

青森県太平洋沿岸の海岸クロマツ林の枯死被害について

木村 公樹^{1,*}

¹地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所

1. はじめに

青森県は三方を海に囲まれており、海岸線延長が約796 kmにも及び、日本海側では強烈な季節風、太平洋側では偏

東風(ヤマセ)がもたらす飛砂と潮風に苦しめられてきた(図-1)。海岸の砂丘地帯の集落では「田畑は無論のこと家屋まで砂に埋没し、毎日掘りおこして生活してきた」(青森県西地方農林事務所ほか, 1982)と言われ、まるで、1962年に刊行さ

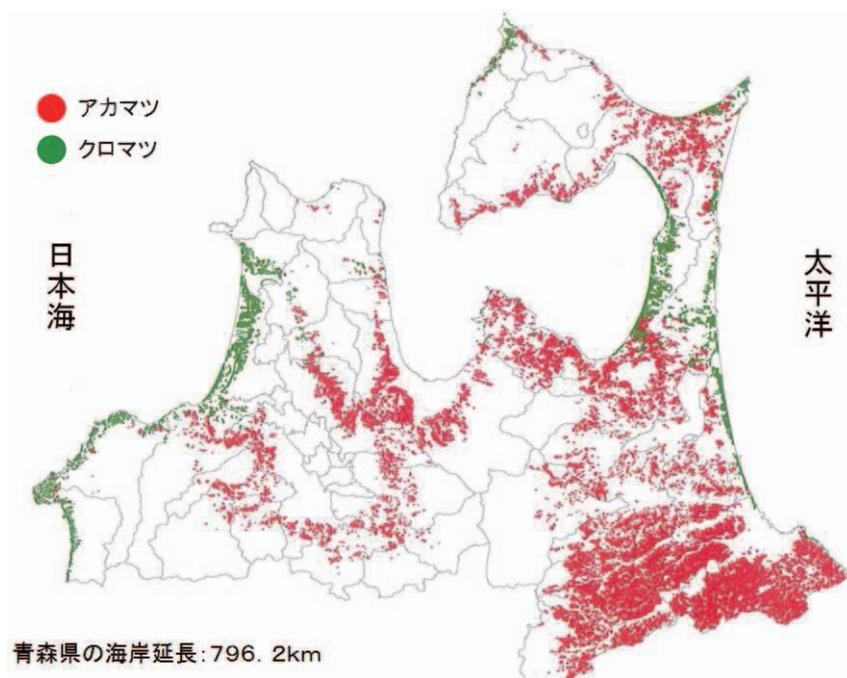


図-1. 青森県のマツ林(民有林)



図-2. 昭和10年代の日本海沿岸(青森県森林組合連合会, 1993)



図-3. 昭和30年頃の太平洋沿岸(クロマツ植栽地)(青森県森林組合連合会, 1993)

Koki Kimura: Mass mortality of Japanese black pine trees in coastal forests along the Pacific ocean in Aomori Prefecture

* 連絡・別刷請求先(Corresponding Author) : 〒039-3321 青森県東津軽郡平内町大字小湊字新道46-56 青森県産業技術センター林業研究所: Forestry and Forest Products Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, 46-56 Shinmichi, Kominato, Hiranai, Aomori 039-3321, Japan

1 Forestry and Forest Products Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center

(2013年12月19日受付, 2014年1月21日受理)

れて映画にもなった安部公房の長編小説「砂の女」を彷彿とさせるような、長く果てしない砂との戦いの生活が現実にあったものと思われる(図-2)。

青森県における海岸林の造成は、日本海側では1682年に津軽藩による新田開発の一環として行われ、330年を超える歴史がある。また、太平洋側では1856年に防風林や養魚林の造成を目的に植林が始まったとされ、150年以上の歴史がある(図-3)。現在の海岸部は、往時の状況が想像できないほど広大なクロマツ林に覆われ、内陸では当然のように人々の生活が営まれているが、これらはまさに、先人たちが長い年月と労力をかけて整備してきた海岸林の恩恵によるものであると言える。

この長い歴史をもつ海岸林が、2011年3月11日、三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の地震に伴う巨大津波により、青森県の太平洋沿岸部で613haに及び浸水したとされた(林野庁, 2012)。

この巨大津波によって、青森県の海岸林では、前線部を中心に波力により多くの幹折れ根返り等が発生し、一部では流木化するなどの被害もたらされたものの、福島、宮城、岩手などの被災県に比べると軽微なものであると考えられていた。しかし、被災年の夏頃から、被災初期には健全な状態を維持していると思われていたクロマツを中心とした海岸林において、急激かつ広範囲にわたって針葉が赤褐色となる現象が確認され、その後、多くのものは完全に枯死した(図-4~6)。被害が確認された青森県太平洋沿岸の海岸林は、長年にわたり、飛砂、強風、潮風などの被害軽減といった防災機能を発揮し、これまで、地域住民の生活や産業を守るという大きな役割を果たしてきた。

