

1.4 発展途上国における持続的な津波対策に関する研究（１）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水災害研究グループ（国際普及）

研究担当者：田中茂信、栗林大輔、Dinar Istiyanto

【要旨】

2004 年のインド洋大津波以降、各国で様々な津波防災活動が進められている。しかしながら、大津波は甚大な被害をもたらすものの数十年に一度という低頻度で発生する災害であるため、構造物対策だけでなく様々な種類の対策を総合的かつ継続的に実施していく必要がある。本研究では、発展途上国における持続的な津波対策に資するために、総合的津波対策に携わる人材を育成するための研修教材の検討および作成を行うと共に、海岸植生による津波の低減効果を数値シミュレーションで定量的に示し、さらに海岸植生による津波・高潮対策のガイドラインの検討及び作成を行った。

キーワード：津波、海岸植生、研修教材、ガイドライン

1. はじめに

2004 年 12 月に発生したスマトラ島沖地震によるインド洋大津波は、約 23 万人の犠牲者を出すなど沿岸各国に莫大な被害を与えた。この巨大な損失は、国レベルから地域レベルに至るまでの津波災害に対する適切な準備不足によるものと考えられている。

津波後、各国政府や関連国際機関による様々な津波防災活動が進められているが、津波災害は数十年に一度という低頻度で発生する災害であり、また発展途上国においては、防波堤や防潮堤などの大規模な構造物対策は費用や時間がかかるため採用しにくく、そのため海岸植生による対策や、行政官に対する津波研修の実施、被害を後世に伝える防災教育、あるいはハザードマップの活用により住民の災害に対する意識を醸成したりするなど、息の長い持続的な対策を総合的に行う必要がある。

これらの背景のもと、本研究では、発展途上国における総合的津波対策に携わる人材を育成するための検討、研修教材の作成を行うと共に、海岸植生による津波の低減効果を数値シミュレーションで定量的に示し、さらに海岸植生による津波・高潮対策のガイドラインの検討及び作成を行う。

2. 発展途上国における津波・高潮防災の研修教材開発

2. 1 「総合津波防災研修コース」の実施

ICHARM では、過去における日本の津波経験や津波対策を途上国での津波対策に活かすべく、(独)国際協力

機構（JICA）の後援の下、UN/ISDR と連携し、『UN/ISDR 総合津波防災研修』を、2008 年 6 月 2 日から 7 月 11 日まで 6 週間にわたり実施した¹⁾。本研修への参加者は、インド洋大津波で甚大な被害を被ったインド、インドネシア、モルジブ、スリランカの 4 カ国から計 11 名の、今後 3 年から 5 年にわたり総合津波対策を推進する組織のチーフまたは同等の地位にある政府関係者である。

2. 2 教材の内容

研修実施にあたっては、日本大学総合科学研究科 首藤伸夫 教授や東北大学附属災害制御研究センター津波工学分野 今村文彦 教授など津波防災の専門家から助言を得た。また日本の津波常襲地でもある三陸地方や紀伊半島地方の県・市町村から津波防災に関するヒアリングを進め、以下の研修教材を作成した。

内容は以下の通り 4 章構成である。

『Tsunami Disaster Management based on “Local Disaster Management Plan”』

1 Key concepts for tsunami countermeasures in Japan

2 Basic laws and plan related to disasters in Japan

2.1 Disaster Countermeasures Basic Act

2.2 Basic Disaster Management Plan

2.3 Local Disaster Management Plan

3 Tsunami countermeasures in Japan

4 Building capacity and disaster education for

tsunami

4.1 Transfer of knowledge and experiences in disaster mitigation

4.2 Training materials for workshop

4.3 Disaster mitigation education for local residents

本教材においては、日本の津波対策を紹介するだけではなく、日本の防災対策の基本である「自助」「共助」「公助」の概念や、災害対策基本法などの関連法や地域防災計画、あるいは津波による被害を後生に伝えるための防災教育などにおいて記載されている。発展途上国においては、予算や人的資源が限られているため、構造物による被害軽減策よりも、教育を含めた平素からの啓発活動や、過去の被害の伝承方法など、住民に対する意識啓発に関する事項が多く解説されており、途上国の研修生が自国においても十分活用できるよう配慮されている。

