

2011年の震災津波による二次災害で発生した岩手県大槌町の山林火災の現状

小林 悟志*

A forest fire in and near Otsuchi City,
Iwate Prefecture, following the 2011
earthquake and tsunami disaster in Japan

Satoshi KOBAYASHI *

Abstract

In the wake of the devastating earthquake and tsunami that struck Japan on 11 March 2011, a forest fire broke out near Otsuchi City, Iwate Prefecture. The fire covered about 12 ha of the urban area, but climbed Mount Shiroyama behind the city and damaged 65.1 ha (about 5 times the area damaged in Otsuchi City). I investigated the fire's spread from a vegetation science perspective. The study revealed that the fire did not start in the secondary forest (*Quercus serrata* - *Castanea crenata* community) on Mt. Shiroyama, that the surface fire spread throughout the area where *Pinus densiflora* was distributed, and that most of the fire in the *Cryptomeria japonica* plantation remained a surface fire, whereas a crown fire occurred at the top of the mountain and on ridges. The results suggest that in mountainous coastal regions that are vulnerable to tsunami damage, it is desirable to avoid *Pinus densiflora* and *Cryptomeria japonica* plantations and instead favor the development of secondary forest.

キーワード：東日本大震災，山火事，植林，津波，植生

Key Words : eastern Japan-earthquake, forest fire, plantation forest, tsunami, vegetation

* 国立極地研究所 新領域融合研究センター
Transdisciplinary Research Integration Center, National
Institute of Polar Research

本報告に対する討論は平成25年2月末日まで受け付ける。

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に東日本大震災が発生し、岩手県大槌町では、その約30分後に大津波が発生した。さらに津波到達直後に二次災害として市街地で火災が発生している¹⁾。その火災面積は、関沢(2011)の調査報告によると約12haであり、阪神・淡路大震災で発生した市街地火災(10ha)を上回った²⁾。大槌町の市街地の火災は、大槌駅の北側一帯で少なくとも4所から火災が発生したことが分かっており、これらの出火原因は、地震によるストーブの転倒、津波で浸水した家屋や自動車等の電気配線が塩水によってショートしたものであったとされている¹⁾。また、消防庁災害対策本部(2011a)によると、11日20時に大槌町に隣接する城山で山林火災が発生し延焼中との通報があり、13日23時30分には避難所であった中央公民館のすぐ裏手まで山林火災が広がり、通報を受けヘリ2機による放水活動が行われた³⁾。大槌町の山林火災は16日7時に鎮圧された⁴⁾。よって大槌町の山林は、11日に火災発生して16日に火災鎮圧されるまで5日間にわたり延焼していたことになる。

本調査では、大槌町で発生した二次災害の山林

火災に着目し、森林植生を主眼にして火災現場の現状を明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法と場所

調査は、2011年6月と9月のそれぞれ3日間、大槌町城山周辺の山林における焼け跡調査をFig. 1に示す範囲で行った。調査ではGarmin GPSmap 62SJ機を用いて緯度経度と標高を記録し、林床の焼け跡の状況を写真撮影して火災の現況を把握した。GPSデータは、林床火災の外周を約20mごとにプロットしながら城山全体で42ポイントを記録し、計測時はGPSの精度が±1m以内になるようにしばらく静止して記録した。そのデータをもとに山の火災範囲を特定し、2011年3月14日と4月1日の衛星写真(Google Earth)と国土地理院からweb公開されている電子ポータル空中写真(2012年6月8日撮影)、さらに環境省からWeb公開されている第6回・7回自然環境保全基礎調査植生調査2次メッシュ情報の大槌における植生図(GISデータ)と照合した⁵⁻⁷⁾。山林火災の面積は現地調査のGPSデータと植生図(GISデータ)をもとに⁵⁾、Web上で提供されている地理情報分析支援システムMANDRAを活用して算出した⁸⁾。津波遡