このように、私たちの暮らしを長年にわたり守り支えてきた海岸林が、たった一度の津波により大きな被害を受けてしまったが、この海岸林を再生していくことは、私たちの重要な使命であることから、今回、被害状況や枯死被害の誘発要因などを明らかにすることによって、海岸林の再生、さらにはこれまでより災害に強い海岸林を造成していくための検討材料とするため、被害の状況と立地環境等との関係を調査した結果の中から、主に海岸クロマツ林の枯死被害の状況と地



図-4. 被災1か月後(2011. 4. 5 おいらせ町)
(©2013 google, Image ©2013 TerraMetrics)



図-5. 被災5か月後(2011. 8. 20 おいらせ町)
(©2011 google, ©DigitalGlobe, Inc., All Rights Reserved.)



図-6. 被災1年8か月後(2012. 11. 19 おいらせ町)

形との関係について報告する。

2. 調査プロットの概要

2.1 プロットの位置

上北地域の三沢市及びおいらせ町の立地条件の異なる場所にベルトA~Cの調査プロット3箇所(ベルトトランセクト法:ベルト幅5m)を設置し、立木被害度や立地環境等について調査をした。なお、既報告書等では津波高は地形や場所によって様ではないことが分かっているが、今回のプロット設定箇所では正確な津波高が測定されていないことなどから、現地での堆積物の痕跡や近隣住民への聞き取り調査などを勘案した結果、津波高は3箇所とも東京湾平均海面(以降、TPと略す)+7mと想定し、津波到達地点を含む範囲でプロットを設置した(図-7~11)。

2.2 各調査プロット付近の地形と立地

(1) ベルトA(図-12)

汀線から海岸林の前線部まで81mと近く、海岸林と汀線の間にある人工砂丘は津波により決壊していた。林内は凹地形と凸地形が交互に続く比較的起伏のある地形となっている。海岸林の幅は210mと広いが、現地の痕跡や想定津波高などから、津波は海岸林の内陸側林縁部手前の200m付近まで到達したと考えられる。

(2) ベルトB(図-13)

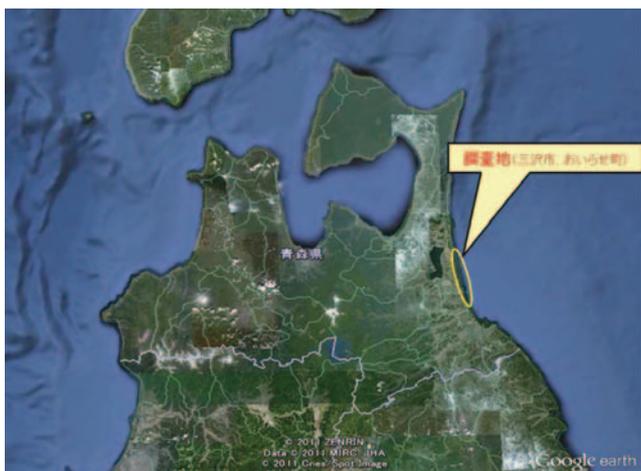


図-7. 調査地(三沢市, おいらせ町)
 (©2011 google, ©2011 ZENRIN, Data ©2011 MIRC/JHA, ©2011 Cnes/Spot Image, ©2011 Europa Technologies)

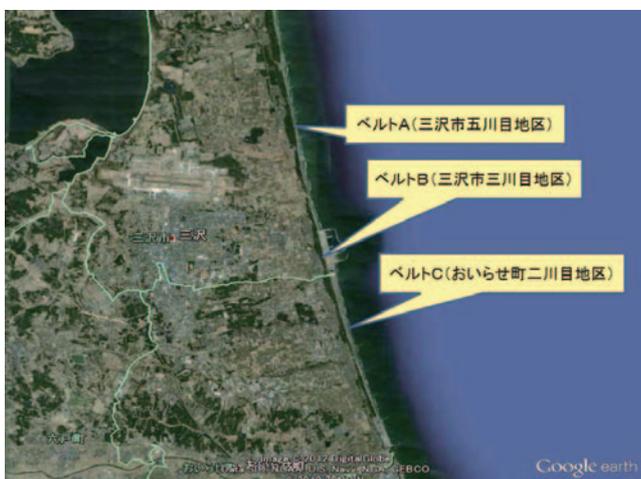


図-8. 調査プロット位置(ベルトA～C)
 (©2012 google, Image ©2012 DigitalGlobe, DataSIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, ©2012 ZENRIN)

