際、波エネルギーの正確な評価は重要である。さらに、現在だけでなく将来の波エネルギーの変動も考慮した評価が望ましい。Fifth Assessment Report (AR6) IPCC ¹⁾によると、2081～2100年平均の世界平均海面水位は、1986～2005年の平均基準と比較して、0.45～0.82m 上昇すると予測されている。そこで本研究では、波浪推算モデル SWAN を用いて、海面上昇した場合の東北地方太平洋沿岸における波をシミュレーションし、地域的、季節的変動の観点から現在の波と比較してその変化の要因や普遍性について考察した。

2. 研究方法

本研究ではSWANを用いて、平均海水位が変わらない場合 (case1) と1m上昇した場合 (case2) の波をシミュレーションし、それぞれの結果を地域的、季節的変動の観点から比較し、その変化の要因や普遍性について考察した。波の評価は波力発電において重要な、波向と波輸送エネルギーの数値を用いた。計算地点を表-1、図-1に示す。ここで各地点において、計算地点からの最短海岸距離を離岸距離とする。SWANの計算内容を表-2に示す。本研究では、海面上昇が波にもたらす普遍的な傾向を掴むため、case2とcase1の計算には同じデータを用いて、平均海水位の設定のみの変更をした。

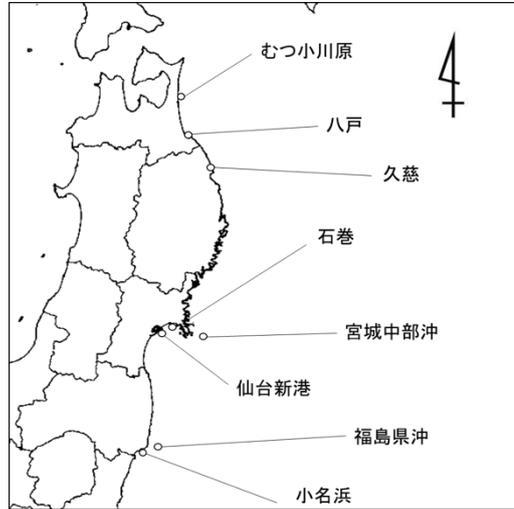


図-1 計算地点

表-1 計算地点

	緯度, 経度	水深 (m)	離岸距離 (km)
むつ小川原	40° 55' 30", 141° 25' 27"	47.57	2.64
八戸	40° 33' 39", 141° 34' 07"	24.6	1.98
久慈	40° 13' 04", 141° 51' 36"	43.31	2.11
石巻	38° 20' 49", 141° 15' 16"	19.15	6.28
仙台新港	38° 15' 00", 141° 03' 58"	19.41	3.42
小名浜	36° 55' 04", 140° 55' 18"	18.94	1.83
宮城中部沖	38° 13' 57", 141° 41' 01"	143.2	10.2
福島県沖	36° 58' 17", 141° 11' 08"	143.3	18.18

表-2 SWAN の計算内容

計算範囲	北緯 35°～42°, 東経 140°～145°
計算格子数	(450×500) (経度×緯度)
地形データ	GEBCO30 arc-second grid
海上風データ	メソ数値予報モデル GPV (MSM)
境界海象データ	WAVEWATCH III Production Hindcast
case1	海面上昇 0m のシミュレーション
case2	海面上昇 1.0m のシミュレーション

3. 結果と考察

3.1 波向

case2の年間平均波向からcase1の年間平均波向を引いた値を図-2に示す。ただし、波向は反時計回りを正とし、東方向を0°とする。海岸から離れて十分に水深が深い、宮城中部沖と福島県沖の変動は、沿岸での変動に比べて非常に小さい。沿岸の中でも、水深が深いむつ小川原と久慈における変動はその他の沿岸における変動と比べると小さいことがわかる。以上のことから、海面上昇によって波向が変動することに、離岸距離と水深が大きく関係していると考えられる。また、波向が変動する方向はや分散の変化は、周辺の波浪場における屈折率の変化が原因であると考えられる。

case1とcase2の波向の標準偏差をσ、σ_{SLR}として、各地点における標準偏差の変化率(σ_{SLR}/σ) - 1を図-3に示す。このグラフは波向の散布度の変化を示しており、正の値は分散、負の値は集中の度合いをそれぞれ表している。宮城中部沖と福島県沖ではほとんど変動が見られず、対照的に沿岸の仙台新港と小名浜では波が集中していることが確認できる。沖の次に変動の小さいのは、沿岸の中でも比較的水深の深い、むつ小川原と久慈で、このことから散布度の変動の大きさが水深に依存していると考えられる。

平均波向と波向の標準偏差変化率の海面上昇前後の変動は、その地点における水深と離岸距離に強く依存していることが確認できた。どちらも水深が浅く離岸距離が短い沿岸においては大きな変動を示し、それに比べて沖や水深が深い沿岸においてはほとんど変動しなかった。

また、離岸距離が短く水深が深いむつ小川原と久慈において、平均波向と波向の標準偏差変化率の両方の変動がその他沿岸に比べて小さかったことから、波向の変動は離岸距離よりも水深に強く依存しているという傾向が確認できる。

