

千葉県九十九里沿岸における2011年の津波による樹木被害

小森谷あかね・小平哲夫（千葉県農林総研森林）

要旨：2011年に発生した津波で被災した九十九里沿岸の海岸防災林及び屋敷林において、これらを再生する資料とするため、樹木の被害状況を調査した。調査は津波発生から1ヶ月余り経過した4月下旬から10月上旬まで実施し、被害樹種および程度を記録した。その結果、調査当初はクロマツやエノキ等落葉広葉樹は影響が少ないとみられたが、7月以降はクロマツの中には枯死するものがあり、一部の落葉広葉樹には先端枯れがみえ始めた。常緑広葉樹とササ・タケは津波発生1~2ヶ月後は葉に褐色の変化が目立ったが、6月以降はササ・タケが再生を始め、タブノキ等常緑広葉樹では新葉の展開、幹からの不定芽、萌芽がみられ始めた。時間が経過してから被害が出始めた区域は凹地形の底部を中心としており、流入した海水の排水に時間を要したために浸水による影響を受けていたと推測される。

キーワード：津波、海岸防災林、屋敷林、クロマツ

Abstract: To regenerate coastal forests and homestead forests affected by the tsunami disaster of March 11, 2011, we conducted research into the damage of trees from late April through early October. Initially, it was observed that *Pinus thunbergii* and deciduous broad-leaved trees including *Celtis sinensis* var. *japonica* were only slightly damaged. From July, however, it became apparent that some *Pinus thunbergii* died and that the tips of some deciduous broad-leaved trees had withered. Regarding evergreen broad-leaved trees and bamboo, they showed discolored leaves 1-2 months after the tsunami. However, from June, the bamboo began to recover. Moreover, evergreen broad-leaved trees, including *Machilus thunbergii*, showed recovery in various ways such as creation and growth of new leaves, adventitious shoots, and basal shoots. Many zones where damage began to appear after several months of the tsunami disaster were concentrated on those areas located at the bottoms of hollows. Presumably, seawater, which flowed into them and remained there for a long time, damaged trees.

Keywords: tsunami, coastal forest, homestead forest, *Pinus thunbergii*

I はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴い東北から関東地方にかけて津波による被害が発生した。千葉県においても九十九里沿岸が被災し、海岸防災林及び海岸近くの屋敷林においては樹木が枯死または衰弱する被害が発生した。現地では防災機能の低下が危惧されており、今後の津波対策を検討している。そこで、これらを再生するため、被害状況を調査した。

II 津波の状況

千葉県で観測された津波の最大波は銚子で2.5mである。九十九里海岸には観測点がないが、旭市では標高約4.5mの地点で1mを超える高さの津波が来た形跡があり、銚子での観測高を超える約6mの津波が到達していた。人工砂丘のある箇所では越流や砂丘の決壊は限定的であり、道路等の砂丘の切れ目から海岸防災林お

よび住宅地に海水が流入した。また、津波は河川を遡上したため河川沿いでは浸水が広範囲に及び、木戸川では河口から約2km上流まで到達した。九十九里沿岸での浸水面積は1,700haとされている(1)。

津波による浸水と排水については山武市の海岸防災林内に設置された水位計によって動向が示されていた(図-1)。水位計の設置箇所は造成された海岸防災林の内陸側で、標高約2m、汀線からの距離は約350mである。水位は地震発生直前の地表-58.3cmから急激に上昇し、最

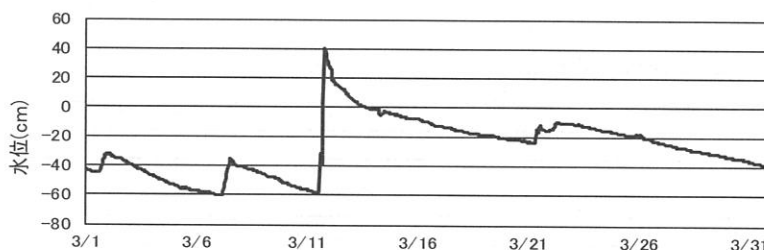


図-1. 海岸防災林に設置された水位計により観測された水位の変化
Fig.1 Water level fluctuation measured using water gauges installed in coastal forests

