

田辺中島高潮観測塔における2015年夏季観測結果

Field Measurements at Tanabe-Nakashima Observation Tower in the Summer of 2015

馬場康之・水谷英朗・久保輝広・内山雄介⁽¹⁾・森信人・
渡部靖憲⁽²⁾・山田朋人⁽²⁾・猿渡亜由未⁽²⁾・大塚淳一⁽³⁾・二宮順一⁽⁴⁾

Yasuyuki BABA, Hideaki MIZUTANI, Teruhiro KUBO, Yusuke UCHIYAMA⁽¹⁾, Nobuhito MORI,
Yasunori WATANABE⁽²⁾, Tomohito YAMADA⁽²⁾, Ayumi SARUWATARI⁽²⁾, Junichi OTSUKA⁽³⁾
and Junichi NINOMIYA⁽⁴⁾

(1) 神戸大学大学院工学研究科

(2) 北海道大学大学院工学研究院

(3) 土木研究所寒地土木研究所・寒冷沿岸域チーム

(4) 金沢大学理工研究域

(1) Department of Civil Engineering, Kobe University

(2) Division of Field Engineering for the Environment, Hokkaido University

(3) Port and Coast Research Team, Civil Engineering Research Institute for Cold Region

(4) Institute of Science and Engineering, Kanazawa University

Synopsis

This paper shows some results of a field observation carried out in the summer of 2015. The vertical profiles of currents and water temperature have been measured as well as wave and wind conditions, and salinity observations have been carried out at the observation tower of Shirahama Oceanographic Observatory. In the summer in 2015, no typhoon approached around the observation site, and the high wave and strong wind conditions have not been captured during the observation. Several short-term rainfalls due to front and low pressure occurred, and it is reported that local areas in Shirahama town and neighboring towns suffered some damages with windblasts from late August to early September. It is found in the observation results of water temperature that the temporal variations of water temperature have a period of 3 to 6 days in the deeper layers like 20m deep and 30m deep. The cyclical fluctuation of water temperature at 30m deep has opposite phase to the fluctuation of salinity. This result means that low temperature and high salinity water approaches to the observation site periodically and that some influences of the water mass of the open sea exist.

キーワード: 現地観測, 台風, 海水温および塩分濃度の変動

Keywords: Field observation, Typhoon, Variations of water temperature and salinity

1. はじめに

白浜海象観測所では, 毎年夏に台風接近時の気

象・海象データ計測を目的とした集中観測を実施している。(森ら, 2010; 内山ら, 2013, 2014; Baba et al., 2013; 馬場ら, 2014, 2015)。2015年の夏期集中観測

は8/19～11/4の間実施された。観測は、例年同様に和歌山県田辺湾湾口に位置する田辺中島高潮観測塔（以下、観測塔）による波高、潮位、海水温計測に加えて、ADCPによる流速分布計測、水深30mまで計測範囲を拡張した海水温計測（水深10mまでの表層付近には、測器を集中的に配置）が行われた。これらの観測は、強風時の海洋表層における物理過程、特に鉛直混合に着目して、台風接近時の海水混合の観測を、気象・海象の観測と並行して行ったものである。

白浜海象観測所・田辺中島高潮観測塔は和歌山県南部の田辺湾湾口部にあり、2015年の夏期集中観測においては観測塔既設の計測器に加えて、以下の測器が観測塔に設置された（測点の位置は観測塔基準、鉛直上向き：正）。

- ・水温計（全19点）：-0.5～-5.0m（0.5m間隔）、-6～-10m（1m間隔）、-15～-30m（5m間隔）
 - ・塩分水温計（全4点）：-4、-8、-15、-30m（-8m以浅は生物付着の影響により欠測）
 - ・自記式風速計（全3点）：12.5m、18m（プロペラ）、15m（超音波）
 - ・パーシベル（粒子径・数計測、全1点）：15m
 - ・パーティクルカウンター（粒子数計測）：10m
- 観測塔西側の水深9.5m地点にはADCP（超音波流向流速計、1200kHz）が設置され、水深方向の約20層における流向と流速が計測された。

