

タイとスリランカ国におけるスマトラ島沖地震 による津波災害と海岸林の役割

真 島 征 夫

1. はじめに

2004年12月26日午前7時58分(現地時間), インドネシア・スマトラ島西方沖で発生したM 9.0の巨大地震は, 大規模の津波を引き起こし, インド洋沿岸諸国に来襲して, これまで未経験の大規模な災害となった。この津波により, アジア・アフリカ諸国では, およそ30万人にも及ぶ人命喪失と多大な物的損害を正に一瞬にして被るという大惨事なったことはまだ記憶に新しい。

昨年3月, 津波被害政府調査団の一員として, 森林・林業関係について, タイ, スリランカの2ヶ国における, 海岸域での森林配備の現状とその被害実態, 防潮効果の実態把握, 被災に伴う林産物需給の動向, 今後の我が国の協力・支援のあり方と相手国との要望等について調査することを目的に, 短期間ではあるが現地調査に参加した。その結果を基に, 両国における海岸林の被災実態や効果並びに今後のあり方について考えてみる。

2. 津波被害と森林被害の実態

今回の地震により発生した津波の海上高さは, スマトラ島では30m以上に及ぶと言われ, タイの南西海岸には, 地震発生後約1時間半~2時間後に最大約6~11mの, スリランカへは約2時間後に最大約12mの波高の津波が到達したと伝えられている。地震の規模が巨大で, 震源が海底の浅いところで, かつ断層の縦ズレが大きかったことに原因して, 発生した津波も大きな破壊力を発揮している。なお, 両国とも当時は津波に対する情報の公表・伝達システム

Yukio Mashima : Role of Coastal Forests in Tsunami Disaster at Thailand and Sri Lanka by the Sumatran Island Offing Earthquake
(財)林業科学技術振興所筑波支所

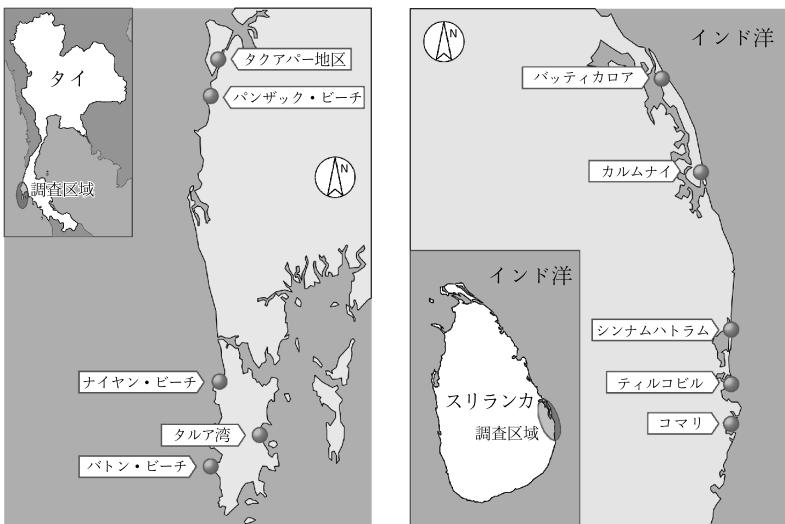


図 1 タイ（左図）とスリランカ（右図）の調査地

は整っていなかった。このため、人的被害として、タイ国では5千余名、スリランカでは3万1千余名の死者が出たと報じられている。また、物的被害も大きく、中でも両国とも、特に住宅・家屋の損壊や漁業関係の被害が甚大だったと言われている。この他、ビーチ海浜幅の短縮、珊瑚の打ち上げ、海底岩石の移送・打ち上げ等も認められ、海洋生態系の破壊が指摘されている。両国における今回の森林・林業に関する調査地を図1に示す。

津波被害の軽重は、調査地の津波伝播方向との位置関係や海岸域の地形要因、土地利用形態等により大きく左右される。そして、海岸域が森林・樹木や砂丘で構成されているか否かで、その後背地の被災の様子が大きく異なることが、現地で実証・再現されていた。以下に森林・林業関係の被災の実態を記す。

(1) タイ国

① 津波はプーケットで高さ約6m、カオラックでは約11mで南西方向から来襲し、マングローブ林（河口部）、モクマオウ林、ココナツヤシ林（園）が被災した。

② マングローブ林の被害は、河口の砂州部に成立していたものに、津波が直撃して折損・切断、倒木等が限定的に発生しており、津波の河川遡上による被害は、流路から内陸側にせいぜい20～50m留まりで、その背後にまで被