3. 発展途上国における津波ハザードマップ作成のガイドライン提案

3. 1 ガイドライン作成の目的

インド洋大津波以降、被害各国においてマングローブ等の海岸植生を活かした津波対策に注目が集まった。しかしながら、海岸植生に過度な津波対策は期待できず、他の構造物対策などと併用して実施される必要がある。本ガイドラインでは、海岸植生の効果を最新の数値シミュレーション結果から導出する方法を提示し、あわせて維持管理方法についても触れている。

3. 2 ガイドライン（案）の内容

ガイドライン（案）においては、現地での植栽による防護計画に必要な現地状況の把握方法や、植生の地域特性とその生態など、計画に必要な項目について整理・検討し、植生帯の工事手法や維持管理手法まで、一貫した現地調査手法について記述されている。ガイドライン（案）の項目は以下のとおりである。

1. 概要

2. 対象とする外力の設定

2-1 計画津波波高の確認

3. 現地状況調査

3-1 地形状況

3-2 社会状況

3-3 既存の植栽状況

4. 検討条件の設定

4-1 防護範囲の設定

4-2 実効植栽幅の設定

4-3 樹種の設定

5. 植栽工の効果算定

5-1 植生の胸高直径と樹高の設定

5-2 植栽密度の設定

5-3 植栽工の効果算定

6. 植栽工を含めた防護対策の検討

7. 維持管理方法の検討

8. 計画の策定例

なお、4.検討条件の設定と、5.植栽工の効果算定の下承については、田中ら^{2),3)}による検討結果を参考としている。

また、本ガイドライン（案）による植栽を用いた防護計画策定のフロー図を図3-1に示す。

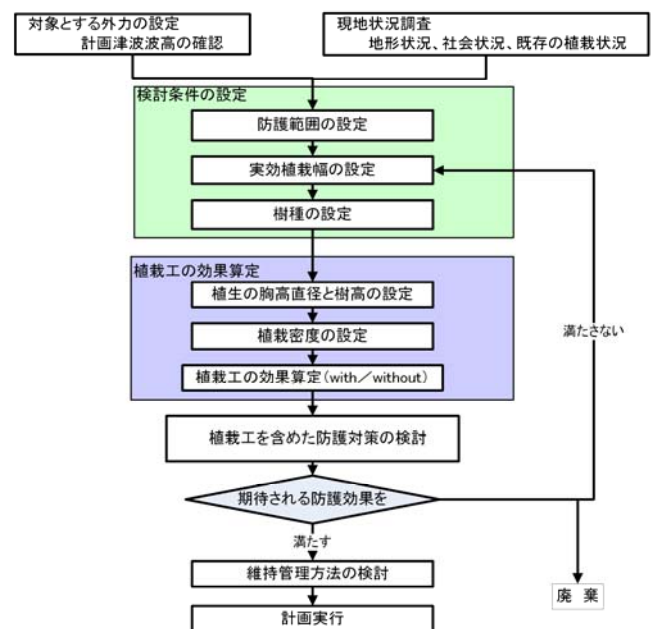


図3-1 植栽を用いた防護計画策定フロー図

3. 3 植栽を用いた防護計画の策定検討例

ここでは、スリランカ・ゴール港を対象として、本ガイドライン（案）による計画策定検討例を示す。

3. 3. 1 対象とする外力の設定

本検討では、National Geographical Data Center (NGDC) が作成した“Tsunami Runup Database”⁴⁾のデータベースにより、既往最大浸水高より対象地点の砂浜の浸水高が4.7m（標高）であることから、海岸線付近の計画津波波高を 4.7m として設定する。