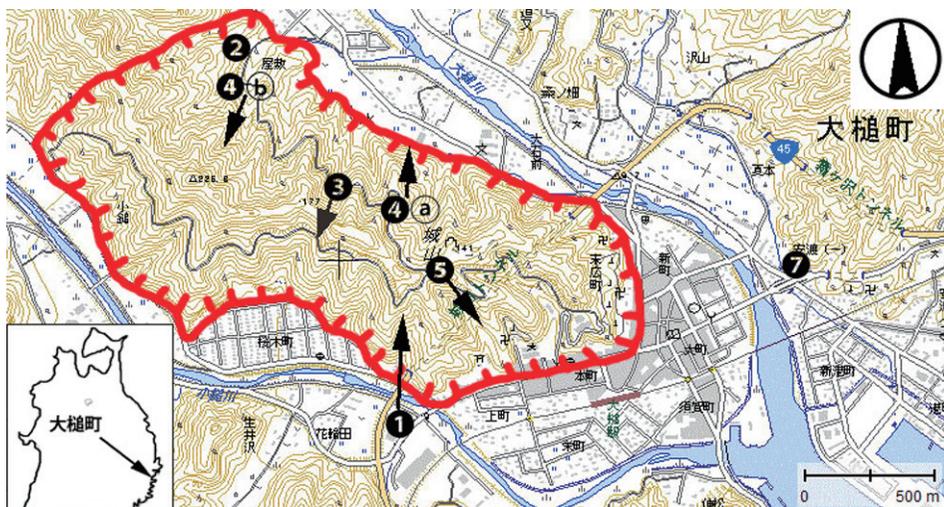


Fig. 1 The study area in Otsuchi City, Iwate Prefecture. The red line marks the boundary of the study area. Numbers correspond to the locations of the photographs; location 6 is shown in Figure 4. Arrows show the direction of the photographs.

(This figure was obtained from the Digital Japan Portal Web Site.)

上の範囲は日本地理学会災害対策本部から提供されている津波被災マップおよび国土交通省の浸水範囲概況図岩手県を参考にした^{9,10)}。

3. 大槌町の山林火災

3.1 城山周辺の火災状況

被災現場の町から城山を見ると、山頂付近の山林が炎上した焼け跡が確認され、そこはスギの植林であった (Photo 1, Fig. 1 ; 1)。山林内の調査では、マツやスギの林床に焼け跡があり、その火災範囲はほぼマツ・スギの分布している植林全体に広がって林床火災が起っていたことが確認された (Photo 2, Fig. 1 ; 2)。さらに現地調査と Google Earth の衛星画像データを照合して確認してみると、山林の樹冠火 (火災炎上) は山頂や尾根沿いに発生しており、標高の低い場所よりも標高の高い場所の方が、樹木の樹幹の焼け跡が 2 m 以上高い位置に及ぶ個体が数多く存在し、被害が大きかった。特に山頂部の道路沿いにおいては樹冠火の被害が多かった (Photo 3, Fig. 1 ; 3)。

3.2 山林火災の植生的な見聞

大槌町の市街地の裏山にあたる城山は、山の東側に市街地の中心があり、北側を流れる大槌川と南側を流れる小槌川に挟まれている。城山にはコナラ・クリを中心とする落葉広葉樹の二次林やマツ林が分布し、さらにスギ植林が城山の北斜面と南斜面の両方に分布する (Fig. 2)。

植生図と山林火災を照合すると、マツ林の林床火災跡は、マツの分布する範囲に広がってはいたが、樹冠火跡はほとんど無かった (Fig. 3)。スギ植林では、林床火災跡に加え、尾根沿いや山頂付近に樹冠火跡が見られた。また、スギ植林に関しては、枝打ち等の手入れが行き届いている場所では林床火災に留まり、枝打ち等がされずに放置されているスギ植林で樹冠火になっているケースが多いことが現地調査で分かった (Photo 4, Fig. 1 ; 4)。

山頂近くにある公園では、展望台に設置されている階段や手すりが焼失し鉄骨だけが残る焼け跡から、かなり激しい火災が起こっていたことが示唆された (Photo 5, Fig. 1 ; 5)。公園に植栽され



Photo 1 Part of the area affected by the fire on Mount Shiroyama, photographed from the city. The photograph was taken on 5 June 2011. The location of the photograph is shown in Figure 1.



Photo 2 Damage caused by the surface fire in the *Pinus densiflora* plantation. The photograph was taken on 5 June 2011. The location of the photograph is shown in Figure 1.



Photo 3 Damage caused by the crown fire near the summit of the mountain. The photograph was taken on 11 September 2011. The location of the photograph is shown in Figure 1.

