

〈第 39 回山崎賞〉

自然の防波堤

静岡県立三島北高等学校

科学部 2 年 江戸 颯太 他 2 名

1 動機

今から 12 年前、東日本大震災が発生し多くの被害が出た。その被害の多くが津波によるものであった。また、南海トラフ巨大地震が 40 年以内に 90% の確率で発生するといわれている。南海トラフでは、東日本大震災をはるかに上回る被害が予想されている。そこで、防波堤の建設が必須になっている。しかし、通常の防波堤では建設費用が高く、環境を破壊する可能性がある。そこで、植物を使った自然の防波堤が考えられている。私たちは、最も効率の良い配置を見つけることができれば、実用化が進み、一人でも多くの命が救われるのではないかと思い、この実験を始めた。

2 目的

浸水被害を最小限に抑えることができる木の配置を考える。

3 研究にあたって

今回は模型を用いて実験を行った。

図 1 の実験模型は右側に海、左側に川と港がある陸をアクリル板や、発泡スチロールで再現した。

海側からの波の大きさと、川側からの波の大きさを測定可能。

図 2 の津波発生装置は大、中、小の 3 つの大きさの津波を発生させることができる。

・ 2022 年 4 月頃作成

図 3 と図 4 は実験に使用した模型の木と測定に使用した物差し。



図 1 実験模型

図 2 津波発生装置



図 3 模型の木



図 4 物差し

4（1）実験①

この実験では、海からの津波による浸水被害が最小になる木の配置を考えた。

ア 実験方法

図2の津波発生装置を図1の実験模型の底に沈め、引き上げる動作を3回繰り返す。また、この時波の大きさを大、中、小の3段階に分けた。

浸水被害の大きさは模型の横に図4の物差しを置き、海と面している場所を0 cm、最大の大きさを60 cmとした。

木の配置を、何もない状態、1列、図4のように規則的に並べる規則型の2列と3列、図5のように一直線に並べる縦型の2列と3列、図6のように適当に並べるランダム型（規則型2列分の木の本数）。

以上のパターンで計測を行った。

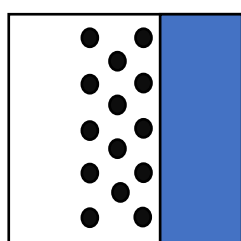
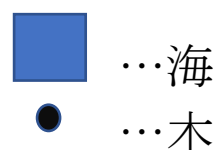