3. 3. 2 現地状況の把握

地形状況、社会状況、既存の植栽状況について現地調査により把握する。ここでは、既往の知見により現況を整理した。ゴール港対象地点の砂浜部は20～30m程度と狭く、背後地盤は標高2～3mで住宅が密集しており、植生帯の整備として50m以上の幅が必要となる場合、海側住居地域の一部リロケーションを仮定する。

既存の植生として、ゴール市南に位置するKalutaraのカルガンガ川河口に「モクマオウ」(写真1)と「パンダナス」(写真2)の混成林がみられていたので、植栽計画においてはこれを参考とする。



写真1 モクマオウ(CASUARINA)



写真2 パンダナス(PANDANUS)

3. 3. 3 検討条件の設定

I 防護範囲の設定

防護範囲は図3-2に示す通り津波の侵入を受ける海岸線背後の地域とする。海岸部分に配置する津波防護用植栽工の海岸方向延長は、700mとする。また市街地を防護するため、来襲津波高さは木造家屋の全面破壊を防げる約1.0mまで減少させる。また、地形図から防護範囲の地形勾配は、1/500に設定する。

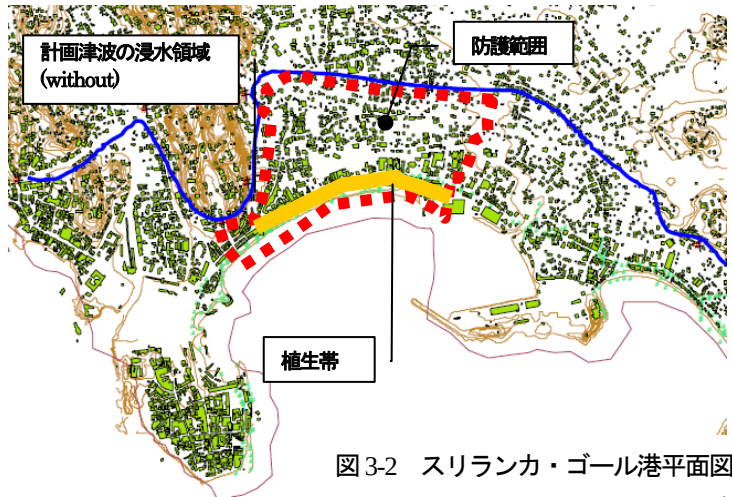


図3-2 スリランカ・ゴール港平面図

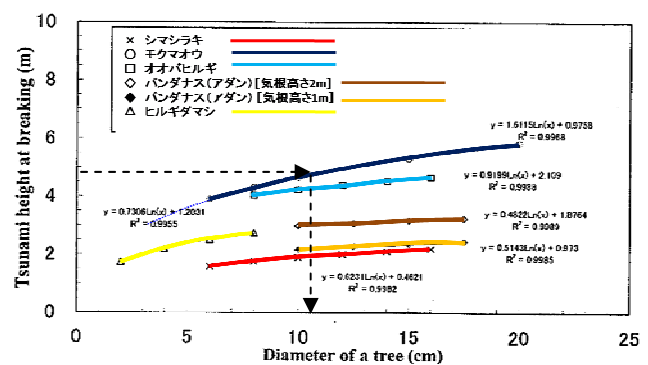


図3-3 胸高直径と破断が生じる津波高の関係²⁾

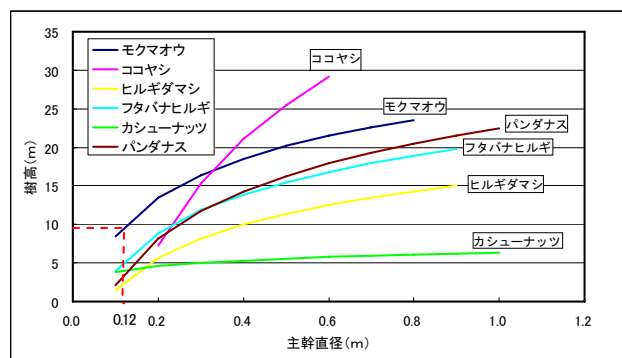


図3-4 樹木の主幹直径と樹高の関係³⁾

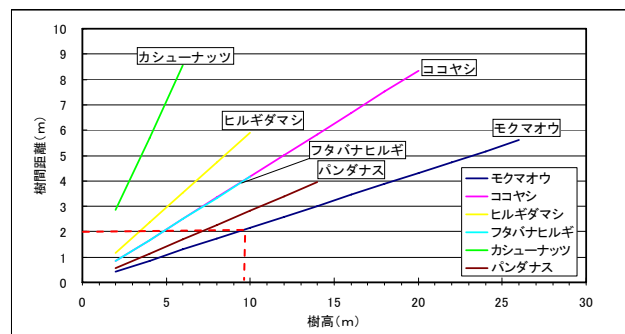


図3-5 樹木の樹高と樹間距離の関係³⁾

II 実効植栽幅の設定

植栽計画範囲は一部住居のリロケーションを含む海岸区域に植栽を行うこととする。これより植栽幅を 50～100m と設定する。

III 樹種の設定

対象とする樹種は、現地の植生状況に鑑み、モクマオウとパンダナスの混成林を選定する。

