

新潟県内の主要港の観測データを用いた波浪特性の把握

水圏防災研究室 伴 武
指導教員 犬飼直之

1. はじめに

2022年8月16日14時すぎ、新潟県柏崎市の柏崎中央海水浴場(図-1)で遊泳中の男児(8)と助けようと海に入った祖父(69)が死亡する事故が発生した¹⁾。事故解析には、事故発生時の海象の把握が重要となる。新潟県の海象の把握に用いる波浪観測データは国土交通省が計測している“ナウファス”と呼ばれているものと、新潟県が管理運営しているものがある(図-2)。前者は主要港である新潟港と直江津港の2ヶ所に設置され、安定的にデータの収集が行われている。後者は岩船港と柏崎港、姫川港などに設置されているが、観測データは機器の不具合で欠測することがある。近年では波浪特性を波浪推算で把握しているため、新潟県内の各港での波浪観測データから県内沿岸の波浪特性を把握することを目的とする。



図-1 事故現場



図-2 新潟県の波浪観測地点

2. 研究概要

事故発生日の柏崎港の波浪観測データは欠測

していたが直江津港の観測データは測定されていた。そこで、直江津港の観測データから事故現場である柏崎中央海水浴場の波高を推算する。推算には日本気象協会及び気象庁より事故発生時と類似する天気図を波浪観測データがある2020年及び2014年6~12月において抽出する。抽出した日時の海上風を気象庁が提供するNetCDF化した数値予報GPVデータ²⁾から図化し、事故発生時海上風と類似する日時を抽出する。抽出した日時の波浪観測データから比率を求め、事故発生時の直江津港の波浪観測データから柏崎港の波浪情報を推算する。推算した柏崎港の波浪情報から柏崎中央海水浴場の波高を計算する。海水浴場付近では水深が浅くなることで波高が変化する浅水変形を考慮した回析波の計算を行う。

また、気圧配置別の波浪特性の把握を検討した。事故時の波浪推算と同様に天気図及び海上風から抽出した日時の波浪観測データから一般的な高波浪時である冬型の気圧配置時や他に新潟県海上で強風となる低気圧接近時の波浪特性の把握を行う。

3. 研究内容

(1) 事故発生時の柏崎中央海水浴場の波高

図-3に事故発生時の天気図及び海上風を示す。天気図を見ると事故発生時、北海道網走付近を中心とした低気圧が存在した。その影響で新潟県付近では東向きの風が吹いていたと考えられる。その時の実際のデータから直江津港の海上風の方向を見ると少し南寄りの西の風であり、風速は約18m/sであった。また、事故発生時の直江津港の波高は2.43m、周期は6.0秒、波向は-94度(N:0, E:90度, W:-90度)であった。よって、海上風の風向と波向はほぼ同じである。また、柏崎港の海上風の向きは直江津港とほぼ同じであるため、柏崎港の波向は直江津港とほぼ同じであると言える。図-4に事故発生日の直江津港の有義波高と波向の推移を示す。これより、直江津では事故発生前から波高が徐々に増大している。波向を見ると、事故発生前は西の波であったが、事故発生直後では

北西になっており、波向が短時間で変化したことが確認できる。よって、柏崎港でも波高が徐々に増大し、波向が短時間で変化したと考えられる。図-5に柏崎港の波向と防波堤の関係を示す。事故発生前も波高は増大していたが、防波堤の影となっていたため海岸は比較的平穏な海象だったと考えられる。その後、波向が変化して高波浪が直接入射するようになり、海岸でも波高が急激に増大し、事故が発生したと考えられる。事故発生日の柏崎中央海水浴場の波浪観測データを用いて事故発生前後の柏崎中央海水浴場の波高を求めようとしたが、事故発生日の柏崎港は欠測していた。そのため、事故時の海上風と同様なパターンを波浪観測データがある2014年及び2020年6月～12月から抽出し、その時の直江津港と柏崎港の波高の比率を求めた。図-6に示すように4個の日時を抽出し、波浪観測データから直江津からみた柏崎の有義波高の比率を求めると表-1のようになり、その平均を求めると0.936であった。これに、事故発生時の直江津の波高を乗算して、柏崎の波高の推算値は2.27mである。事故発生前でも柏崎港外は直江津港よりも若干低いものの、かなり高い波であった。港外から港内へは防波堤から回析波が入射したと考えられる。回析波は波が構造物の背後に回り込む現象の事をいう。回析波高と入射波高の比である K_d 値を図-7から求める事で計算を行う。また、入射波は堤防内に進行することで水深が浅くなることに伴う浅水変形により波高、波長が変化するため、それを考慮する必要がある。計算の結果、海岸では汀線から20m付近の位置で0.27～0.59m、汀線から40m付近の位置で0.32～0.67mであった。これより、事故発生直前までは遊泳可能な波高であったが、14時過ぎから波向が変化して直接海岸へ入射するようになり、短時間に波高が2m強まで増大したことで事故に繋がったと考えられる。

