



東京海上日動リスクコンサルティング（株）
情報グループ
グループリーダー 指田 朝久

インド洋津波被害とマングローブ

はじめに

2004年12月26日に発生したスマトラ沖の巨大地震は、断層の長さが1,000kmを越えるマグニチュード9.3（関東大震災のマグニチュード7.9の120倍以上の大きさ）の巨大地震であった。この地震では揺れの被害よりも津波による被害の方が大きく、最大40mを超す巨大津波がインドネシア、タイ、スリランカから遠くアフリカまでを襲い、30万人以上の尊い命が失われている。その後この津波調査を実施したところ、海岸にマングローブの林があったところでは津波被害が軽減されていることが判明した。

一方、開発などでマングローブ林が伐採されていたところでは、津波被害が軽減されていない。かねてより大気中の二酸化炭素を吸収する森林の伐採は、地球温暖化を防止する上でも好ましくないとされてきたが、熱帯海岸のマングローブ林は二酸化炭素の吸収のみならず、津波災害を軽減する機能を果たしていることが今回の地震で明らかになったのである。

ここでは、津波災害とはどのようなものなのか、マングローブ林とはどのような植物なのか、また、マングローブ林が持っている二酸化炭素の吸収、動植物の多様性の維持などの環境効果とは何かを、マングローブ林が伐採された理由とともに解説する。そして、スマトラ沖地震においてマングローブがどのように津波防災に貢献したかを紹介し、最後にミレアグループの東京海上日動火災保険㈱が実施しているマングローブの植林事業について述べる。

1. スマトラ沖地震による津波災害

1.1 地震被害の概要

2004年12月26日の日本時間午前9時58分に発生したスマトラ沖地震は1960年に発生したチリ地震につぐ観測史上2番目の巨大地震であった。³⁾この地震で発生した津波はインド洋を伝わり震源に近いインドネシア、タイだけでなく1,500km以上離れたスリランカ、2,000km離れたモルディブ、さらには4,000km以遠のアフリカ東岸にまで津波被害を引き起こした。死者・行方不明者はインドネシアで16万人、スリランカで3.6万人、インド洋周辺各国で22万人にのぼると言われている。

今回の津波地震は、震源域の長さが1,000km以上という巨大地震であったことに加えて、地震がインド洋プレートの沈み込み帯で発生したため海底の断層が上下した量も大きかったことから、巨大津波が発生した。また、津波は海が深いほど伝達速度が速くなるため、平均水深が4,000mに達するインド洋では伝達速度が時速700kmにも達し、わずか2時間程度

でインド大陸東岸やスリランカに達している。そしてタイやマレーシアにも2時間ほどで津波が到達している。

1. 2 津波災害とは何か

スマトラ沖地震では、はじめて津波が襲ってくるところがビデオに撮影された。それがテレビで放映されたため、多くの市民がその津波の映像をみて、改めて津波の怖さを認識したのではないかと考える。

津波は、地震により海底の地形が上下に動いたときに発生する。地形の変動で持ち上げられたり引き下げられたりする量は、巨大地震でも数m程度であるが、問題は、奥行きが狭くなっているリアス式海岸などに津波が押し寄せたときに、海水が狭いところに集中し、津波の高さが30～40mにも達する可能性があることである。日本でもかつて三陸沖地震やチリ地震により三陸海岸、北海道南西沖地震により奥尻島で、30mを超える津波到達点が観測されている。

津波に関しては、今まで到達高さの怖さばかりが強調されてきたきらいがあったが、スマトラ沖地震津波で注目されたのは津波の流速である。大人の膝下程度、つまり50cm程度の津波であっても流速が早いため大人でも流されてしまう。多くの人は大きな波というと台風のようにうち寄せる高波を思い浮かべてしまうと思われるが、津波は風による高波とは全く異なるものである。海底が数十km以上にもわたって一斉に上下し、その海水が押し寄せるものであるから海面が一気に高くなる。いうならば水の壁が押し寄せてくるようなものである。台風による高波も恐ろしいものであるが、高波が土用波のように波高が上下するのに対して、津波は一度あがった海面が後から後から次々と押し寄せるのである。つまり津波は風による高波に比べて波長が圧倒的に長いので、引き潮になるとその引き幅も大きく、過去に起こった東南海地震や南海地震時の話としても有名な「海の底が見えるくらいの引き潮」が発生するときもある。今回のスマトラ島沖地震でも、引き潮で潮のひいた海岸に打ち上げられた魚を捕っているあいだに津波に襲われた痛ましい映像が残されている。