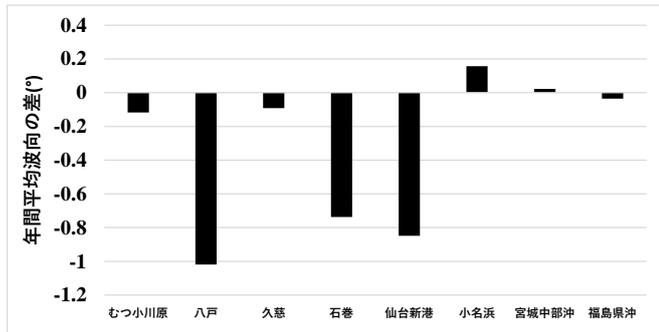


図-2 年間平均波向の差

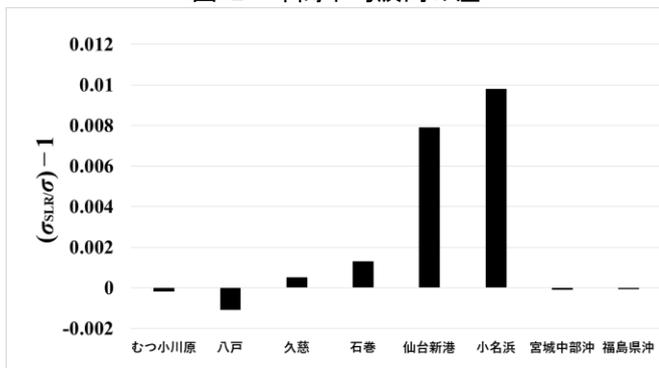


図-3 波向の標準偏差変化率 (σ_{SLR}/σ) - 1

3. 2 波輸送エネルギー

case1 と case2 の波輸送エネルギーをそれぞれ W , W_{SLR} として、各地点における波輸送エネルギーの変化率 $W_{SLR}/W - 1$ を図-4 に示す。この図から、小名浜を除いた全ての地点で波輸送エネルギーが大きくなるのがわかる。また、水深が浅くなるにつれ、その傾向は顕著になった。石巻を除いては、波が弱い冬に、増加率が小さくなる傾向がある。

水深が浅くなるにつれて波輸送エネルギーの増加率が大きくなったことから、海面上昇後に波輸送エネルギーが大きくなる原因は、水深が深くなったことによって、海底摩擦によるエネルギー減衰の影響が軽減されたからだと考えられる。

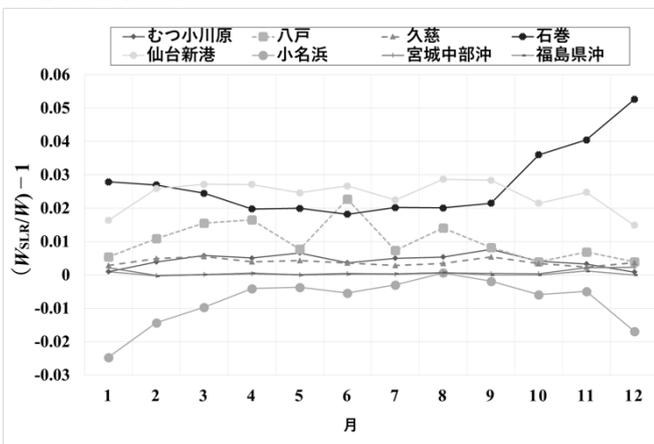


図-4 波輸送エネルギー変化率 (W_{SLR}/W) - 1

小名浜の計算地点は、元々屈折の影響で波向線が密に集中しており、波が重複しているところだと推測される。海面上昇により波向線の間隔が疎になることで、波輸送エネルギーの減衰が起きたと考えられる。波輸送エネルギーの減衰は、小名浜だけに限ったものではなく、似た海岸地形を持つ千葉県旭市沿岸でも確認できた。その顕著な例として、2月の福島、茨城、千葉県沿岸における波輸送エネルギーの差 $W_{SLR} - W$ (kw/m) をマッピングしたものを図-5 に示す。

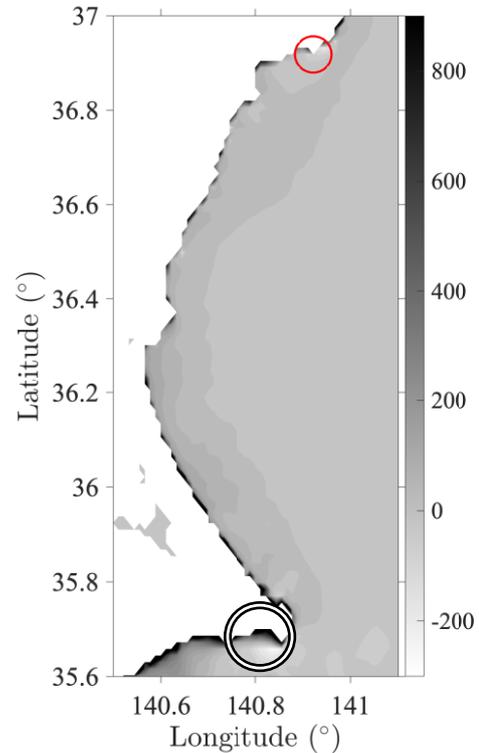


図-5 2月の福島、茨城、千葉県沿岸における波輸送エネルギーの差 $W_{SLR} - W$ (kw/m)

○: 小名浜 ⊙: 旭市沿岸

4. まとめ

本研究では、海面上昇した場合の東北地方太平洋沿岸における波をシミュレーションし、地域的、季節的変動の観点から現在の波と比較した。水深が浅くなるにつれて波向の変動が大きくなったことから、波向が変化する要因は海面上昇によって周辺の波浪場における屈折率が変化したからだと考えられる。また水深が浅くなるにつれて波輸送エネルギーの増加率が大きくなったことから、波輸送エネルギーが大きくなる要因は、水深が深くなったことによって、海底摩擦によるエネルギー減衰の影響が軽減されたからだと考えられる。さらに多くの普遍的な傾向を導き出すためには、多くの計算地点と、詳細なデータが必要である。

参考文献

- 1) Fifth Assessment Report (AR6) IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, (2014).
- 2) 平山秀夫・辻本剛三・島田富美男・本田尚正: 海岸工学, コロナ社, (2003).