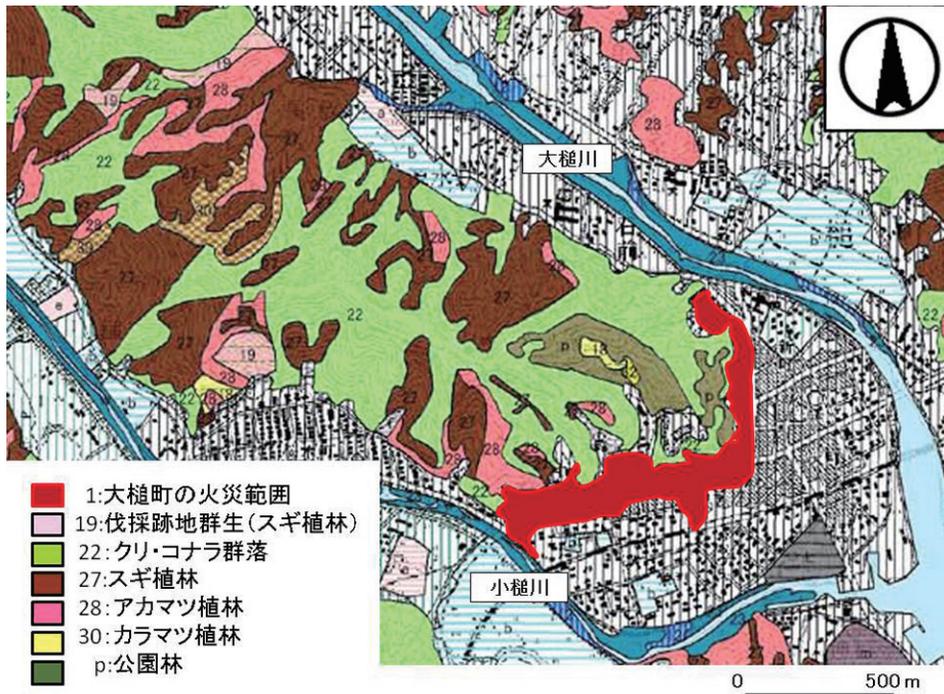


Fig. 2 Vegetation types around Mt. Shiroyama in Otsuchi City.

1: The urban area covered by the fire. 19: Felling site. 22: *Quercus serrata* - *Castanea crenata* community. 27: *Cryptomeria japonica* plantation. 28: *Pinus densiflora* plantation. 30: *Larix kaempferi* plantation. P: forest park. (This figure was obtained from the Biodiversity Center of Japan Web Site.)



Photo 4 (a) Fire damage (crown fire) in an unpruned *Cryptomeria japonica* plantation. (b) Fire damage (surface fire) in a pruned *Cryptomeria japonica* plantation. These photographs were taken on 11 September 2011. The location of the photograph is shown in Figure 1.

ている樹木(サクラ・クリ)は、樹幹の1 m程の高さまで焼け跡が残っていたが、ほとんどの樹木は枯死しておらず、火災は公園の草本類(枯れ草)が中心であったことが推測される。一方でコナ

