

[報告] 発光現象を伴った津波の巨大化メカニズムの一考察 —1946 年南海地震津波の事例から—

信州大学総合工学系研究科* 榎本祐嗣

城西大学理学部数学科† 安田英典

On the Mechanism of Making Tsunami with Lightning Hugely

Yuji Enomoto

Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, Ueda Campus, 3-15-1 Tokida, Ueda,

Nagano 386-8567, Japan

Hidenori Yasuda

Department of Mathematics, Josai University

1-1, Keyaki-dai, Sakato, Saitama, 350-0295, Japan

Eye-witness reports in historical documents on tsunami lightning are attributable to methane hydrate disruption at ocean-floor sediments. The disruption of methane hydrate may change of the bottom of the sea, and thus cause the mass movement of sea water. Based on eye-witness reports in 1946 Nankai earthquake tsunami, we discuss on a possibility of the mechanism of making tsunami hugely due to disruption event of methane hydrate layer at ocean floor sediments.

§1. はじめに

過去に、地震の規模から想定される以上に大きい津波が襲来した例が、いくつか知られている。例えば、1896 年明治三陸津波地震はその代表的な例である。

一方、日本列島を襲った大きな津波が、発光を伴っていたという目撃証言は実に多くある。この津波発光の原因について、以前に筆者の一人(YE)はメタンハイドレードの暴噴によるものとの説を提示した[榎本(1999)]。巨大な津波と津波発光に何か関係があるのではなからうか？

本稿では、津波発光に関して多くの証言が記録されている 1946 年南海地震津波[水路部(1948)]を事例に基づいて考察し、メタンハイドレードの暴噴が津波を引き起こし、津波が巨大化しうることを指摘する。

§2. 津波強度と地震マグニチュードとの関係

北海道から九州にいたる太平洋沿岸に襲来した津波について、『日本被害津波総覧第 2 版』[渡辺(1995)]をもとに、地震規模 M と津波強度 m との関係を図 1 に示した。この図中白抜きで示した津波に前報[榎本(1998)]で示したように発光記録がある。なお

前報[榎本(1998)]では安政東海地震津波の発光記録がないとして扱ったが、下記のような発光記録があったので図 1 の白抜きに含めた。

「安政元年十一月四日下田浦ノ海嘯モ山海光ル事数夜終ニ潮濁リテ赤色ヲナシタリトゾ」(松雲山房, 地震海嘯考)

「空の様子、薄黒雲空中にあり、坤(南西)の方熾燃の如くこれは津浪の由」(大屋祐義日記)武者金吉注: 光を観察した場所は河内国である[武者(1932)]。

図 1 に見るように、 $m > 3$ の津波は全て発光が記録されていて、 m と M の関係を近似した直線より左上側、すなわち $m > 3$ の巨大津波を引き起こした地震の M 値は、近似線が示す M 値よりも小さい。このため、津波発光メカニズムと津波巨大化に何らかの関係があるのではないかと予想を立てた。

§3. 1946 年南海地震の津波発光事例の解析

1946 年 12 月 21 日 04 時 19 分に発生した南海地震 $M=8.0, h=20\text{km}$ の津波に関して興味深い証言がある。それは、「紀伊県椿の一老人は地震前夜、「異変あり」と予言し、地震直前の午前 3 時過ぎに起床し

*〒386-8567 長野県上田市常田 3-15-1 enomoto アットマーク shinshu-u.ac.jp

†〒350-0296 埼玉県坂戸市けやき台 1-1 yasuda アットマーク math.josai.ac.jp

て見た処、白浜沖に、次に周参見沖に火柱が立ち、其の下の水が掘れるように見えた。その掘れ方は皿の如くで、その後に地震が起こった」という記録である[水路部(1948)]。この証言を検証してみよう。

