

簡易津波発生装置の開発

仙台第三高等学校課題研究16班

2011年3月11日未曾有の災害である東日本大震災により引き起こされた津波は太平洋側の東北地方に大きな被害を与えた。しかし、松島町は他の地方と比べ津波による被害が小さかった。私たちはその原因を探るために探究活動を始めた。だがその途中で簡易的に津波を発生させる装置が必要になったため研究テーマを簡易津波発生装置の開発に切り替えて探究活動を進めた。

実験①からは小さな水槽内でも小規模な津波を発生させることができるということがわかった。実験②では機械の力を使って定量的な実験にすることを試みたが板を水平に持ち上げることができず定量的な実験はできなかった。実験③では実験②から機械の力での実験はほぼ不可能だと感じたため持ち上げる力を定量化するのではなく波の速さを一定にしてできる波長の違いを観察した。結果的に津波を簡易的に起こすことはできたが実験③でも人の力が加わっていたため完全に定量化した津波を起こす装置を作ることはできなかった。だが、津波の波長の変化に伴う運動エネルギーの変化などを実験を通して考察することができた。

背景

東日本大震災によって東北地方は大きな被害を受けた。しかし松島湾での被害は3m 前後の津波浸水高に留まり、建物などの被害は小さく、死者は2名に留まった。浸水深は、海岸際の松島島巡り観光船のレストハウスで約1.2m、海から約200m 内陸の瑞巖寺山門では約0.5mであった。1) 近辺のリアス式海岸と比較すると松島湾の被害は小さく、通常、リアス式海岸は陸内部に行くに連れて谷が狭まる地形になっているため遡上高が高くなり津波被害が大きくなる傾向になる2) ことを考慮すると松島湾の被害が小さかったことと矛盾が生じていることに気付いた。

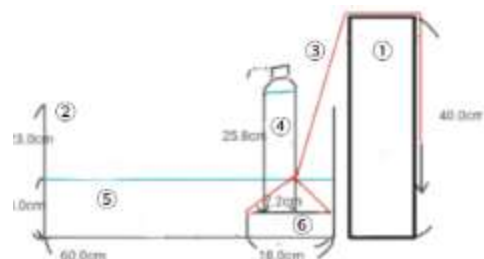
長谷川修一らによれば3) ボーリング調査や近辺の地形的特徴から松島湾はリアス式海岸ではない可能性が高いという。

松島湾の海底地形について知見を深めるために東北区水産研究所 塩釜庁舎様の助言のもと松島湾の海底地形について様々な情報を集め松島の海底地形の解明と海底地形による津波の挙動、被害の変化について調べることにした。しかし、現在の海底地形と震災当時の海底地形の比較が困難であること、不確定要素が多いこと、定量的な津波を小規模で簡易的に起こす方法が見つかっていないという問題が発覚した。調査を進める中で定量的な津波発生装置を用いることで遡上した波のシュミレーション実験や模型を用いた海底地形の検証実験が可能になることがわかった。私達は簡易的津波

装置の開発を一時的な目標として設定し、研究を始める。

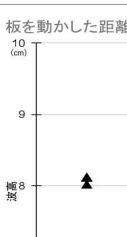
実験1

材料
①スタンド
②水槽(60×26×31)
③ひも
④1Lペットボトル(おもり)
⑤水
⑥木の板

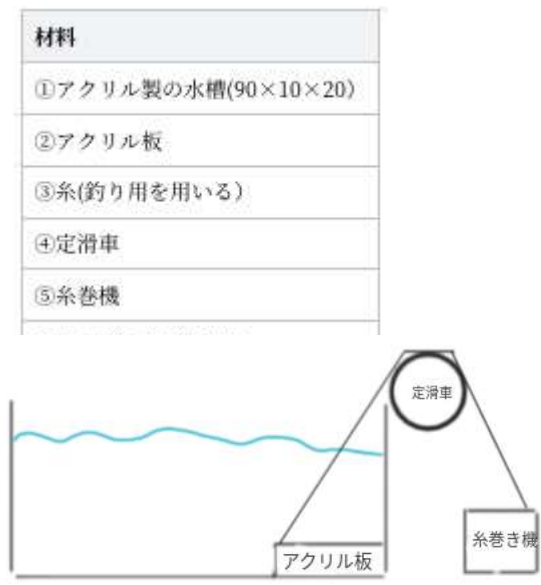


スタンドがなかったため椅子を用いた
今回はひもを持ち上げる際、人の力を用いて行った。
断層活動による津波を再現するために板を水平に移動させることを優先した

実験2

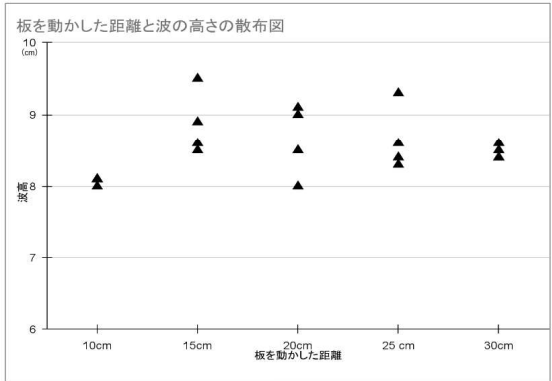
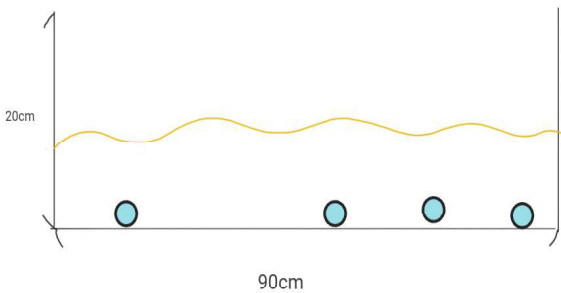