ラ・クリなどの二次林では、林床火災も樹冠火も発生しておらず、焼け跡が見られたのは、火災が発生した市街地やスギ植林(林床火災)に隣接する一部であった。

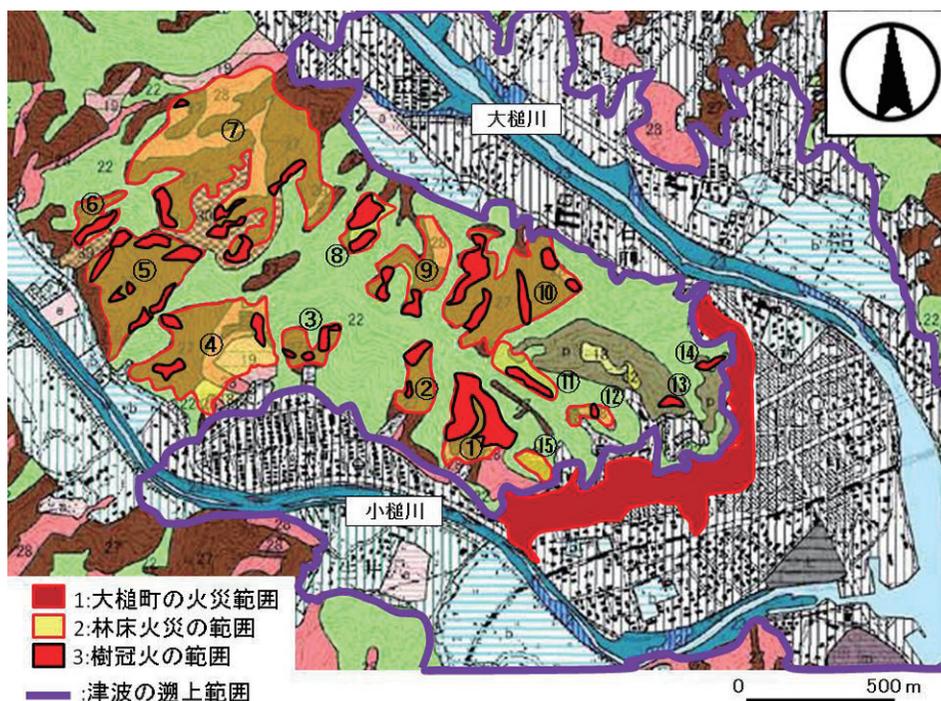


Fig. 3 Relationship between the forest fire and the vegetation in and around Otsuchi City. 1: The urban area covered by the fire. 2: The overall area affected by the forest fire. 3: The area affected by the crown fire. Circled numbers represent the locations affected by the forest fire, with details (areas and distances) summarized in Table 1. The purple line represents the area reached by the tsunami. (This figure was obtained from the Biodiversity Center of Japan Web Site).



Photo 5 View of the fire area from an observatory in a mountain forest park. The photograph was taken on 11 September 2011. The location of the photograph is shown in Figure 1.

3.3 市街地火災と山林火災の関係

大槌町の山林火災は、地元住人の情報によると

3月11日の震災後、17時以降に発生している。

調査エリアの山林火災全体を見てみると、火災は山林一面に広がるのではなく、植林を中心に15カ所でパッチ状に広がっており、その総面積は65.1haで、市街地の火災の約5倍の火災面積に広がっていたことが分かった (Table 1)。さらに、山林火災の面積の広さは、火災が発生した市街地よりも離れた場所の方が広い傾向にあり (Table 1, Fig. 3), Fig. 3からスギ・マツ林の分布域と公園林のみに火災が発生していたことが明らかである。

市街地の火災現場と山林の樹冠火が発生した場所は、最短距離でも50m離れており、市街地との標高差は30mである (Fig. 3 : ⑫⑬)。市街地に隣接する裏山はほとんどが落葉広葉樹 (コナラ) であり、直接火が当たった場所以外は山林の奥に燃え広がってはいなかった (Fig. 3)。また、Fig. 3の⑬の公園林の火災現場は、災害当時、避難場所とし

Table 1 Areas covered by the forest fire in Otsuchi City. Figure 3 shows the locations of these fire-damaged areas.

	Location															Total
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
Area covered by the fire (ha)	3.8	1.6	1.7	9.0	8.2	2.6	22.4	2.0	2.8	8.9	0.8	0.5	0.2	0.2	0.4	65.1
Distance of the fire from the city (m)	223	451	858	958	1,300	1,612	1,225	1,211	863	718	778	157	153	50	6	-

て設けられた中央公民館に近く、ヘリによる消火活動で鎮圧されている⁴⁾。例外的に一部、市街地の火災に隣接する小槌神社の裏山にあたるスギ林とマツ林で、林床火災が発生しているが、その広がりにはスギ林とマツ林の分布範囲に止まっていた (Fig. 3: ⑮)。

Fig. 3から城山全体の山林火災では、火災が発生した市街地の近くよりも離れた場所の方が火災面積が広く (Table 1)、こうした場所は市街地の家屋火災が山林に接し引火して燃え広がったとは考えにくい。しかしながら、津波発生後、火災炎上した家屋や瓦礫が津波によって川の上流部へ流されていた状況が目撃されていることから、山林火災は、これら炎上した瓦礫等の漂流物によるものと考えられる。すなわち、火災炎上した漂流物が津波により河川の上流部に流された時に、樹木に直接触れたか、あるいは漂流物の火の粉がスギ・マツ林の林床に落下し山林火災が広がったものと推測される。その根拠として、川の上流に位置する山林火災の面積の広い場所は (Fig. 3: ④⑩)、津波が遡上した水面と接しており、山林に隣接する家屋には火災が発生していないことが挙げられる (Fig. 3)。

