

## 地震防災意識啓発のための津波模型の開発

防災教育      ぶるる      可搬性  
シリンダー      水位調整      波動伝播

正会員      佐武 直紀<sup>\*1</sup>      正会員      太田 賢治<sup>\*2</sup>  
会員外      飯沼 博幸<sup>\*2</sup>      正会員      福和 伸夫<sup>\*3</sup>

**1. はじめに**      昨年相次いで発生した能登半島地震、新潟県中越沖地震での古い木造住宅の倒壊被害を引合いに出すまでもなく、今や市民に対する建物耐震化を始めとした地震防災意識啓発の取組は、益々重要になっている。

筆者らは、こうした取組の一助として、防災教育用の振動実験教材「ぶるる」の開発を継続的に進めてきた<sup>(例えば<sup>1)</sup>)</sup>。それらを学校の授業、各種の講演会、防災フェア等で利用し、地震による建物の揺れや倒壊の様子を実際に示すことで、市民の防災意識啓発に大変役立つことが判った。

そこで、液状化や津波など地震に伴う自然現象についても、模型で判り易く示すことを考えた。液状化や津波を模型で表現する場合、通常は大型の土槽や水槽、造波装置等を要するが、これらはあくまで学術実験用であり、市民向け防災啓発用には、持運びが容易な小型の模型が適当である。既に液状化模型については、持運びできる模型が市販されているほか、愛知県の岡崎市や新城市等、各地の防災学習施設向けの模型も制作、展示されている<sup>2)</sup>。

この程、津波模型についても可搬かつ誰でも簡易に実験できる教材として開発したので、その概要を紹介する。

**2. 津波模型の概要**

(1) 模型の特徴      模型の構成図を図1に示す。既開発の防災啓発教材と同様、簡易に操作でき、かつ津波の本質と怖さを学習する機材を目指した。特徴は次の通りである。

模型本体は、アクリル製で水密性を有する板状容器の内部(幅: 約数10mm)に、アクリルとゴムで作られた海底地形模型を組み込んだ、軽量で運搬可能な教材である。津波の発生原因である海底断層による水位の押し上げは、造波用シリンダーを手で押し下げて発生させる仕組みで、体積変化を伴う局所的な水位上昇を簡易に生成できる。海底地形は、複数本の短い棒状プラスチックをゴムに接合し、棒の接合点にステンレスを配した、あたかも「自在定規」の様な構造の模型である。接合点にはフックがあり、専用の細いロッドで上げ下げすることで任意の地形を作れる。また接合点には磁石が組込まれ、

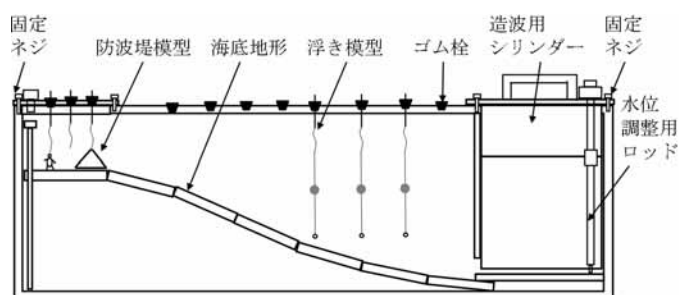


図1 津波模型の構成図

アクリルの正面に磁石を当てて地形形状を固定できる。造波用シリンダーは、中が密閉構造になっており、シリンダー昇降と水位調整用ロッドの回転で弁の開閉を組合せることで、シリンダー内部に水を蓄えたり吐き出したり出来る。これにより簡易に海水位を変えられ、水位の違いによる津波の伝播速度の違いを実験できる。海水は市販の芳香消臭剤で水色に着色しており、視認性を高めている。長時間置いても、アクリル表面に色素がこびりつくことなく、メンテナンスも容易である。模型上面ゴム栓から垂らした浮きの動きにより、水粒子の変位に着目した観察ができる。津波の様な波長が長い場合と波浪の様な波長が短い場合の違いを学べる。模型上面ゴム栓から海岸部に垂らした防波堤を昇降させる仕掛けにより、津波時の防波堤の役割を学習できる。

