平 成 24 年 度

独立行政法人 森林総合研究所
公 開 講 演 会

巨大災害（カタストロフィー）と森林

－復興と再生をめざして－

講 演 要 旨 集

独立行政法人　森林総合研究所

平 成 24 年 度
独立行政法人 森林総合研究所
公　開　講　演　会

巨　大　災　害（カタストロフィー）　と　森　林

－復興と再生をめざして－

日　時：平成 24 年 10 月 11 日（木）13 時 00 分～17 時 00 分
会　場：イイノホール（東京都千代田区内幸町 2－1－1）

講　演

１．原発事故による環境汚染と森林生態系への影響　１３：１０～１３：５０
独立行政法人放射線医学総合研究所
福島復興支援本部　環境動態・影響プロジェクト
プロジェクトリーダー　吉田　聡　氏 …… 1

２．森林内における放射性物質の分布　１３：５０～１４：３０
立地環境領域
領域長　金子　真司 …… 7

３．森林除染と雪解け水の放射能濃度　１４：３０～１５：１０
水土保全領域
領域長　坪山　良夫 …… 13

４．津波被害を軽減する海岸林の働き　１５：３０～１６：１０
気象環境研究領域　気象害・防災林研究室
室長　坂本　知己 …… 19

５．地震と津波による木造建築の被害　１６：１０～１６：５０
構造利用研究領域　木質構造居住環境研究室
主任研究員　青木　謙治 …… 25

原発事故による環境汚染と森林生態系への影響

吉田　聡（独立行政法人　放射線医学総合研究所）

１ はじめに

福島第一原子力発電所の事故により、環境中に放射性物質が放出され、様々な形の影響を与える事態となった。環境の汚染によって、そのままの状態では居住が難しい地域ができたり、食品の汚染によって生産や流通が制限されるなどの事態が発生している。生活への直接の影響に加えて、これまで学校教育で教わる事のほとんど無かった放射線について、いろいろな情報が飛び交って混乱が生じると共に、市民生活の中での不安が高まっている。

ここでは、まず、今回の事故によって私たちの身の回りの環境がどのように汚染されているのかについて概説した後、一般環境と森林の違いを示しながら、森林生態系への影響と今後の問題点について述べる。

２ 事故による環境の汚染

事故によって大気中に放出された放射性物質は、風に乗って移動、拡散する。海岸に立地する福島第一原子力発電所からは、海洋の方向に拡散した放射性物質も多い。陸上環境に拡散した放射性物質は主として降水と共に地表面に沈着し、その量が多い地域では、そこから放出される放射線によって空間線量率（地上での放射線の量）が高くなり、外部被ばく線量の増加をもたらしている。また、事故直後は放射性物質が野菜等の表面にも直接沈着してその濃度を高めた。放射性物質は時間と共に環境中で移行し、一部は農作物や野生生物等の体内にも取り込まれる。食品の一部に見いだされる通常よりも高い放射能はこの例で、人の内部被ばく線量を高める可能性があるため重要である。

事故によって非常に多くの種類の放射性核種が環境中に放出された。しかし、その多くは半減期が非常に短いか、あるいは放出量が比較的少ないために、環境を介した人の被ばくへの寄与は小さい。ヨウ素 131 は、半減期が 8 日と比較的短いが、放出量が多かったために、被ばくを考慮しなければならない核種である。特に、人体に取り込まれたヨウ素は甲状腺に蓄積するため、ヨウ素 131 による甲状腺の内部被ばくについては現在も評価のための取り組みが続いている。

事故から 1 年以上が経過した現在、ヨウ素 131 を含めた半減期の短い核種は消失し、環境を介した人の被ばくが問題となるのは、セシウム 137（半減期 30 年）とセシウム 134（半減期 2 年）である。ストロンチウムなどの放射性核種も検出されているが、その量は、放射性セシウムに対処していれば被ばく線量評価の上で問題になるものではない。

３ 環境モニタリングの状況

環境汚染の状態を把握するためには環境モニタリングが必要である。福島第一原子力発電所の事故の後は、国が自治体や原子力事業者等との調整を図り、抜け落ちが無いように放射線モニタリングを実施する目的で「総合モニタリング計画」が策定されると共に、事故後の状況に応じて適宜改訂されている。

モニタリングでまず重要なことは、どの程度の放射性物質がどこに広がっているのかを明らかにすることである。このために大きな威力を発揮したのが、航空機を用いた上空からのサーベイである。文部科学省を中心とした事業により、地上 1 m の空間線量率と土壌単位面積あたりの放射性セシウムの沈着量を示すマップが公開されている。マップの範囲は福島県から始まり、順次、日本全国へと広がっている。

土壌などの試料を実際に採取して計測することも行われている。文部科学省では、全国の大学等の研究者の協力のもと、福島県内をメッシュで区切った 2200 箇所で空間線量率を計測すると共に土壌を採取した。1 箇所あたり 5 試料の収集が行われ、試料の総数は 1 万点を超えた。この結果、セシウムをはじめ、ヨウ素、プルトニウム、ストロンチウム、テルルなどの放射性核種が計測され、汚染状況を示すマップとして公開されている。

農耕地については、農林水産省によって土壌試料が収集され、平成 23 年は、これらの試料の計測・評価の結果によって、稲の作付けについての判断が示された。また、福島県の 71%を占める森林については、農林水産省の中でも特に林野庁が担当している。林野庁はメッシュによる森林土壌の採取・計測とともに、森林内の空間線量率を計測して公開している。

これら 2 省 1 庁が収集したデータをまとめると、陸上環境中（一般土壌、農耕地、森林）の空間線量率と放射性物質の平面的な分布が網羅され、除染の計画や避難区域の設定等に利用されている。

４ 土壌中の状態とその将来

平面的な分布に加えて、土壌などの深さ方向の分布を知ることも重要である。事故後に実施された多くの調査によると、土壌中の放射性セシウムは土壌の表層付近に留まっている。事故 1 ヶ月後の平成 23 年 4 月に行われた筑波大学の調査によると、放射性核種は土壌の表層 5 cm までにほぼ 100%溜まっていた。このようなデータは、除染の計画を立てる際の重要な情報となる。すなわち、表土を除去する際には、10 cm の深さまで削る必要はなく、5 cm 除去すれば放射性物質のほぼ全量を排除でき、2 cm の除去でも大部分を処理することが可能である。こうした見極めは、除染の時間やコストを削減すると共に廃棄物を減らす効果がある。

次に重要なことは、放射性物質の分布が、今後、時間と共にどの様に変化するのかという点である。加えて、放射性物質の性質も変化する可能性がある。例えば、同じ量の放射性セシウムが土壌中にあっても、動きやすく植物に吸収されやすい形で存在するのか、土壌に固定された形で存在するのかでは、今後の動き方が全く異なる。

1986 年のチェルノブイリ原子力発電所の事故後に得られた多くのデータによると、

土壌の表面に沈着した放射性セシウムは土壌の表層付近に長期間留まり、深いところには移動し難い。これは、セシウムという元素が土壌中の粘土鉱物に吸着しやすく、放射性セシウムが一旦吸着（固定）されると、非常に動き難くなるためである。放射性ストロンチウムが比較的水に溶けやすく、土壌の深いところに移動しやすいことと対照的である。

土壌中での動きやすさは、農作物等の植物への吸われやすさにも係ってくる。チェルノブイリ事故によって汚染した畑で毎年農作物を作り続けたデータによると、農作物に取り込まれる放射性セシウムの量は、最初の 5 年程度で急激に低下する。これは、土壌中の放射性セシウムが粘土鉱物等に強く吸着するにつれて、放射性セシウムが土壌中に存在しても植物が吸収できない状態に変化したためである。

すなわち、農耕地を含めた一般環境では、放射性セシウムは土壌に強く吸着した形で留まる傾向がある。一方で、大小様々な生物が共存する森林では、状況はより複雑である。

5　森林の汚染とその特徴

日本は国土の 60%以上を森林が占め、福島県に限れば 71%が森林で覆われている。すなわち、大気中に放出されて地表に沈着した放射性セシウムの大部分が森林に存在する状況である。今後、住宅周辺の除染が進んだとしても、これを取り巻く森林には放射性セシウムが長期間残留する可能性があり、外部被ばくに寄与したり、林産物に長期にわたる影響が出ることが懸念される。

