

# 日本沿岸で観測された 2006 年の台風等による高波特性

Characteristic of the Observed Abnormal Waves Caused by the 2006 Typhoons and Low-Pressures

清水勝義<sup>1</sup>・永井紀彦<sup>2</sup>・佐々木誠<sup>3</sup>・李 在炯<sup>4</sup>・久高将信<sup>5</sup>・額田恭史<sup>6</sup>

Katsuyoshi SHIMIZU, Toshihiko NAGAI, Makoto SASAKI, Jae Hyeng LEE  
Masanobu KUDAKA and Kyoshi NUKADA

This paper introduces the abnormal sea states observation records caused by the Typhoons No.0612, 0613 and low-pressures combined with the Typhoon No.0616 and 0617. Observed wave data were obtained from Japanese Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS(NOWPHAS)network. Ten of the NOWPHAS 60 wave stations recorded historical maximum observed significant waves during the 3 major events. Both zero-up-cross wave-to-wave analysis and spectrum analysis were conducted to explain those abnormal wave characteristics. Low frequency swells with significant wave periods longer than 15 seconds were observed along the northern Pacific coasts with several days duration during the Typhoon No.12 attack.

## 1. はじめに

沿岸を襲う異常波浪の性質は、波浪や潮位の観測データから解明されるものであり、港湾施設等の沿岸海洋構造物の設計条件の検討や見直しにあたって、重要な資料となる。本研究は、全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）によって観測されたこれらの異常波浪を、毎年定期的にとりまとめられている波浪観測年報（清水ら、2007a）や、5 年間毎を目途にとりまとめられている長期統計報（永井、2002）とは別に、2006 年に発生した高波観測記録（清水ら、2007b）を再整理したものであり、1999 年に西日本各地に大きな被害をもたらした台風 9918 号（永井ら、2000a；永井ら、2000b）および、2004 年の台風 0415 号、0416 号、0418 号、0421 号、0422 号および 0423 号といった一連の台風（永井ら、2005a；永井ら、2005b）来襲時の際と、同様のとりまとめを行ったものである。

## 2. 2006 年の代表的高波をもたらした気象擾乱

2006 年には、台風 0612 号、台風 0613 号、および台風 0616 号と 0617 号崩れの低気圧の、3 つの気象擾乱による特徴的な高波が、我国沿岸で観測された。

台風 0612 号（米国名称は IOKE）は、米国気象海洋庁（NOAA）中央太平洋ハリケーンセンター（Central Pacific Hurricane Center）のウェブサイトからの発表

(<http://www.prh.noaa.gov/pr/hnl/cphc>) によると、日本時刻 8 月 20 日 12:00 に北緯 10.1 度、西経 158.2 度付近で発生し、西北西に進行しながら勢力を徐々に増し、日本時刻 8 月 27 日に北緯 18.7 度、西経 177.9 度の位置に達した段階では、最大中心気圧である 920 hPa の極めて強い勢力となった。その後、日付変更線を越え、台風 0612 号として命名され、日本時刻 9 月 1 日 9:00 に北緯 20.7 度、東経 164.3 度の位置に達するまで、中心気圧 920 hPa を保ち続けた。その後、台風は若干勢力を弱め、9 月 5 日 9:00 には、房総半島の沖でその進路を北北西から北北東に変え、我が国の太平洋北東岸の海岸線にほぼ平行に北上し、翌 9 月 6 日 9:00 には、北海道根室半島の東約 600 km を、中心気圧 975 hPa というこの緯度にしては比較強い勢力を保ったまま通過し、