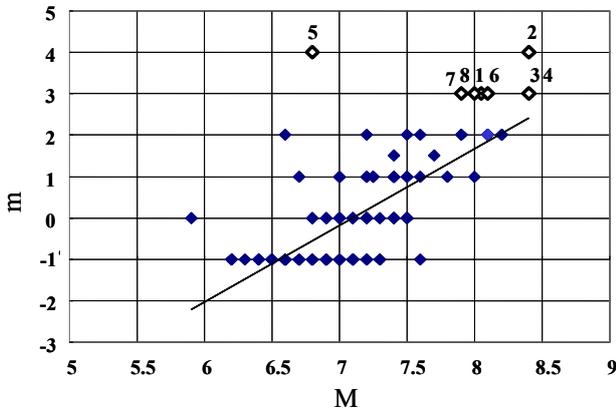


図1 津波強度 m と地震規模 M の関係。は発光を伴った津波。1.元禄地震津波(1703) 2.宝永地震津波(1707) 3.安政東海地震津波(1854) 4.安政南海地震津波(1854) 5.明治三陸津波(1896) 6.昭和三陸津波(1933) 7.東南海地震津波(1944) 8.南海地震津波(1946)

図2に示すように、樫の断崖(樫温泉は海拔60mにある)に立つ観測者の海面からの目までの高さを h (m)とすると、観測者から海の水平線までの距離 x は、 $x(m)=3570 \times \sqrt{h(m)}$ で算出できる。そこで、 $h=60m$ とすると $x=27.7km$ となる。また人の視野角は1分($1/60^\circ$)といわれているので、 $27.7[km] \times \tan(1/60^\circ)$ を計算すると27.7 km 先に

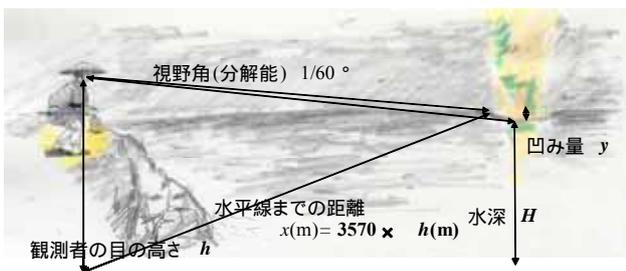


図2 樫から観測された海上が凹み、火柱が見えたという様子の考察図

8.0m の凹凸があれば、それを目で認識できる。この海面の凹み部分で発光が見られたとのことから、凹みを生じた原因としてメタン気泡の存在が関連すると考えられる。すなわち海底面のメタンハイドレードが急激に気泡化したため、メタンハイドレートが存在した海底面に凹みができただけではないかとの仮説を立て

る。このとき、高さ H (水深)の海水柱の静水圧は次式で与えられる[安田(2003)]。

$$p = \rho (1 - \alpha) H g$$

ここで ρ は海水密度、 α は気泡率、 g は重力加速度である。この式の示す水圧減少分は海面の変動量 y に換算すると、 $y = \alpha H$ となる。樫沖 27.7km あたりの水深は 500 m くらいとすると気泡率 α が 1.6% で 8m の変動を生じる。また水深 1000 m の海上で 8m の変動を生じるには気泡率は 0.8% でよい。