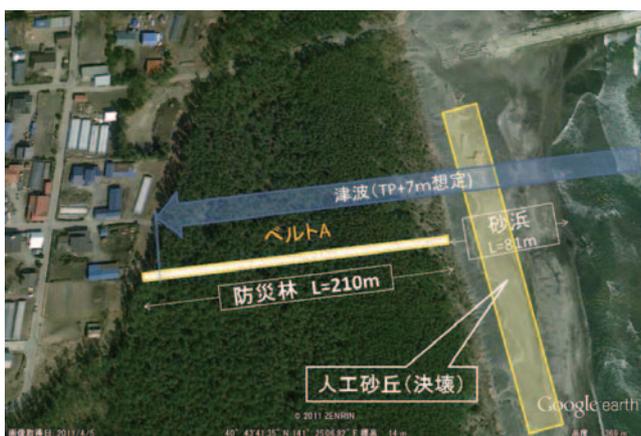


図-9. ベルトAの位置
 (©2011 google, ©2011 ZENRIN)

汀線から海岸林前線部までは約250mあり、三沢漁港の平坦な敷地になっている。海岸林の幅は244mで前線部は人工砂丘の凸地形となっており、そこを越えると平坦地形や凹地



図-10. ベルトBの位置
 (©2011 google, ©2011 ZENRIN)

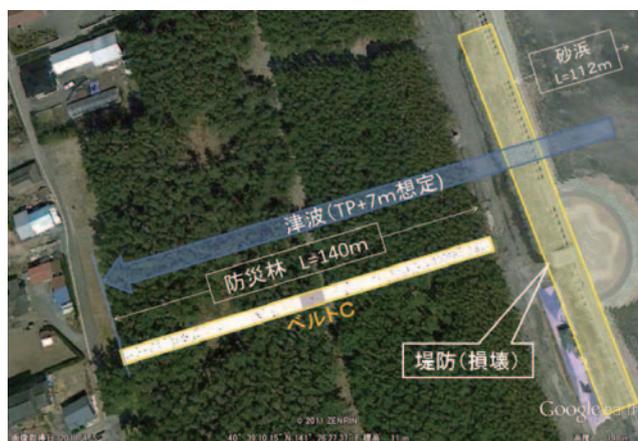


図-11. ベルトCの位置
 (©2011 google, ©2011 ZENRIN)

形となり、内陸に向かい緩やかな登り勾配となっている。津波は海岸林の前線部から内陸に向かって120m付近まで到達したと考えられる。

(3) ベルトC(図-14)

汀線から海岸林前線部までは約163mあり、汀線から112m付近にはコンクリート堤防、コンクリート堤防を過ぎると海浜公園の通路や駐車場の敷地となっている。海岸林の幅は140mで前線部から内陸側80m付近までほぼ平坦な地形となっており、その後、林縁部まで緩やかな登り勾配となっている。津波は丁度林縁部となる140mまで到達したと考えられる。

3. 被害度の変化

3.1 調査の方法

調査対象は、プロット内の胸高直径4cm以上の木本類とし、被災年の2011年10月及び翌年の2012年12月に現地において被害度の目視調査により行った。被害度区分は、健全から枯死まで11段階で毎木調査し、取りまとめの段階で「健全」「軽い被害」「中程度の被害」「激しい被害」「枯死」の5段階に集約した(図-15)。

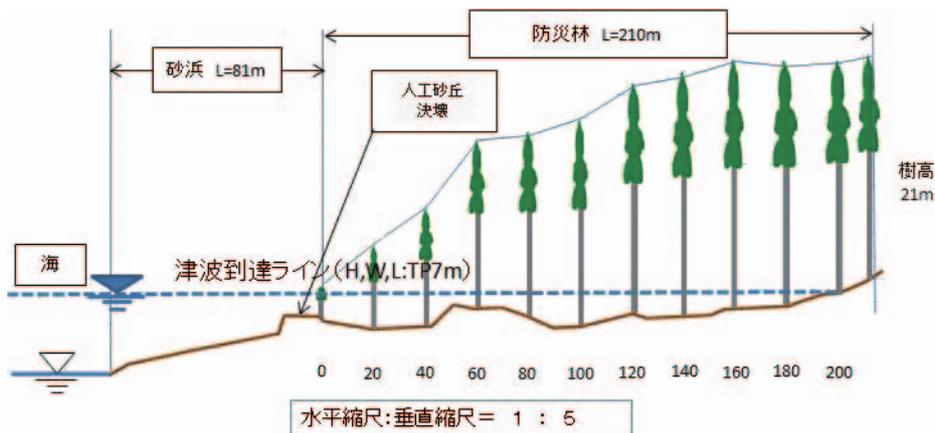


図-12. ベルトAの立地概要図(縦断)



図-13. ベルトBの立地概要図(縦断)