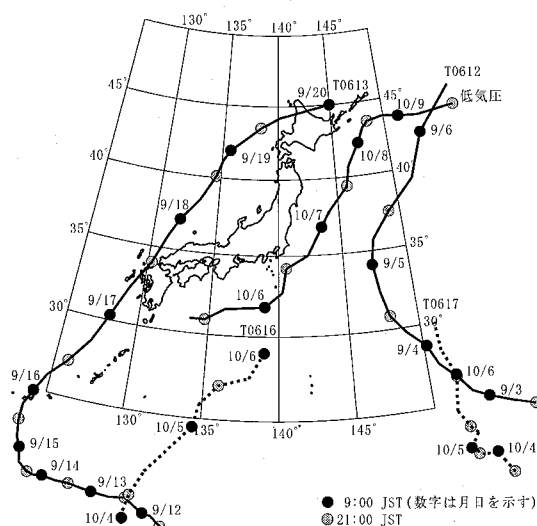


図-1 台風・低気圧経路図

- |            |                    |
|------------|--------------------|
| 1 正 会 員    | (独法)港空研海象情報研究室長    |
| 2 フェロー 工博  | (独法)港空研海洋・水工部長     |
| 3          | (独法)港空研海象情報研究室     |
| 4 正 会 員 工博 | (財)沿岸技術研究センター主任研究員 |
| 5 正 会 員    | (株)エコー海象解析部長       |
| 6          | (株)エコー海象解析部課長      |

さらに北北東海上に進んでいった。このように台風0612号は、太平洋で強い勢力を保ちながらゆっくり我国に近づいたため、西北西に向かう波浪の発達と台風の進行とが重なり、非常に発達した周期15sを超える顕著な周期の長いうねりが、我が国太平洋岸に襲来した。

台風0613号は、9月10日頃我国のはるか南の北緯約17度、東経約135度の海上で発生した後、ゆっくりと北西に移動しながら発達を続けた。9月14日から15日にかけて、沖縄本島の南海上の北緯約20度、東経約125度付近で中心気圧は950hPaを下回り、進行方向を西から北に変え、さらに発達を続けながら北上した。9月16日9:00頃には、沖縄県石垣島付近で最盛期となり中心気圧は925hPaまで発達した後、進路を北方向から北東方向に変えた。その後は、17日の昼から夜にかけて九州北西岸をかすめ、18日から19日にかけて日本海を北西に進んだ。19日夜には北海道北部に上陸し、20日にオホーツク海側に抜けるまで、強い勢力を保った台風であり、沖縄県や九州西岸をはじめとした我国全体の沿岸海域に高波浪をもたらした。

台風0616号と0617号崩れの低気圧は、前線を伴った別の低気圧とあいまって、太平洋北東岸で強い温帯低気圧となり、太平洋北東岸で記録的な高波が観測された。10月6日の未明から、我国の南海上にあった台風0616号と0617号および秋雨前線上の低気圧が一つになって急速な発達を始め、その中心が本州太平洋沿岸に平行に南西から北東に移動していった。低気圧の中心は、6日9:00には関東地方南外洋上に位置し中心気圧は984hPaであったが、7日9:00には関東地方西外洋上に北上し中心気圧は970hPaに発達した。翌8日9:00には北海道地方西外洋上に北上し中心気圧は968hPaにまで

発達した。外国船籍のタンカーが座礁事故を引き起こした鹿島港では、ピーク時に波浪観測システムが機能しなくなり欠測となってしまったものの、北側が牡鹿半島によって遮蔽されている仙台新港や石巻を除いては、いずれの太平洋北東岸でも顕著な高波が観測された。日本海北岸やオホーツク海沿岸でも、8日になってから顕著な高波が観測された。これは、低気圧が強い勢力を保ったまま、北海道の東海上に停滞したため、日本海やオホーツク海でも低気圧に向う強風が吹き、波浪が発達したためである。

図-1に、これらの台風や低気圧の経路を示す。

### 3. ナウファスによる波浪観測の概要

全国沿岸の波浪観測記録を整理・解析した。これらの観測点は、表-1に示すように、水深20～50m程度の浅海域に設置された、海象計（高山ら、1992；橋本ら、1995）に代表される超音波式海底設置式波浪計が主体である。異常波浪時においては、砕波にともなう気泡の海水中への混入や、しぶきの打ち上げによって、海面の位置を正確に定義することは困難である。このため、併設された水圧センサーの記録をもとに、波浪の弱非線形性を考慮した表面波の換算（橋本ら、1993）を多くの観測点で行った。また、スペクトル波浪観測情報を周期帯毎の換算波高・波向として表記することによって、これまでの有義波高・周期・代表波向といった極めて少ないパラメータでは表現不能であった、うねりと風波を分離表記した波浪状況のとりまとめを行った。20分毎に切れ目なく連続的に波浪観測データ処理を行い、ゼロアップクロス解析にもとづく有義波諸元等や、スペクトル解析にもとづく周期帯波高波向情報を発信することのでき