一方、落葉広葉樹のコナラやクリの二次林で林床火災跡が無かったことは、震災当時、まだ冬芽であり葉の展開がなく、火の粉が飛来しても葉によってトラップされることもなく、また林床に落下しても、広葉樹の林床は燃えにくく引火しなかったものと考えられる。

広葉樹の林床が燃えにくいという現象は、1983年3月27日に仙台市利府町で発生した山林火災に

においてもコナラ林の林床で「焼け止まり線」が起きていたことが記録されている¹¹⁾。この時もマツ林が中心に山林火災が発生したが、それを取り囲むように分布していたコナラ林で山林火災はそれ以上広がることなく終息したとされている。仙台市利府町の山林火災では樹冠火よりも林床火災が先行して火災が広がったことに着目した飯泉・他 (1983) は、マツ林とコナラ林のリターの燃焼比較実験を行い、1m²のスギ林のリターでは27.5% (葉だけでは78.2%) 燃焼し、点火後7分35秒後に火が消え、同規模のコナラ林のリターでは11.1% (葉だけでは19.5%) が燃焼し、点火後2分弱で火が消えたという報告をしている¹¹⁾。また、マツ林の林床火災については、中根・他 (1988) の燃焼実験で、リター中にマツの葉が40%存在すると燃えやすく、逆に広葉樹 (コナラ) のリターは燃えにくいという報告がある¹²⁾。一般に、マツ林の林床は広葉樹の林床よりも林床火災が誘発しやすいという指摘がある¹³⁾。

このことから、大槌の城山においても、スギ林およびマツ林の林床に火の粉等が引火して燃え広がったが、コナラ林の林床では燃え広がることなく、結果として焼け止まり線が起きたものと考えられる。城山は火災当時、ヘリによる消火活動が行われていたが¹⁴⁾、今回の調査で山林火災跡と植生の現状をみるに、城山の山林火災がパッチ状になった要因は、人為的な消火活動よりも広葉落葉樹の二次林 (コナラ) が「焼け止まり線」となっていたことが示唆された。

また、城山の山林火災は、一カ所からの引火ではなく、津波によって流されながら炎上した家屋

や瓦礫の火の粉が複数の場所で、城山のマツ林・スギ林の林床に飛来して引火したものと考えられる。このことについては、引火場所も含め、今後、さらに詳細な調査と情報を集め検証する必要がある。

震災津波の発生で、山林に避難する場合は、スギの植林は火災が起きやすく、天然生の二次林

(コナラ)ではほとんど火災が起きていないことから、避難場所とする山林は、天然生の二次林(コナラ)が望ましいことが、本調査で示唆された。

4. 津波による山林の塩害

山林では低地で枯死している樹木個体が随所で見受けられた。当初は火災の影響によるものと考



Photo 6 (a) *Cryptomeria japonica* plantation damage caused by the flood of sea water. (b) *Pinus densiflora* damage caused by the flood of sea water. These photographs were taken on 5 June 2011. The location of the photograph is shown in Figure 4.

