

短 報

相模湾東部で観測された東北地方太平洋沖地震に伴う津波

三宅陽一^{*1,3}・黒木洋明^{*1}・清水 学^{*2}

Tsunami Recorded in the Eastern Sagami Bay after the Great East Japan Earthquake

Yoichi MIYAKE, Hiroaki KUROGI, and Manabu SHIMIZU

The tsunami following the Great East Japan Earthquake caused damage to fisheries in many areas of Japan, especially along the Pacific coast. In this paper, the tsunami observed off the coast of Nagai, Kanagawa Prefecture, is reported based on the depth and flow data. The wave reached this area about 1 hour after the earthquake. In the early phase, the wave amplitude decreased from approximately 1 m and the wave period was 1-1.5 hours. The direction of flow alternated between northeast and south-southwest, and the speed reached over 50 cm s^{-1} . The strong flow repeatedly changing its direction within short cycles is thought to have caused damage to the aquaculture facilities for wakame and konbu in this region.

2012年2月15日受付, 2012年9月12日受理

東北地方太平洋沖地震は、2011年3月11日14時46分に三陸沖（牡鹿半島の東南東、約130 km付近）で発生し¹⁾ (図1)、地震の規模はモーメントマグニチュード9.0²⁾であった。本地震に伴って津波が発生し、太平洋沿岸を中心に日本海沿岸、オホーツク海沿岸、東シナ海沿岸の一部¹⁾など、広い範囲に渡って観測された。水産関係では、この津波により東北太平洋沿岸の三県（岩手県、宮城県、福島県）が壊滅的な被害を受け、特に漁船、漁港施設、養殖施設等の被災が目立った³⁾。津波による水産関係の被害は広範囲に及び、神奈川県においてもワカメ等の養殖施設の被災が報告されている³⁾。

相模湾沿岸は過去にも津波被害を受けており、これらの津波は歴史的な文献資料の記録にも認められる。明応7年（1498年）に鎌倉で推定8-10 mの津波の被害を受けており、慶長9年（1605年）には三崎で推定4-5 mの津波により人的被害があったとされる⁴⁾。房総から南海道沖における津波地震の過去500年の発生回数は、南関東で多く、発生間隔が不規則であることが指摘されている⁴⁾。これらの地震は、相模湾寄りでは発生したと推定されている点で東北地方太平洋沖地震とは異なるもの

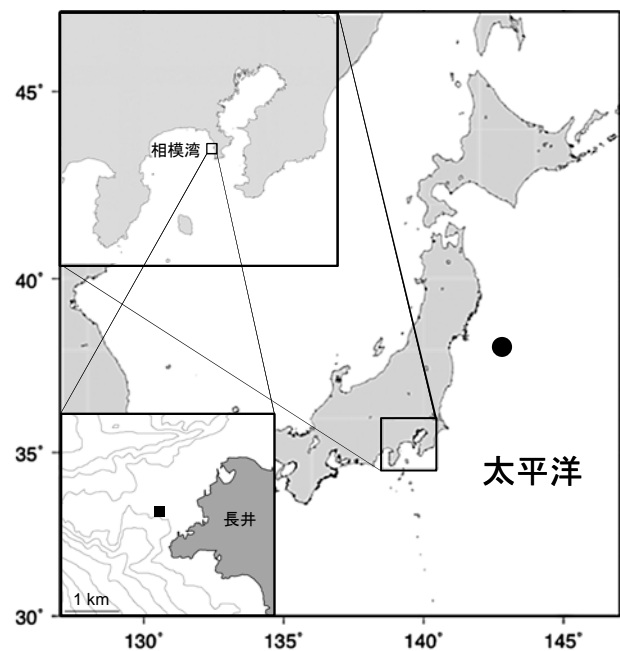


図1. 2011年東北地方太平洋沖地震の震源および観測点
 図中の●は震源、■は観測点の位置
 左下図内の線は、10 m 等深線

*1 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所
 〒238-0316 神奈川県横須賀市長井6-31-1

National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Research Agency, 6-31-1 Nagai, Yokosuka, Kanagawa 238-0316, Japan
 miyakey@nagasaki-u.ac.jp

*2 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所

*3 現所属 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

の、相模湾沿岸部では過去に多くの津波による被害を受けていることを示している。このような環境における津波の知見は、今後の水産業に関わる防災・減災対策を検討する上で重要である。本稿では、相模湾東部（三浦半島西岸）に位置する神奈川県長井地先（図1）で観測された東北地方太平洋沖地震に伴う津波について報告する。