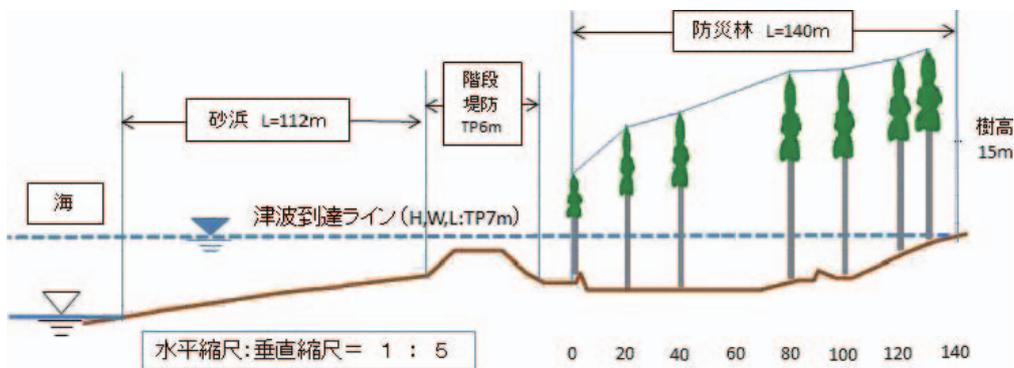


図-14. ベルトCの立地概要図(縦断)

被害区分	健全	軽い被害			中程度の被害			激しい被害			枯死
	0	小	中	大	小	中	大	小	中	大	
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
目視区分イメージ											

図-15. 被害度区分

3.2 ベルトAの被害度の変化

ベルトAでは、2011年の調査では146本の木本類(クロマツ134本, 広葉樹12本)のうち, 枯死木が60本で枯死割合は41.1%であったが, 1年経過した2012年の調査では枯死木の

本数が15本増加し75本となり, 枯死割合が51.4%と前年度に比べ10ポイント程度増加し, 本数割合で約半数が枯死していることが確認された。また, プロット内の枯死木の位置と立地や縦断地形と比較したところ, 海岸林前線部のクロマ

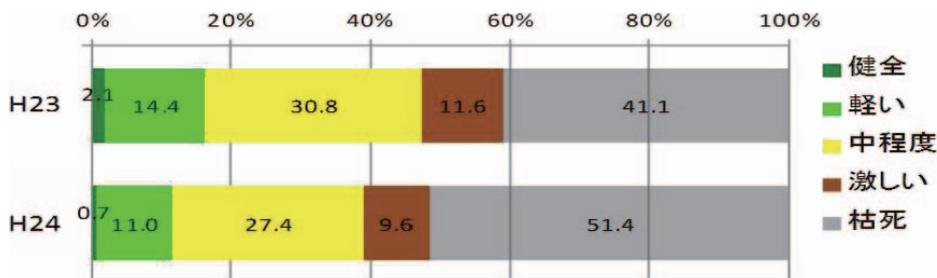


図-16. 被害度毎の本数及び割合(ベルトA)