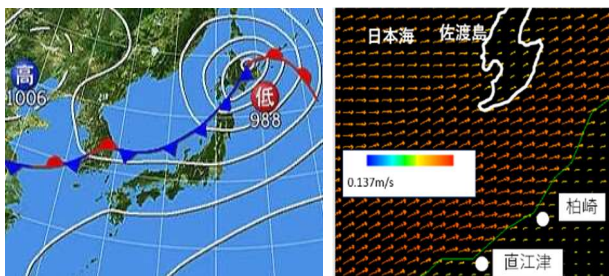


図-3 事故発生時の天気図と海上風³⁾

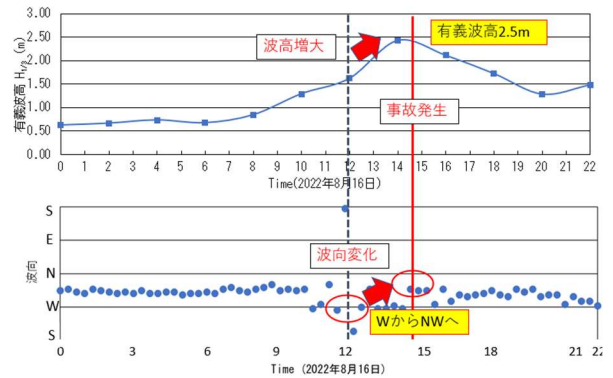


図-4 事故発生日の直江津の有義波高と波向



図-5 防波堤と波向の関係

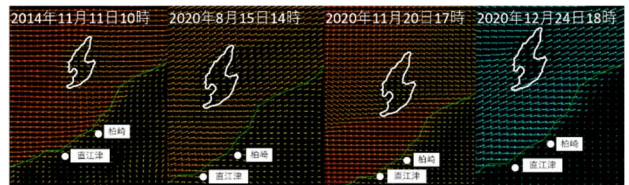


図-6 事故発生時と類似する海上風

表-1 図-6に示す日時の有義波高と比率

有義波高 (m)		比率
柏崎港	直江津港	
1.28	1.40	0.914
1.62	1.87	0.867
2.01	1.68	1.196
1.34	1.75	0.766
平均		0.936