津波の解析には、岸から約0.5 km沖（図1）の水深約8 mの海底に設置された水深計（COMPACT-TD; アレック電子社製）の2分間隔の水深データを用いた。水深の実測値との比較のため、MATLAB（R2012a, MathWorks）で利用可能なT_Tide Harmonic Analysis Toolbox⁵⁾を用いて、1年間の観測水深データ（2010年3月11日0:00-2011年3月11日0:00）から予報潮位を求め、観測水深からそれを差し引いた。また、海面のブイから水深5 mの位置に係留された電磁流速計（COMPACT-EM; アレック電子社製）の30分間隔の流速データを津波に伴う流況変化の解析に用いた。

2011年3月11日14時46分の地震発生後、長井地先の観測点における水深の実測値は15時36分の8.1 mから15時50分の9.3 mまで継続的に上昇した（図2）。これは、第1波が他の大部分の沿岸域と同様¹⁾に押し波であったことを示す。16時10分に7.0 mまで水深が浅くなり、その後16時48分に再び水深が9.1 mとなりピークを示した。これらから、長井地先では東北沖での地震発生から約1時間後に津波の第1波が到達し、第1波と第2波のピークは1時間程度の間隔があったことが分かる。18時8分に水深8.9 mとなり三回目のピークが認められ、第2波から第3波の水深ピークまでは1時間半程度かかり、その次の第4波のピーク（19時26分）までの間隔も同様であった。したがって、初期の津波の振幅は約1 mから減少傾向を示し、周期は1-1.5時間程度であったことが分かる。なお、これらの振幅および周期は、予報潮位を差し引いた場合でも、差はほとんど認められなかった。