図4 規則型

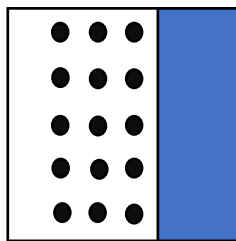


図5 縦型

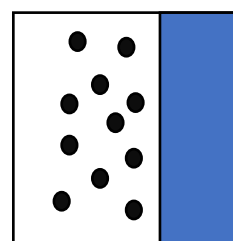


図6 ランダム型

イ 実験結果

図7は木を設置しない場合と1列、規則型の2列と3列の結果のグラフである。

木を設置しない場合、大では約55 cm、中では約40 cm、小では約30 cmという結果を得ることができた。

1列の場合大は木を設置しない場合とほとんど変わらないが、中では約30 cm、小では約20 cmと、かなり差があるということが分かった。

規則型の2列の場合、1列のときと比べると中と小はほとんど変化しなかったが、大は約45 cmと、小さくなっていることが分かった。

規則型の3列の場合、大、中、小全てのパターンでかなり小さくなっていることが分かった。

図8は木を設置しない場合と1列、縦型の2列と3列の結果のグラフである。

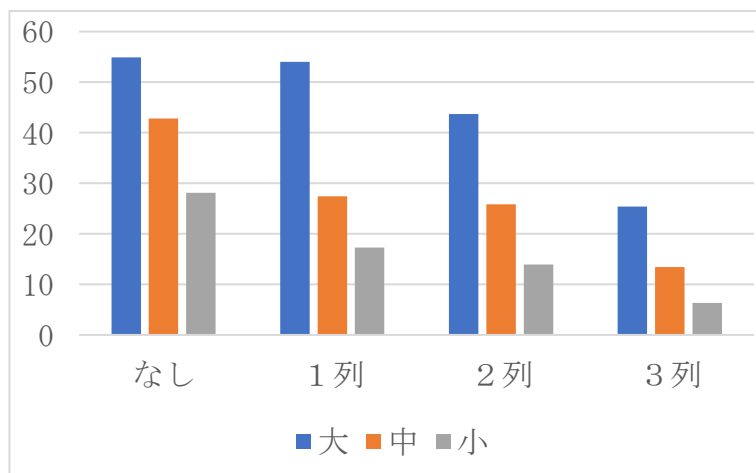


図7 規則型

縦型では木を設置しない場合と比べると、少し値が小さくなった。
また、1列と2列と3列を比べると、値はあまり差がなく、縦型の場合、列数を増やしても浸水被害はほとんど変わらなかった。

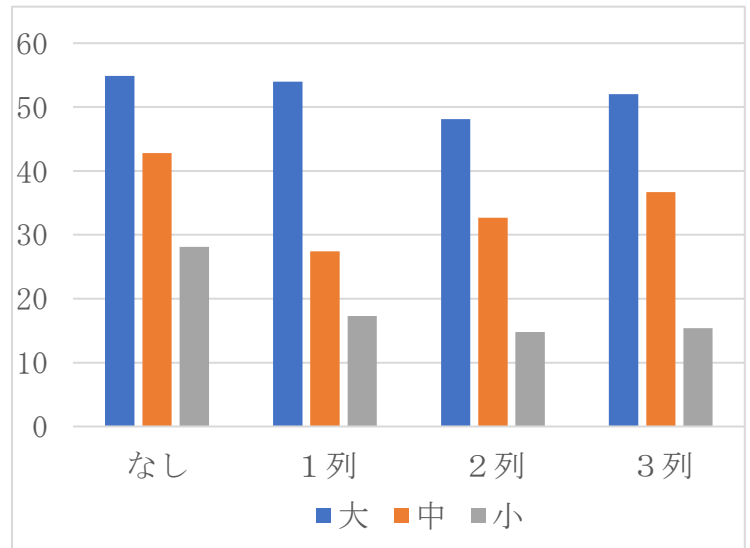


図8 縦型

図9は木を設置しない場合と1列、ランダム型の結果のグラフである。
ランダム型の場合、木を設置しない場合と比べると大、中、小すべての値が少し減少している。
しかし、1列と比べると、中と小の値が大きくなってしまっている。

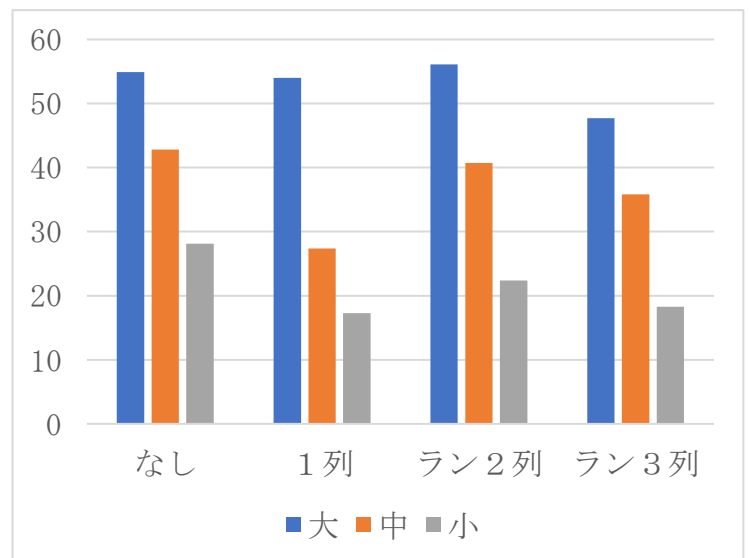


図9 ランダム型

ウ 考察

- ・木を設置することは被害を小さくすることにつながる。
- ・規則型の場合、木と木の間のスペースが小さくなり、水が入りにくくなるため被害を小さくできると考えられる。
- ・縦型の場合、規則型と比べて木と木の間のスペースが大きくなり、多くの水が入り込んでしまったため、被害が大きくなってしまったと考えられる。また、列の数を増やしても意味がないということが分かった。