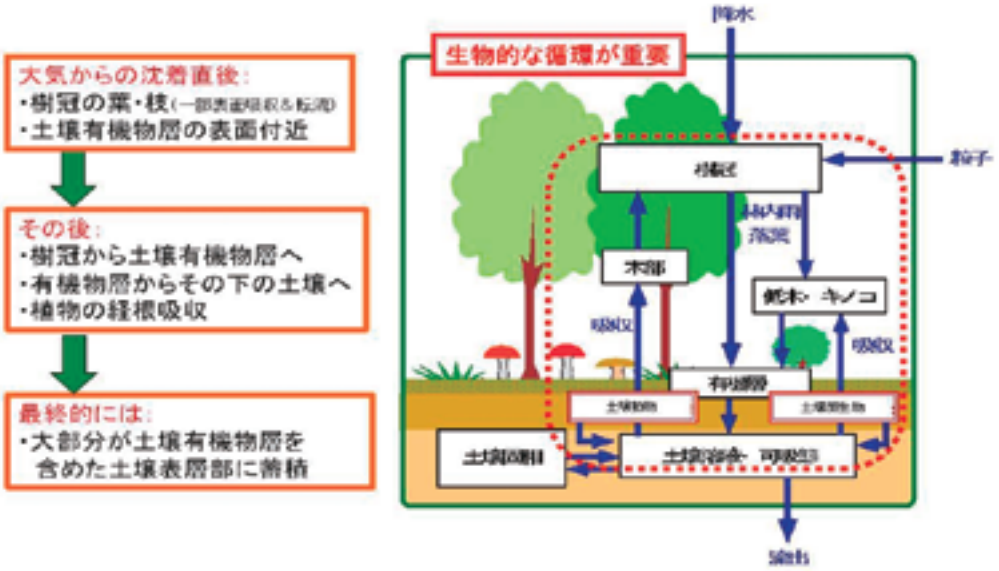

図 1　森林に沈着した放射性セシウムの長期的な動き：

放射性セシウムは時間（年）と共にダイナミックに移動する

森林に入って来た放射性セシウムは、森林生態系の物質循環に伴ってダイナミックに移動する（図 1)。これは、セシウムが主要な栄養塩であるカリウムと同じアルカリ元素で、性質が似ているためである。また、森林内には放射性でない安定セシウムが存在する。従って、沈着した後の放射性セシウムの動きは、元々存在するカリウムやセシウムと平衡状態になっていく（混ざっていく）過程であるとも言える。森林生態系の栄養塩サイクルに伴う循環の中で、放射性セシウムは生物に利用されやすい形態を維持し、その結果、森林のキノコや植物中の放射性セシウムは比較的高濃度に維持されると考えられる。

3 月 11 日の事故当時は、雑木林は春を待つ状態で、落葉樹はまだ葉を出していなかった。従って、主として降水と共に落ちてきた放射性セシウムは、樹冠に捕らえられることなく、前年までの落ち葉が積もった土の表面に直接沈着した。平成２３年の夏に実施された林野庁や文部科学省の調査で、雑木林の放射性セシウムの大部分が土壌表層の落ち葉に存在していることが明らかになっている。

一方で、常緑で葉を有していた杉林においては、落ちてきた放射性セシウムの一部が樹冠に捕らえられ、残りが土壌へと沈着した。森林中の放射性セシウムの半分程度が樹冠などの樹木に存在し、残りの半分が落ち葉を含めた土壌に存在することが分かっている。

今後、森林内での分布状況は時間（年）と共に大きく変化する。葉への付着物質は、降水によって次第に地表へと洗い落とされる。また、落葉は、葉に付着したセシウムを伴って地面へと移動する。杉などの常緑樹の場合も、古い葉は落葉するので同様である。森林土壌表層の落ち葉は有機物であり、やがて土壌動物や微生物の活動によって分解されていくが、その過程で、含まれていた放射性セシウムは微生物等に移行するか溶け出す。溶け出した放射性セシウムは、落ち葉層の下の土壌へと移行するが、そのまま、より深いところへ抜けてしまうわけではなく、最終的には土壌の表層付近に溜まっていく傾向にあることが、チェルノブイリ事故後などのデータで明らかになっている。

上述の通り、農耕地の場合は放射性セシウムを捕らえるのは粘土鉱物等で、捕らえられた放射性セシウムは移動したり植物に吸収されたりすることが困難になる。これに対して森林では、菌類等の微生物や植物などの働きにより、放射性セシウムが「動きながら」留まる傾向にある。例えば、樹木の根から吸われた放射性セシウムは、樹木の中を移動して葉に至る。そして落葉が始まると、また森林土壌の最表層へ戻ることになる。この様なリサイクルの中で放射性セシウムは保持され、森林の外部には出にくい状態となっている。

福島とチェルノブイリなどでは、気候も地形も異なり、今後も独自のデータを得て、違いを確認することが重要である。しかし、福島第一原発事故からこれまでのデータを見る限り、基本的には過去の知見と同様の経過を経ており、内外の先行例から集められた知見は、福島の今後を予測する上で有効に活用できると考えられる。

６ 林産物の汚染

森林は林業の場であると同時に、燃料や堆肥、キノコや山菜等の供給源である。森林の汚染は、これらの林産物を利用する生活や産業に大きな影響を与えている。

福島第一原発事故の影響を受けた樹木は、現在、主として樹冠（葉と枝）や樹皮が汚染している。樹皮は、事故時に沈着した放射性セシウムで直接汚染したことに加え、その後樹冠から流れてくる樹幹流によっても汚染している。樹木表面の放射性セシウムの一部は、表面から直接吸収されて樹体内に取り込まれ、内部で移動していると考えられる（表面吸収と転流）。今後、樹木において注視しなければならないのは、土壌からの経根吸収である。落ち葉層の分解が進むにつれて、経根吸収される量は増え、木部に検出される場面も多くなる可能性が高い。

植物中での放射性セシウムの分布は不均一である。例えば、チェルノブイリ事故によって汚染されて 12 年経ったベラルーシの松林では、ヨーロッパアカマツ個体中の放射性セシウムは、若い葉や、樹幹の形成層付近で濃度が高いことが確認されている。安定セシウムやカリウムも同様の分布であり、植物の生長が盛んな部位に栄養塩のカリウムが集まり、それと同様にセシウムも移動していると考えられる。

福島第一原発事故の後、野生キノコに高い放射性セシウムが観測されている。原木栽培キノコ等も食品の規制値を超えている地域がある。キノコが放射性セシウムを蓄積しやすいことは、今回の事故の前から知られており、特に、チェルノブイリ事故の後は、多くのデータが蓄積されている。キノコが放射性セシウムを蓄積する理由は、完全には明らかになっていない。しかし、キノコは植物に比べてセシウムという元素を蓄積する傾向があること、放射性セシウムの濃度には、キノコの種類、菌糸の位置、土壌中での放射性セシウムの分布、などが影響を与えていることが分かっている (図2)。

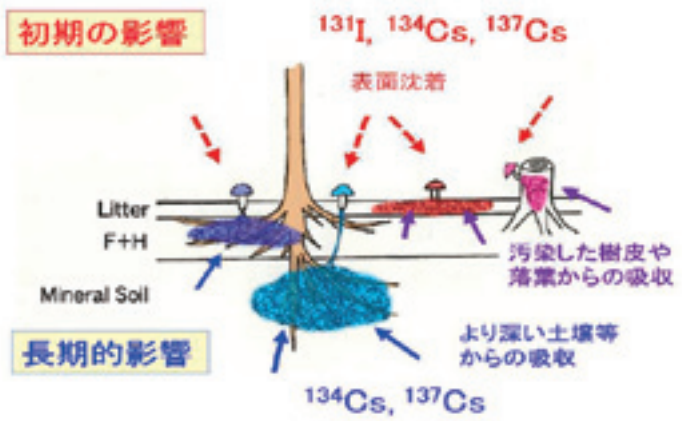

図 2　野生キノコの汚染経路：時間と共に汚染の経路が変化して汚染するキノコの種類と汚染の程度も変化する可能性がある（吉田：森林科学 65, 31-33 (2012) より）

また、シダ植物に高い放射性セシウム濃度が見られる場合が多いことも知られている。データは多くないが、日本人が好む山菜の一部はシダ植物であり、福島第一原発事故に伴って濃度が高くなっている例が多く報告されている。

福島第一原発事故の後、イノシシ等の野生動物においても高い濃度の放射性セシウムが報告されている。チェルノブイリ事故の後も、汚染されたヨーロッパの国々で野生動物中の高い放射性セシウムが報告され、動物の食性が放射性セシウムの濃度を大きく左右していることも明らかになっている。食物連鎖の上部に位置する野生動物は、森林生態系の汚染を総合的に判断する指標として優れている可能性がある。

7 おわりに

放射性セシウムのうち、半減期が短いセシウム 134 は数年で放射能が低下する。一方、セシウム 137 は半減期が 30 年で物理的な放射能の低下は緩やかである。放射性セシウムが森林に保持されやすいことを考えると、長期的な視野に立ったモニタリングと対策が必要である。広大な森林を一度に除染することは困難であるため、優先順位を付けた上で、汚染の程度に応じた対処法を選択することが必要であろう。

参考文献

吉田 聡、村松康行(1996)地球規模の放射能汚染と菌類, 日本菌学会会報 37: 25-30.

村松康行、 吉田 聡 (1997) キノコと放射性セシウム、Radioisotopes 46: 450-463.

IAEA (2006) Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience, Report of the Chernobyl Forum Expert Group ‘Environment’, Radiological Assessment Reports Series.