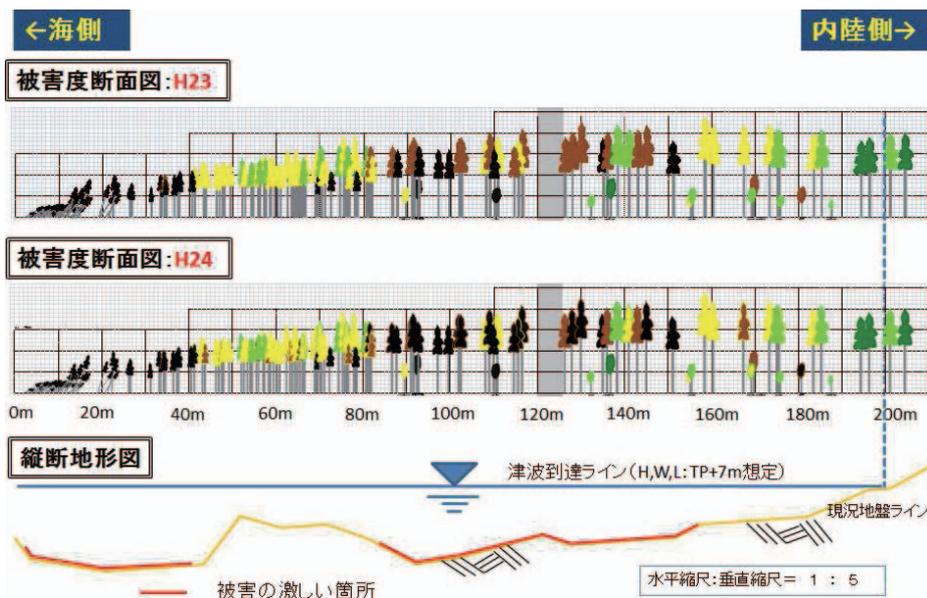


図-17. 被害木の位置と縦断地形(ベルトA)
樹冠の色は図-15の被害度区分○印の色に対応

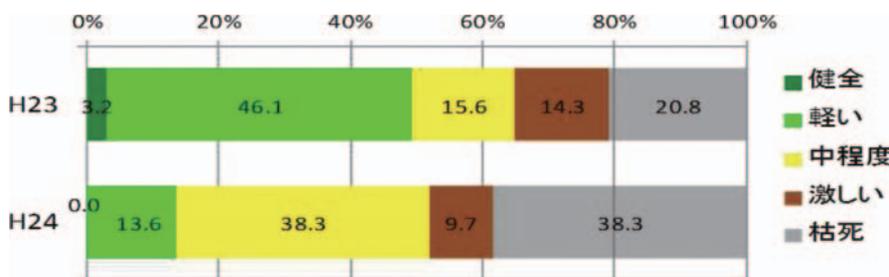


図-18. 被害度毎の本数及び割合(ベルトB)

ツが津波による折損、根返り、傾斜などの物理的な被害を受けて枯死しており、内陸側では凹地形や平坦地形に枯死木や激しい被害が集中していることが確認された。

3.3 ベルトBの被害度の変化

ベルトBでは、2011年の調査では154本の木本類(クロマツ153本、広葉樹1本)のうち、枯死木の本数が32本で枯死割合は20.8%であったが、1年経過した2012年の調査では枯死木の本数が27本増加し59本となり、枯死割合が38.3%と前年度に比べ18ポイント程度増加し、本数割合で約4割が枯死していることが確認された。

また、プロット内の枯死木の位置と立地や縦断地形と比較

したところ、汀線から海岸林前線部まで250 m以上の距離があることなどから、津波による折損、根返り、傾斜などの物理的な被害はほとんど見られなかった。枯死木や激しい被害は平坦地形に多く確認された。また、軽い被害が減少し、中程度の被害が増加するなど被害度の進行が確認された。

3.4 ベルトCの被害度の変化

ベルトBでは、2011年の調査では123本の木本類(全てクロマツ)のうち、枯死木の本数が47本で枯死割合は38.2%で3か所のプロットの中で最も枯死割合が高かったが、1年経過した2012年の調査では枯死木の本数が38本増加し85本となり、枯死割合が69.1%と前年度に比べ31ポイント程度増加

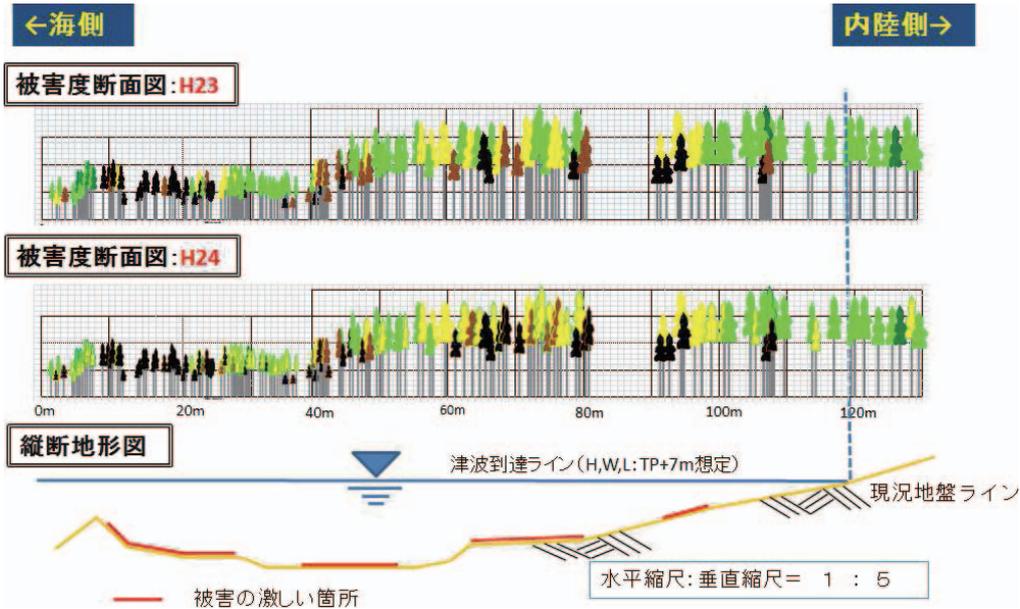


図-19. 被害木の位置と縦断地形(ベルトB)
樹冠の色は図-15の被害度区分○印の色に対応

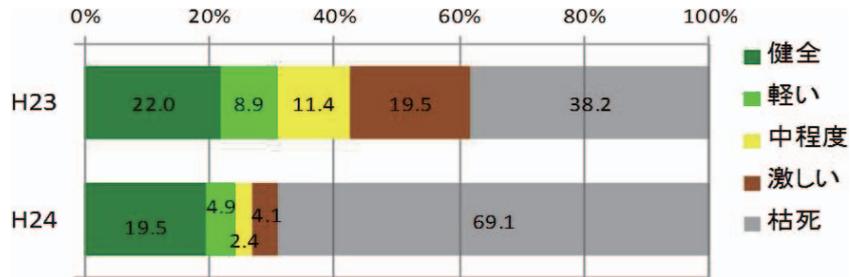


図-20. 被害度毎の本数及び割合(ベルトC)