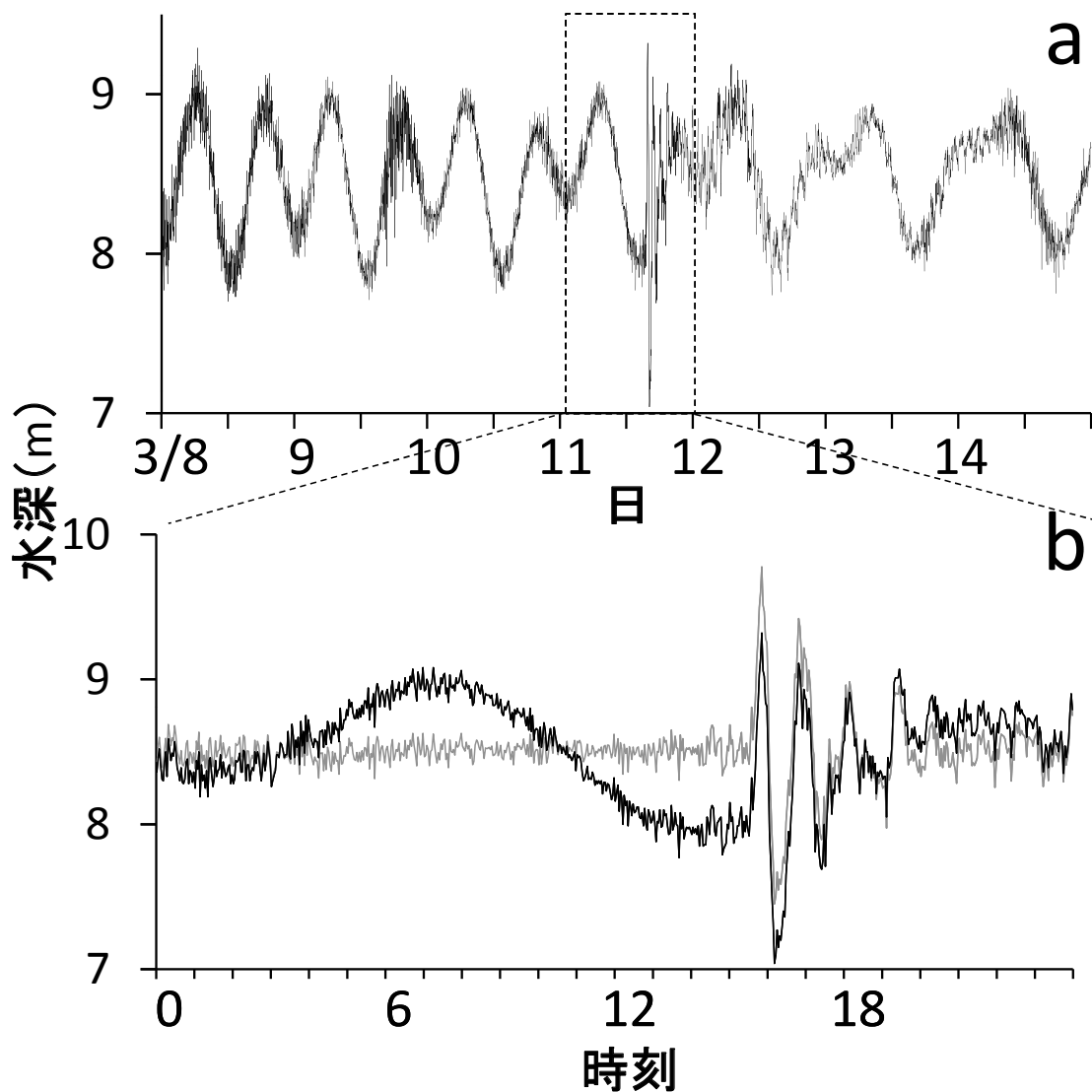


図2. (a) 2011年3月8-14日および (b) 2011年3月11日の観測水深（黒）と予報潮位を差し引いた水深変化（灰）

最初の急激な流速変化は、16時に認められた(図3)。第1波は15時半-16時の間に到達したため、30分間隔で記録された流速データは第1波による海面上昇時の流速変化を捉えていないものと考えられる。また、この記録間隔のために本データは流速の最大値を捉えていない可能性があることに留意しなければならない。16時には、大幅な流速の変化が東西と南北の両成分に認められ、それ以前の流速の変動と比較しても、特徴が明らかに異なることが分かる。この時の流向は南南西、流速値は 53.5 cm s^{-1} であった。これを水深変化と比較すると引き波に伴う流れであったことが分かる。また、その30分後には北東、1時間後には南南西、1時間半後には北東と流向は30分毎に南南西と北東への変化を繰り返した。以上から、津波の初期の段階では、押し波の際には北東、引き波の際には南南西の流れであり、流速は 50 cm s^{-1} 以

上に達したことが分かる。長波の波速 C は \sqrt{gh} で求められ(g は重力加速度 9.8 m s^{-2})、測点の水深 h を 8 m とした場合、 8.85 m s^{-1} となる。また、角周波数 σ は $2\pi/T$ であり、波の周期 T を1時間とした場合、 $1.75 \times 10^{-3} \text{ rad s}^{-1}$ である。波長 λ は CT で表されるため $3.19 \times 10^4 \text{ m}$ となる。波による流れの速さ u は $\eta\sqrt{g/h}$ であるため、本測点における初期の波の水位 η を 1 m とすると 1.11 m s^{-1} と推定される。このため、実際の流速最大値は、観測されたものよりも2倍程度大きかったと推測される。

相模湾では、急潮と呼ばれる突発的に発生する強い流れ⁶⁾により定置網の全壊等の水産被害が起こる⁷⁾。東北地方太平洋沖地震で発生した津波でも、強い流れが発生し、短い周期で流向が交互に変化した。長井では、この流れによりワカメやコンブの養殖施設⁸⁾が被害を受けたものと考えられる。なお、相模湾のその他の海域ではこ