塚田祥文ら (2011) 土壌−作物系における放射性核種の挙動、日本土壌肥料学雑誌 82: 408-418.

吉田　聡 (2012) 原発事故による森林生態系への影響、東日本大震災後の放射性物質汚染対策, エヌ・ティー・エス: 67-78.

吉田　聡 (2012) 森林生態系での放射性物質の動態 −過去の研究事例から予測される状況と課題−、森林科学 65: 31-33.

森林内における放射性物質の分布

金子　真司　（立地環境研究領域長）

1　はじめに

東京電力福島第一原発の事故により大気中に大量の放射性物質が放出され、東日本の広大な地域が放射能で汚染された。わが国は国土の 3 分の 2 が森林であり、福島県でも県土の約 7 割が森林であるため、森林の放射能汚染は深刻な問題となっている。森林は大気中の汚染物質を取り除くフィルター効果がある [1)]ことから、放射性物質を集めやすいといわれており、チェルノブイリ事故後の調査では、農地に比べて 3〜7 倍の放射性物質が森林に沈着したという報告もある[2)]。

今回の事故では放射性希ガス、放射性ヨウ素 131、放射性セシウム 134、放射性セシウム 137 の放出が大きかったと推定されている [3)]。放射性希ガス、ヨウ素 131 は半減期が短いために事故から 1 年以上たった現在はその影響はほとんどなくなっているが、放射性セシウム 134、放射性セシウム 137（以後、両方を合わせて放射性セシウムと呼ぶ）は半減期がそれぞれ 2 年、30 年であるため、これら放射性物質による汚染は長期間続くことになる。森林に降下した放射性セシウムは、時間が経つにつれて、土壌に移動していき、土壌に含まれる粘土に固定されるが、一部は樹木根によって吸収され、森林生態系の内部循環に取り込まれると予想される。

森林総合研究所では、森林において放射性セシウムが樹木の葉や枝や土壌といった各部分にどのように存在するかを明らかにするため、事故から半年経過した福島県内の森林で調査を行った。

2　調査の方法

東電福島第一原発からの距離が異なる 3 カ所（福島県安達郡大玉村、同県双葉郡川内村、同県南会津郡只見町）の森林に調査地を設けた。大玉調査地ではスギ林（空間線量率 : 毎時 0.33 マイクロシーベルト）、アカマツ林（同 : 毎時 0.31 マイクロシーベルト）、落葉広葉樹林（アカマツ混交）（同 : 毎時 0.31 マイクロシーベルト）を、また川内と只見の調査地ではスギ林（同 : それぞれ毎時 3.11,　0.12 マイクロシーベルト）を対象とした。調査地の林齢は 40-42 年生である。

調査地の森林では、平成 23 年 8 月から 9 月にかけて、調査プロットを設定して樹高や胸高直径等の生育に関わる調査を行い、幹材積や葉、枝、根の重量を推定するとともに、調査プロット内の数十か所で空間線量率を測定した。

次に、調査プロットの近くで成育程度の異なる調査対象木を 3 本選び、その木の周囲の落葉層（堆積有機物層）と表層土壌を採取した。さらに調査対象木（図 2）を伐採し、葉、枝、樹皮、幹材（心材と辺材）に分けて採取した。採取した試料は乾燥・粉砕した

後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリー法で放射性セシウム濃度を測定した。

さらに、幹材については川内村内のスギ林２箇所を調査地に追加し（川内 2：林齢 55 年、空間線量率：毎時 1.17 マイクロシーベルト、川内 3：林齢 40-50 年、空間線量率：毎時 0.47 マイクロシーベルト）、11 月 28 日にスギの辺材と心材の試料を採取して放射性セシウム濃度を分析した。

図１　調査地の位置

図２　樹木伐採前の準備

３ 森林内での放射性物質の濃度

大玉調査地のスギ林、アカマツ林、落葉広葉樹林を比較すると、同程度の空間線量率でも林分によって部位別の放射性セシウム濃度が異なることが明らかになった。針葉樹林のスギ林とアカマツ林では、葉と落葉層で放射性セシウム濃度が高いのに対して、落葉広葉樹林では落葉層の放射性セシウム濃度が最も高く、乾燥重量１キログラムあたり（以下同じ）48,800 ベクレルであったが、葉は 600 ベクレルと低かった（図 3）。この違いはスギやアカマツは常緑樹であり、事故のあった 3 月に葉が付いていたのに対して、落葉広葉樹のコナラは 3 月にはまだ葉が付いていなかったことが原因と考えられる。

川内、大玉、只見のスギ林どうしで比べると、枝や樹皮の放射線濃度は空間線量率に対応していた。枝は、空間線量率の最も高い川内では 115,100 ベクレル、大玉は 5,200 ベクレル、只見は 700 ベクレル、また樹皮は、川内は 29,900 ベクレル、大玉は 1,300 ベクレル、只見は 300 ベクレルであった。空間線量率が毎時 3 マイクロシーベルトを超える川内調査地では全般に濃度が高く、葉と落葉層の放射性セシウム濃度は両方とも 290,000 ベクレル以上であった（図 3）。

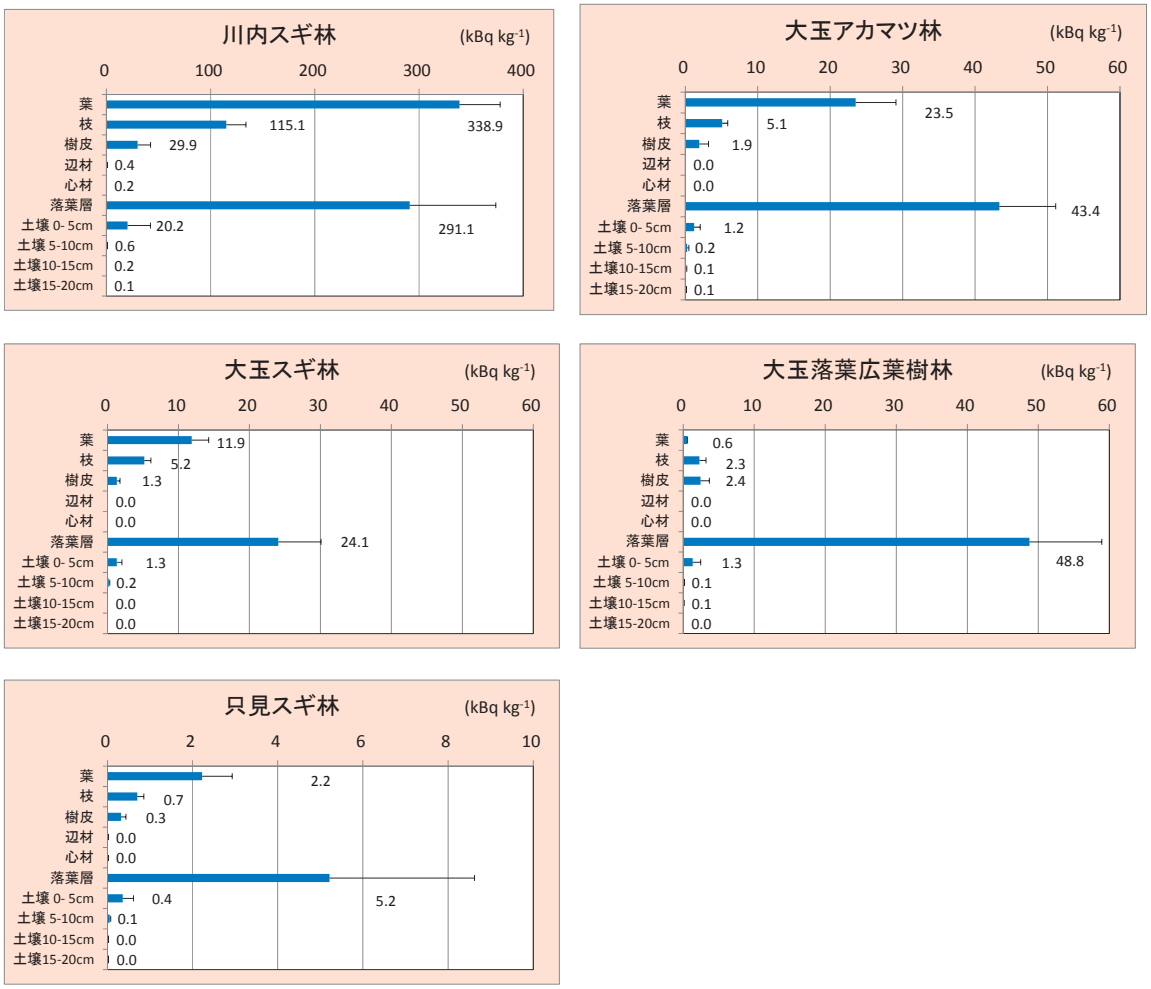

図 3 各調査地における部位別の放射性セシウム濃度の平均値（青い棒）と標準偏差（黒い細線）

川内村のスギ林では、辺材、心材からそれぞれ 406、159　ベクレルの放射性セシウムが検出された。追加調査した川内 2、川内 3 のスギ林からも辺材でそれぞれ 125 ベクレル、36 ベクレル、心材でそれぞれ 38 ベクレル、15 ベクレルが検出されました。これら川内のスギ 3 林分でも、幹材の放射性セシウム濃度は空間放射線率の高低に対応していた（図 4）。