・ランダム型の場合、場所によって木と木の間のスペースが小さい所と大きいところができ、小さい所では津波を抑えることができたが、大きい所では抑えることができず、規則型よりも浸水被害が大きくなってしまったと考えられる。

このことから、海側の木の配置は規則型が適しているという結論に至った。

(2) 実験②

川を逆流してきた津波による浸水被害が最小になる木の配置を考えた。

ア 実験方法

実験①と同様に波発生装置を用いて実験を行った。この時、川に対して垂直になるように物差しを置き、川に面しているところを 0 cm、最大の大きさを 36 cm とした。

実験②では、海側を発泡スチロールで塞ぎ、川から市街地への被害のみを計測した。

川側では

- ・何もない状態
- ・1 列
- ・縦型の 2 列と 3 列
- ・規則型の 2 列と 3 列
- ・ランダム型の 2 列と 3 列（木の本数は規則型 2 列分と 3 列分と同様）

以上のパターンで計測を行った。

< 模型図 >

●…木

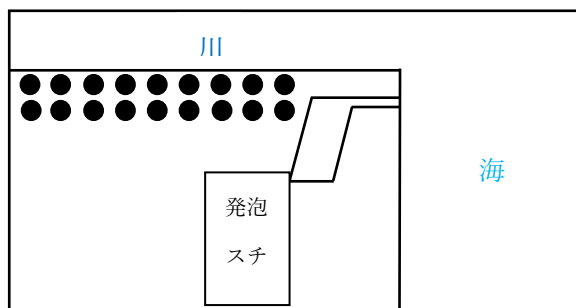


図 10 縦型

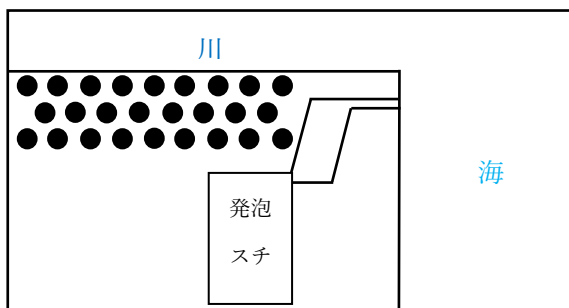


図 11 規則型

ラン…ランダム

イ 実験結果

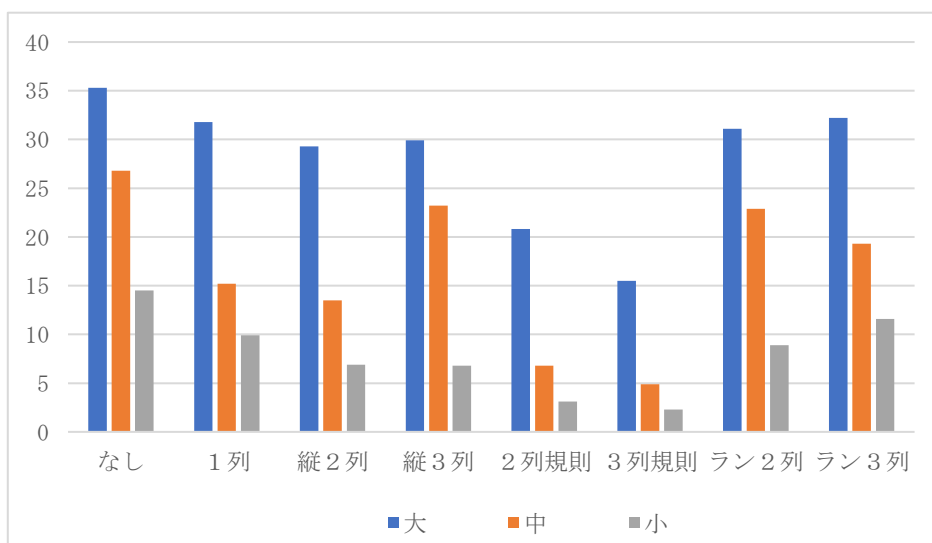


図 12 川側結果

上の図より、木を1列や縦2列、縦3列に配置した場合は、何もない状態と比べ、被害は軽減できたものの、1列と縦2列では数値にあまり変化はなかった。縦3列の中のみ値が大きかった。また、木を規則的に並べた場合では、木の列の数が増えるにしたがって、被害も抑えられる傾向が見られた。