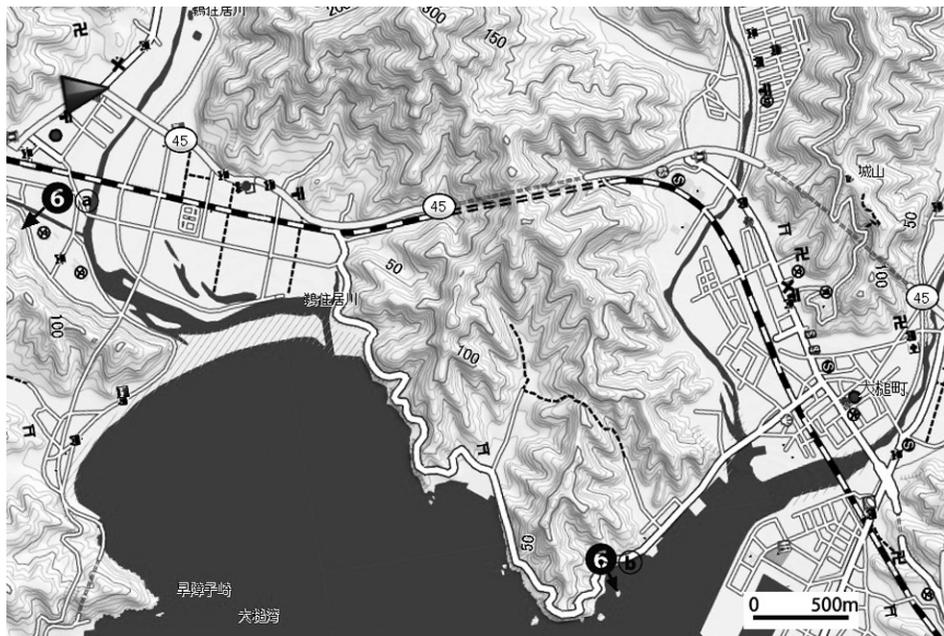


Fig. 4 Map showing the locations of photographs 6a and 6b. Arrows indicate the direction of the photographs. (This figure was obtained from Garmin Base Camp.).

えていたが、現場調査によって樹幹の焼け跡もなく林床火災跡もなく、津波が到達したエリア内であることが分かった。津波が到達したエリアにおいて、塩害による枯死が見受けられたのは、スギ林とマツ林であり、特にスギ林は顕著に枯死が現れている（Photo 6, Fig. 4）。しかしながら、樹木の塩害枯死は津波後直ぐには現れてはいない。津波発生から3ヶ月後の6月に調査した時点では、スギ林やマツの枯死が確認されたが、4月1日付けの衛星画像（Google Earth）で確認してみると枯死はまだ起きておらず、海水浸水後1ヶ月後では、これらは少なくとも枯死していなかったことが分かった。また、津波発生から6ヶ月後の9月の調査では、6月に行った枯死個体数と変わらず、津波発生から3ヶ月後が塩害枯死のピークと考えられた。

一方で、海水に浸水した広葉樹（タブ・クリ・コナラ・ケヤキ等）では、津波の影響による倒木以外で枯死個体は見受けられなかった（Photo 7, Fig. 1; 6）。

これまで耐塩性の樹木として考えられてきたのは、葉による耐塩性の実験検証であり¹⁵⁾、広葉樹よりもマツの方が耐塩性が強いとの認識であったが、津波を受けて土壌が潮に浸かったマツやスギのほとんどが枯死した。マツに至っては防潮マツとして植林された個体の根は、すべての個体で地



Photo 7 Damage to broad-leaved trees and *Cryptomeria japonica* in a plantation flooded by sea water. The photograph was taken on 5 June 2011. The location of the photograph is shown in Figure 1.

上部から1 m程の深さにしか根が入り込んでいなく¹⁶⁾、津波発生時にはマツが根ごとなぎ倒され津波に流され流木となっている¹⁷⁾。樹木に関しては、林冠や葉のみを対象とした耐塩性ではなく、津波を想定した根の耐塩性も含めた検証実験をする必要がある。津波の防災林としてはマツなどの針葉樹ではなく、多種の常緑広葉を植林し、緑の防波堤を築く提言がなされている¹⁸⁾。また、スマトラ沖地震における津波防御効果は、痕跡調査から単一種よりも多様な樹種構成と樹齢構成の方が有効とする報告がある¹⁹⁾。

5. おわりに

本調査結果から、植生からみた震災火災の山林では、スギ林>マツ林>二次林の順で火災発生率が高いことが示唆された。特にスギ林においては、枝打ちが行われていない植林地帯で樹冠火が多く発生していたことから、今後の山林防火として注意が必要であろう。また、マツ林については、樹冠火がなくとも林床火災が広範囲に広がっていることから、かなり危険な状況であったことが示唆された。

今後、震災や津波が起き山林等に避難する場合は、スギ・マツなどの植林を避け、広葉樹の二次林に避難することがより安全であると言える。また、津波が及ぶ地域の植林については、スギ・マツなどの針葉樹は避け、塩害で枯死しにくい広葉樹を植林することが望ましいことが、大槌町の津波跡の現状から示唆された。