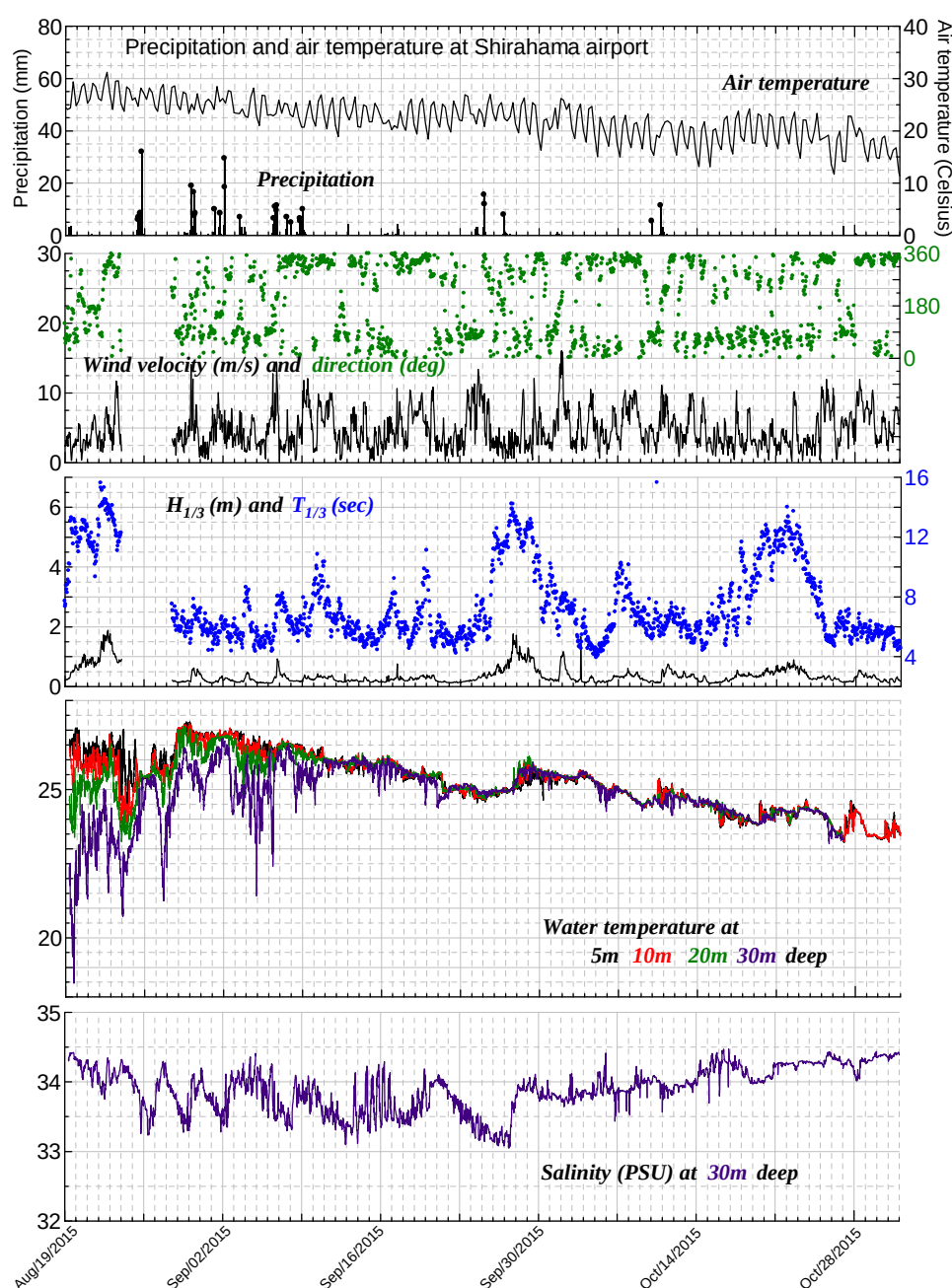


Fig. 1 Temporal variations of the observed data at the observation tower (Top: precipitation and air temperature at Shirahama airport, 2nd: wind velocity and wind direction, 3rd: wave height and wave period, 4th: water temperature, bottom: salinity (PSU))