さらに今回の津波でわかったことは、津波の先端部には様々な漂流物が浮いており、それが津波の破壊力を増しているということである。市街地に津波が押し寄せた当時の映像を覚えている人も多いと思うが、そこには家の残骸、流木、はては自動車などが浮いており、その漂流物が行く先々の家などを破壊していった。また、それらの漂流物は人間にも襲いかかり、多くの方が大けがをしたり命を失ったりしている。

このように、津波には波高、流速、漂流物の三つの恐怖があることが、スマトラ沖地震津波の映像によりあらためて認識されたのである。

2. マングローブとは何か

各防災機関が実施した今回の津波被害調査によれば、マングローブ林があったところでは津波被害が軽減されたとする報告がなされている。そこでまずマングローブとは何かについて説明してみたい。なお、本稿の執筆にあたっては文献1の「インターネット・マングローブ大学開講記念特別講義」を参考とさせていただいたことをお断りしておく。¹⁾

2. 1 マングローブとは

「マングローブ」という言葉にはエキゾチックな響きがあるが、実際にはマングローブという名の植物は無い。マングローブとは、熱帯・亜熱帯地方の海岸線や河口域に繁殖する植物群の総称である。海岸線や河口域の海水と淡水が混じり合い、また満潮や干潮により潮の変化があるところに育つ植物群である。現在世界ではマングローブは約100種類といわれており「高木類」「灌木類」「ヤシ類」「シダ類」などが代表的なものである。

日本ではオヒルギ、メヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキ、マヤプシキ、サキシマスオウノキ、ニッパヤシなどのマングローブを沖縄県などで見ることができ、メヒルギなどは奄美大島、薩摩半島でもみることができる。5) ちなみに弊社のオフィスでもメヒルギを育てているが、夏の冷房に弱い。また、マングローブは南アジアや東南アジアで特に発達し、全体の50%弱を占めているが、ナイジェリア、モザンビークなどのアフリカ、ブラジル、メキシコなどの中南米にも存在している。

2. 2 マングローブの特徴

マングローブは海岸域や河口域に育つ植物群と前述したが、一般に植物は塩分がある海水では育たないものである。しかし、マングローブは特別に海水でも育つように適応した植物の群れなのである。特徴としては以下のものがある。

(1) 塩分を排出する機能

植物の種類が多岐にわたり一括りにはできないが、塩分を特定の葉に蓄積し一定以上になると落葉させて対外に排出する方式、塩分を根で濾過する方式、塩分を葉の塩類腺から蒸散させる方式など、さまざまな方法で塩分を排出することができる。

(2) 酸素不足に強い

河口や海岸線の泥湿地に生育する場合、土壌が極端な酸素不足になる場合がある。そこで酸素を吸収するために蛸足のような「支柱根」、膝を折り曲げたような「膝根」、タケノコのように地面から空中に根を突き出す「直立根」、板のように広がった「板根」などの様々な根をつくることにより酸素不足を補う工夫をしている。植物園でこのような根っこをみて、興味を持たれた方も多いのではないだろうか。

3. マングローブの伐採

ところで、このマングローブの林は地域住民にとっては貴重な生活資源である。1) 薪や炭など燃料としての利用、2) 木造建築の柱材、橋などの土木建設材、農業生産用の足場材としての利用、3) 種子、葉などの薬としての利用、4) タンニンを利用した染料としての利用、5) 防風林、防潮林としての活用、6) 魚介類の生息地としての活用など実に多様である。ところが近年の産業育成のためにこれらのマングローブが伐採されている。正確な数字は把握できていないが、その面積は激減している。主な理由はつぎのようなものである。