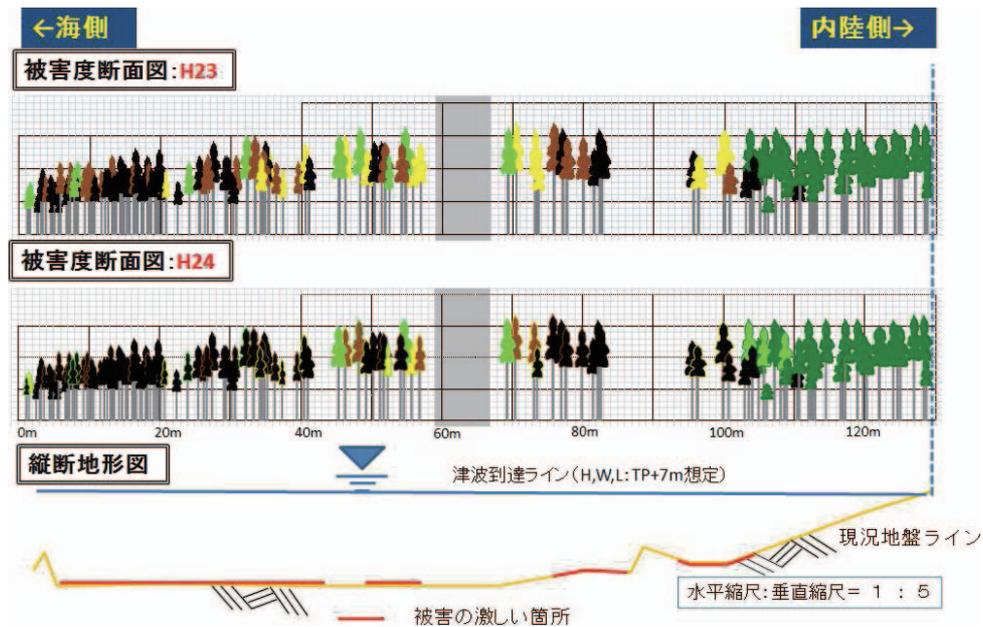


図-21. 被害木の位置と縦断地形(ベルトC)



図-22. プロット位置と想定津波到達範囲

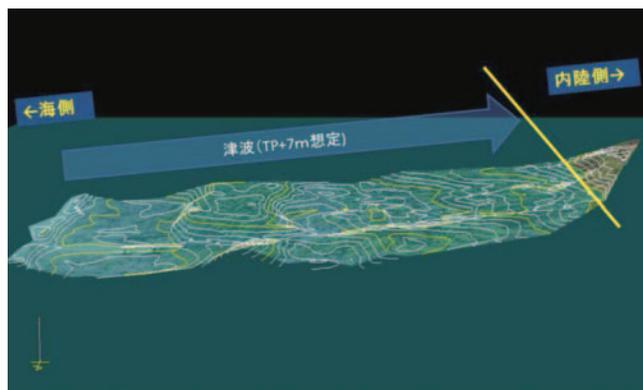


図-25. 浸水域シミュレーション(水位7m)

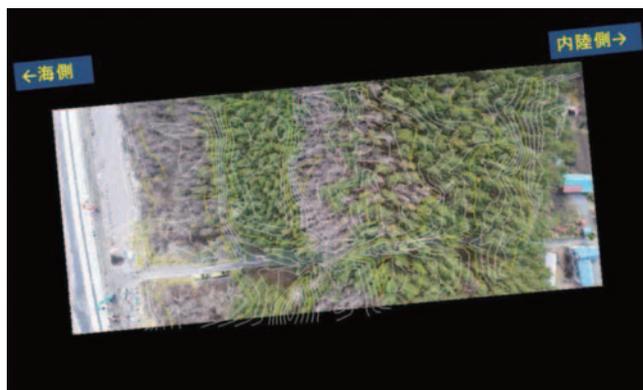


図-23. 空中写真と等高線のレイヤー

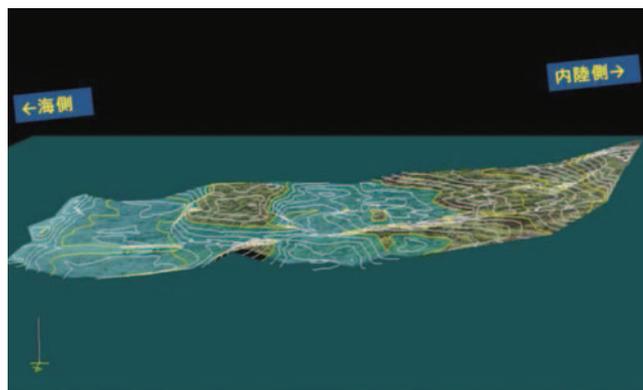


図-26. 浸水域シミュレーション(水位5m)