Akane KOMORIYA, Tetsuo KODAIRA (Chiba Pref. Agriculture and Forestry Res. Center Forestry Res. Inst., Haniya 1887-1 Sanmu-shi Chiba 289-1223) Tsunami damage to trees on the Kujukuri coast, Chiba Prefecture in 2011

高値は3月11日20時の地表+39.8cmであった。その後、地表面以下まで水位が低下したのは2日後の13日であり、21日には地表-24.3cmとなった。また、津波発生後の初降雨は21日から23日にかけてであり、気象庁によると降水量は横芝光で21日24.5mm、22日18.5mm、23日1.5mmであった。降雨により水位は地表-9.4cmまで上がったが、その後は再び低下した。このことから、浸水時間は海水の流入量や地形により異なるが、津波発生後から初降雨までの10日間、海水に強く影響を受けた水が地表面上または地下のごく浅い部分に停滞していたとみられた。

III 調査地および方法

調査は津波発生後1ヶ月余り経過した4月下旬から10月上旬まで実施した。

調査地は千葉県旭市から長生郡一宮町まで続く九十九里海岸の沿岸地域にある海岸防災林および屋敷林である。浸水区域を踏査し、被害の形跡のある箇所を中心にその周囲を調査地として設定した。また、他と異なる被害傾向がみられた海岸防災林内の植栽後5年以内の箇所および微地形による高低差のある箇所に調査地を設定した。

各調査地において被害樹種および程度を調査した。被害程度は常緑広葉樹および針葉樹は葉の変色、落葉広葉樹は葉量で判定し、表-1に示す5段階に分けて数値で表した。被害のあった常緑広葉樹については再生状況を調査した。再生の状況は冬芽から新葉を展開するものを新葉展開、枝や幹から芽を出して新葉を展開するものを

表-1. 被害程度

Table1 Degree of damage

0	ほとんど被害がない	不定芽、根元から新梢を伸ばすものを萌芽として分類した。また、時間の経過に
1	葉の1/3程度までに被害がある	
2	葉の2/3程度までに被害がある	
3	葉のほとんどに被害がある	
4	枯死	

表-2. 樹種ごとの被害程度

Table2 Degree of damage to respective tree species

被害程度	樹種名(調査数)	
	高木性樹種	低木性樹種
0~0.9	ウバメガシ(10)、カイヅカイブキ(9)、ハゼノキ(8)、センダン(5)、シュロ(5)	マサキ(46)、トベラ(64)、シャリンバイ(29)、イタチハギ(7)、テリハノイバラ(5)、ヤブコウジ(15)
1~1.9	エノキ(38)、ヤマグルワ(21)、ウバメガシ(植栽木)(12)、クロマツ(173)、タブノキ(128)、マテバシイ(36)、	アキグミ(10)、ハマヒサカキ(9)、ヤツデ(12)、アズマネザサ(17)
2~2.9	スダジイ(5)、ネズミモチ(18)、シロダモ(15)、オオシマザクラ(36)、イヌマキ(31)、ムクノキ(5)、ニセアカシア(27)、アカメガシワ(6)	アオキ(7)、オオバイボタ(10)、メダケ(5)、トベラ(植栽木)(137)
3~4.0	クスノキ(21)、ヤブニッケイ(70)、モチノキ(10)、トウネズミモチ(15)、サカキ(17)、スギ(22)、クロマツ(植栽木)(292)、ヤマモモ(植栽木)(11)	マサキ(植栽木)(134)

伴う被害程度の変化を判定するため、追跡調査を一部のものについて実施した。

IV 結果

1. 樹種ごとの被害程度 津波の物理的な力による樹木への被害は、幹や枝の折損、根が洗掘されたことによる倒木が海岸の前線部、砂丘の決壊箇所や背面でみられた。しかし、これらは限定的であり、大部分は浸水した海水による生理機能への影響とみられる。