2. 現地観測期間中の気象・海象データ

2015年の夏期集中観測期間（8/19～11/4）の気温・雨量（白浜空港アメダス）、海上風の風向・風速、海水温、塩分濃度（いずれも観測塔）の時系列をFig. 1に示す。2015年度の観測期間中には、観測塔付近に設置した台風は無く、最も接近したのは8月下旬の台風15号のみである。Fig. 1の最も左においてやや高い波高と長い周期が確認できるが、これが台風15号による影響である。ただ、観測塔のデータ収集システムが8/24～8/28にかけて停止したため、当該期間の観測塔での風向・風速、波高・周期に関するデータは結束している。Fig. 2には、2015年台風15号の進路図を示す

観測期間中に台風が接近しなかったこともあり、海上風、波浪とも目立って大きな値にはなっておらず、海上風速は最大で15m/s程度、有義波高の最大値は2m程度に留まっている。波の周期が長い時期は、9月と10月に1回ずつ確認できる。9月下旬は日本の南岸に前線が停滞し、沖に台風21号があり、10月の場合は沖に台風25号があった時期で、外洋からのうねりが計測された結果となっている。なお、観測期間中には白浜町およびみなべ町内において突風被害（計3件）が発生した。これら突風被害については、後述する。

水温の時系列によると、8月中は鉛直方向の水深分布が明瞭で鉛直方向に成層が発達している状況が確認できる。9月に入ると徐々に成層状態が弱まり、9月下旬頃には鉛直方向の水温がほぼ一樣になる混合層が発達している。混合層が発達した後は、水温、塩分濃度ともに周期的な変動は見られなくなり、塩分濃度については濃度が徐々に増加する傾向が見られる。観測塔付近では、9月中に水温成層が弱まり、混合層が発達する時期となっていることが経年的な観測結果から確認される。

底層付近の塩分濃度の変化は、水温同様8月から9月前半にかけては周期的な変化が見られ、同じく底層の水温変化と逆位相で変動しているように見える。Fig. 3は、水深30m付近の水温と塩分濃度の計測結果について、1日（24時間）の移動平均した結果である。鉛直方向の水温分布が明確な時期（Fig. 3、～28日頃まで）には、水温、塩分濃度ともに周期的に変化しており、水温については2度近い変動幅を示すことがある、水温と塩分濃度の変動は逆位相となっていることがFig. 3からも確認でき、相関係数が-0.735という大きな負の値になっていることから裏付けられる。水温低下と塩分濃度の上昇が対応することは、すなわち外海側の低温高塩分の水塊の影響を示唆する結果となっている。

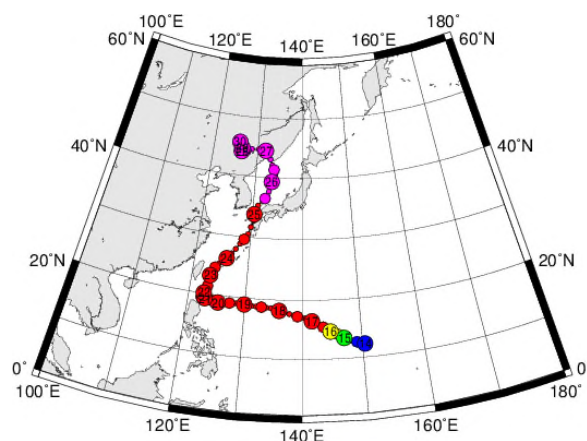


Fig. 2 Tracks of typhoon No.15 in 2015
(from Digital Typhoon Data)