表-1 主なナウファス波浪観測点

| 地点名   | 波 高 計 (USW) |      |             |              | 波 向 計 |       |      |             |              |
|-------|-------------|------|-------------|--------------|-------|-------|------|-------------|--------------|
|       | 水深(m)       | R(m) | 北 緯         | 東 経          | 機 種   | 水深(m) | R(m) | 北 緯         | 東 経          |
| 名 瀬   | -54.6       | 0.6  | 28° 27' 07" | 129° 31' 18" | 海象計   | -54.6 | 0.6  | 28° 27' 07" | 129° 31' 18" |
| 輪 島   | -52.0       | 1.2  | 37° 25' 51" | 136° 54' 08" | 海象計   | -52.0 | 1.2  | 37° 25' 51" | 136° 54' 08" |
| 留 萌   | -49.8       | 0.8  | 43° 51' 59" | 141° 28' 07" | 海象計   | -49.8 | 0.8  | 43° 51' 59" | 141° 28' 07" |
| 細 島   | -48.3       | 0.4  | 32° 26' 36" | 131° 43' 42" | 海象計   | -48.3 | 0.4  | 32° 26' 36" | 131° 43' 42" |
| 御 前 崎 | -22.8       | 0.6  | 34° 37' 17" | 138° 15' 33" | 海象計   | -22.8 | 0.6  | 34° 37' 17" | 138° 15' 33" |
| 小 名 浜 | -23.8       | 1.6  | 36° 55' 04" | 140° 55' 18" | 海象計   | -23.8 | 1.6  | 36° 55' 04" | 140° 55' 18" |
| 十 勝   | -23.0       | 0.9  | 42° 39' 06" | 143° 41' 08" | 海象計   | -23.0 | 0.9  | 42° 39' 06" | 143° 41' 08" |
| 紋別(南) | -52.6       | 0.8  | 44° 19' 04" | 143° 36' 25" | 海象計   | -52.6 | 0.8  | 44° 19' 04" | 143° 36' 25" |
| 石 垣 沖 | -34.8       | 0.7  | 24° 21' 55" | 124° 06' 10" | 海象計   | -34.8 | 0.7  | 24° 21' 55" | 124° 06' 10" |
| 平 良 島 | -44.1       | 0.7  | 24° 51' 39" | 125° 14' 08" | 海象計   | -44.1 | 0.7  | 24° 51' 39" | 125° 14' 08" |
| 鹿 児 島 | -24.1       | 0.6  | 31° 33' 20" | 130° 34' 21" |       |       |      |             |              |
| 苅 田   | -9.6        | 1.4  | 33° 47' 59" | 131° 04' 20" | CWD   | -9.6  | 1.9  | 33° 47' 59" | 131° 04' 20" |
| 神 戸   | -17.0       | 0.5  | 34° 38' 50" | 135° 16' 36" | 海象計   | -17.0 | 0.5  | 34° 38' 50" | 135° 16' 36" |
| 伊 勢 湾 | -26.9       | 0.5  | 34° 55' 12" | 136° 44' 25" | 海象計   | -26.9 | 0.5  | 34° 55' 12" | 136° 44' 25" |

注1) USW: 超音波式波高計 CWD: 超音波式流速計型波向計 海象計: 超音波ドップラー式波浪計

注2) 水深は、水表面から海底面までの距離の平均値より主要4分潮の振幅の和を減じた値である。

設置高(R)とは、海底面から観測センサーまでの高さのことである。

るナウファス新システム (永井ら, 2004) も, 多くの観測点で運用されている。

#### 4. 波別解析法によって求めた有義波の出現特性

図-2 に, 2006 年 9 月から 10 月にかけての代表的な波浪観測点における有義波高・周期の経時変化を示す。

台風 0612 号は, 太平洋沿岸全域に顕著なうねりをもたらしたが, 台風が比較的近づいた東北太平洋岸で特に波が高く, 小名浜 (水深 24 m) では 1980 年以降の長期波浪統計の中で最大有義波となる有義波高 7.73 m, 周期 16.7 s を観測した。