被害調査は49箇所に調査地を設定し、77種1,639本を調査した。箇所ごとの津波の流入量、排水経過等は不明であったため、それらを基準にした被害比較は行わず、樹種ごとのすべての調査データの平均値により樹種間の被害比較を行った。ただし、追跡個体は最終調査のデータを用いた。

調査数が5本以上の樹種の被害をみると、クスノキ、ヤブニッケイ、モチノキ、スギの被害程度はもっとも大きく、枯死するものが多かった(表-2)。また、クロマツ、タブノキ、マテバシイ、スダジイ、オオシマザクラ等は前述の樹種より低いが、比較的大きかった。屋敷林に多いカイヅカイブキは調査木すべてが被害程度0と判定された。低木性樹種は比較的被害が小さく、海岸防災林に多くみられるマサキ、トベラ、シャリンバイをはじめ多くの樹種が被害程度0~0.9であった。

海岸防災林内で植栽後5年以内のクロマツ、トベラ、マサキ、ヤマモモは枯死するものが多く、大きな被害があった。しかも、トベラ、マサキでは同種の自生木との差が大きかった(表-2)。

2. 常緑広葉樹の再生状況と被害の経時変化 常緑広葉樹の再生状況については、被害調査木のうち被害程度が1以上と判定された12種437本を調査した。そのうち海岸防災林の主な樹種8種について再生状況をみたところ、タブノキ、マテバシイでは新葉展開、不定芽、萌芽とともに多くみられた(図-2)。また、ヤブニッケイは、新葉展開のほかにはわずかではあったが不定芽、萌芽によ

る再生が確認できた。クスノキは不定芽による再生が多く、スダジイは不定芽がみられず、萌芽するものが多かった。

自生木と植栽木で枯死率に差がみられたトベラとマサキについては再生状況に違いがあった。枯死率の低かったマサキの自生木は新葉展開のみがみられたが、植栽木では枯死率が高く、再生するものは新葉展開と萌芽がみられた。枯死率の低かったトベラの自生木は新葉展開のほか不定芽を出すものも多く、萌芽もみられた。枯死率の高かったトベラの植栽木で再生するものは不定芽がみられるものがなかった。なお、落葉の被害がみられたマテバシイ、スダジイ、ヤブニッケイの中には9月以降においても、新たな再生を示さないものがみられた。

時間の経過に伴う被害程度の変化については、調査地中の48箇所54種633本を追跡調査した。調査数が10本以上の高木性の主な樹種10種とアズマネザサについて、被害程度の変化を津波発生から4ヶ月後(7月上旬)までと4ヶ月後以降に分けて比較した(図-3)。クロマツは、津波発生から1~2ヶ月後は人工砂丘の切れ目等で被害がみられたほかは葉の変色はあまりみられず、また冬芽が伸びているものも多くみられたため、大きな被害が見かけ上少なかった。しかし、津波発生から4ヶ月近く経過した7月頃から葉が変色し、枯れるものが見られるようになり、被害程度が大きくなった。タブノキ、クスノキ等の高木性の常緑広葉樹は津波発生後の1~2ヶ月後から葉の変色が顕著であった。しかし、前述のとおり常緑広葉樹では6月頃からは新葉を展開して再生するものがみられ始め、ヤブニッケイのほかは被害程度が小さくなった。アズマネザサも6月頃から新葉を展開して