害は及ばず、高い防潮・減殺効果を発揮していた（写真1,2）。

③ モクマオウ林やヤシ林の被害は、基盤の土壤が津波により浸食・洗掘され（約80～120cm深）、根系が露出し、それにより転倒枯死した例が多く見られた（写真3）

（2）スリランカ国

① 東海岸のアンパラ県とバティカロア県では、最大約12m程度の津波が直撃し、ヤシ園とマングローブ林、モクマオウ林等が被害を受けた（写真4）。

② 低地部の入り江等には、津波に伴う大量の海水が侵入・滞留し、樹高が約16mの樹木の梢端部に塩害による変色枯死が確認された。ただ、タイで見られた沿岸土壤の浸食・洗掘によるモクマオウやヤシの根系の露出や倒木被害は確認出来なかつた。

また、タイ、スリランカ両国とも海岸域には、元来木材産業と言るべきものが立地せず、特筆すべき被害も、復興に向けての調達資材としての木材製品等の価格の上昇も発生していなかった。

3. 津波に対する海岸林等の効果

津波災害では、海底や陸上の海岸後背地の地形的影響が大きいが、タイ国ourkeット島等の西海岸においては、後背地が内陸に向かって傾斜が増す地形にあり、津波の侵入・引き波双方による被害が発生し、また森林・樹木の効果も漂流物の阻止効果等に機能している。一方、スリランカ国東海岸では、砂州



写真1 津波の直撃により破壊された砂州上のマングローブ林（タイ）



写真2 河川を越上した津波により奥行き約20～50m幅が破壊されたマングローブ林（背後のゴム園は無事）（タイ）



写真3 津波により土壤浸食を受けたモクマオウ林（タイ）



写真4 津波により前列が破壊されながらも生残しているモクマオウ造成林（スリランカ）

2) 両国とも、ココナツヤシ林等は、植栽間隔が大で、枝下高が高い樹幹形態をなし、林床植生の発達が乏しい疎林状態にある。そこでは相対的に津波の侵入に対する抵抗粗度は低く、林内や後背地の建物等の被災を軽減する程度が小さく（写真5）、表土浸食も引き起こしていた。スリランカ国で、モクマオウ植栽造成林では、汀線側の数列が破壊される被害を受けながらも、津波の侵入阻止、後背地の諸被害軽減に大きく貢献していた。例えば13~15列植栽林で、海側数列が津波で破壊されても、この犠牲林の後方数列が残り、林床の落葉層もそのまま残っており、効果の発揮が推測された。一方、植栽間隔の疎なココナツヤシ林では津波が侵入し、林帯を通り抜け、後背地の農地や住宅地

の砂丘頂部に集落・道路が発展し、内陸部に向かって傾斜が低下し、その後背地は潟（澗沼）、湿地、農地になっており、津波の侵入被害とその阻止効果は見られるが、侵入した津波が潟等の低地部に滞留して、ほとんど引き波現象やそれによる被害も起こらず、両国間で大きな相違があった。両国における津波に対する海岸林等の効果に関する調査結果をまとめると以下のとおりである。

1) 海岸に疎林といえども樹木が植栽されていたところでは、船舶など漂流物の内陸侵入を阻止していた。海岸に直面して建物があったところは、コンクリート製であっても、津波の直撃を受け破壊されたものが見られた一方で、その隣にモクマオウの林があり、その後背地に建てられた建物は無事だったというようなケースが幾つか見られ、海岸林の存在が明暗を分けている。

に甚大な被害を与えていた。侵入した津波は住宅の周囲に渦流を起こし、家屋周囲の基礎地盤土壌を浸食洗掘して、住宅全体の沈降被害を引き起こしていた（写真6）。

3) タイ国カオラックでは、マングローブ林の津波に対する効果が極めて大きいことが実証された。すなわち、河口部の砂州上に成林していたマングローブ林は津波の直撃で、奥行き約100～200mが破壊されたが、津波の週上による流路沿いのダメージは最大で幅約20m程度で、背後のマングローブ林やゴム園を防護していた。

4) 汀線後方に造成されたモクマオウ林は、海浜の白砂と相俟ってビーチ独特の好景観を形成し、日射を遮り、海水浴客等の休息場所、入り込み者相手の出店場所になっており、地元民と観光客の経済的交流の場を形成している。

5) 海岸林や砂丘は、津波及びそれによる漂流物の内陸部への侵入阻止効果を発揮しており、砂丘形成地では、津波による砂丘の破壊も見られたが、砂丘の存在自体が津波の侵入力（波高、速度等）を減殺したことが、現地人の証言や痕跡からも認められた。

6) タイ国プーケット島の例で、ビーチ後方に護岸工等の施設があったところは、津波の侵入に抗して、後背地の諸施設の防護に効果を発揮していた。

4. 今後の海岸林等の整備

タイ国では、海岸部の建築規制として、現在も①海岸から200mまでの建築禁止、②高さ10m以下、かつココナツ林の高さを超えない等の制限はある



写真5 ココナツヤシ林に侵入した津波により破壊された住宅群 (スリランカ)