これに対して、川内村以外の調査地では心材 12 点中 10 点で放射性セシウム 134、放射性セシウム 137 ともに検出限界以下であった。辺材で放射性セシウム 134 と放射性セシウム 137 の両方が検出された場合（12 点中 4 点）でも、いずれも 37 ベクレル以下と非常に低い濃度であった（図 5）。また全ての調査地において、幹材の放射性セシウム濃度は樹体の他の部位と比べ著しく低い傾向がみられた。

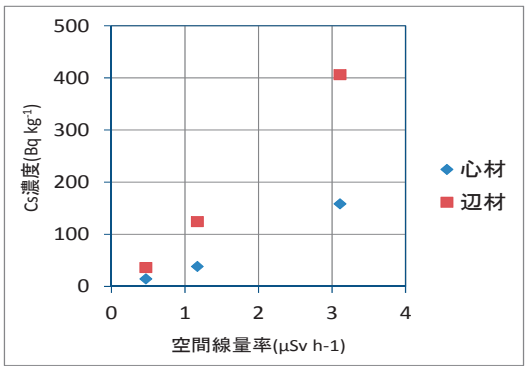

図 4　川内スギ 3 林分の空間線量率と幹材中の放射性セシウム濃度

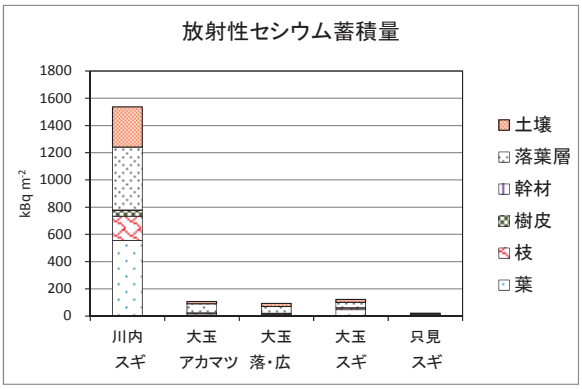

図 5　各調査地における部位別の単位面積あたりの放射性セシウム蓄積量

4　森林全体の放射性セシウム蓄積量

森林全体の放射性セシウム蓄積量と、森林内部における放射性セシウムの立体的な分布状況を把握するため、部位別の放射性セシウム濃度と単位面積あたりのそれぞれの重量を掛け合わせて、部位別の蓄積量の計算を行った（図 6）。

森林全体では、調査地点の 1 平方メートル当たりの放射性セシウム蓄積量は、川内調査地のスギ林が約 138 万ベクレルと相対的に高く、大玉調査地の 3 樹種（スギ、アカマツ、落葉広葉樹）では約 8 万～12 万ベクレル、只見調査地のスギ林は約 2 万ベクレルと低くなり、空間線量率に概ね比例していた。なお、文部科学省の行った航空機モニタリングの測定結果（8 月 28 日現在）によれば、今回調査した川内調査地のスギ林付近は放射性セシウム蓄積量が 1 平方メートルあたり 100 万ベクレルを超える地域であり、周辺の森林に比べても著しく高い場所であった。

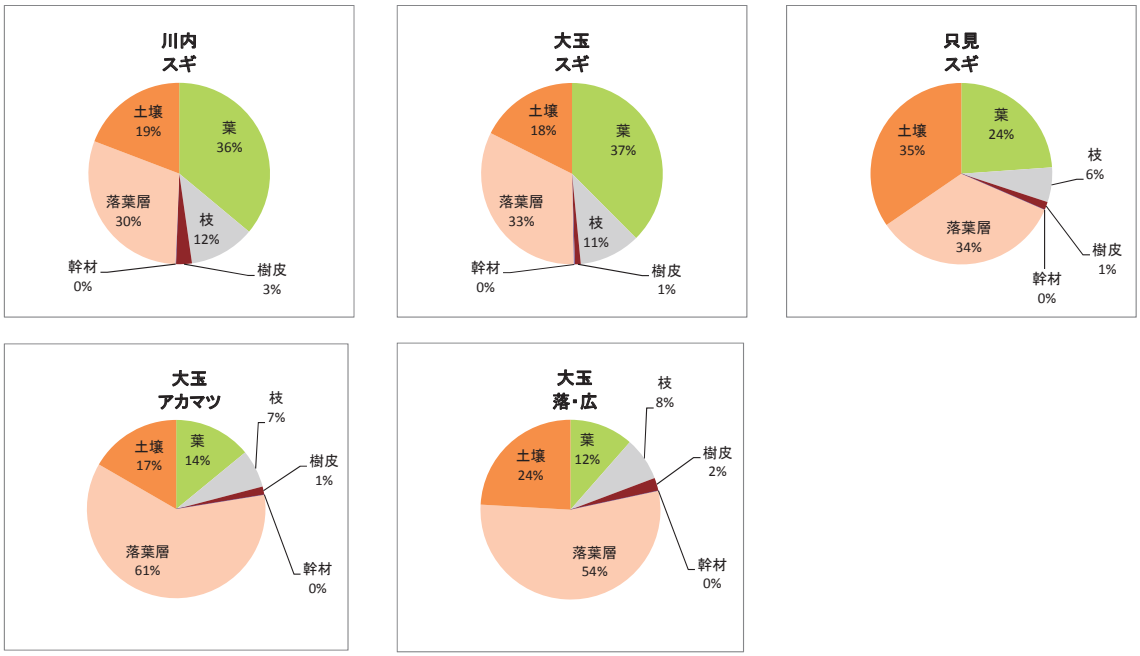

図 6　各調査地における放射性セシウムの部位別分布割合

5 おわりに

今回の調査から、スギやアカマツなど事故当時に着葉していた樹木の葉では放射性セシウム濃度が高いこと、スギでは全体の約半分が葉や枝など樹木に存在していたのに対して、アカマツやコナラでは落葉層に放射性セシウムの多くが存在していることなどが明らかになった。しかし、葉や枝に存在する放射性セシウムは今後も降水によって洗い流されるとともに落葉や落枝によって林床に移動し、林床の落葉層も徐々に分解されていく結果、森林内の放射性セシウムの分布状況は刻々と変化していく。このように、森林内の放射性物質の分布状況は年々変化していくので、森林内の放射性物質の分布と蓄積量の調査は継続して行う必要がある。

文献

1) IAEA : Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation : Twenty Years of Experience, Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment', Radiological Assessment Reports Series (2006).

2) I. Linkov, W.R. Schell (eds.): Contaminated Forest, Kluwer Academic Publishers (1999).

3) 東京電力株式会社(2012)東北地方太平洋沖地震の影響による福島第一原子力発電所の事故に伴う大気および海洋への放射性物質の放出量の推定について（平成 24 年 5 月現在における評価） http://www.tepco.co.jp/cc/press/2012/1204619_1834.html

4) 林野庁(2011) 森林内の放射性物質の分布状況及び分析結果について（中間とりまとめ） http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hozen/110930.html

5) 林野庁(2011) 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について（第二報） http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hozen/111227_2.html

6) C. Takenaka, U, Onda, Y. Hamajima(1998) Distribution of cesium-137 in Japanese forest soils: Correlation with the contents of organic carbon. The Science of the Total Environment 222 193-199

7) 林野庁(2011) 森林の除染実証試験結果について（第二報） http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hozen/111227_1.html

森林除染と雪解け水の放射性セシウムの濃度

坪山良夫（水土保全研究領域長）

１ はじめに

２０１１年３月に発生した東京電力福島第一発電所の事故では周辺の森林にも放射性物質が降下した。特に居住地等に隣接する森林では、森林に降下した放射性物質が追加被ばくの線源となるおそれがあった。その後、森林に降下した放射性物質の多くが葉や落葉に分布していることが知られるようになり、落葉の除去が森林除染の有効な方法の一つとして期待された。しかし、除染の方針を立てる上で、除去の効果に関する定量的な情報はほとんどなかった。そのため、森林総合研究所は福島県林業研究センターと協力して、２０１１年９月～１０月に下草と落葉の除去による空間線量率の変化を調べた。

また、放射性物質が降下した森林の多くは河川上流の山間地にあり、冬季は雪に覆われる地域もある。冬の間、渓流を流れる水は比較的少ない状態が続くが、雪解けの時期になると水の量が増える。森林に降った放射性物質が融雪期の増水と一緒に流れてくるのではないかーー事故の翌春には、そのような心配をする声もあった。そこで、森林総合研究所は農林水産省の委託を受けて、２０１２年３月～４月に森林から流れ出る渓流水の放射性セシウム濃度を調べた。