台風 0613 は, 東シナ海から日本海を通過したため, これらの沿岸海域で特に顕著な高波が見られた。

台風 0616 号と 0617 号崩れの低気圧は, 前線を伴った別の低気圧とあいまって, 太平洋北東岸で強い温帯低気圧となった。中城湾から波浮に至る太平洋南岸沿岸では, 図-2 の細島あるいは御前崎における経時変化に見られるように, 10 月 5 日から 6 日にかけて太平洋南岸に位置した台風や低気圧に伴ううねりによる高波浪状態が見られたが, 有義波高の経時変化は緩やかであり, かつピ

ークもそれほど高くはならなかった。これに対して, 図-2 の小名浜あるいは十勝に見られるように, 太平洋北東岸では, 6 日から 8 日にかけて, 低気圧の中心位置の北上移動に伴って, 顕著な高波のピークが見られた。太平洋北東岸およびオホーツク海沿岸で記録的な高波が観測された。紋別南 (水深 53 m : 2000 年以降), 八戸 (水深 28 m : 1988 年以降), 釜石 (水深 50 m : 1978 年以降), 常陸那珂 (水深 30 m : 1979 年以降) では, 7 m を超える既往最大有義波を観測した。

#### 5. スペクトル解析結果

有義波での波浪観測記録の整理結果は, 波浪エネルギーの総量を知るためには, パラメータが少なくわかりやすい長所を有する。しかし, 波浪エネルギーの周波数および方向分布を知るためには, スペクトル解析が不可欠である。ナウファスでは, 海象計が開発・実用化される前, すなわち, 1980 年代後半から, いわき沖天然ガス掘削プラットフォームを活用した外洋波の方向スペクトルの出現特性に関する検討を行ってきた (永井ら, 1993; 清水ら, 1996)。その後, 膨大な情報量となる方

