

# 南海トラフ巨大地震津波発生時の紀伊水道周辺海域における エネルギーフラックスの時空間変動特性

愛媛大学 学生会員 ○吉良郁美 愛媛大学 正会員 藤良太郎  
愛媛大学 正会員 日向博文

## 1. 背景・目的

津波とは、海底の地震や噴火が原因で海水が波動として沿岸に押し寄せる現象であり、震源で発生し岸に向かって進んでいくにつれて波高が高まっていく。例えば、東北地方太平洋沖地震の際には福島県相馬市において9.3m以上の津波が観測され、甚大な被害が生じた。地震が発生し気象庁によって3分で津波警報が発令され、警報が解除された後に救助活動が開始されるため、津波警報解除のタイミングは重要となる。解除が早すぎた例としては、2003年十勝沖地震の際に津波警報を解除した後、岸沿いを伝播するエッジ波が最大波に匹敵する波高を伴い来襲した事例が挙げられる<sup>(1)</sup>。また、東北地方太平洋沖地震が発生した際には、紀伊水道で第1波から数時間後に最大波高を記録した<sup>(2)</sup>。これらのことから、津波警報解除の際にはエッジ波や副振動の振る舞いに細心の注意を払う必要がある。本研究では南海トラフ巨大地震津波を対象として、紀伊水道沿岸域における水位変動の継続性とその要因を調べていく。

## 2. 解析方法

エネルギーフラックスの計算に用いる津波流速や水位変動は、線形長波理論に基づいて開発された数値モデル<sup>(3)</sup>を使って計算した。支配方程式は、質量保存則と鉛直積分をしたナビエ・ストークス方程式である。続いて、この数値計算から得られた流速と水位から、式(1)に基づいて、図2aの範囲における波動運動に伴うエネルギーフラックス ( $W$ )を計算した。

$$W = \rho g \int_{-h}^{\eta} \left\{ \frac{1}{2g} (u^2 + v^2 + w^2) + \frac{P}{\rho g} + z \right\} u dz \quad (1)$$

ここで  $\rho$  は水の密度、 $g$  は重力加速度、 $\eta$  は水位変動量、 $h$  は水深、 $u$ 、 $v$  はそれぞれ東西、南北流速成分、 $w$  は鉛直流速、 $P$  は長波の圧力、 $z$  は静水面からの距離である。津波初期波形として、内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会<sup>(4)</sup>で提示された初期水位分布（ケース3）を用いた。津波には様々な周期が含まれているので、その中で最もエネルギーの大きな30-90分周期帯の伝播状況を把握するためにバンドパスフィルタをかける。周辺海域から紀伊水道へ入射していくエネルギーに着目するために、図2bに示した高知県の室戸岬から和歌山県の潮岬までの海岸に接する沿岸183地点と、陸棚の幅が狭いとエネルギーが発散するため、海岸から沖合2km地点のエネルギーフラックスも計算し、沿岸の点を含めた3km分のエネルギーフラックスの平均値のコンター図を描く。等値線が斜めになっている場合沿岸方向のエネルギー伝播に対応しているため、沿岸を進んだ距離と時間から求めたエネルギー伝搬の速度  $C$  と、沿岸と外海の水深から求めた波速を比較し、式(2)を満たしているかを確認する。水深が不連続に変化する沿岸でエッジ波が発生している場合に満たす式(2)において  $h_1$  は陸棚の水深、 $h_2$  は外海の水深である。エッジ波は陸棚上でのみ発生するため、外海の水深を200mとして計算する。