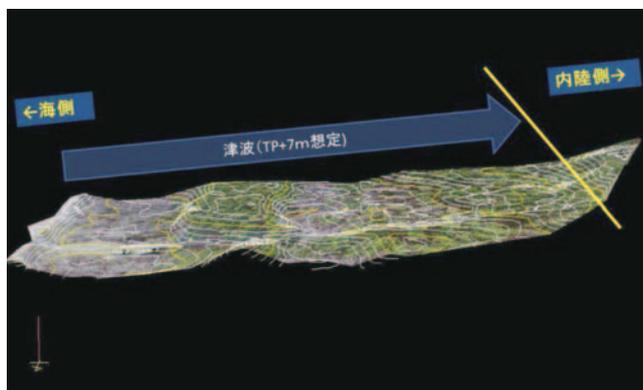


図-24. 3次元画像処理

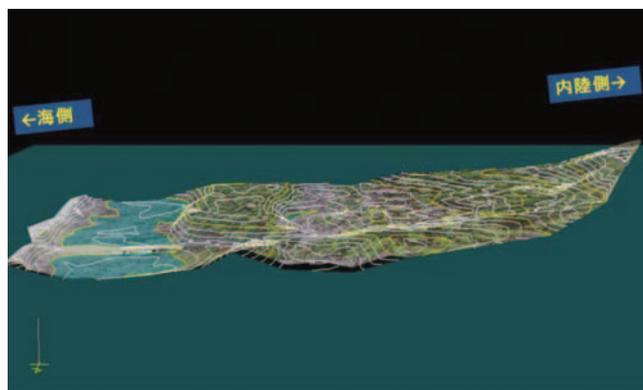


図-27. 浸水域シミュレーション(水位4m)

し、本数割合で全体の約7割が枯死していることが確認された。

プロット内の枯死木の位置と立地や縦断地形と比較したところ、海岸線の前線部の平坦地と内陸側の地形のたるみ部分に枯死被害が集中しており、特に海岸線前線から40m地点まではほとんどが枯死した。

4. 浸水域等の三次元表示

海岸線の被害状況と地形や海水の滞水状況などを視覚的に確認するため、地形測量データを基に地形図を作成すると

もに、調査プロット周辺の地形測量の成果とモーターパラグライダーを用いて撮影した空中写真を組合せたデータから画像処理を行い、地形及び浸水域などを三次元表示したところ、周囲よりも低く、海水の滞水しやすい場所において被害が集中していることを視覚的に捉えることができたので、その状況を顕著に確認できたベルトAを例示する(図-22~27)。

5. 気象条件との関係

気象庁のアメダス(三沢)の気象データから取得した2011年と2012年の4月~10月の月別の気温と降水量を平年値と

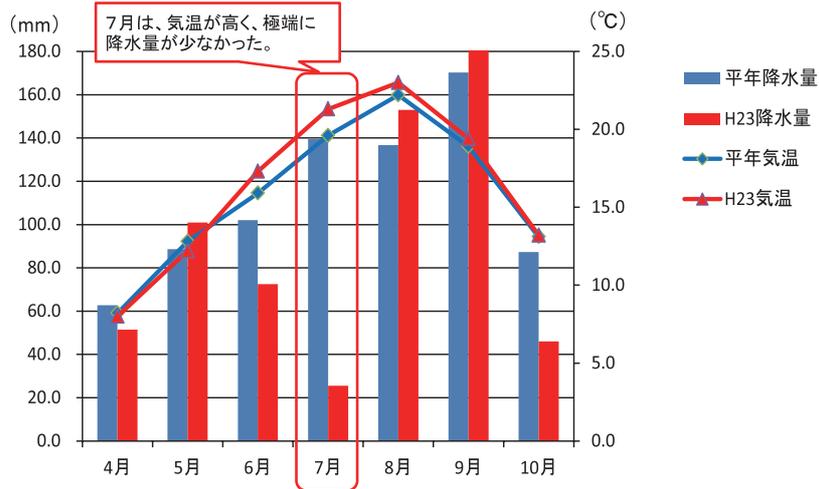


図-28. 2011年4～10月の三沢市の気温と降水量(アメダス)