3. 3. 4 植栽工による減衰される津波高さの算定

I 植栽工の胸高直径と樹高の算定

モクマオウについて、津波高に対する破断の検討を行う。津波高 4.7m に対するモクマオウの必要胸高直径は図 3-3 から 12cm となる。胸高直径 12cm に対するモクマオウの樹高は図 3-4 から 9.5m となる。

一方、パンダナスについては、図 3-3 に示されるように、津波高が高いと破断の評価はできないので実施しない。パンダナスは成長樹高は最大 10m 程度であるが、ほとんどは 3-5m 程度であるので、計画樹高を 5m に設定する。

II 植栽密度の設定

図 3-5 からモクマオウの樹高 9.5m に対し、樹間距離は 2m となる。同様にパンダナスの樹間距離は 1.5m となる。

それぞれを正方形に配置することとし、樹間距離から 1m²あたりの植栽密度を求める。

$$\text{モクマオウ} : 1.0 / (2.0 \text{ m})^2 = \underline{0.25 \text{ (本/ m}^2\text{)}}$$

$$\text{パンダナス} : 1.0 / (1.5 \text{ m})^2 = \underline{0.44 \text{ (本/ m}^2\text{)}}$$

モクマオウの樹木高 9.5m に対し樹間距離は最低 2m、パンダナスの樹高 5m に対し樹間距離には最低 1.5m が必要となる。混成林であることから、パンダナス 8 本に対し、モクマオウ 1 本の植林形態とする。

III 植栽工により減衰される津波高さの算定

植栽工を実施しない場合の浸水高は、計画津波波高 4.7 m を用いる。

植栽工を実施する場合の浸水高は、田中（2008）の植生帯の幅による津波の減衰比図（図 3-6）から、実効植栽幅 50m と 100m について読み取る。地形勾配は前述の通り 1/500 とする。