２ 落ち葉を取り除くと空間線量率はどれくらい下がるのか？

この調査は福島県林業研究センター多田野試験林（図１の地点５）の針葉樹林（スギ・ヒノキ）と広葉樹林（コナラ主体）で行った。

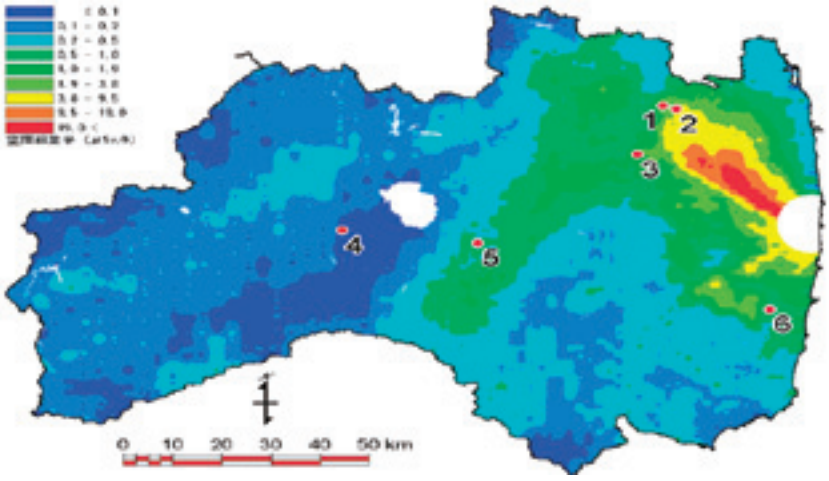

図１　福島県内の空間線量率の分布と採水地点の配置

（１：伊達、２：飯舘、３：二本松、４：会津若松、５：郡山、６：広野

空間線量率の分布は、文部科学省の航空機モニタリング結果（２０１１年１０月１３日換算値）に基づく）

居住地等に隣接する森林では、森林からの放射線以外に、道路など森林以外の場所からも放射線が来るので、そのような場所で調査を行っても森林除染の効果を正確に捉えにくい。そこで、森林で覆われた斜面の中央に正方形の調査区（20m×20m、ただし長さは斜距離）を設け、中心から外側に向かって段階的に範囲を拡げながら下草と落葉層を取り除いた（図２、写真１）。

そして、除去の各段階で調査区中心における高さ 0.1m、0.5m、及び 1m の空間線量率を測定した。また、除去した下草と落葉層の重さを測定し、それぞれの除去量を推定した。

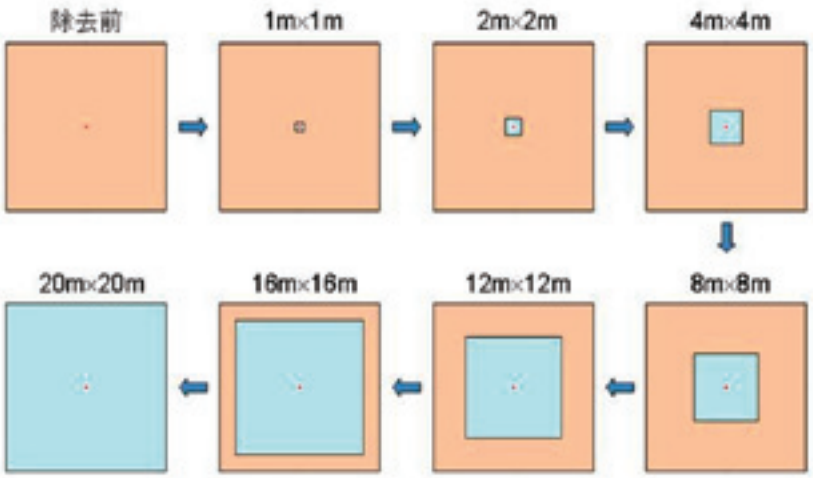

図２　落葉層の段階的除去の概念図。除去する範囲（空色の部分）を
少しずつ増やしながら、中心点で空間放射線率を測定する。

写真１　現場写真　左：除去作業の様子、右：除去前後の状況

その結果、調査区全体（20m×20m）の除去が完了した時点で、調査区中心における高さ 1m の空間線量率は、針葉樹林では除去作業開始前の毎時 0.77 マイクロシーベルトからその約 7 割の毎時 0.57 マイクロシーベルトに、また広葉樹林では毎時 1.22 マイクロシーベルトからその約 6 割の毎時 0.77 マイクロシーベルトにまで低下した。針葉樹林・広葉樹林どちらの調査地でも、除去の範囲を拡げると中心の空間線量率は低下したが、下がり方は次第に緩やかになった（図３）。調査区全体（20m×20m）から除去した下草と落葉層の総重量（湿重量）は、針葉樹林では約 1,112 kg、広葉樹林では 1,270 kg になった。

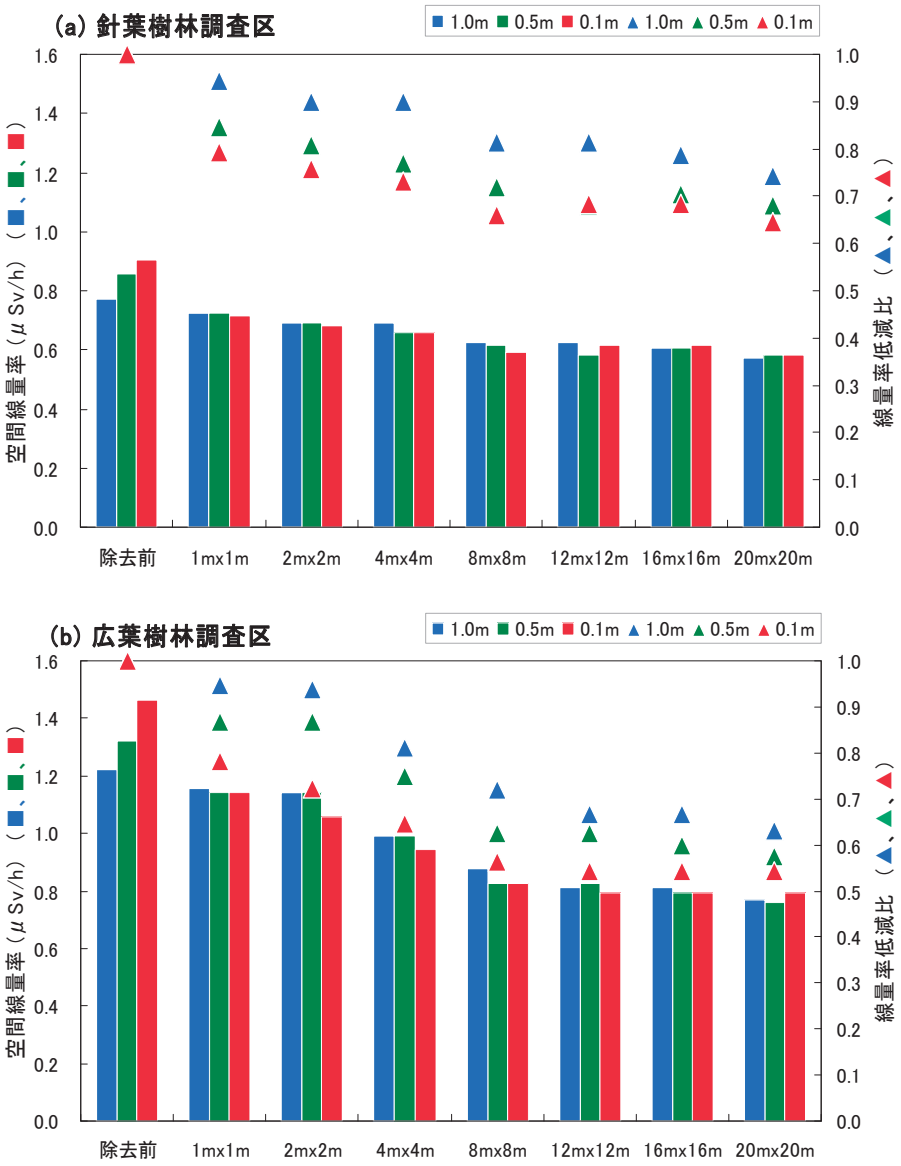

図３　落葉の除去範囲と空間線量率の低下。棒グラフは地上からの高さごとの空間線量率。三角印は除去前の値を１とした場合の割合（低減比）。

広葉樹林の方が針葉樹林よりも、除去前の空間線量率が高く、除去に伴い空間線量率が低下する割合も大きかったのは、落葉樹林では放射性物質が降下した時期に落葉していたため、下草や落葉層に付着したことと、針葉樹では樹上の葉にかなり補足され、それがまだ落葉していなかったためと考えている。

３ 融雪期の渓流水の放射性セシウム濃度

この調査は、福島県内の６箇所の渓流で行った（図１）。採水地点上流の空間線量率は毎時0.1～4.1マイクロシーベルトの範囲であった。融雪期の渓流水は主に昼過ぎから夕方にかけて流量が増えることから、毎日１回午後２時に渓流水を採取した（写真２）。そして、採取試料の放射性セシウム１３４と１３７の濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定した。