ウ 考察

- ・木が何もない状態よりも木を設置した状態の方が、数値が小さくなっていることから、木を川沿いに設置することは、被害を小さくすることができると考えた。

- ・縦型よりも規則型の方が浸水被害を小さくすることができた。

また、上記のグラフより、木の列数が同じ場合でも木の配列によって被害の大きさも変わってくるということがわかった。

この結果から、実験①と同じように規則型の3列が浸水被害を最小限にすることができると考えられる。

(3) 実験③

実験①と実験②を組み合わせる。

ア 実験方法

この実験では海側の現段階での最適解である規則型の3列と、川側の現段階での最適解である規則型の3列を組み合わせた。そして、何もない状態と現段階での最適解を組み合わせたもの浸水被害の違いを比較した。

今回の実験では浸水被害を比べるため、陸地の13か所に塩化コバルト紙を設置し、浸水被害の差を比較した。波の強さは大で行った。

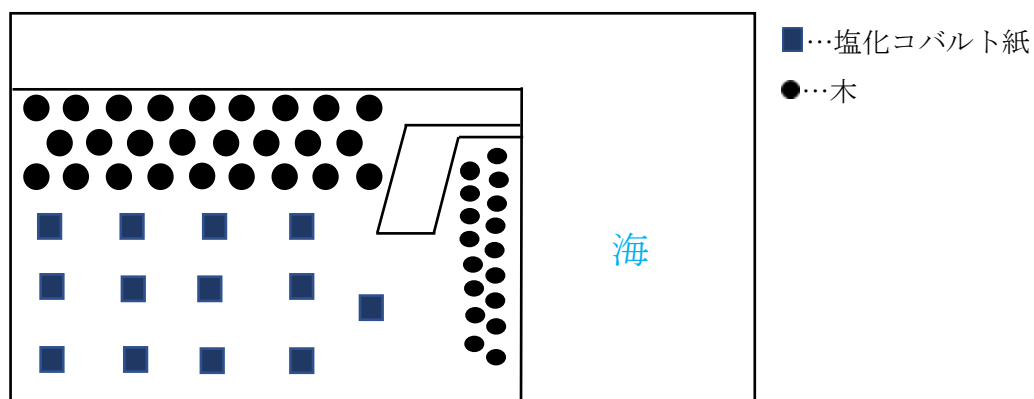


図13 現段階での最適解

イ 結果

図 14 は木を設置しない場合の浸水被害を表した写真である。海側と川側から大量の水が入り込み、陸地全体が浸水してしまった。



図 1 4 木なし

図 15 は海側に規則型の 3 列、川側に規則型の 3 列を設置した現段階での最適解を表した写真である。海や港に近い陸地や川側の河口に近い辺りの陸地は浸水してしまったが、海や川から少し離れた陸地には波が届かなかった。