モクマオウ

実効植栽幅 50m → 減衰比 0.9

実効植栽幅 100m → 減衰比 0.85

パンダナス

実効植栽幅 50m → 減衰比 0.77

実効植栽幅 100m → 減衰比 0.70

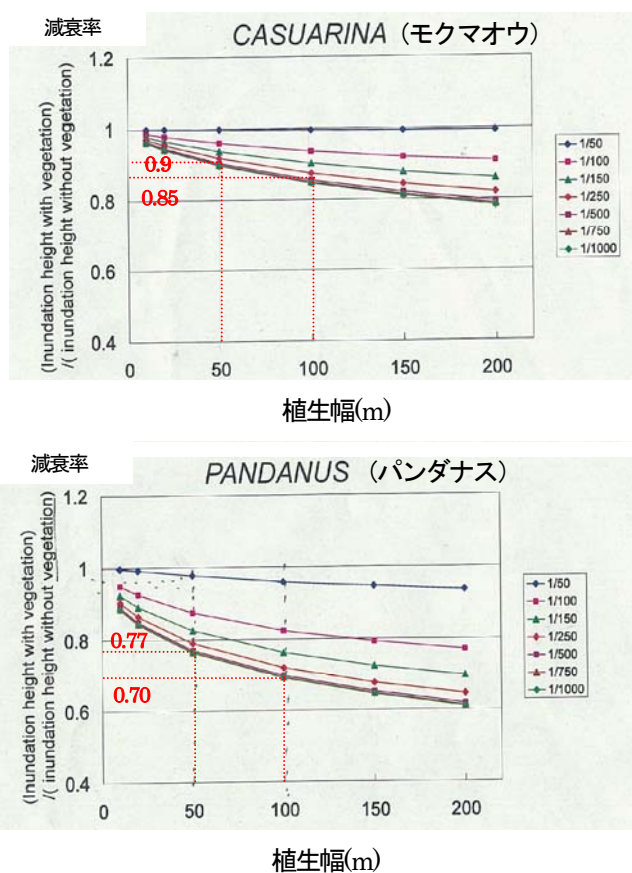


図 3-6 モクマオウ及びパンダナスの減衰率⁵⁾

しかし上記は、モクマオウ及びパンダナスの単成林の減衰率であるので、混成林の場合はそれぞれの波浪低減率に植栽本数の重み平均をかけた減衰率を用いる。全植林本数 9 本のうち 1 本がモクマオウ、残り 8 本がパンダナスであるので、各ケースにおける植栽工で減衰される津波高さは、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{実効植栽幅 50m} : & 4.7 - (4.7 \times (0.9 \times 1 + 0.77 \times 8) / 9) \\ & = 4.7 - 3.7 = \underline{1.0\text{m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{実効植栽幅 100m} : & 4.7 - (4.7 \times (0.85 \times 1 + 0.70 \times 8) / 9) \\ & = 4.7 - 3.4 = \underline{1.3\text{m}} \end{aligned}$$