写真２　融雪期の渓流に設置された採水装置

その結果、３４２本の試料中３３３本からは放射性セシウムは検出されなかったが、一部の試料（３４２本中９本）から１リットルあたり１ベクレル以上のセシウム１３４または１３７が検出された。放射性セシウムが検出された試料の大部分について、採水前２４時間以内に直近のアメダス観測所で降水が記録されていた。また、放射性セシウムが検出された試料を濾過により懸濁物質を取り除いたところ、放射性セシウムは検出されなかった（表１）。このことは、検出された放射性セシウムが、主に増水した渓流水中の懸濁物質に含まれていたことを示唆している。

採水地点	採水月日	濾過前 Cs-134 Bq/L	濾過前 Cs-137 Bq/L	濾過後 Cs-134 Bq/L	濾過後 Cs-137 Bq/L	SS mg/L
伊達	3/5	1.7	2.3	<1	<1	17
伊達	3/12	1.1	1.8	<1	<1	2
伊達	4/12	1.2	1.7	<1	<1	2
伊達	4/27	<1	1.0	<1	<1	2
飯舘	3/5	1.8	3.1	<1	<1	28
飯舘	3/24	<1	1.2	<1	<1	6
飯舘	4/4	2.7	3.1	<1	<1	170
二本松	4/4	<1	1.1	<1	<1	34
二本松	4/19	<1	1.0	<1	<1	14

表１　放射性セシウムが検出された渓流水9サンプルの懸濁物質（SS）濃度と濾過前後の放射性セシウム濃度。他の333サンプルからは不検出。

４ おわりに

落葉を除去すると空間線量率は下がる。しかし、一定の範囲まで除去すると、空間線量率の下がり方はにぶることがわかった。一方、頻度は限られていましたが、渓流水の放射性セシウム濃度は増水時に高くなることがあり、それは増水した渓流水に含まれる懸濁物質に由来することが示された。

空間線量率を下げるという点で落葉の除去には一定の効果が期待できるが、急斜面の土壌を過度に剥きだしにすると、雨や凍結融解により土壌が移動しやすくなり、それが森林外への放射性物質の新たな移動につながる可能性もある。

このように、森林の除染を進める上では除去の効果と除去がもたらす影響のバランスを考えることが重要である。

津波被害を軽減する海岸林の働き

坂本　知己（気象害・防災林研究室　室長）
野口　宏典（気象害・防災林研究室　主任研究員）

１ はじめに

平成 23 年東北太平洋沖地震津波が広い範囲の海岸林にもたらした被害の中でも岩手県から福島県にかけての被害は甚大で、広大な海岸林がことごとく失われた。その結果、同地域の海岸林が有していた防風や防潮、飛砂防備などの防災的な機能、景観や保健休養の場の提供などその多面的な働きも喪失した。被災地の海岸林の再生にあたっては、これらの機能の復元だけでなくより津波被害を軽減する海岸林とすることが望まれている。

（独）森林総合研究所では、林野庁からの委託事業「平成 23 年度震災復旧対策緊急調査（海岸防災林による津波被害軽減効果検討調査）」を日本海岸林学会の協力を得て実施した。この研究成果を基に、海岸林が津波被害をどのように軽減したのか、そしてどのように海岸林の再生・復興するのかを考える。

２ 津波に対する海岸林の機能

２．１ 波力の減殺

津波に対して海岸林が抵抗体として働き、津波の流速や波力を弱める働きである。

津波による家屋被害が軽減されることや津波到達時刻を遅らせて避難のための時間が得られる（図 1）。岩手県～福島県に比べて津波の規模が小さかった青森県で、津波による樹木の傾きが海岸林の途中で止まったことが確認できた箇所があり、津波が海岸林を通過する中で波力が減殺されたと考えられた（写真 1；野口ほか、2012）。

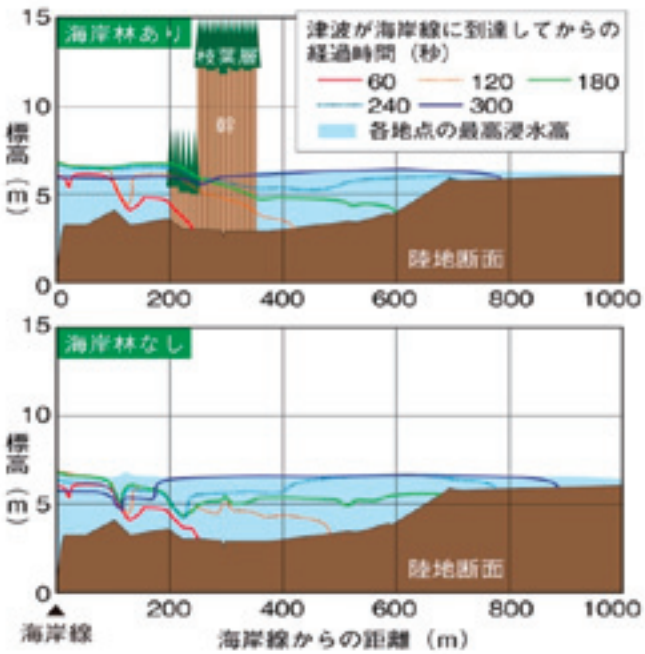

図１　数値シミュレーションによる津波の再現例
津波の経過時間に伴う海水面の変化を推定した。この例では、海岸から600mの地点の津波到達時間は、海岸林がある場合は約180秒後、海岸林がない場合は約150秒後で、海岸林がある場合の方が津波の到達は約30秒遅くなると計算された。

写真1　海岸林の傾きが林内で止まった例
海岸林は内陸に向かって傾いたが、それも海岸林の途中までで、その境は明瞭であった。
津波が林帯を通過することで波力が減殺されたと考えられる。

２．２ 漂流物の捕捉

津波が運ぶ漂流物の移動を止める機能で、船舶や瓦礫などの漂流物が家屋などに衝突することを防ぐ機能と、家屋などが引き波で海に流出することを防ぐ機能の両方がある。樹木の間を漂流物が通過することもあるが、林帯が倒伏したり流失したりしない限り期待できる。林帯幅が広いほど漂流物が通り抜けにくくなるが、単木であっても機能することがある（Sakamoto et al.、 2008)。

今回の調査では、船舶が海岸林で止められていた事例（写真 2）や、防潮堤などのコンクリート塊が海岸林をなぎ倒しながらも林内で止められた事例、流木が生存木補足されている事例が見られた。

写真2　海岸林に止められた漂流物
船舶などの津波による漂流物が樹林で止められることで、背後の住宅の被害が軽減される。

２．３　土地利用の規制

海岸の一定の範囲を海岸林にして土地利用を規制すれば、住宅などの保全対象を津波の危険から遠ざけられる。津波そのものの力を弱めるわけではないが、確実な防災効果が得られるので積極的に評価したい。今回の津波でも、仮に海岸林に建物があったとしたら、防潮堤のコンクリート塊に直撃されたと思われる例もあった。直撃された流失家屋が漂流して被害が拡大することを未然に防いだことにもなる（岡田ほか，2011）。

２．４　津波から逃れる手段

海岸林には、樹木に登って津波をやり過ごしたり、津波に襲われた人が樹木にすがりついたり、流された人を捕捉する機能もある。機能というにはいささか原始的ではあるが、2004 年のインド洋大津波の際には、樹木のおかげで多くの命が救われた（坂本・野口，2009）。

２．５　津波に対する防災施設としての海岸林の特徴

平成 20 年 2 月に出された中央防災会議（2008）の防災基本計画には、津波対策の中に海岸林は入っていなかった。たしかに海岸林は津波被害軽減機能だけ見れば、防潮堤に比べると確実性に欠け、造成にも時間がかかる。しかしながら波打ち際から内陸にかけて自然状態が保たれるなど防潮堤にはない利点もあり、飛砂害や潮害の軽減、防風、散策の場の提供、白砂青松に代表される景観の提供など、日常的にいろいろな役割を果たしてくれる。単なる防災施設にとどまらないこうした海岸林の働きは積極的に評価してよい。

今回の規模の津波に対応できる防潮堤を造成することは費用の面から、また景観に与える影響等の面から現実的ではない。また、防潮堤に頼りすぎる危険性も広く認識されたと思われる。今後は、土地利用も含めた総合的な対策を検討する中で、津波被害軽減機能も担う多面的な空間として、海岸林が積極的に位置づけられるものと考えられる[1]。

３　復興に向けて

海岸林の再生・復興の姿は、元々の土地利用や総合的な復興計画の影響を受けて異なるので、ここではいくつかの段階に分けて、目指す海岸林の姿を描いてみたい。

３．１　海岸林の復元

地域の復興にあたっては、日常的な飛砂防備機能、防風機能を取り戻すために、従来通りの海岸林の再生がまず欠かせない。場所によっては、根返りを防ぐために盛土などが必要である。