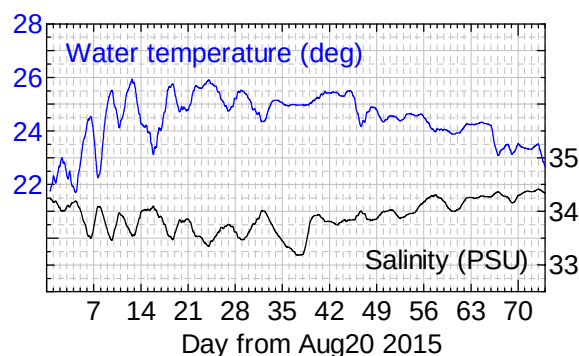


Fig. 3 Temporal variations of water temperature and salinity at 30m deep

3. 観測塔付近の水温変化特性

Fig. 4は、水深30m地点で観測された水温、塩分濃度（24時間移動平均値、Fig. 3）に対して時間周波数解析を行った結果である。解析に用いたデータは20分間隔の時系列データであり、時間周波数解析の縦軸は128が約3日周期、256が約6日周期に相当する。いずれの結果も、成層が発達した時期と成層状態が解消し混合層が発達した時期で変動特性が異なる様子が確認できる。期間前半の成層が発達した時期には、水温、塩分濃度ともに約3日～6日周期の変動が明瞭に確認される。この数日周期の変動は、2014年度の集中観測時にも確認されており、Fig. 3に見られる水温と塩分濃度の逆相関、すなわち外海側の低温高塩分の水塊の影響が示唆される時期と重なることから、黒潮などの外洋側の影響が紀伊水道内に波及することによるものと考えられる。

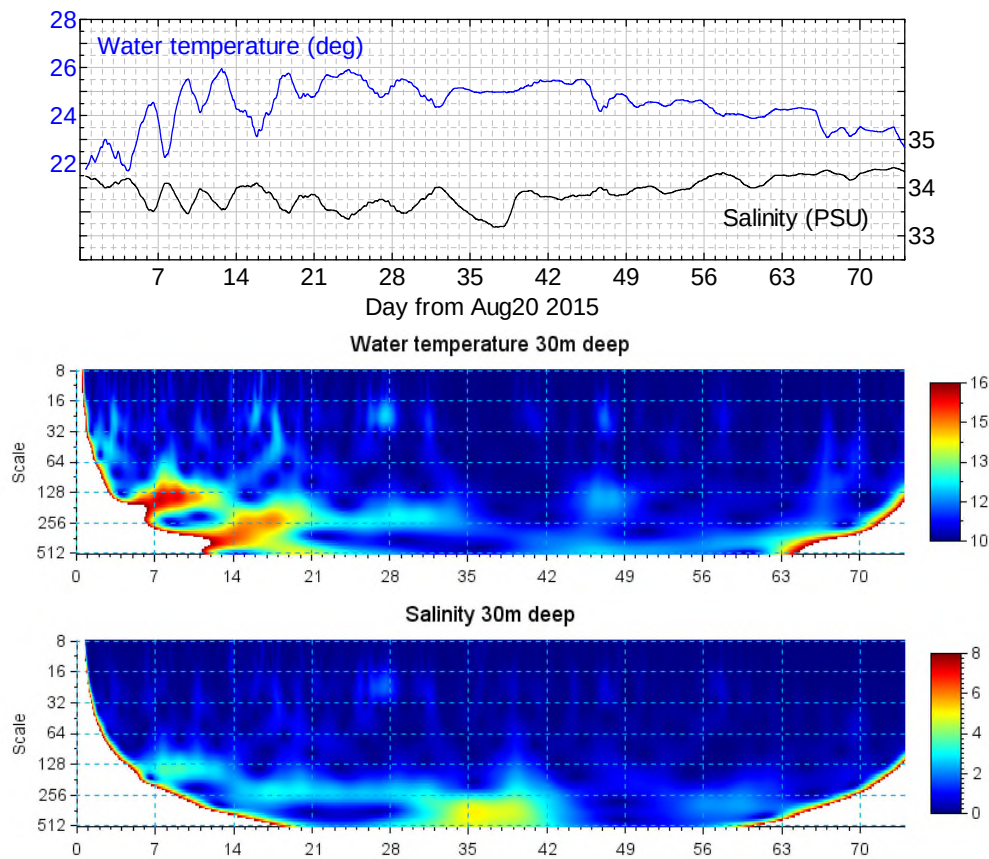


Fig. 4 Time-frequency analyses of water temperature and salinity at 30m deep
(Top: temporal variations of water temperature and salinity, middle: time-frequency analysis of water temperature, bottom: time-frequency analysis of salinity)