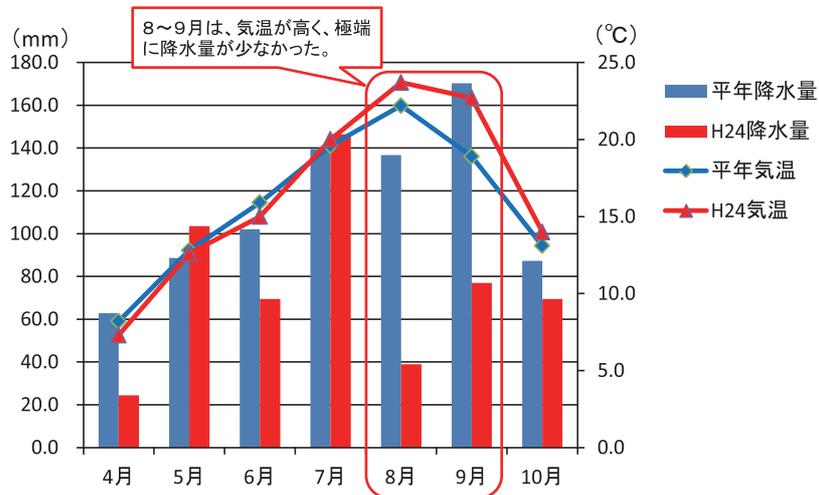


図-29. 2012年4～10月の三沢市の気温と降水量(アメダス)



図-30. 特異的に被害の軽微な箇所
(includes copyrighted material of DigitalGlobe, Inc., All Rights Reserved.)



図-31. 被害の軽微な凸地形の場所

比較すると、2011年の7月は平年に比べかなり高温・小雨であった。特に降水量は平年値の2割未満とが極端に少なかった(図-28)。また、2012年度についても8～9月が平年に比べ高温・少雨で、特に8月の降水量は平年値の3割未

満、9月の気温は平年値よりも3.8℃も高い異常気象であった(図-29)。



図-32. 被害の軽微な水路施工地

6. 被害軽微箇所の特徴

プロット調査のほかに、被害地域の現地踏査及び衛星写真等を活用し、被害の軽微な箇所についてその状況を調査した。その結果、図-30のように特異的に被害が軽微な場所が存在していることが確認され、そのような場所については、現地を確認したところ盛り土状の地形であったり(図-31)、水路工が施工されているなど(図-32)、海水が停滞しにくい状況が確認された。

7. 考 察

青森県太平洋沿岸の海岸林における津波の枯死被害は、林内の微地形に大きく影響され、凹地形や平坦地形で被害が大きく、凸地形や傾斜地形では被害が少ないことが分かった。これは、海岸林として植栽されているクロマツは塩害に強く、短時間の浸水では被害が少ないものの、低地や窪地など林内に侵入した海水が長時間溜まるような場所では、塩害に強いとされるクロマツでも大きなダメージを受けたものと考えられた。このことから、速やかな排水は被害を軽減させる効果があり、排水を促すような水路や盛り土は被害軽減に有効で

あるほか、凹凸のある地形は被害の分散効果があるものと考えられる。

また、地形測量データを元に推定した浸水域を三次元表示したことによって、海水の溜まりやすい場所を面的に把握できることは、海岸林再生に当たり水路や盛り土の施工箇所の特定や設計に大いに役立つものと考えられる。

しかし、枯死被害は被災年から翌年にかけて拡大しており、被災年には生存していた立木も翌年には枯死しているといったケースが多く確認されたことから、今後も被害の状況について継続した調査が必要である。

気象調査では被災年及び被災翌年とも、平年と比較して、異常とも思える夏季の高温・小雨の期間があり、これが被害を拡大させる要因となったことも否定できない。さらに、海岸前線部にコンクリート堤防が整備されていたベルトCの被害が最も激しいことから、侵入した海水が海側にコンクリート堤防などがあることによって逃げ場を失い長時間滞水すると考えられ、コンクリート堤防などには津波エネルギーを減衰する一方で被害を拡大させてしまうというリスクがあると考えられる。

以上のことから、今後、海岸林を再生させていく上で、津波による塩害のリスクの軽減・分散を考慮した造成が重要であり、侵入した海水を速やかに排水できるような海岸林の造成を検討する必要がある。特に、周囲よりも低く、海水の流入しやすい場所においては、水路の設置など、排水を考慮した整備が効果的と考えられる。また、海側のコンクリート堤防などは、枯死被害を拡大させる危険性もあることから、流入した海水を速やかに排水できる構造を検討する必要がある。

引 用 文 献

- 青森県森林組合連合会(1993)写真集 砂に挑む林. 89pp. 青森.
 青森県西地方農林事務所・青森県西津軽郡木造町出来島集落
 (1982)出来島海岸防災林事業五十周年記念誌. 44pp. 青森.
 林野庁(2012)今後の海岸防災林再生について. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/pdf/kaiganbousairinsaisyuuhokoku.pdf>.
 (2014年1月10日閲覧)