写真6 津波により基礎地盤が洗掘され、1階部分が沈降埋没した住宅 (スリランカ)

るといわれる。今回の津波災害を踏まえて海岸からの建築規制幅をさらに100m延長する計画があるという。この規制によるバッファゾーンに海岸林の積極的な造成・配備が望まれる。また、スリランカ国では今回の災害を契機に、汀線から100～200mの範囲を建築禁止区域とし、居住していた住民を代替地の代替住宅に移転させる計画が持ち上がって既に測量済みで、森林管理関係者はここに海岸林造成を行い、バッファゾーンとして確保したい意向を持っていた。

タイ、スリランカ両国においては、これまで津波に対する知識や経験に乏しく激甚な災害となつたが、海岸域における森林の効果や整備の重要性が、今回の被災で実感として認識されたと思われる。

さて、今調査結果を踏まえ、両国の今後の海岸林等の造成・整備のあり方やその際の留意点について、まとめてみると以下のようなことが考えられる。

1) 今回の津波災害を通じて、砂丘の効果や海岸林の防潮効果が認識されたものと思われる。したがって、海岸林を防災バッファゾーン（グリーンベルト）として積極的に造成整備する方向で考えるべきである。砂丘も計画的に造成を行い、スリランカでは防風、飛砂対策としての海岸林の造成も重要な課題であり、計画的に整備して行くべきである。

2) そのためには立地環境を考慮した適樹種の選択、植栽林帯幅、植栽間隔、保育・管理法が必要である。また、その永続的な維持を考えた時、例えばアグロフォレスト等のコミュニティフォレストの導入等々を考慮した計画設計が必要である。

3) 河口域の感潮帶では、マングローブ林の積極的造成を行う。これにより、海洋側からの沿岸域への消波等、緩衝帶としてのマングローブ林の効果が期待できる。

4) 今後詳細な専門の調査が必要であるが、今回現地海岸で確認され、植栽や自生していて、海岸林として期待できそうな樹種は、河口部の感潮帶でのマングローブをはじめ、モクマオウ、ヤシ（パルメーラ？）等が代表的なものといえそうである。ココナツヤシも広く植栽されているが、津波対策等の防災対策上は、現在の植栽間隔等のやり方では問題が残る。

5) 海岸林の重要性についての認識は高まったと考えられ、防災ゾーンとしての海岸林の設定・確保等が望ましいが、海岸域の現状の土地利用形態は様々で、地権者、管理形態も多様のようであることから、その際には行政権限と地権者等との調整が問題となるであろう。

6) ココナツツヤシ（園）では、津波防災上からはその勢力減殺効果が小さかった点が明らかになり、他の樹種等への転換が望ましいが、その際は経済的補填やアグロフォレスト要素のある換金植生との混植等、技術的、経済的観点からの検討が必要であろう。

7) スリランカ国では、我が国同様四方が海に囲まれ、外洋からの高波、海風もタイ・プーケットと違って強いようで、海岸林造成においては、我が国の知見に準じた砂丘造成、林帯造成及びその後の間伐等の保育管理技術等が必要と考えられた。

8) 地域住民の安心・安全やリゾート客の安全上からも、海岸林の造成はもとより、護岸、避難路等の付帯施設の整備や警戒避難の情報伝達法、避難誘導のトレーニング、啓蒙教育等のソフト対策についても構築する必要があろう。

9) 被災激甚地等に被災モニュメントを創設し、住民の防災意識を高め、継続的に維持する防災コミュニティのシステムを構築することも必要となろう。

5. 終わりに

防災技術先進国の我が国としては、これまでの知見を周辺発展途上国への防災技術の向上や国家の発展に寄与・貢献する義務を負っていると思われる。

我が国では、これまでに数多くの津波災害を経験し、海岸林の防潮機能発揮に関する知見を蓄積して来ている。またこの海岸林や砂丘造成技術や維持管理技術についても永年の経験と実績を積んで来ている。さらに研究の進展により、津波の防潮機能を発揮する海岸林の配置・規模を求めるシミュレーション解析手法も開発され、必要な林帯幅や林分の規模等も推算可能になっている¹⁾。

まずは、この我が国の知識・経験を基に、被災国の人的資源の養成を図り、被災国の復興を担当する技術者の人材育成を促進するため、我が国への受入研修や我が国からの豊富な知識と技術を身につけた人材チームを派遣し、被災国の環境に合致した海岸林の早期造成に協力すべきと考える。なお、今回の被災国の調査に関し、調査対象国及び日本国各関係機関、関係者に多大な御協力・御支援をいただいた。深く感謝申し上げる。また、今回の調査は、短時間の日程で、極限られた部分を垣間見てきたに過ぎないことをお断りしておく。

〔引用文献〕 1) 林野庁（平成16年3月）：海岸林防災機能の高度発揮のための管理システムに関する調査報告書、pp119