Fig. 5は、Fig. 4と同じ期間に観測された水温データ（10分間隔の時系列データ，24時間移動平均値）について，時間周波数解析を行った結果である．水深30mのデータに比べて，データ間隔が半分となっているため，時間周波数解析の縦軸は256が約3日周期，512が約6日周期に相当する．水深の深い観測結果（水深20m，25m）では，水深30mと同様に約3日～6日周期の水温変動が明瞭に確認できる．一方，水深の浅い部分の観測結果には，約3日～6日周期の水温変動は存在するものの，その程度は弱く，水深5mの観測結果においては，数日周期の水温変動はほとんど確認できなくなっている．

水温の時系列を比較すると，成層が発達している状況（Fig. 5，～28日頃まで）においては，水深15mと水深20mの水温差が1度以上になる状態が多く確認され，温度躍層の存在が示唆される．温度躍層をはさんだ下層側では，外海側の低温高塩分の水塊の影響が示唆されるのに対し，温度躍層よりも上層においては，外海側からの影響は大きくないことがわかる．Fig. 5において，42日目以降は成層状態が解消され，混合層が発達した状態であるため，その期間には水温変動の水深方向変化は見られなくなる．

4. 強風被害の概要

2015年の夏は台風の直接的な影響は強くなかったが，8月下旬から9月上旬にかけて白浜町，田辺市およびみなべ町において計3件の突風被害が発生した（和歌山地方気象台，2015）．

- ・ 8/25 白浜町湯崎地区
- ・ 8/30 白浜町才野地区，田辺市高雄地区
- ・ 9/6 みなべ町埴田地区

以下では，白浜町で発生した2件の突風被害についてその概要，および突風発生時の観測データを示す．

4.1 8/25に発生した突風被害

8/25の午後2時過ぎ，白浜町湯崎地区で突風が発生し，建物の屋根や外壁などが破損する被害が発生した．和歌山地方気象台の気象速報によると，台風15号の周辺から流れ込んだ暖かく湿った空気の影響を受けて大気の状態が不安定となり，活発な積乱雲が発生して突風が生じたとしている．本突風被害の発生時には，田辺湾湾口部に位置する田辺中島高潮観測塔の計測システムが停止していたため，南紀白浜アメダスの観測値を参照する．アメダスによる10分毎の観測値によると，8/25は午前中から南東寄りの