(2) 津波伝播の仕組み      津波の伝播速度 $c$ (m/s)は、水深を $h$ (m)、重力加速度を $g$ ( $=9.8\text{m/s}^2$ )とすると次式で示される。

$$c = \sqrt{gh} \dots\dots\dots (1)$$

ちなみに2004年スマトラ沖地震では、5500kmも離れたアフリカ東岸まで津波が伝播した。インド洋の平均水深を3900mとすると伝播速度は約195m/sで、地震発生後約7.8時間で到達することになり、当時の報道と概ね整合する。

本模型の水深は20cm程度で、伝播速度は140cm/s前後となり、生成した波は1秒程度で模型の端まで伝わるので、観察にはある程度慣れが必要である。しかし、海底地形の可変機構を利用し、実際の海底と同様に地形が徐々に浅くなる様子を表現することで、水深が浅くなるにつれ速度が遅くなる状況を観察できる。また、予め撮影した映像をスロー再生したり、模型の一部を拡大投影すれば、模型内で波が伝わる様子を実現象さながらに再現できる。こうして、津波により海面が盛り上がり、岸に近づくにつれ波高が高くなって波頭を形成し、やがて波頭が崩れ海岸から奥へ遡上する一連の流れを、容易に観察できる。

また本模型では、水面のごく表面で生ずる波長の短い波を起こすことができるので、風による波浪など波長の短い波が、津波の様な波長の長い波とは異なり、海岸を遡上することなく減衰して消滅する様子を、津波と対比して観察できる。さらに、水の粒子の移動(変位)に着目した観測も可能である。実際、波長の短い波では、海面近傍だけに水粒子の移動が観測されるのに対し、波長の長い波では、海底近くに至るまで粒子移動が認められる。

この模型では、以上示した様な、流体力学上の知見に基づく波動伝播の重要な性質を、容易に実験し観察することができるため、その学習効果は大変大きいと考える。

**3. 操作例** 模型操作による、津波生成からの一連の波の動きを写真1に示す。また、波浪の様な波長の短い波が、海岸到達までに減衰する様子の写真も併せて掲げておく。

**4. むすび** 以上、一般市民向け地震防災啓発教材として開発した津波模型について、概要と操作例を紹介した。

前述の2004年スマトラ沖地震では、インド洋沿岸各国で25万人もの犠牲者が出たことは記憶に新しいが、日本でも、戦後に限っても南海地震(1946年)、チリ地震(1960年)、日本海中部地震(1983年)、北海道南西沖地震(1993年)など、地震による津波の被害例は枚挙にいとまがない。

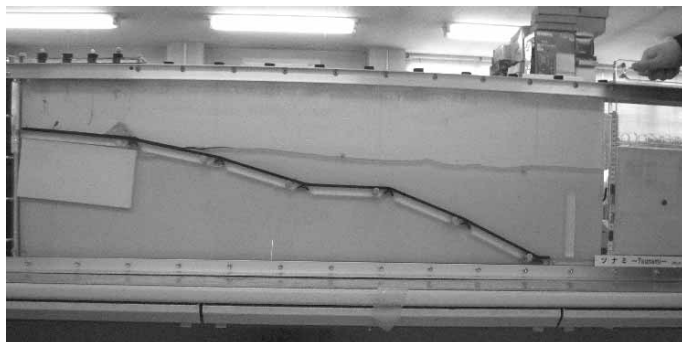
本模型は扱いが非常に容易で、津波のメカニズムや海底地形による違い等を、自ら実験し楽しみながら学ぶこ

とができる。昨今では、コンピュータシミュレーション等でいかなる現象も再現可能のようであるが、本模型を用いて、実際に波動伝播の特徴や、堤防を乗り越え地表を洗い流す様を観察できる効果は極めて大きいと考える。

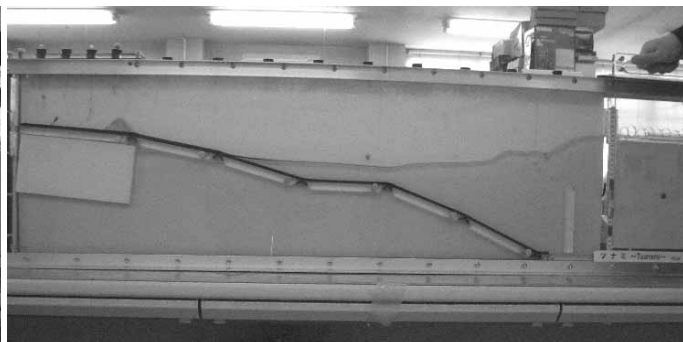
今後、本教材の普及を図るとともに、津波の怖さや地震防災の大切さを伝えるツールとして活用していきたい。