インドネシアは世界最大のマングローブ林を持つ国であるが、第二次世界大戦中に石油や石

炭が不足した際に薪炭として大量に伐採した。現在は、工業用にパルプ、粗糖、アルコールの原料としても利用されている。昨今の最大の伐採理由は、ミルクフィッシュやブラックタイガーの養殖池への転換である。エビ養殖池への転換は、バングラディッシュ、ベトナムでも顕著である。ミャンマーでは、人口増加による農地への転用、薪炭の利用、塩田開発、レンガ乾燥用資材などの用途により伐採されている。マレーシアでは、ミャンマーと同様の人口増に加えて、レーヨンなどの原料としての輸出がある。フィリピンでは、人口増に加えて産業施設や観光施設、ゴミ処理施設等の建設のための埋め立てによる減少が顕著である。ベトナムでは、ベトナム戦争時における枯葉剤の散布による被害も大きい。また、タイでは、人口増の対応に加えてエビの養殖とスズの採掘のために伐採されている。

このように人口増による農地対応、工業化による埋め立て、原材料・燃料の利用、輸出用魚介類の養殖池としての利用により多くのマングローブが失われてしまったのである。

4. マングローブの環境への貢献

マングローブは、今までつぎの二つの面で地球環境の保護に貢献しているとされてきた。

4. 1 二酸化炭素の固定による地球温暖化防止への貢献

植物を植えて育てることは、地球環境の保護のために必要であるとされている。先ず挙げられるのは、温暖化促進物質のひとつである二酸化炭素の吸収固定による貢献である。そしてもうひとつが砂漠化の防止である。砂漠化について簡単に述べると、地表に植物が無くなると豪雨の際に栄養豊富な表土が流出する。一旦表土が流出し岩盤がむき出しになると、根を張る土壌がなくなってしまうことと、植物が減少したために空気が乾燥し雨が降らなくなるという二つのマイナス効果により、植物の育成が極めて難しくなる。

一方の二酸化炭素の固定についてであるが、植物も動物と同じように呼吸をし、酸素を吸収し二酸化炭素を排出している。そのため二酸化炭素量の削減に貢献するためには、呼吸量以上に酸素を作成しなければならない。成長期の若木は二酸化炭素を吸収する能力が高いが、成長しつくと二酸化炭素の吸収効果は少なくなる。マングローブの若木は3年目ころから成長期を迎え、条件がよければ1年に1m、種類によっては2～3m成長する。マングローブ林全体では1haあたり6.9tの二酸化炭素固定化能力があるという研究結果もある。

4. 2 生物の多様性の保全

現在、貴重な生物種を保存することが地球生物にとって必要であるという新たな環境保全の考え方が着目されるようになってきている。人類も含めた生態系の維持のためには生物の多様性が必要であるという論議であり、いわゆるDNAの多様性の確保が地球の生命の進化に必要なものであるという認識である。特に熱帯の森林では生物種類が多様であり、熱帯雨林の動植物の保全が強く主張されはじめている。マングローブ林は地域住民にとっての漁場でもあったが、マングローブの林があることで、魚介類が豊富になることが一般的にも知られている。例えば、海中に落下した葉や種子はカニや貝の餌となる。葉や種子は微生物により分解され、藻類などを繁殖させる。これら藻類や地上の葉や花をめぐって昆虫、小魚、鳥類、は虫類、ほ乳類などが食物連鎖のうえに生息している。従って、マングローブを伐採することによって、これらす

べての生物の生息環境が破壊されてしまうのである。

5. マングローブの津波防災への貢献

マングローブの林は、いままでも防風林、防潮林として地域住民に恩恵をもたらしてきているが、今回のスマトラ沖の津波で、その津波防災への貢献が確認されたと言える。²⁾

前述のように、津波の怖さには、高さ、流速、漂流物による破壊力の3つがあるが、実地調査によりマングローブの林による流速の減少、漂流物の通過の阻止による破壊力の削減の効果が実証されたのである。マングローブ林は、水はある程度通してしまうが、大きな漂流物はくい止めることができるため、漂流物によるケガを防ぎ、住居などの破壊を防止する効果がある。また、流速が下がることにより津波全体のエネルギーを低減させることもできるため（力は質量と速度の自乗によるので速度が小さくなると大きな効果がある）、津波到達時間を少しでも遅らせることができれば、それだけ避難時間が確保できる。

しかしながら、津波高があまりに高かった地区ではマングローブ林までもが被災し、そこで破断された樹木が漂流物となったケースもあり、100%万全とは言えない。⁴⁾ただし、被災した場合でも、支柱根が密に地盤を掴んでいるため根をむき出しにして倒れているものはなかったようである。