$$\sqrt{gh_1} \leq C \leq \sqrt{gh_2} \quad (2)$$

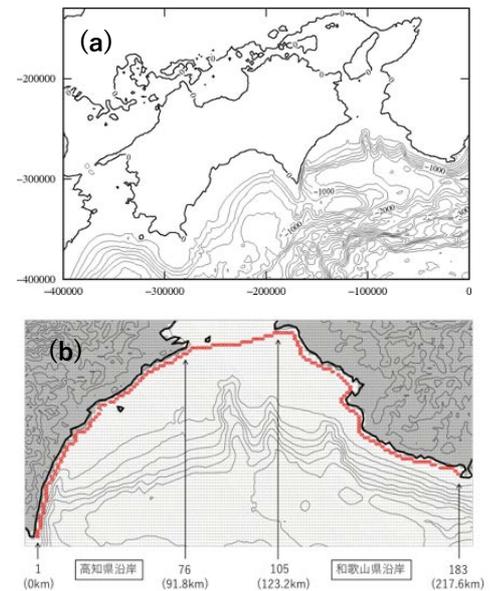


図2(a)エネルギーフラックス計算対象、(b)沿岸における計算箇所

### 3. エネルギーフラックスの伝播特性

高知県の室戸岬から和歌山県の潮岬までのエネルギーフラックスのコンター図(図 3a)から、紀伊水道入り口に存在しているエネルギーは、200 分頃から減衰し始めるが 350-400 分頃に再び大きな値をとることがわかる。その後 450 分や 550 分頃にも間欠的にエネルギーフラックスが存在している。350-400 分において紀伊水道入り口に存在しているエネルギーフラックスは和歌山県沿岸を伝播してきたもので、450 分と 550 分頃に入り口に存在しているものはそれぞれ和歌山県、高知県へと伝播していることがわかる。コンター図から求められるエネルギーの伝播速度は、高知県沿岸で 37.8m/s、和歌山県沿岸で 30.8m/s であった。そしてエネルギーフラックスの伝播が見られた沿岸を 5km 間隔に高知県沿岸では 6 箇所、和歌山県沿岸では 7 箇所抽出点を決め、それらの地点での平均水深から長波の平均波速 ( $\sqrt{gh_1}$ ) を求めた。高知県沿岸での平均波速は 19.73m/s、和歌山県沿岸においては 17.07m/s であった。外海の水深を 200m として求めた  $\sqrt{gh_2}$  の値は 44.27m/s であったため、それぞれ式(2)を満たしている。よって高知県・和歌山県沿岸におけるエネルギーの伝播はエッジ波によるものだと推察された。また、長波の波速を求める式は水深にのみ依存するため、高知県と和歌山県における波速の差は、図 3b の岸沖断面の差によるものだと考えられた。

### 4. まとめ

バンドパスフィルタをかけ 30-90 分周期帯を抜き出し、時系列のコンター図を描くことによって、高知県沿岸と和歌山県沿岸を伝播するエネルギーを確認することができた。エッジ波が、紀伊水道へエネルギーが間欠的に入射する要因の一つであり、紀伊水道において津波警報を解除する際のタイミングとしてエッジ波に着目することも大事であると言える。また、紀伊水道から出たエネルギーが和歌山県、高知県沿岸へエッジ波として伝播していることもわかった。よって、周辺海域において津波警報を解除する際には、震源からのエネルギーにのみ着目するのではなく、紀伊水道から伝播してくる波にも着目する必要がある。

**謝辞** 本研究は科学研究費(課題番号 16H04419)及び中部電力原子力安全技術研究所公募研究(代表者:藤井智史)の補助を受けて行った。

### 参考文献

- (1) 河田恵昭, 奥村与志弘, 越村俊一, 藤間功司 and 永井紀彦, 2004. エッジ波の発生を考慮した津波予警報の改良に関する研究. 海岸工学論文集, 51, pp. 261-265.
- (2) 日向博文, 藤良太郎, 藤井智史, 藤田裕一, 花土弘, 片岡智哉, 水谷雅裕 and 高橋智幸, 2012. 紀伊水道における短波海洋レーダを用いた津波・副振動観測. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 68(2), pp. I\_196-I\_200.
- (3) 藤良太郎, 日向博文, 藤井智史, 永松宏, 小笠原勇, 伊藤浩之, 片岡智哉 and 高橋智幸, 2015. 仮想津波観測実験に基づく海洋レーダ津波検知距離の検討. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 71(2), pp.I\_337-I\_342.
- (4) 内閣府: 南海トラフ巨大地震モデル検討会(第二次報告)津波断層モデル編-津波断層モデルと津波高・浸水域等について- pp17 [http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829\\_2nd\\_report02.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report02.pdf)

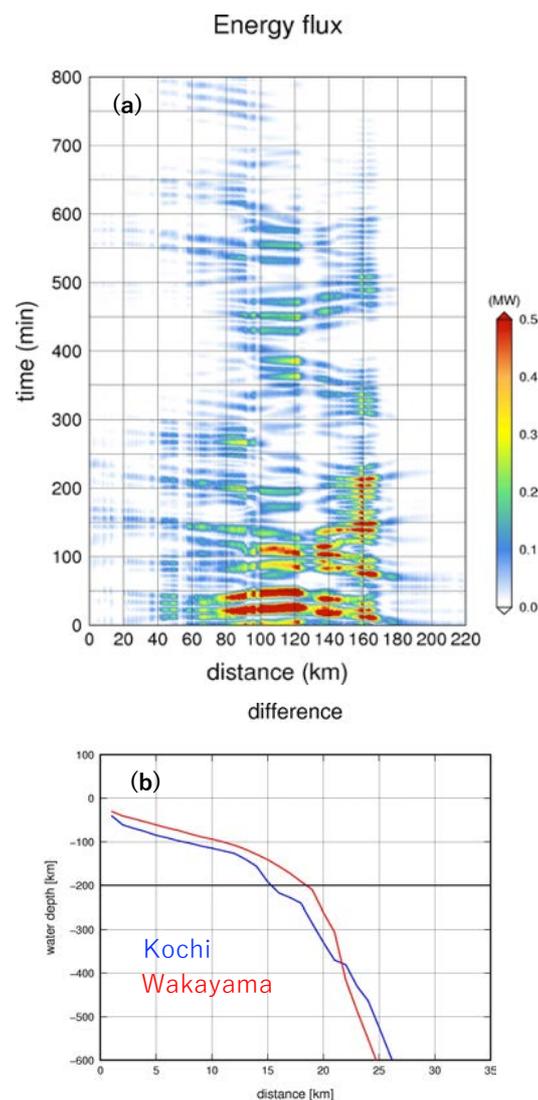


図 3(a)時系列のコンター図, (b)岸沖断面差