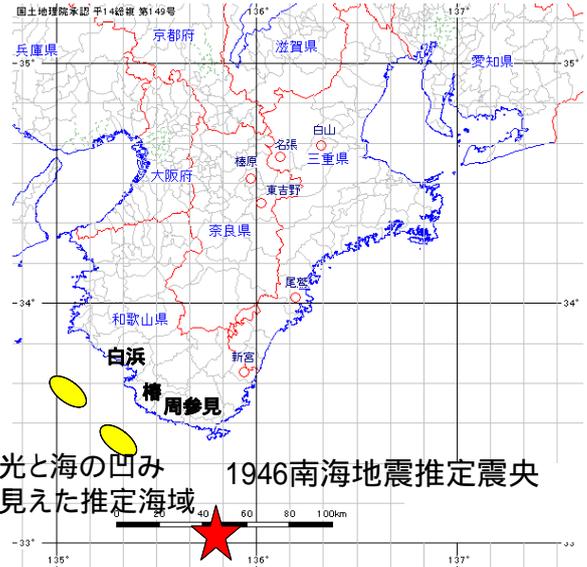


図3 樫から目的された発光をともなった海面の凹み位置の推定

証言から推定される発光域を図3に示した。南海地震の震央は諸説あるが、いずれも潮岬南約 50km 付近である[例えば、岡野ほか(2002)]。樫から観測されたメタンハイドレードに起因すると考えられる変動が生じた海域とは明らかに異なる。

次に昭和 21 年南海大地震報告[水路部(1948)]の記録から、本稿に關係の深いと考えられる事項を抜粋する。

周参見 震後5分位たってから海水が引き、次に山の如く押し寄せてきた。

白浜 初め引かずに水量が増加するようにやってきた。その時刻は震後5 - 8分といい、大きいものの5回位、第3波が最高である。

浜島 紀州沖合いにいか釣りにでていた漁師は何か光ったものが天から下りて来て海中に没したと思う間もなく震動を感じたという。

今回の津浪の波源は単に1ヶ所だけに帰因するものではなく、数ヶ所又は比較的広範囲の土地の昇降に起因するものであろう。

以上のことが記載されている。これらの目撃証言は、メタンハイドレートの暴噴による海底の変化が海面の凹凸を引き起こし波源となったという本稿の仮説と整合する。

§4. 水—泡混相系での波の発生

本節では、メタンハイドレート暴噴出によって津波が起こりうることを、2次元の模式的なシミュレーションによって示す[安田(2003)]。次に、定量的な計算を1次元で行う。

深さ一定の海域中央の矩形領域でメタンハイドレートの暴噴出が生じたとする。噴出した泡は瞬時に海水と混じり合い噴出領域の海水は軽くなるものと仮定する。軽い海水は周囲の泡を含まない重い海水に押されて盛り上がる。周囲の海水の海面は押し込んだ分だけ低下する。この海面の低下が引き潮のように伝播する様子を図4に示す。矩形の噴出領域の近傍では波の形状は異方性を持っているが、ある程度離れると円形の波に近づいていくことが分かる。単独の波源のときに海岸において波が異方性を持つならば、波源が近いことを示している。

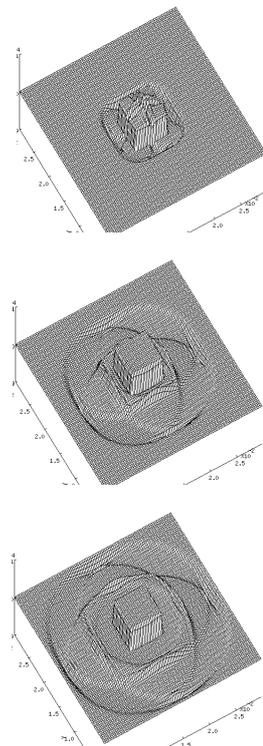


図4 水—泡混相系における波の発生と進展 (鉛直スケール 100 倍で表示)

次に、1次元のシミュレーションによって定量的な検

討を行う。シミュレーションでは地震による津波とメタンハイドレートの暴噴出による津波の2つの津波が発生する現象をあつかう。計算領域の水深は一定 500 mとし、海岸から 100Kmまでの範囲を計算とした。震源は海岸から 50 ~ 60Km の領域で、時刻 0 のとき地震が発生し海底変動のため震源域の海面が一様に 5m 上昇するものとした。