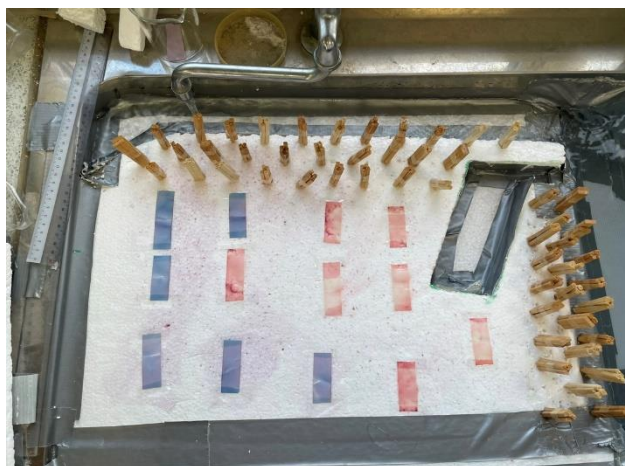


図 1 5 現段階での最適解

ウ 考察

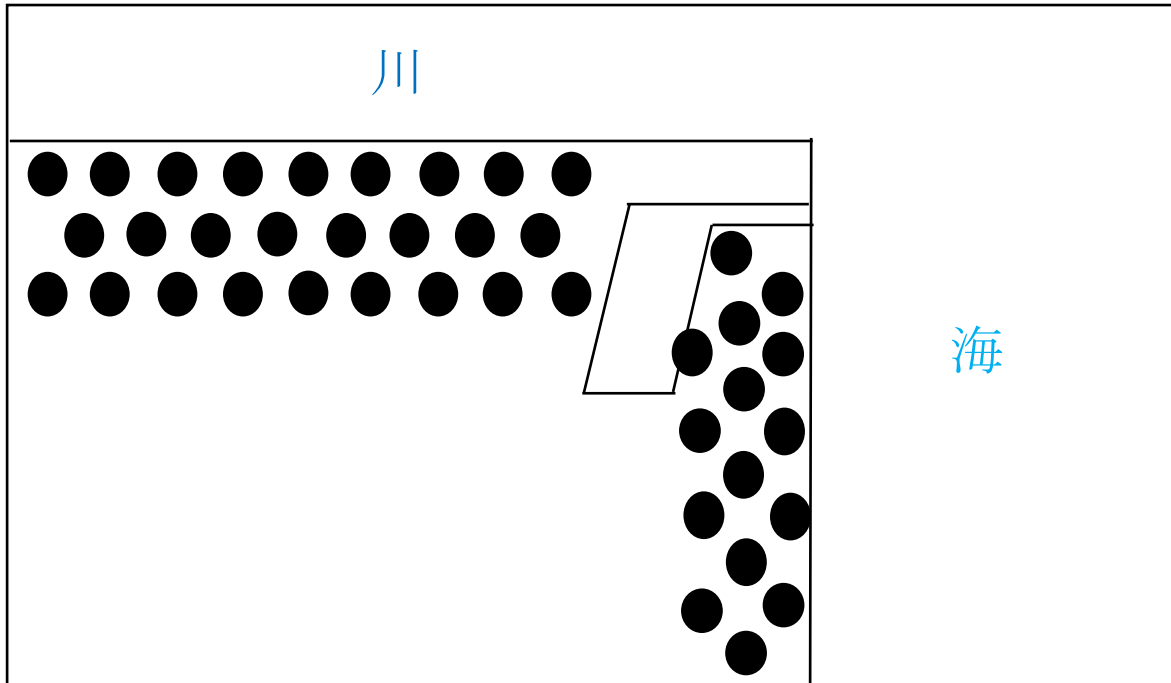
木を設置することで津波の威力を弱くし、海や河口から遠い場所の被害をほぼ 0 にできる。

5 全体のまとめ

- ・木を設置することは、浸水被害を小さくすることにつながる。
 - ・木の列数を増やすことは、被害を小さくすることにつながる。
 - ・海側も川側も木を規則型の 3 列で設置すれば、威力が弱い津波であれば被害をほぼ 0 にできる。
- また、威力が強い津波であっても浸水被害を小さくすることができる。
- ・木と木の間のスペースを小さくすることが重要である。

6 最適解

●…木



7 今後の展望

- ・規則型の3列よりも優れている木の配置方法がないか調べる。
- ・通常の防波堤を建設した場合との浸水被害の差を比較する。
- ・木以外の植物で浸水被害を小さくすることができないか考える。
- ・ドライアイスを用いて、流体移動の可視化をする。