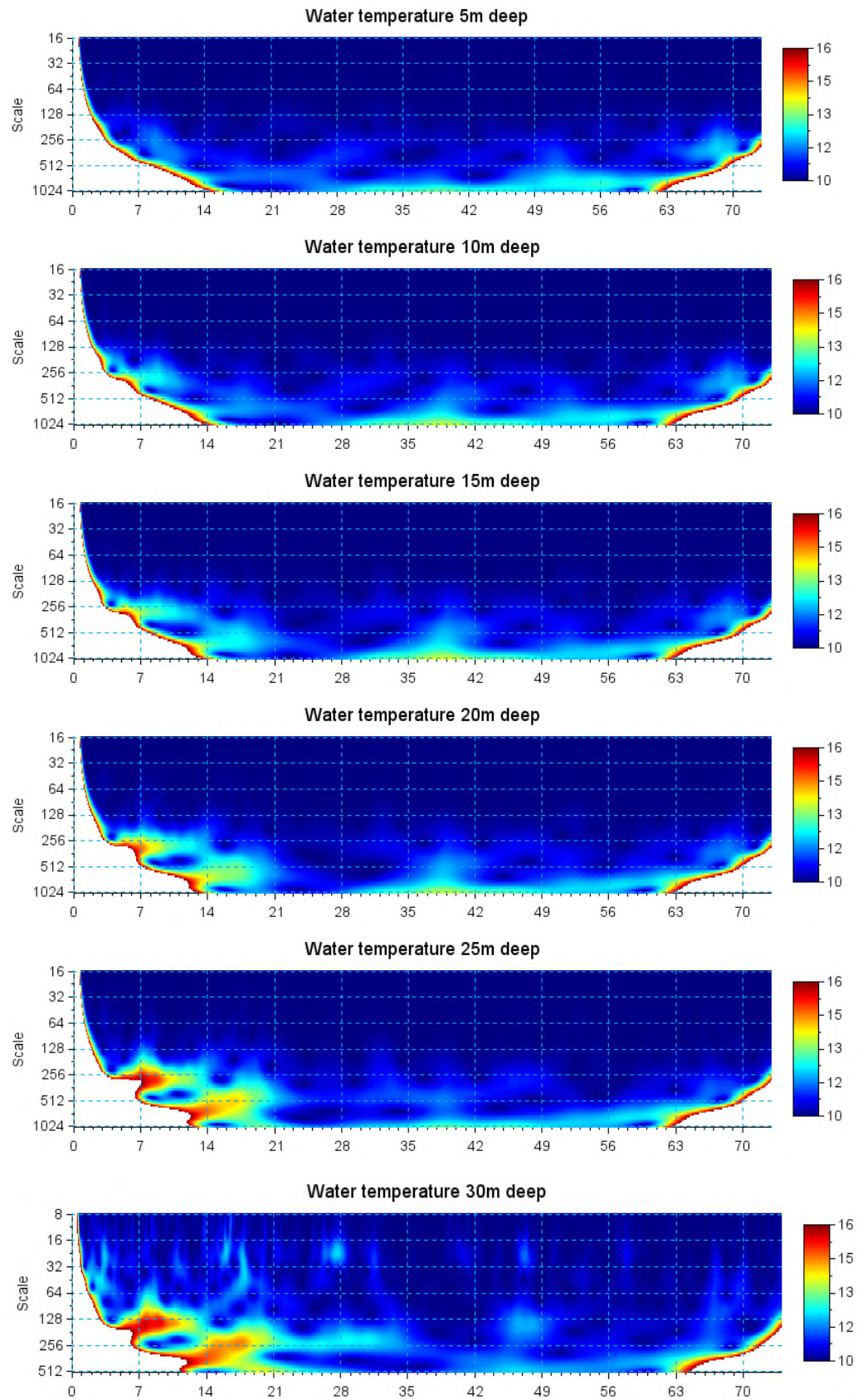


Fig. 5 Time-frequency analyses of water temperature at 5m, 10m, 15m, 20m, 25m and 30m deep



Photo 1 Damage of the roof by windblast

風が強く、平均風速10m/s以上の風が連続していた。14時～15時台には瞬間最大風速が20m/sを越える時間帯が多く、突風被害が発生した14時台には最大瞬間風速23.7m/s（風向はともに南東）が2回観測されており、荒れた気象条件であったことがうかがえる。Photo 1, Photo 2は、8/27に現場の状況を調査した際の写真である。屋根や外壁が一部破損している様子が確認できる。Photo 2のお寺での聞き取りでは、被害をもたらした強風はごく短時間で、風向は南東より（アメダスと一致）であったこと、渦を巻くような状態ではなかったことが確認された。

4.2 8/30に発生した突風被害

8/30の午前4時頃には、白浜町才野地区と田辺市高雄地区で突風が発生し、建物の屋根の破損などが発生した。この突風の発生時にも活発な積乱雲が通過中であったことが指摘されており、またこの突風は竜巻の可能性が高いとされている（Fig 6）。

Fig 6は、田辺湾湾口部の田辺中島高潮観測塔で計測された風速の時系列データである。8/30には午前4時頃と8時頃の2回、風の強い時間帯があったことがわかる。このうち、突風被害の発生した午前4時前後を拡大した図（Fig 6, 下図）によると、観測塔での風速のピークは午前3:40～3:50頃で、3:47に1分間平均値で16m/sを越える風速、3:45には瞬間最大風速21m/sを計測した。風向は3:40過ぎの強風のピーク前が南東寄り（140度前後）、強風のピーク後は南西寄り（220度前後）と数分の間に大きく変化したことが確認されている。南紀白浜アメダスの10分毎の風速も3:30～3:50頃にピーク（最大風速は3:50）を迎えていることから、この頃が風の強い時間帯であったことがわかる。



Photo 2 Damages of the roof and wall by windblast



Fig. 6 Rader image of rain cloud at 4AM on Aug 30, 2015 around Wakayama prefecture (JWA)