---

[1] 国の東日本大震災復興対策本部の「東日本大震災からの復興の基本方針」では、復興施策の中の災害に強い地域づくりの中で「沿岸部の復興にあたり防災林も活用する」ことを記している。http://www.reconstruction.go.jp/topics/110811kaitei.pdf

３．２ 健全な海岸林

海岸林がその働きを充分に果たすには、健全な樹木で構成されていなければならないが、わが国の海岸林の多くはクロマツを主としているため、マツ材線虫病（松くい虫）の被害を受けやすく、不十分な対策のために壊滅的に衰退した海岸林も少なくない。また、一般に海岸マツ林は植栽時に 10,000 本/ha の密植を行う関係で、植栽木の成長に応じて本数管理（間伐）が必要だが、多くの場合それが十分になされず、過密化のために、樹高のわりに直径が細く、枝下高が高くなり、津波や雪害には弱い状態にある。飛砂防止、防風、そして津波に対する耐性の点でも、海岸林自体が被害を受けにくいよう、健全に保つことが重要である。

３．３ 機能の向上

健全に生育している海岸林の津波被害軽減機能、とくに波力減殺機能を高めるためには、林帯幅を広げる必要がある。林帯幅を広げることは、また、流木を林内で止めるための空間を確保することにつながる。林帯幅を広げることが難しい場合には、海岸林から流出した樹木を止めるために、海岸林とは別に保全対象（住宅など）の近くに新たに樹林帯を設置することも検討したい。海岸から離れるほど津波の勢いは弱くなっているので樹木は残りやすく、漂流物の勢いも弱まっているので樹木の漂流物捕捉機能はより期待できる。さらに、津波に対する抵抗性を高めるために、枝下高が高くなった林内に常緑広葉樹を植栽することも考えられる。また、漂流物の捕捉をとくに期待する場合には、樹木が残りやいように、必要以上に枝を低く仕立てず、津波に対する抵抗性を低くして津波に対する耐性を高めることも考えられる。

３．４ 理想的な姿

海岸林を作り直す場合、その姿や配置は、他の土地利用などに制約されるが、それをとりあえず度外視し、最後に理想的な姿を描いてみたい。

海岸林の津波被害軽減効果を大幅に高めるのであれば、先述のように林帯幅を広げることや、盛り土をして地盤高を高くした上で林帯を造成することが必要になる。盛土を防潮堤並に高くすることができれば、海岸で必要なのは海岸浸食対策だけで防潮堤は不要となり、波打ち際から海岸林までの間を自然海岸に近づけることや、内陸側の地下水位が高い箇所に、海岸林を造成せず、その一部を湿地として残すことも可能となる。それは自然景観、自然環境、海浜や湿地の生態系の保全の点でも意義がある。その上で、防潮堤を整備するのであれば、海岸林の内部か、あるいは海岸林より内陸側に防潮堤を設置することが考えられる。

今回、津波で多くの船舶が陸地に上がり込んだわりに、海岸林に捕捉された例が少ないのは、船舶が係留等されていた箇所では土地利用が進み、海岸林が無かったためと考えている。復興にあたっては、これまで林帯がなかった場所にも海岸林を配置できればと考える。

４ おわりに

森林総研では、海岸林の再生・復興に向けて、被災後立ち枯れが生じた場所の植栽地としての適正に関する研究、苗木の生産性と活着率の向上、初期成長の確実性、よりよい根系発達のための高性能コンテナ苗の開発、植栽本数の見直しに関する研究や、数値シミュレーションから求めた津波対して効果的な海岸林に誘導するための、クロマツ海岸林の林相改良法ならびに下層が広葉樹の二段林への誘導方法に関する研究を進めている。

海岸林の再生・復興にあたっては、単に海岸林を造成するだけではなく、海岸林が抱えている課題を解消する機会にしたい。すなわち、適切な本数調整を行うことで健全な林相を作り上げること、マツ材線虫病対策を適切に行うことなどを期待したい。そのためには作業道の整備は不可欠で、被害木の処理の段階から再生・復興する海岸林の姿をイメージして進めることができればと考える。

文献

中央防災会議 2008.防災基本計画、399pp.　http://www.bousai.go.jp/keikaku/090218_basic_plan.pdf（2011 年 11 月 28 日確認）

野口宏典・佐藤創・阿部友幸・鳥田宏行・真坂一彦・木村公樹・鈴木覚・宮前崇・落合博貴・坂本知己（2012）数値実験による海岸林の津波氾濫流減衰機能の検討－水路実験によるクロマツ抵抗特性と被災地の林分・地形条件を用いて－．日本森林学会大会学術講演集、123、pp.D06-

岡田穣・野口宏典・岡野通明・坂本知己（2011）平成 23 年東北地方太平洋沖地震津波における海岸林と家屋破損程度との関わり－石巻市長浜の事例－．平成 23 年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集、1-2

Sakamoto, T.,　Inoue, S., Okada, M., Yanagihara, A., Harada, K., Hayashida, M. and Nakashima, Y.（2008）The collision mitigation function of coconut palm trees against marine debris transported by tsunami - A case study of Tangalla on the southern Sri Lanka coast -. Journal of the Japanese Society of Coastal Forest、7(2)、1-6

坂本知己・野口宏典（2009）津波防災に海岸林を活用するために．第 21 回海洋工学シンポジウム　OES21-137（CD-ROM）

佐藤創・鳥田宏行・真坂一彦・阿部友幸・野口宏典・木村公樹・坂本知己（2011）東北太平洋沖地震津波によるクロマツ海岸林の被害－三沢市織笠の事例－．平成 23 年度日本海岸林学会石巻大会講演要旨集、7-8

地震と津波による木造建築物の被害

青木謙治（構造利用研究領域　主任研究員）

1　はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は、我が国の観測史上最大の本震（マグニチュード(=M) 9.0、最大震度 7）と、度重なる大きな余震により東日本全域に様々な被害を及ぼした。これまで、大学や研究機関、学会などから数多くの調査団が現地に派遣され、様々な観点から調査が行なわれてきた[1, 2など]が、今回の地震は被害範囲が東日本全域の広範囲にわたっており、また津波被害が大きいことや原発の影響もあることなどから、被害の全容を把握するのは非常に困難な状況が続いている。そのような中で、森林総合研究所では、地震発生以降、日本建築学会や他の研究機関等と連携・協力して被害調査を行ってきたので、地震及び津波による木造建築物の被害の特徴について、その概要を報告する。

2　地震動の概略

2011 年 3 月 11 日(金)14:46 に発生した本震は、気象庁の速報ではマグニチュード(=M)8.4 であったが、その後 2 回の訂正を経て最終的に M9.0 と発表された。また、本震の前後に M7.0 以上の前震・余震が計 6 回も発生している。M7.0 といえば、単独で起こっても大地震と騒がれる程の規模であるから、今回の地震がいかに巨大であったかが分かるであろう。気象庁発表の本震時の震度分布[3]（図 1）を見ると、関東から東北にかけての太平洋側全域で高い震度を記録しており、立っていることが困難で耐震性の低い木造住宅に倒壊等の被害が出るとされる“震度 6 弱”以上が、岩手県南部、宮城県全域、福島県浜通り・中通り、茨城県全域、栃木県東部、千葉県北部、埼玉県の一部などの東日本の太平洋側一帯で観測された。

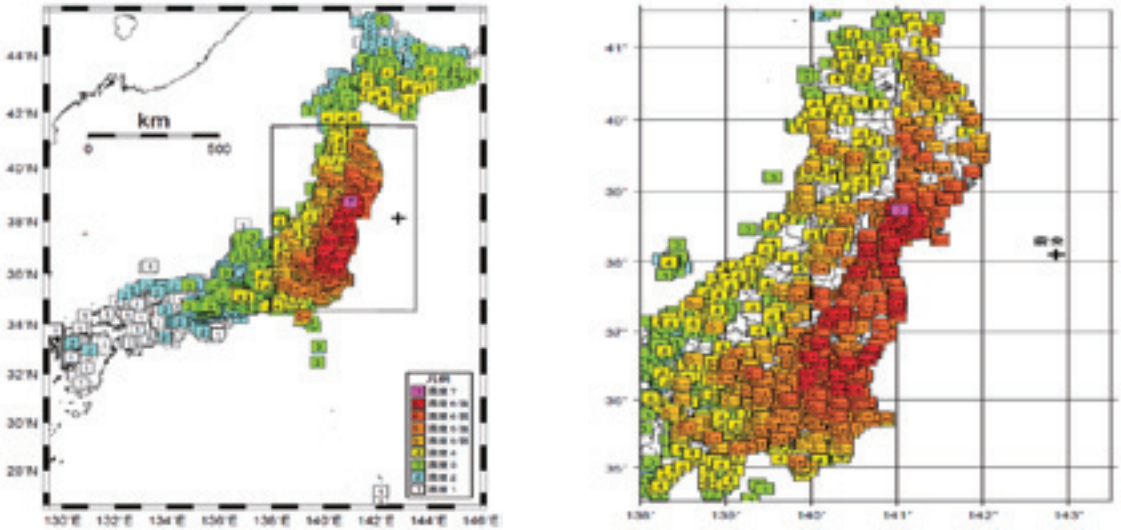

図 1　本震における震度分布（右は左図枠内の拡大図）[3]