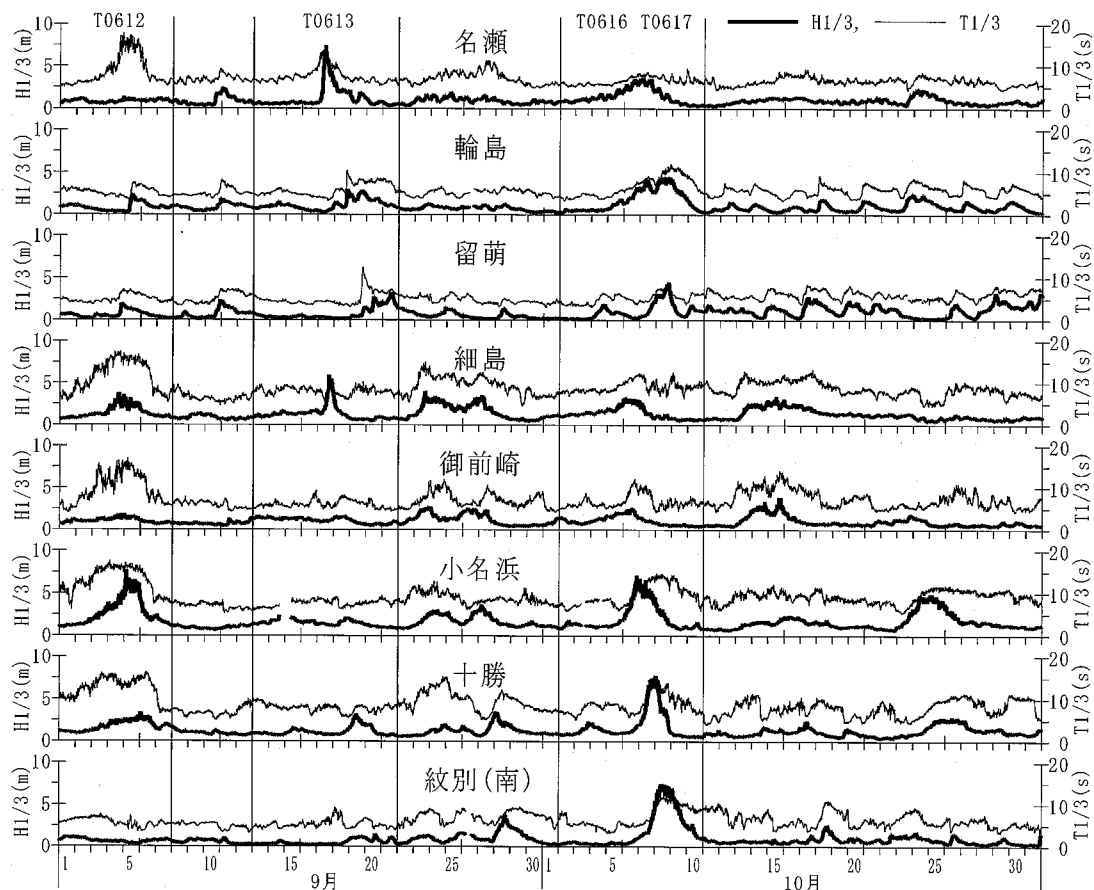


図-2 主なナウファス波浪観測点有義波高・周期の経時変化 (2006 年 9 月～10 月)

向スペクトル解析結果を、周期帯別の波高・波向という比較的数少ないパラメータで表記する波浪観測情報表記法を開発し、定常的な方向スペクトル情報の発信が始められた(合田, 2001; 永井ら, 2004)。こうした定常的なナウファス波浪解析結果の一例を、以下に示す。

図-3は、台風0612号近接時の小名浜沖の波浪解析結果を、周期帯波高の経時変化図として表記したものである。有義波高が4mを超える高波浪状態は9月4日から

6日にかけて継続したが、この間の有義波高の経時変化図は、周期15-30sの周期帯における換算有義波高の経時変化図とほぼ一致しており、ほとんどの波浪エネルギーは周期15s以上の長周期成分であったことがわかる。

各気象擾乱時における代表的な高波を観測した観測点の周波数スペクトルを図-4に、図-4の代表時刻における方向スペクトルを図-5に、それぞれ示す。台風0612号来襲時の小名浜では、8時間毎に示す周波数スペクトル

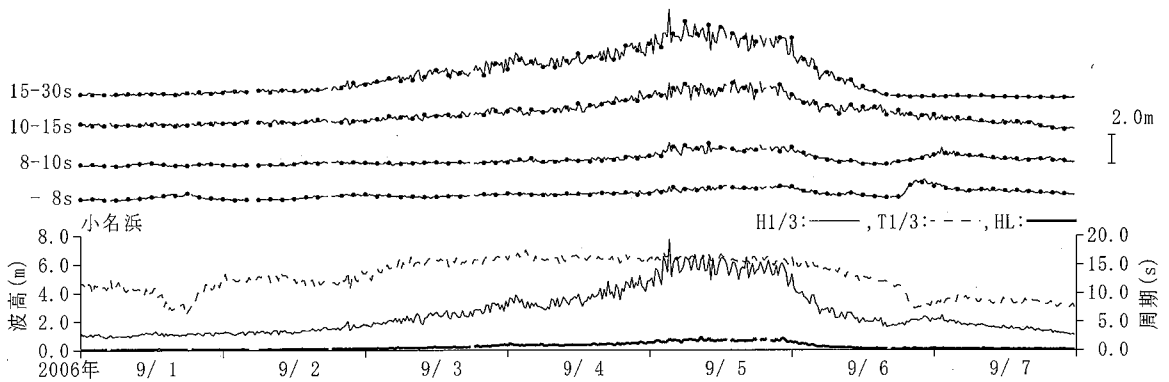


図-3 周期帯波高の経時変化図(小名浜, 台風0612号)

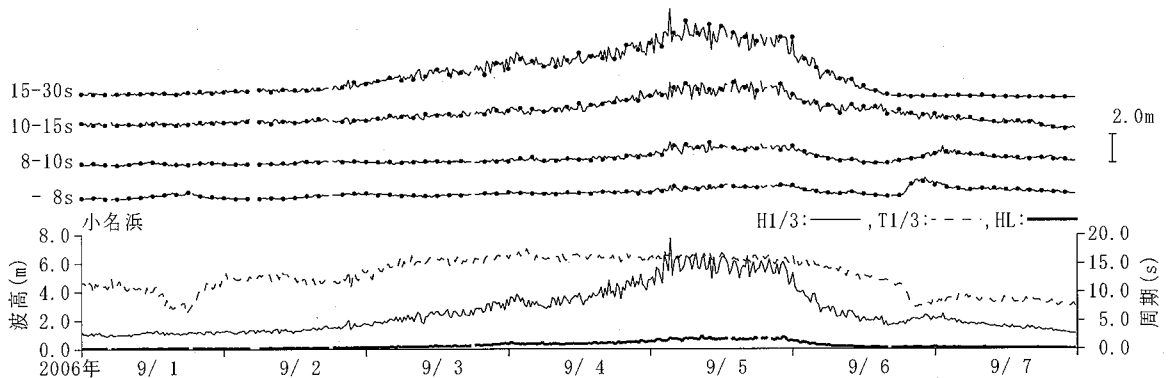


図-4 周期数スペクトル(小名浜, 名瀬, 紋別(南))