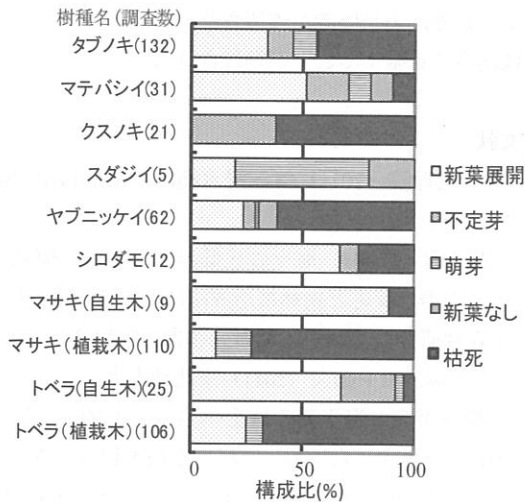


図-2. 常緑広葉樹の樹種ごとの再生状況
Fig.2 Recovery of evergreen broad-leaved trees

再生するものがみられた。落葉広葉樹は4月には新葉を展開し始めており大きな被害はないとみえたが、6月頃になると新葉が少ないもの、先端が枯れているもの等がみられ、被害程度は大きくなった。

3. 微地形による被害の違い 7月頃から葉の変色および枯死がみられ始めたクロマツについて、微地形による被害の違いを典型的な箇所を調査した。調査箇所は砂丘背面(標高3~5m)の凸地、砂丘に平行な帯状凸地(標高1.5~2m)および両者に挟まれた凹地(標高1m)で、クロマツの被害程度を主に20本前後調査した(図-4)。凸地の被害程度はそれぞれ平均で1.1、1.5と小さかったが、凹地では枯死するものも多く、被害程度は3.8と大きかった。また、凹地においては他の樹種も被害が大きく、タブノキはすべて枯死していた。この傾向は他の多数の凹地でみられた。

V 考察

津波による被害程度に樹種によって違いがみられたこ

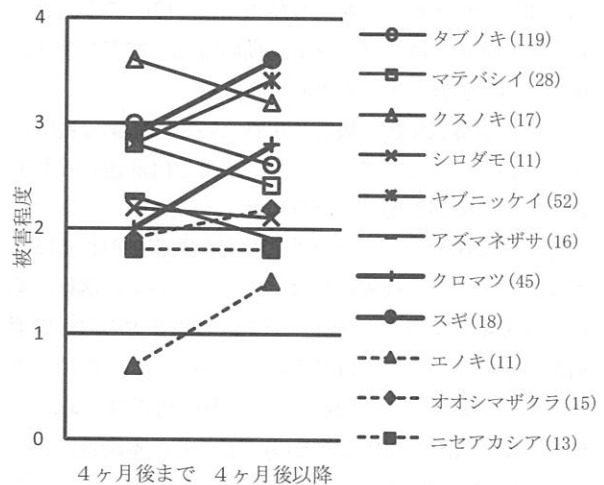


図-3. 樹種ごとの被害程度の変化
Fig.3 Aging variation of damage to respective tree species

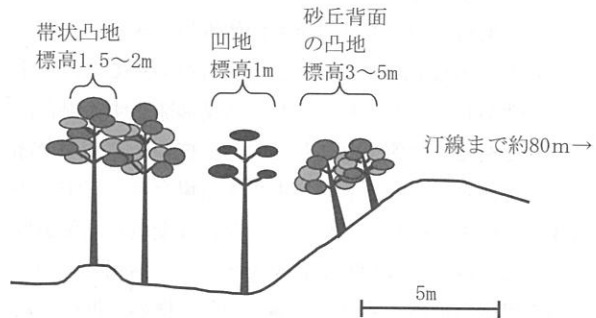


図-4. 調査地の地形断面図
Fig.4 Terrain cross-section of the survey point

とは、それぞれの樹種が持つ耐塩性等の特性の差のほか、時期が関係していたと考えられる。津波が発生した3月中旬は、落葉広葉樹は休眠期であったことから影響が比較的小さく、常緑広葉樹は葉をつけていたために大きな被害を受けたと推測される。また、葉の変色という外見上わかりやすい形で現れたために、常緑広葉樹での被害が顕著であった。

クロマツは津波発生当初の被害は外見では明確ではなかった。しかし6月下旬から降雨が少なく乾燥し、気温が上昇した後に葉が変色し枯損するものがみられた。被害は調査によって明らかにされたように凹地形の底部で特に大きい事例があった。このような地形では、津波による流入海水が排水されるまでに時間を要したと推測される。つまり、こうした凹地では流入海水が根系の分布域に留まっていた期間が、水位の変動(図-1)に示されているとおりに長期間に及んだと考えられる。特に降雨によって海水が薄められることのなかった初めの10日間は根系に大きな影響を及ぼした可能性がある。