板の動きを定量的にするために糸巻き機を用いて
水平に板を動かすことを目標に実験を行った



実験3
板を一定の速度で動かし発生する波の変化を対照
実験を行って調べる
板の速度は20cm/sで統一した

材料	
①アクリル製の水槽(90×10×20)	
②アクリル板	
③黄緑の絵の具(染色用)	



波の速さ	一回目	二回目	三回目	四回目	平均 (cm/s)
10cm	76.92	95.24	75.47	78.43	81.515
15cm	95.24	90.91	90.91	81.86	89.73
20cm	97.56	108.1	93.02	95.11	96.9475
25cm	78.43	78.43	80	89.89	81.425
30cm	81.63	93.02	93.02	108.1	93.9425

アクリル板を動かした時間	一回目	二回目	三回目	四回目	平均 (時間 s)
10cm	0.48	0.57	0.59	0.43	0.5075
15cm	0.68	0.76	0.8	0.73	0.7425
20cm	1.03	1.03	0.95	1.07	1.02
25cm	1.22	1.12	1.35	1.2	1.2225
30cm	1.45	1.45	1.46	1.51	1.4675

3.結果と考察

- 実験1からわかったことは以下の4つである。
- 水を押上げて波を起こしたが押し波だけでなく引き波も発生した。
 - 板によって持ち上げられた水が落ちる時に発生する波に影響を与えた。
 - 波が端にぶつかる前に水面が低くなった。
 - 人力で実験を行った結果、波の大きさに不規則さが見られた。

実験で押し波だけでなく引き波も発生したのは板によって水が押し上げられた際に空いたスペースに水が流れ込んだためであると考えられ、原理が正断層型の地震による津波と似ているのではないかと考察した。

次に実験1の課題である。実験1でわかった課題の1つめは波に不規則性が見られたことである。これは波の大きさをはかり、大きさが一定になる方法を調べる事によって解決できると考えた。2つめは使用したロープに十分な耐久性が確認できなかったことである。これは釣り糸などより強度の高いものを使用することが解決策であると考えた。



実験2は板が水平に上がりず一定だといえる波が作れなかったため結果と考察は割愛する。

図7はアクリル板を動かした距離とそれぞれの波の要素との関係を表した表であり、図8、図9はそれぞれ板を動かした距離と波高、波の速さの関係を表した散布図である。図7、図8を見るとどちらも多少のばらつきはあるが板を動かす距離が増えても波高と波の速さは横ばいであることがわかる。よって板を動かす距離は波高と波の速さに影響しないと考察できる。また、数値として取ることはできなかったが板を動かす距離が長くなるほど波長が長くなることがわかった。ここで、運動エネルギーの式

$E = 1/2 \rho V v^2$ より波長が長くなるほど水面より上にある水の体積が大きくなるため運動エネルギーが大きくなるのではないかと考えた。

まとめ

板を水平に移動させ波を起こすと断層による津波の再現が可能であることがわかった。また、定量的な津波を小規模で起こす際、瞬間の速さが波の速度に大きく関係していることがわかった。

今後の展望

1つ目は今回成し遂げることができなかった定量的かつ可変的な津波発生装置を完成させ模型を用いた検証実験を行い、津波と海底地形の関係や地形的特徴と津波が遡上した後の被害の相関を調べたい。津波と海底地形の関係や地形的特徴と津波被害の変化から海岸地域の防災強化に役立てることができると考えている。

2つ目は波が遡上する高さを変え津波の電播速度の式「 $C = \sqrt{gh}$ 」が成り立つことを実験の結果から証明し津波発生装置の津波再現性が高いことを確認したい。

3つ目は震源の地形の歪から津波のエネルギーの

大きさを予測する方法を検証し、地震の規模からだけでなく歪の大きさから津波被害の規模を予測する方法を開発したい

参考文献

- 1)松本秀明、宮城県松島湾の浸水過程、東北地理、1984年
 - 2)長谷川修一、なぜ松島湾奥の津波被害が小さく、湾口の島々で岩盤崩壊が多発したのか？、日本応用地質学会、2011年
 - 3)長谷川修一、松島巨大地すべり説実証のためのボーリング調査、NII-Electronic Library Service、2008年
- 国土交通省、波浪と津波の違いは何？
内閣府防災情報、東北地方太平洋沖地震を教訓とした 地震・津波対策に関する専門調査会 報告(案)、2011年
内閣府防災情報、東北地方太平洋沖地震を 教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会
小荒井衛、東日本大震災における津波浸水域の地理的特徴、国土地理院時報、2011年
東北水産研究レター No.37、津波からの回復(松島湾の海底の場合)
日本地理学会 津波防災マップ
engineering,eye,震源断層近傍域の地震動
国土地理院、プレート運動による地殻変動の補正
内閣府防災情報、浸水範囲と痕跡被害想定と今回の津波の浸水高、遡上高の比較想定3
地震と東北地方太平洋沖地震の津波高の比較
小平秀一(1977)、アウターライズ地震に備える:津波即時予測に向けた断層マッピングとデータベース構築、2020年