マングローブの代わりに防潮堤をとという意見もあるが、万一防潮堤を越えた場合は被害が甚大になる。マングローブの林は100%浸水を防ぐことはできないが、環境にも優しく、防潮堤よりも総合的には望ましいといえるだろう。

この津波に対する耐久力は、マングローブの生態の特徴からもたらされている。マングローブは海岸線に密生し、酸素を補給するための独特の根っこを持ち、しっかりと地面に固定されている。また、上部の樹木部分は柔軟性があり、高さは10～20mまでに成長する。このようなマングローブの特徴が活かされ、巨大津波に対する自然の防波堤となり、時に漂流物をくい止めて、膨大な津波のエネルギーを吸収できたのである。

6. マングローブの植林運動

6. 1 様々な取り組み

二酸化炭素の固定への効果や多様な生物種の保存などの観点からマングローブを植林し、回復させることが必要であるとの認識が高まり、マングローブ植林プロジェクトが開始された。古くは1985年に福岡県がフィリピンに派遣した「ラブ・グリーン若人の翼」のメンバーが帰国後「ラブ・グリーンの会」を結成し、フィリピン、マレーシア、フィジー、タイなどの植林を行っているほか、マングローブ植林大作戦連絡協議会はタイの「タイ・マングローブ再生保全連合会」と連携して1997年にフィージビリティスタディを実施した後、1998年から2002年の5カ年で「緑の絨毯作戦」を展開した。このプロジェクトは日本経団連自然保護基金と環境事業団（現在の独立行政法人環境再生保全機構）が資金援助を実施した。5年間で482haの植林を行っている。

6. 2 東京海上日動火災保険㈱の取り組み

東京海上日動火災保険㈱では、経営理念である「安心と安全」の提供を地球環境保護の観点から具現化するためマングローブ植林プロジェクトを実施している。②本プロジェクトは、1999年度からNGO「マングローブ植林行動計画」と「財団法人オイスカ」をパートナーとして、現地の人たちの協力も得てマングローブ「海の森づくり」活動を開始しており、インドネシア、タイ、フィリピン、ミャンマー、ベトナムの東南アジア5カ国で、2003年までの5年間に千代田区（東京都）の2.6倍にあたる3,000haの植林を実施した。現在は第一期の目標の3,000haの植林を終了し、2004年度から新たに5年をかけてさらに2,000haを目標として植林を実施している。

スマトラ島沖地震では東京海上日動火災保険㈱が植林している地域も津波に襲われたが、マングローブの林が津波に対して無事であっただけでなく、その後背地に住む人々への被害も最小限に食い止められている。（図1参照）マングローブは以前から波による浸食の防止に加え暴風雨から海岸を守る防災機能を有していると指摘されていたが、今回の地震で図らずも津波への有効性が確認されたことは嬉しいことである。東京海上日動火災保険㈱では、今後も地球温暖化の防止、生態系保護に加え、防災という目標をかかげ、地球と人に安全・安心を提供してくれる海の森（マングローブ）を広げる活動を続けていく。



図1 ラノーンのマングローブ植林地区。津波により、漁船をつなぐ栈橋と小屋は押し流されたが、マングローブ後方の土地は守られた。

出典：インド洋津波被害とマングローブ；ミレアグループCSR報告書2005年

参考文献

- 1) 萩谷準一：インターネット・マングローブ大学開講記念特別講義①～⑤,マングローブ植林大作戦連絡協議会・事務局長,<http://www.alles.or.jp/~mangrove/>
- 2) 特集1 インド洋津波被害とマングローブ：ミレアグループCSR報告書2005年,
http://www.millea.co.jp/social_respon/earth.html
- 3) 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社：スマトラ島沖地震津波スリランカ被害調査（2005）,リスクレーダー2005-2；2005年
- 4) 柳澤英明、越村俊一、後藤和久、今村文彦、宮城豊彦、林一成：津波によるマングローブ林の破壊状況に関する調査,平成17年度土木学会東北支部技術研究発表会（2005年3月）,
<http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai2/shibu/shibu.html>
- 5) 日本大学・水族館・海洋科学研究機関ネットワーク推進協議会：マングローブと生き物たち, <http://www.kaiyo-net.com/mangrove/index.html>

【本稿は、『環境管理』Vol.42, No.9 (2006): (社)産業環境管理協会から許可を得て転載しています。】