クロマツの幼齢木は海水を用いた滞水実験で概ね1週間の滞水で枯死被害が発生し始めている(2)。このことから、特に凹地ではクロマツが長期の浸水で被害を受け、後になって影響が現れたと考えられる。

また、落葉広葉樹の被害が現れた時期は新葉の展開が進んでいった6月頃であった。このことは前述の6月下旬からの気象が影響したとみられた。

落葉広葉樹およびクロマツに被害が顕著に現れる以前の4月から5月の被害状況は、クロマツおよび落葉広葉樹では被害が小さく、タブノキをはじめとする常緑広葉樹およびササ・タケでは被害が大きかった。これは、すでに報告されている宮城県、岩手県の海岸林における5月の被害状況と同様である(3)。しかし、本調査においては時間の経過とともに被害程度が変化するものがみられた。こうした変化も樹種ごとの特性によるものであり、津波被害の最終的な評価には時間をかけて調査する必要があると考えられた。

常緑広葉樹については今後も個体維持できるか定かでないものもあるが、大半が大きな被害があっても再生する可能性があることがわかった。新葉展開をする場合は変色して枯死した葉を落としていた。枝の一部や地上部すべてが枯死しているものが再生する場合は、不定芽や萌芽での再生となり、枯死した部分には変色した葉が残っていた。再生には時間が必要であるが、枯死していてもある程度の飛砂や潮害の防備等の防災機能が期待されるので、枯死部を残したまま再生を待つという方法も選択肢の一つとなり得る。

また、マサキやトベラの自生木にはほとんど被害がみられなかったが、同種の植栽後5年以内のものは被害が大きかったという差が生じた。このことの原因は定かではないが、自生木の根系がより深く広範囲に発達し、それが被害を軽減させた可能性がある。

VI おわりに

被害樹種間の比較では調査時期、津波の加害と被害樹木側の状態など同一条件下で検討が望まれる。しかし、本調査では時間の経過に伴い再生するものや、逆に被害が大きくなるものなど、反応は様々であった。これは加害要因が津波の量だけに限定されるものでなく、その後の排水経過や気象条件等も要因になったはずである。さらに、樹木側の要因、たとえば種特性や根系の分布などが関係したはずである。被害の発生には複雑な加害要因と樹木側の要因が絡み合ったといえる。このため、これらを容易に把握できず、同一条件下での比較が困難であった。これらは今後の課題になる。

また、本調査の反省であるが、クロマツについてはマツ材線虫病による被害に留意したが、その被害が含まれている可能性がある。加えて、浸水地における津波の影響の解明には土壌の塩分濃度や多くの地点での水位の測定を実施していればと悔やまれる。

なお、本調査においては海岸防災林だけではなく、屋敷林も対象とした。これは、屋敷林が地域防災上重要であると考えからである。特に海岸防災林だけでは十分な防災機能が期待できない地域においては、屋敷林で補う必要がある。調査をしているなかで、海水が引いたあとで屋敷林に散水したという事例があった。そこは周囲に比べ被害程度が小さかった。このように屋敷林ではきめ細かな管理により機能が維持され、海岸防災林とともに地域防災に貢献することが期待される。

引用文献

- (1) 国土地理院(2011)津波浸水範囲の土地利用別面積について、6p.
- (2) 小田隆則(2001)海岸砂丘低湿地における植栽木根系の滞水反応と樹林帯造成法に関する研究、千葉県森林研究センター特別研究報告、3:33-38.
- (3) 佐々木寧、田中則夫(2011)東北地方太平洋沖地震と津波災害が海岸林や植生へ与えた影響〜リアス海岸(宮城県・岩手県)における被害状況調査、速報〜、埼玉大学環境科学研究センター、pp.1-20, <http://iest.saitama-u.ac.jp/project/project.html>