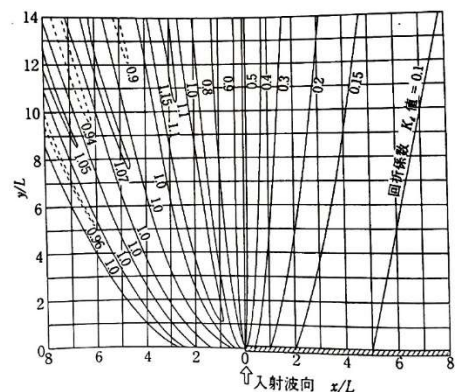


図-7 K_d 値の分布図⁴⁾

(2) 一般的な高波浪時の柏崎と直江津・新潟の波浪関係

一般的に高波浪となる条件として図-8 左図のように西に高気圧，東に低気圧（西高東低の気圧配置）が発生する場合が挙げられる。また，この場合の海上風は北西の強い風である。このような天気図である冬型の気圧配置である場合の日時を 60 個抽出し，その時の海上風のデータを確認した。その日時から波浪観測データを用いて比率の計算を行った。計算では，直江津を基準とした柏崎と新潟を基準とした柏崎の波高・周期の比率を計算した。計算の結果，直江津基準の柏崎の比率の平均は有義波高で 1.020 倍，有義波周期で 1.006 倍であり，ほぼ同じであるが若干柏崎が高かった。新潟基準の柏崎の比率の平均は有義波高が約 1.021 倍，有義波周期は約 0.983 倍であった。こちらもほぼ同じであるが若干柏崎の波高が高く周期が低かった。波向を見ると図-9 及び図-10 に示すように直江津の範囲は-61 度～-12 度で，平均値は約 -37.4 度，柏崎の平均値は-68 度～-4 度で，平均値は-33.8 度，新潟の範囲は-45 度～-12 度で，平均値は-31.6 度であり，3つの港で波向にほとんど差が見られなかった。理由としては冬型の気圧配置の場合は風向きが NW～N であるため佐渡島からの影響を受けず，沖合から直接入射しているからだと考える。

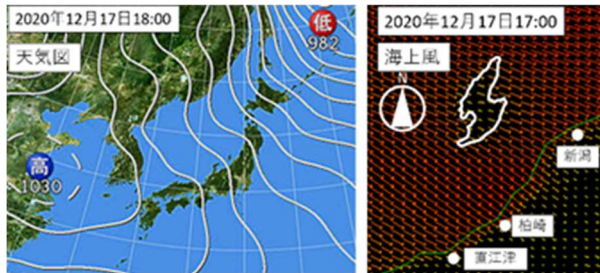


図-8 冬型の気圧配置の天気図と海上風³⁾

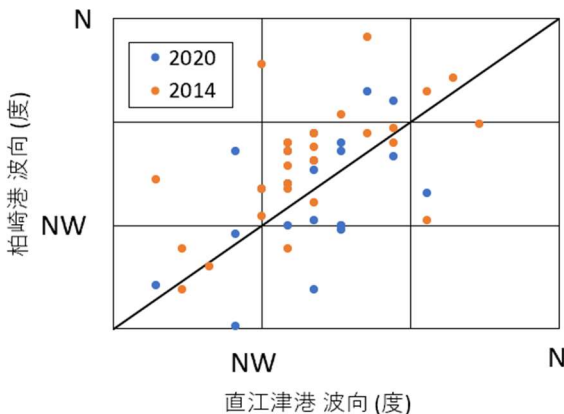


図-9 直江津と柏崎の波向の関係（冬型）

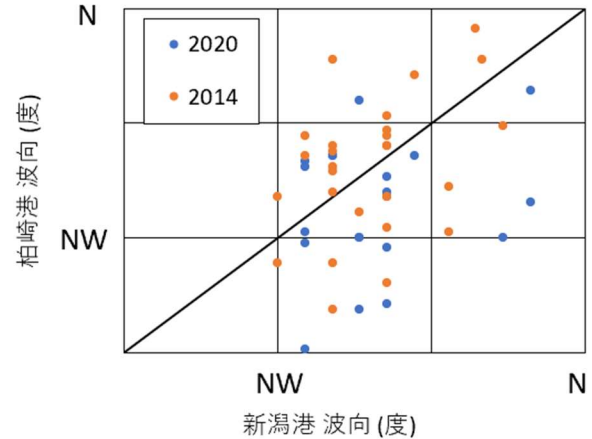


図-10 新潟と柏崎の波向の関係（冬型）

(2) 新潟県海上で強風となるパターン

図-11 の天気図のような低気圧接近時に能登半島を超えて，右図のような東からの強風となるパターンを示す。天気図及び海上風から 24 個のデータを抽出し，3.(2)と同様に直江津基準の柏崎の波高・周期の比率及び波向を調べた。計算の結果，直江津基準の柏崎の比率の平均は有義波高で約 1.016 倍，有義波周期は約 1.052 倍であり，ほぼ同じだが，若干柏崎が高い結果であった。図-12 に示すように波向きの範囲を見ると，直江津は範囲が-45 度～-94 度で，平均値が-74.0 度，柏崎は範囲が-63 度～-119 度で平均値が-86.3 度であった。違いが発生する理由として佐渡島と能登半島が影響する地理的差が原因であると考えられる。直江津は柏崎よりも佐渡島から離れているため W～NW の範囲だが，柏崎は直江津よりも佐渡島に近いので SSW～NW の範囲であったと考えられる。