一方、海岸から 20 ~ 30Km の領域にはメタンハイドレートが存在し、地震発生とともに海水が瞬時に 1% の気泡を含むものとした。海水の比重を 1、気泡の比重は 0.001 とした。計算結果を図5に示す。(a)図は地震発生 6 分後の海面変動を示す。海岸 (0Km) にはメタンハイドレート暴噴出に起因する津波が押し寄せ、80Km 付近には地震による津波が沖へ移動している。20 ~ 30Km の海面は気泡のため軽くなり上昇している。30 ~ 60Km では海底の隆起と気泡による津波が重なっている。(b)図は海岸 (0Km) での海面変動の時間経過を示す。5 分付近の海面低下は気泡による津波、12 分付近の海面上昇は海底隆起による津波である。地震による海底変動による津波と同程度の津波がメタンハイドレートの暴噴出によって生じることが示された。

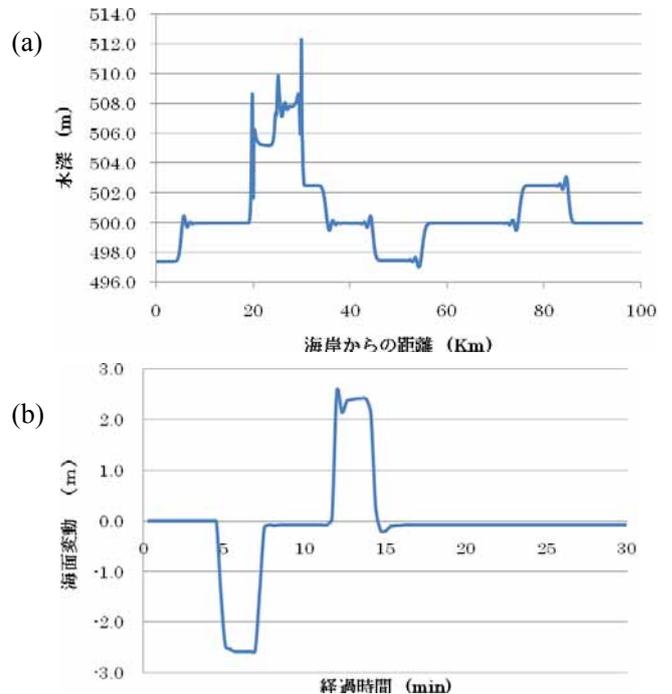


図5 地震の津波とメタンハイドレートの津波、
(a):地震発生から 6 分後の海面の変動。
(b):海岸(0Km)での海面変動の時間経過。

§5. 結論

1946年南海地震津波の事例として、メタンハイドレード暴噴と津波の巨大化について考察を行った。その結果は以下のようにまとめられる。

震源域の海底のメタンハイドレードが不安定化し、泡となって海面に上昇すれば、このためにできる海面の昇降も津波発生原因となりうる。さらに震央における海底変動により発生する津波と干渉して共振すれば、さらに巨大化する可能性があることを数値計算で示した。

文献

- 榎本祐嗣, 1999, 史料にみる地震津波発光, 地学雑誌, **108**, 4, 433-439.
- 榎本祐嗣, 1998, 地震発光史料のデータベースと発光現象の特徴抽出, 歴史地震, 14, 45-55.
- 岡野健之助, 木村昌三, 中村正夫, 2002, 1945年南海地震の震源の位置, 高知大学学術研究報告, 51, 13-22.
- 水路部, 1948, 水路要報, 昭和21年南海大地震報告, 津浪篇, 書誌第201号.
- 武者金吉, 1932, 地震に伴う発光現象の研究及び資料, 岩波書店.
- 安田英典, 2003, 2相流浅水波方程式の2次元不変的差分スキーム, 日本応用数学会論文誌, **13**, 4, 417-438.
- 渡辺偉夫, 1995, 日本被害地震津波総覧, 東大出版会.

編者注: 本稿は論説として投稿されたが、個々の発光と認定した現象の解釈、明治三陸地震の規模など平均的津波規模の設定方法、問題とする1946年南海地震の津波がメタンハイドレートまで考慮する程津波が異常に大きかったのか、まで根幹に関わる部分で問題が多いので、報告へ変更して著者の主張を掲載するものである。