さらに、今回調査を行った大槌町では、津波によって流されてきた瓦礫や家屋の火災がマツ林やスギ林に引火して山林火災の発生を招いていたことから、国内における震災対策として、地震の後に津波が到達する可能性のある河川流域に存在するマツ・スギ林は、火災が発生する可能性があることを想定する必要があると考える。

謝 辞

本研究調査は、情報・システム機構の融合研究シーズ探索の研究助成の一部によるものである。さらに国立極地研究所の援助を得た。また、現地

ボランティアの方々ならびに地域住民の方々に情報提供を頂き感謝する。

参考文献

- 1) 総務省消防庁平成23年度版消防白書第2章災害の概要, <http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h23/h23/index.html>, 2012年8月8日
- 2) 関沢 愛, 東京理科大学国際火災科学研究科, グローバルCOE「先導的火災安全工学の東アジア教育研究拠点」, 東北三陸地域の現地被害調査の概要報告(0327-30): 2011, <http://gcoe.moritalab.com/gcoe/fireinfo/contents/main.html>, 2012年8月8日
- 3) 2011年東北地方太平洋沖・中越地震(第32報)消防庁災害対策本部, 2011a, <http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/32.pdf>, 2012年8月8日
- 4) 2011年東北地方太平洋沖・中越地震(第128報)消防庁災害対策本部, 2011b, http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h23_shingi/01/sanko-4.pdf, 2012年8月8日
- 5) 環境省第6回・7回自然環境保全基礎調査植生調査2次メッシュ情報・大植, <http://www.vegetation.jp/miru/5941/594107.html>, 2012年8月8日
- 6) 国土地理院, 電子国土ポータル, 東日本大震災被災地周辺写真, http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse2/index3_tohoku.html, 2012年8月8日
- 7) Google Earth, <http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>, 2012年8月8日
- 8) 地理情報分析支援システムMANDRA, <http://ktgis.net/mandara/index.php>, 2012年8月8日
- 9) 日本地理学会災害対策本部津波被災マップ, <http://map311.ecom-plat.jp/map/map/?mid=40&cid=3&gid=0>, 2012年8月8日
- 10) 国土交通省国土地理院2.5万分1浸水範囲概況図岩手県, <http://www.gsi.go.jp/kikaku/kikaku40016.html>, 2012年8月8日
- 11) 飯泉 茂・設楽 寛・菊池多賀夫・高橋史樹: 林野火災の拡大機構とその跡地における生態機能の回復に関する研究, 日産財団研究助成報告書, 1983, <http://www.nissan-zaidan.or.jp/membership/7405/upfiles/83003.pdf>, 2012年8月8日
- 12) 中根周芳歩・山崎裕実・根平邦人・福岡義隆: 林野火災の防災的研究(I) 焼止まり線について, 日本林学会誌, 70(3), pp111-118, 1988.
- 13) 後藤義明・玉井幸治・深山貴文・小南裕志: 日本で発生する山火事の強度の検討 Rothermelの延焼速度予測モデルを用いたByramの火線強度の推定, 日本森林学会誌, Vol.87, No.3, pp193-201, 2005.
- 14) 総務省消防庁消防研究センター消防研究技術資料82, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書(第1報), 2011. http://www.fri.go.jp/pdf/shiryo/shiryo_no82.pdf, 2012年8月8日
- 15) 中島有美子・吉崎真司: 沿岸域に生育する常緑広葉樹5種の塩分付着による耐潮性比較, 日本緑化工学会誌, Vol.36, No.1, pp219-222, 2010.
- 16) 長島康夫・攝待尚子: 2011年東北地方太平洋沖地震津波によって生じた樹木被害の概要, 仙台市科学館研究報告第21号別冊 pp12-17, 2012. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009426592>, 2012年8月8日
- 17) 永幡嘉之: 巨大津波は生態系をどう変えたか, 講談社 pp93-96, 2012.
- 18) 宮脇 昭: 瓦礫を活かす「森の防波堤」が命を守る, 学研新書, 2011.
- 19) 佐々木 寧・田中規夫・湯谷賢太郎・Samang Homchuen: スマトラ沖地震における樹木の津波防御効果について, 埼玉大学紀要工学部, 38号, pp49-57, 2005.

(投稿受理:平成24年5月21日)

訂正稿受理:平成24年8月16日)