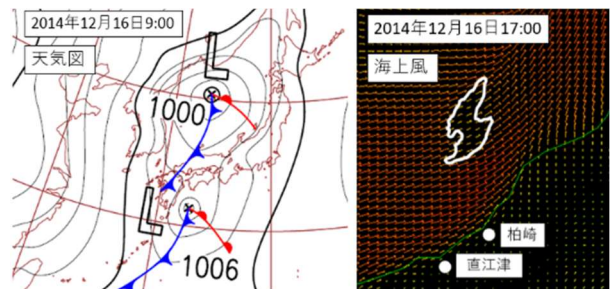


図-11 低気圧接近時の天気図と海上風⁵⁾

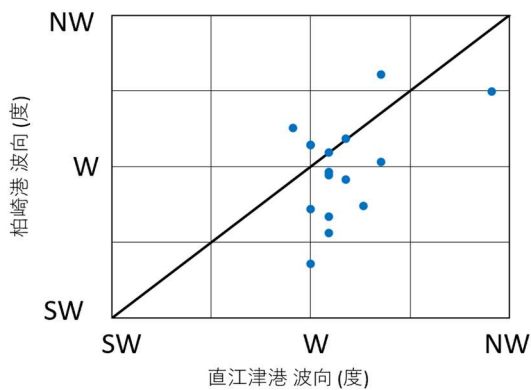


図-12 直江津港と柏崎港の波向きの関係

まとめ

事故が発生した原因として短時間で波向が変化したことによる波高の急激な増大であったと考える。事故発生前より柏崎港の波高は増大していたが、防波堤の陰となる波向であったため海岸の波高は低かった。しかし、短時間で波向が変化し、波が直接海岸へ入射するようになり、海岸での波高が高くなったことで事故に繋がったと考える。

冬型の気圧配置では新潟港と柏崎港、直江津港と柏崎港で計 60 日分の波浪観測データから比較を行ったが、波高と周期では若干の差はあるものの、顕著な差は見られなかった。また、波向は主に北西から北の方角であり、海上風の向きと一致していることが確認できた。

低気圧接近時に海上風が強くなるパターンでは直江津港と柏崎港で計 24 日分の波浪観測データから比較を行ったが、冬型の気圧配置と同様に若干の差はあるものの、顕著な差は見られなかった。また、波向は南西であり、こちらも海上風と一致していることが確認できた。

今後の課題

本研究で用いた波浪観測データは 2020 年の 6 月～12 月及び 2014 年の 1 年 6 ヶ月分であったため、データ数が少なかった。機器の不具合により計測できない年もあるが、データ数を増やして更なる検討が必要であると考え。また、本研究で用いた以外にも移動性高気圧型や停滞前線型など様々な気圧配置があるため、そのような波浪特性の調査も今後重要となると考える。

参考文献

- 1)新潟日報：新潟柏崎・海水浴の 2 人死亡，
埼玉の 8 歳と祖父，2022/8/16
<https://www.47news.jp/8191332.html>
- 2) 京都大学生存圏研究所，” NetCDF 化した数値予報 GPV データ”，
<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-netcdf.html>，
(最終閲覧 2023/1/24)
- 3) 日本気象協会，“過去の天気”，
<https://www.tenki.jp>，(最終閲覧 2023/1/20)
- 4) 土木学会 海岸工学委員会 研究現状レビュー小委員会，新しい波浪算定法とこれからの海域施設の設計法，2001，p.86
- 5) 気象庁，“日々の天気図”，
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>，(最終閲覧 2023/1/20)