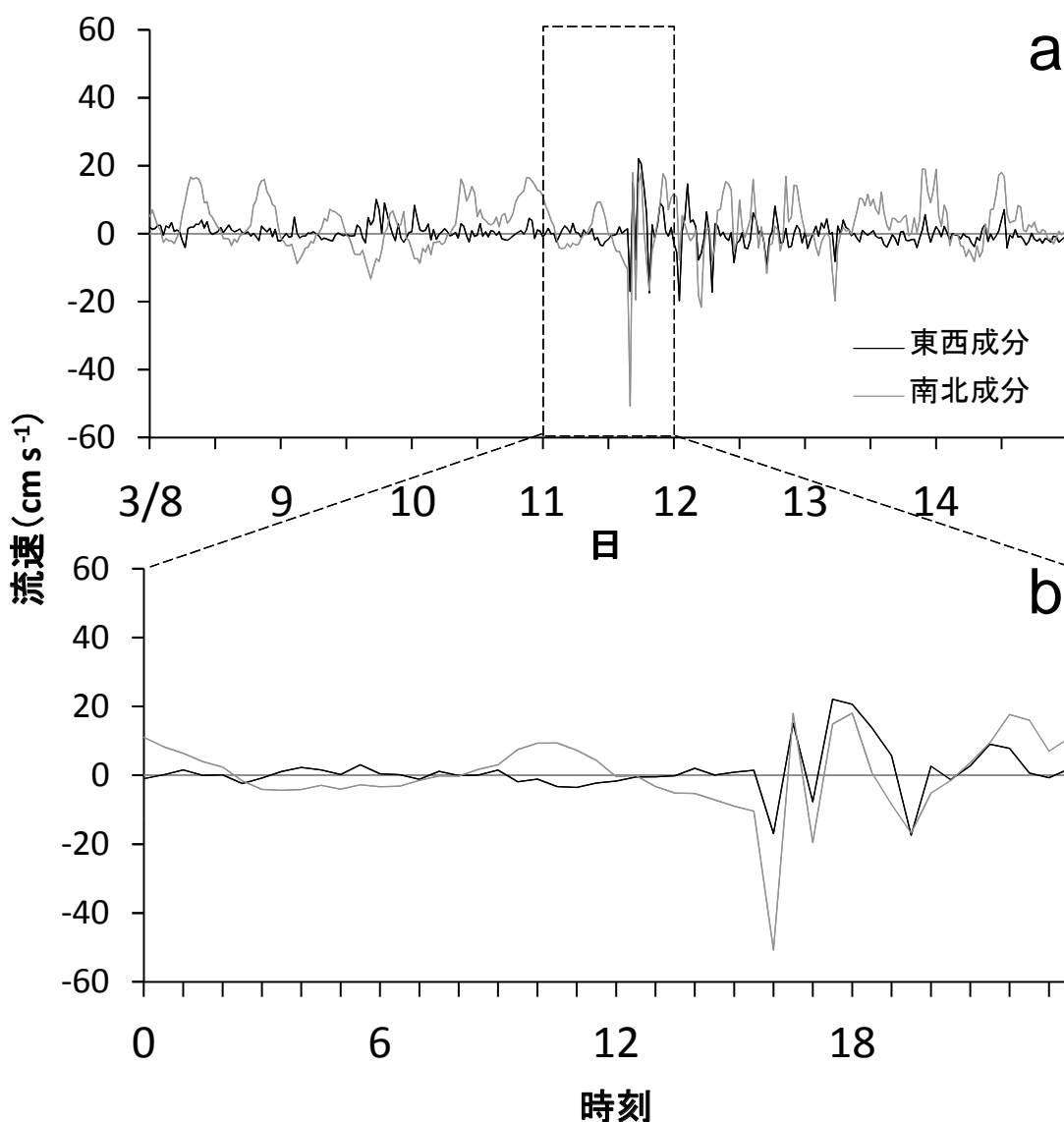


図3. (a) 2011年3月8-14日および (b) 2011年3月11日の流速変化
東西成分の正の値は東方向、負の値は西方向を示す
南北成分の正の値は北方向、負の値は南方向を示す

これらの被害に加え、活魚いけすの破損や刺し網の流出が報告されている⁸⁾。長井地先にて観測された津波は、相模湾の湾奥部（平塚沖）で観測された津波⁹⁾と第一波到達時刻、周期、振幅がほぼ一致していた。なお、本海域では第一波が押し波であったが、海域によってこの傾向が異なっており¹⁾、仙台湾内に位置する宮城県小浜港では、引き波発生後に6mを超える大津波が到達したことが推察されている¹⁰⁾。震源の海底は、沿岸側では沈下、沖（海溝）側では隆起したとされている^{11), 12)}。このため、震源近くの沿岸域では、海底沈下に伴う引き波が観測されたのに対して、相模湾を含む離れた南の海域では、沖側の海底隆起に伴う押し波が、水深が大きいためにより速く伝播して観測されたものと推察される。なお、相模湾よりも南に位置する紀伊水道に面する湾では、波の共振が発生し、2mを超える波が観測された¹³⁾。

磯根資源の漁場は浅海域に位置するため、津波等の災害による影響を受けやすい。震源に近い宮城県の泊浜や岩井崎では、震災後にエゾアワビ稚貝が9割以上減少したことから今後のアワビ漁への影響が懸念されている¹⁴⁾。また、相模湾の隣に位置する東京湾では、津波によりノリ養殖が施設損壊や油の流出に伴う被害を受けており¹⁵⁾、通常、比較的環境が穏やかな湾内での水産業にも津波が直接的もしくは間接的な被害をもたらした。また、関東以南の太平洋沿岸域における漁船被害、養殖施設、定置網等についても被害報告がなされている^{8), 16), 17), 18), 19)}。