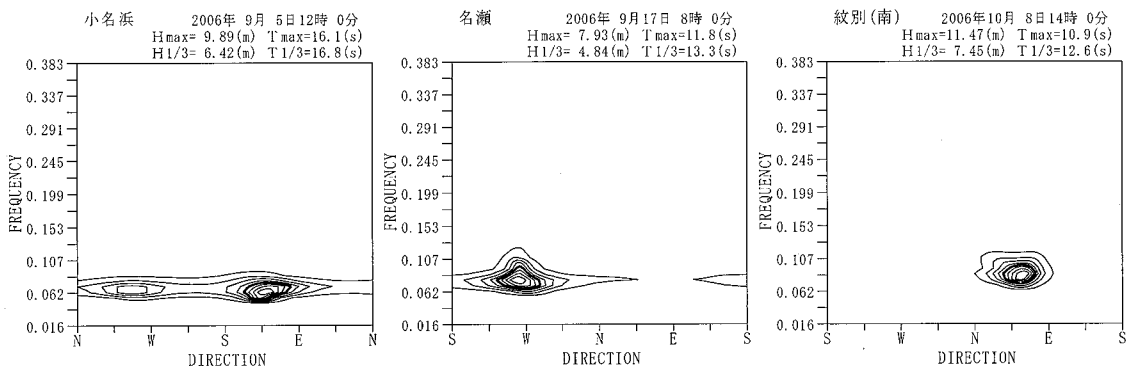


図-5 方向スペクトル(小名浜, 名瀬, 紋別(南))

は、ほとんど同じ形状であり、0.06 Hz (周期約 17 s) をピークとしていた。台風 0613 号来襲時の名瀬 (水深 55 m) では、2 時間毎にピークが成長していく顕著な波の発達が見られた。台風 0616 号と 0617 号崩れの低気圧来襲時の紋別南では、8 時間毎に示す周波数スペクトルは、ほぼ同じ形状を保ち、ピーク周波数は 0.09 Hz (周期約 11 s) 程度であった。

## 6. 地形による遮蔽を受ける観測点の高波記録

台風 0613 号は、地形による遮蔽を受ける沿岸海域にも、顕著な高波をもたらした。

石垣沖 (水深 35 m) および平良沖 (水深 44 m) では、波浪の発達期にあった 9 月 16 日午前中に、半日程度の間の欠測が見られたが、石垣沖では、16 日 10:40 に有義波高 5.36 m, 周期 10.0 s, 平良沖では、16 日 17:20 に有義波高 6.68 m, 周期 10.5 s, という、2005 年に観測開始してからの既往最大有義波を観測した。これは、両観測点とはともに台風経路に極めて近く、強風によって風波が短い時間内に発達したためである。同時に、両観測点は、それぞれ、石垣島と竹島、宮古島と伊良部島の影響によって、東西からの波浪が遮蔽されるため、東西からの発達したうねりが伝わりにくくなっていることも、観測波の周期が比較的短かった要因であろう。

図-6 は、地形による遮蔽の影響を強く受ける内湾のナウファス波浪観測点における有義波高の経時変化を示したものである。これら各観測点でも、当該観測点としては非常に顕著な高波をそれぞれ観測しているが、それぞれの波浪の発達方向が比較的狭い範囲に限られているため、17 日夕刻から 18 日未明にかけて、高波浪状態が観測された期間は、観測点毎には短かった。

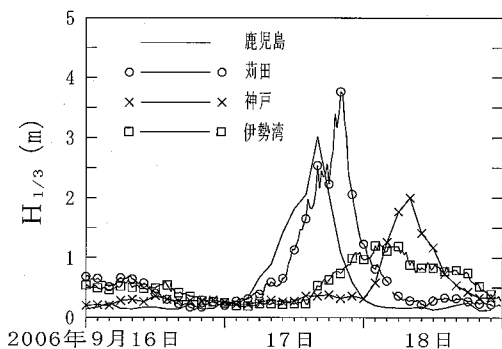


図-6 内湾観測点の有義波高経時変化 (台風 0613 号)