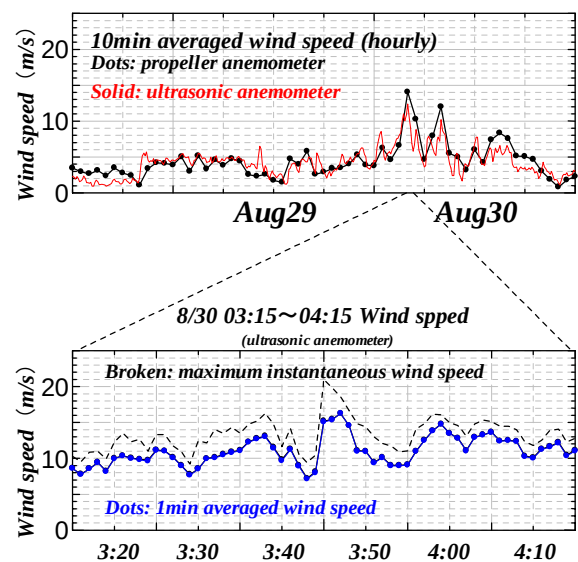


Fig. 7 Temporal variations of wind speed at the observation tower in the case of windblast

5. おわりに

本報告は、2015年夏期に白浜海象観測所・田辺中島高潮観測塔周辺で実施された現地観測の結果について、その概要ならびに主な観測結果について示したものである。また、8月下旬に発生した突風被害についても、主に当時の気象状況についてその概要を示した。

2015年の観測では、観測地点付近に接近する台風が無く、集中観測の目的の1つである強風・高波浪時の観測データを積み上げることが出来ずじまいであった。また、近隣地域で発生した突風被害についても8/25の事例については計測システムの不具合により、風向・風速など関連するデータが欠測となってしまう。

観測期間中の水温の変化は、水温成層が発達している時期に、水深の深い測点において数日周期の変動特性を持つことが確認され、最も深い測点（水深30m）の計測結果において水温と塩分濃度の変化が逆位相になっていることから、黒潮などの外洋側の影響（低温高塩分）が紀伊水道内に波及し、その結果が田辺湾湾口部での水温変動に影響していることが示唆される。

8月下旬に発生した突風被害については、8/25に白浜町湯崎地区での被害について現地調査を行い、建物の屋根や壁が破損している状況を確認した。8/30の突風については、観測塔での観測データから短時間ながら強風が発生していたこと、強風の前後で風向が大きく変化していることが確認された。

謝 辞

本研究は、京都大学防災研究所一般共同研究（25G-10）の援助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 内山雄介・西井達也・森 信人・馬場康之（2013）：紀伊半島沿岸域における台風通過に伴う海水温低下と海洋構造変化について，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.69, No.2, pp.I_481-I_485.
- 内山雄介・松川大祐・神吉亮佑・馬場康之・森 信人・水谷英明・渡部靖憲・大塚淳一・山田朋人・猿渡亜由未・二宮順一（2014）：紀伊半島田辺湾湾口部における海水交換特性に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.70, I_446-I_450.
- デジタル台風：<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>.
- 日本気象協会：過去の天気（2015年8月，雨雲），http://www.tenki.jp/past/2015/08/?selected_type=radar
- 馬場康之・水谷英朗・久保輝広・内山雄介・森 信人・渡部靖憲・大塚淳一・山田朋人・猿渡亜由未・二宮順一（2014）：台風通過に伴う田辺湾湾口部における海水温変化について，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.70, I_476-I_480.
- 馬場康之・水谷英朗・久保輝広・内山雄介・森信人・渡部靖憲・山田朋人・猿渡亜由未・大塚淳一・二宮順一（2015）：田辺中島高潮観測塔における2014年夏季台風接近時の現地観測結果，京都大学防災研究所年報，第58号B, pp.315-320.
- 森 信人・鈴木崇之・木原直人（2010）：海洋表層鉛直混合に およぼす風応力と波浪の影響，土木学会論文集B2（海岸 工学），Vol.66, No.1, pp.311-315.
- 和歌山地方気象台：和歌山県の気象（年報）2015年 http://www.jma-net.go.jp/wakayama/hakkoubutu/wakayama_kishou/2015.pdf
- Baba, Y., Kubo, T., Uchiyama, Y., Kihara, N., Mori, N., Muto, Y., and Suzuki, T. (2013): Field observations at an offshore observation tower during the typhoon seasons, Proc. of the 35th IAHR, Chengdu, China (CD-ROM).

（論文受理日：2016年6月13日）