東北沿岸域に設置されていた水温ブイの大半が津波により流出した中で、長井地先の比較的浅い海域に設置した観測機器のデータが回収されたことは、今後津波の影響を評価する上で大変貴重である。本海域において津波に伴って発生した強い流れが、資源生物にどのような影響を及ぼしたかについては未だ不明な点が多い。本観測点の周辺では生物相の調査が行われており²⁰⁾、今後、津波による生物や環境への影響の有無および程度が明らかになることが期待される。このように漁場において生物や環境の調査を継続的に行うことは、災害による水産業への影響の理解や今後の防止策を検討する上でも重要なものと考えられる。

謝 辞

現場観測およびデータ解析に伴う作業に御協力頂いた独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所の職員の皆様へ深く感謝する。なお、一部の図はGMTを用いて作図した。

文 献

1) 気象庁(2011)「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第14報), 29 pp.

2) 気象庁(2011)「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第15報), 6 pp.

3) 水産庁(2011)平成23年版 水産白書. 農林統計出版株式会社, 東京.

4) 羽鳥徳太郎(1975)明応7年・慶長9年の房総および東海南海道大津波の波源. 地震研究所彙報, 50, 171-185.

5) PAWLOWICZ, R., B. BEARDSLEY, and S. LENTZ (2002) Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers and Geosciences*, 28, 929-937.

6) 松山優治(2009) I-1. 日本周辺の急潮の特徴と成因. 日本水産学会誌, 75, 879-880.

7) 岩田静夫・松山優治・前田明夫(1990)相模湾の急潮(2). 神水試研報, 11, 11-15.

8) 朝比奈潔(2012)東京都と神奈川県における水産業の被害状況. 日本水産学会誌, 78, 288.

9) 沼田宗純・高石 孟・目黒公郎(2011)多目的観測ブイで観測された2011年東北地方太平洋沖地震による津波. 生産研究, 63, 521-524.

10) 笥 茂穂(2011)東日本大震災により宮城県七浜町を襲った津波の波高計データによる解析. 海の研究, 20, 51-57.

11) SATO, M., T. ISHIKAWA, N. UJIHARA, S. YOSHIDA, M. FUJITA, M. MOCHIZUKI, and A. ASADA (2011) Displacement above the hypocenter of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Science*, 332, 1395.

12) SIMONS, M., S. E. MINSON, A. SLADEN, F. ORTEGA, J. JIANG, S. E. OWEN, L. MENG, J.-P. AMPUERO, S. WEI, R. CHU, D. V. HELMBERGER, H. KANAMORI, E. HETLAND, A.W. MOORE, and F. H. WEBB (2011) The 2011 magnitude 9.0 Tohoku-Oki earthquake: Mosaicking the megathrust from seconds to centuries. *Science*, 332, 1421-1425.

13) HINATA, H., S. FUJII, K. FURUKAWA, T. KATAOKA, M. MIYATA, T. KOBAYASHI, M. MIZUTANI, T. KOKAI, and N. KANATSU (2011) Propagating tsunami wave and subsequent resonant response signals detected by HF radar in the Kii Channel, Japan. *Estuarine, Coastal and Science*, 95, 268-273.

14) 独立行政法人水産総合研究センター(2011)三陸沿岸のアワビ、ウニへの津波の影響を調査～アワビ稚貝に深刻な被害～. <http://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr23/230809/index.html>

15) 木村由紀雄(2012)東日本大震災による千葉県の水産業被害と復旧について. 日本水産学会誌, 78, 100-101.

16) 青野怜史(2011)高知県須崎市野見湾におけるカンパチ養殖業の津波被害状況. 日本水産学会誌, 77, 1106-1107.

17) 内田基晴(2011)中国・四国地方における水産業の被害実態. 日本水産学会誌, 77, 1104-1105.

18) 松田浩一(2011)三重県における水産業の被害実態と再生への取り組み. 日本水産学会誌, 77, 931-933.

19) 光永靖(2012)和歌山県における水産業の被害状況. 日本水産学会誌, 78, 288.

20) 早川淳・黒木洋明(2011)アワビ類の資源回復のために—人工投石漁場と天然漁場での長期生物相調査—. 増養殖研究レター, 1, 11.