## 7. 結 語

本稿では、2006 年の台風 0612 号、0613 号、および台風 0616 号・0617 号に加え前線を伴った温帯低気圧の、

それぞれによる高波の観測結果を紹介した。

港湾技術研究所 (現港湾空港技術研究所) における全国沿岸波浪観測データの集中処理解析が開始された後、37 年の年月が経過した。高波浪状態における波浪観測データの測得は、かつては極めて困難であったが、長年にわたる運輸省 (現国土交通省) 港湾局関係機関の数多くの関係者の努力の結果、ナウファスの開発・改良を通じてこうした問題点は徐々に克服され、本稿のような異常波浪に関しての全国沿岸全体の出現特性を把握することが可能となった。本研究は、科学研究費補助金 (課題番号: 19360225, 課題名: Freak Wave の出現予測法の構築とその出現特性の解明) から補助を得たことを付記し、これら多数の関係者の方々に、改めて謝意を表する。

## 参 考 文 献

- 合田良實監修・海象観測データの解析・活用に関する研究会編集 (2001): 波を測る (沿岸波浪観測の手引き), (財) 沿岸技術研究センター, 212p.
- 清水勝義・永井紀彦・橋本典明 (1996): 沖波の方向スペクトルの出現特性 (第 2 報) - いわき沖における 7 年方向スペクトル統計, 港研報告第 35 巻第 1 号, pp. 65-89.
- 清水勝義・佐々木誠・永井紀彦 (2007a): 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 2005), 港空研資料 No. 1161, 92p. (波浪観測年報は、1970 年版以降毎年刊行)
- 清水勝義・佐々木誠・永井紀彦 (2007b): 2006 年の台風等による高波の観測結果 (NOWPHAS2006 特別号), 港空研資料 No. 1160, 42p.
- 高山知司・橋本典明・永井紀彦・高橋智晴・佐々木弘 (1992): 水中ドブラー式波向計 (海底設置式波浪計) の開発について, 海岸工学論文集第 39 巻, 土木学会, pp. 176-180.
- 永井紀彦・橋本典明・浅井 正 (1993): 沖波の方向スペクトルの出現特性 (第 1 報) - いわき沖の観測結果 -, 港研報告第 32 巻第 2 号, pp. 45-113.
- 永井紀彦・橋本典明・佐藤和敏 (2000a): 台風 9918 号による西日本沿岸の波浪と潮位の出現特性, 港研資料 No. 969, 47p.
- 永井紀彦・橋本典明・佐藤和敏・鈴木勝之・久高将信 (2000b): 台風 9918 号における我国沿岸波浪の出現特性, 海講演岸工学論文集第 47 巻, 土木学会, pp. 286-290.
- 永井紀彦 (2002): 全国港湾海洋波浪観測 30 年統計 (NOWPHAS1970-1999), 港空研資料, No. 1035, 388p.
- 永井紀彦・小川英明・額田恭史・久高将信 (2004): 波浪計ネットワークによる沖合津波観測システムの構築と運用, 土木学会, 海洋開発論文集第 20 巻, pp. 173-178.
- 永井紀彦・里見 茂 (2005a): 2004 年台風による高波の観測結果 (NOWPHAS2004 特別号), 港空研資料 No. 1100, 65p.
- 永井紀彦・里見 茂・額田恭史・久高将信・細沼克弘・藤田孝 (2005b): 観測データに基づく 2004 年の台風による我が国沿岸の高波特性, 土木学会, 海講演論文集第 52 巻, pp. 151-155.
- 橋本典明・永井紀彦・浅井正・菅原一見・朴慶寿 (1993): 波浪の多方向性と弱非線形性を考慮した水圧波から表面波への換算法について, 港研報告第 32 巻第 1 号, pp. 27-51.
- 橋本典明・永井紀彦・高山知司・高橋智晴・三井正雄・磯部憲雄・鈴木敏夫 (1995): 水中超音波のドブラー効果に応用した海象計の開発, 海講演論文集第 42 巻, 土木学会, pp. 1081-1085.