**▼謝辞** 開発に際し、小倉公雄氏には、基礎アイデアの提供から模型試作に至るまで全面的な協力を頂いた。深く謝意を表する。

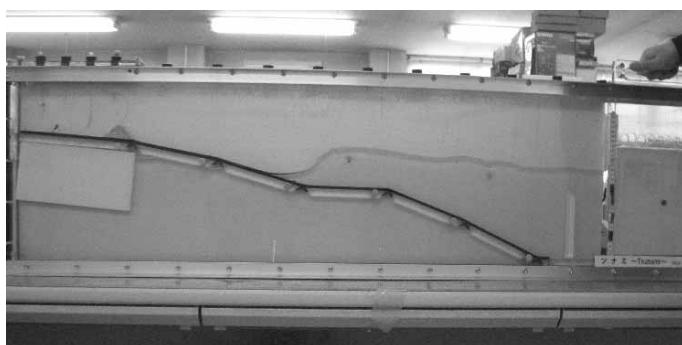
**▼参考文献** 1) 福和, 花井, 石井, 鶴田, 倉田, 小出: 耐震化促進のための木造建物倒壊実験教材の開発, 日本建築学会技術報告集, 第22号, pp.99~102, 2005.12 2) 新城市消防本部: 新城市消防防災学習ホール ワークシート(副読本), 2008.3 3) 首藤, 今村, 越村, 佐竹, 松富: 津波の辞典, 朝倉書店, 2007.11



模型右端の造波シリンダーを押し下げると、液体がシリンダー下部から横に押し出される。



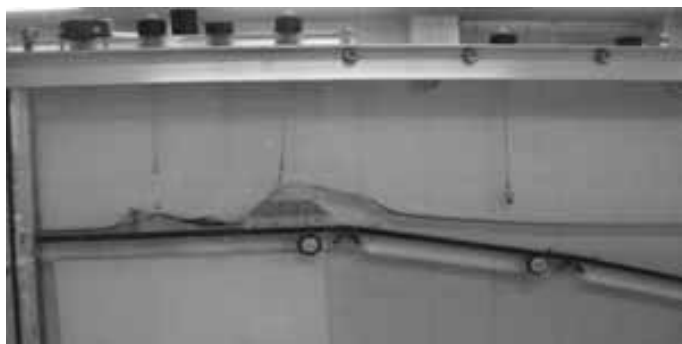
シリンダー横の水位が上昇し、津波が発生する。



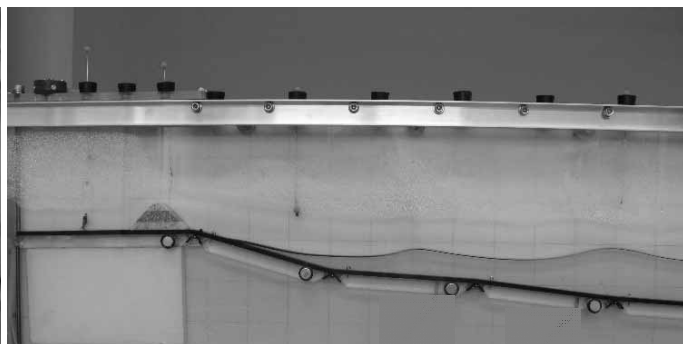
津波が模型左側の海岸に向かって伝播し、水深が浅くなった所で海面が盛り上がってくる。



海岸に達すると、波が追い被さり波頭を形成する。



津波が防波堤を越えて奥へ遡上する様子。



【参考】波浪の様な波長が短い波の場合は、海岸近くで減衰する。

写真1 津波模型の一連の操作例

\*1 応用地震計測 地震防災部・工博

Division of Earthquake Disaster Prevention, OYO Seismic Instrumentation Corp., Dr. Eng.

\*2 応用地震計測 開発部

Division of Development, OYO Seismic Instrumentation Corp.

\*3 名古屋大学大学院 環境学研究科・工博

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Dr. Eng