3. 3. 5 ハード対策を含めて津波防護を行う場合の植栽計画例

ゴールのように市街地化が進んでいる地域は植栽スペースが限られることから、ハード対策を含めて津波防護を行う場合の植栽計画例を図 3-7 に示す。

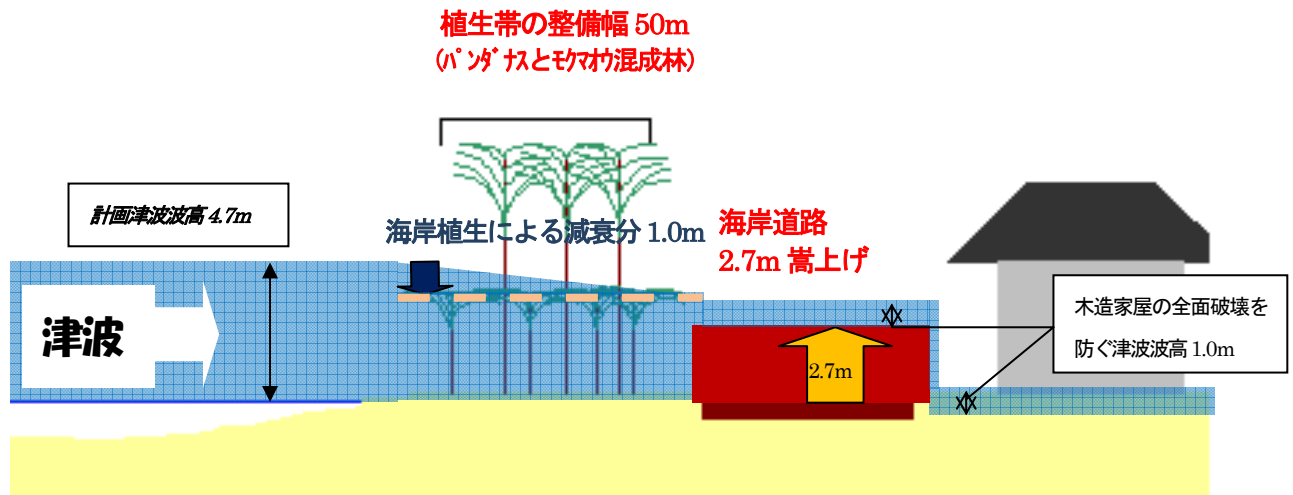


図 3-7 海岸植生を用いたスリランカ・ゴール地域における津波対策例
(モクマオウとパンダナスの混成林を幅 50m 整備する場合)

植栽工とハード対策を併用する場合には、海側フロントには津波のエネルギーや高さを徐々に低減出来る植栽工を配置し、その陸側背後に堤防などのハード対策を行うのが、津波対策上効果的とされる。

3.3.3 で述べたとおり市街地を防護範囲とするため、木造家屋の全面破壊を防ぐ津波高約 1.0m まで波高を減少させることを想定すると、植栽幅 50m 後端部での津波高は 3.7m に低減するので、海岸道路は、2.7m 嵩上げる必要がある。同様に、植栽幅 100m 後端部での津波高は 3.4m に低減するので、海岸道路は 2.4m 嵩上げる必要がある。地盤高は富田ら⁹⁾によった。

4. まとめ

本研究においては、発展途上国における総合的津波対策に携わる人材を育成するための検討、研修教材の作成を行うと共に、マングローブ等の海岸植生による津波の低減効果を数値シミュレーションで定量的に示し、さらにマングローブ等の海岸植生による津波・高潮対策のガイドラインの検討及び作成を行った。

参考文献

- 1) 田中茂信、栗林大輔、ディナル イスティアント：土木研究所資料第 4113 号「UN/ISDR 総合津波防災研修」研修実施報告書、2008 年 11 月
- 2) 田中規夫・武村 武・佐々木 寧・M.I.M.Mowjood (2006)：スリランカ海岸林の樹種による被壊条件と津波到達遅延時間の相違、海岸工学論文集、第 53 巻、土木学会、pp.281－285.
- 3) 田中規夫・佐々木 寧・湯谷賢太郎・Samang Homchuen (2005)：津波防御に対する樹林幅と樹種影響についてーインド洋大津波におけるタイでの痕跡調査結果ー、海岸工学論文集、第 52 巻、土木学会、pp.1346－1350
- 4) Tsunami Run up Database (National Geographical Data Center : NGDC)
<http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/form?t=101650&s=167&d=166>)
- 5) 田中規夫 総合津波防災研修資料 (2008)
- 6) 富田孝史・本多和彦・菅野高弘・有川太郎 (2005.12)：インド洋津波によるスリランカ、モルジブ、インドネシアの被害現地調査報告と数値解析、港湾空港技術研究所資料、No.1110、独立行政法人 港湾空港技術研究所

RESEARCH ON SUSTAINABLE MEASURES FOR TSUNAMI DAMAGE MITIGATION IN DEVELOPING COUNTRIES

Abstract :

In this research, we developed training materials for human resources training in comprehensive tsunami disaster mitigation to promote sustainable tsunami countermeasures in developing countries. We also quantitatively simulated the effects of coastal vegetations, such as mangroves, in tsunami disaster mitigation. The research results were reflected in the “Guideline for Coastal Protection Using Coastal Vegetations” that will also be used for further empowerment of experts in tsunami disaster mitigation in developing countries.

Key words : tsunami, coastal vegetation, training, capacity building