３ 木造建築物の被害

森林総合研究所では、地震発生翌日より研究所周辺の概要調査を徐々に開始し、被災地の状況等を見ながら、日本建築学会や他の研究機関等と連携協力して宮城県・福島県等の被害の概要調査および詳細調査を行ってきた。これらの詳しい調査結果は、日本建築学会や建築研究所が報告書にまとめているので[1, 2]、本稿では、木造建築物に関する全体的な被害傾向を概観すると共に、森林総合研究所が独自に行った中大規模木造建築物の被害調査結果[4]を報告させて頂く。

３．１ 木造建築物の被害の概要

本稿では、木造建築物の被害を４つ（地震動による被害、擁壁(崖などの土留めのために作った壁)等の崩壊による被害、液状化による被害、津波による被害）に分類し、それぞれについて大まかな被害傾向を纏めてみることとする。

３．１．１ 地震動による被害

今回の地震において、地震動（地震の揺れ）により被害を受けた木造建築物は、地理的に非常に広い範囲に分布しており、北関東から東北に至る、特に東北自動車道に沿った地域での被害報告が多いようである。しかし、範囲が広い割には被害建物も点在しているため、1995 年の兵庫県南部地震や 2004 年の新潟県中越地震などと比べると、被害棟数としてはそれほど多くはない。その最大の理由は、地震波の特性にあるようである。地震波は様々な周波数特性をもつ波が混ざり合っているものであるが、木造建築物にとって厳しいと言われている周期 1.0～1.5 秒程度の成分（キラーパルスともいわれる）が少なく、周期 0.5 秒程度の短い周期の成分が強かったことが、震度が大きかった割には木造建築物の被害が少なかった理由の一つであると考えられている。

戸建て住宅で倒壊などの大きな被害を生じたものの多くは、建設年代が比較的古く、柱や土台等の部材に腐朽や蟻害が認められるなど、老朽化が進行していた建物が多い（写真 1)。また、過去の地震被害報告と同様、壁がほとんど無く大きな開口部を持つような建物が大破している例も散見された（写真 2)。屋根瓦の落下やモルタル外壁の剥落などは東日本全域で確認されたが、特に瓦の被害については宮城県周辺よりも茨城・栃木県の方が多い印象を受けた。今回の地震で多くの被害事例が報告されたものの一つに土蔵の被害があるが、外壁の土塗り壁の剥落や瓦の落下がほとんどで（写真 3)、倒壊したという報告は無い。

写真１　住宅の倒壊（大崎市）

写真２　住宅の大破（美里町）

写真３　土蔵の被害（大崎市）

３．１．２ 擁壁等の崩壊による被害

擁壁や斜面の崩壊による被害に関しては、傾斜地の宅地造成地における地滑りや、擁壁の破壊に伴う地盤の動きによって建物の被害に繋がる例が多数見られた。こうした被害が激しかった地域としては、宮城県仙台市や福島県福島市といった都市近郊の新興住宅地が代表的である（写真 4～6）。

写真４　斜面崩壊に伴う旅館の倒壊（仙台市）

写真５　斜面崩壊に伴う住宅の転落（福島市）

写真６　擁壁の崩壊（仙台市）

３．１．３ 液状化による被害

液状化の被害で最も注目を集めたのは千葉県浦安市や東京都の新木場などの埋立地であったが、河川流域や湖沼周辺部、田畑を造成した住宅地などでも液状化は発生しやすく、東北地方から関東南部に至る各地で確認されている（写真 7、8）。地盤が液状化すると建物が基礎ごと傾く可能性もあり、木造部分が無被害であっても居住することが困難になる場合がある（写真 9）。また、基礎の強度が不足していると液状化によって基礎が割れ、その影響で木造部分に被害が及ぶことも珍しくない。

写真７　液状化による電信柱の傾斜（鉾田市）

写真８　小学校校庭の噴砂痕（大崎市）

写真９　地盤沈下により基礎底面が現れた住宅（牟田市）

３．１．４ 津波による被害

東日本大震災における最大の被害は津波によるものであり、青森県から千葉県に至る太平洋側の海岸線では、木造建築物の被害はほぼ全て津波による被害と言っても過言ではない。海沿いに津波を遮るような工場やマンション等がある所では、その後背地に建つ住宅が流出を免れたケースも多く見られたが、遮るものが無い地域ではほとんどの住宅が流出し、基礎と土台のみ残されている姿が数多く見られた（写真 10）。そのような中でも、築年数の浅い現代的な住宅が大きな被害を受けながらも残存していたり（写真 11）、基礎ごと移動している住宅も散見されたりと（写真 12）、近年の木造住宅の高強

度化・高耐震化の影響と思われる事例も存在した。しかし、津波による被害調査の難しさは、その建物が津波に襲われた時の本当の強さ（浸水深さや流速）が分からないことや、衝突物の影響が大きいことなど、被害原因の特定が非常に困難なことであり、木造建築物の耐津波性能に関しては今後の研究課題の一つである。

写真１０　基礎や土台のみ残った地域（女川町）

写真１１　被害を受けたものの残存する住宅（石巻市）

写真１２　津波により基礎ごと移動した住宅（釜石市）

３．２　中大規模木造建築物の被害調査

2011 年 6 月 14～16 日にかけて、福島県と宮城県にある中大規模木造建築物 22 物件 28 建物の調査を行った。調査対象物件の選定にあたっては、集成材メーカーのカタログや書籍、企業のホームページ)等から情報を収集し、所在地と気象庁発表の震度、建物規模、構造形式等を元に選定した。

３．２．１　地震動により被害を受けていた建物

調査した中で主要な構造部材に地震動による被害を受けていると思われる建物は僅かに 2 物件 4 棟のみであった。福島県郡山市の築 20 年程の工場 2 棟では、天井面の鋼製ブレースのたるみが数ヶ所見られ、柱脚部の基礎コンクリートに割れが見られた（写真 13、14)。また、同じく郡山市の集成材による作業棟 2 棟に比較的大きな被害があり、木製筋かい接合部の破壊や基礎コンクリートの亀裂等が見られた（写真 15)。この建物の敷地は傾斜地を盛土造成したものらしく、基礎周辺に地盤が動いた跡もあったため、地盤の特性によって地震動が増幅された可能性も考えられる。

写真１３　集成材フレーム部分は無被害の工場

写真１４　柱脚部の基礎コンクリートの割れ

写真１５　筋かい端部の破壊

３．２．２ 仕上げ材等に軽微な被害を受けた建物

宮城県栗原市の集成材による庁舎（築 6 年弱、写真 16）では、天井仕上げ部に軽微な損傷が確認され（写真 17）、同じく栗原市の木造の小学校（築 5 年程、写真 18）では、内壁の仕上げ材にごく軽微な亀裂を 1 箇所だけ確認した。この 2 棟はいずれも震度 6 強の地域であるにも関わらず、築年数が比較的新しい建物でもあり、柱や梁等の主要な部材には被害が確認できなかった。

写真１６　木造の栗駒総合支所

写真１７　天井の軽微な損傷

写真１８　瀬峰小学校ホール

３．２．３ 津波による被害を受けた建物

石巻港にある集成材フレームによる工場では、津波によって壁の下半分が抜け、衝突物の影響と思われるが、一部の柱が破断して流失していた（写真 19）。また、同じく石巻港付近にあるわん曲集成材アーチによる事務所では、津波によって壁が抜け、柱脚部の基礎コンクリートが破損している箇所や、部分的にわん曲集成材が破壊している箇所も見られたが、全体として主要構造部材の損傷は少なく、既に完全復旧して営業を再開している（写真 20、 21）。

北上川河口付近にあった石巻市の北上総合支所は、集成材構造と鉄筋コンクリート構造を併用した巨大な建物で、木造部分の外周壁には大断面筋かいを多数使用している（写真 22）。津波により内外壁が抜けて骨組みが残ったが、建物の吹き抜け部分では、RC 柱頂部に架け渡した大断面集成材の梁が破壊して屋根が落下していた（写真 23）。建物海側の RC 造によるホールは津波によって地盤が削られ、激しく損傷を受けていた。本吉郡歌津町にある歌津公民館も集成材フレームによる構造であるが、壁面は破壊されているものの、フレーム部分の損傷は見当たらない（写真 24）。屋根も半分ほど無くなっており、内部の損傷は激しいが、主要構造体に関しては損傷も少なく、復旧･再使用も可能な状態であった。

写真１９　漂流物の衝突で破壊されたと思われる集成材柱

写真２０　わん曲集成材アーチ構造の事務所

写真２１　部分的に破壊が見られるわん曲集成材

写真２２　津波を受けた北上総合支所の木造部分

写真２３　折れて落下している大断面集成材の梁

写真２４　歌津公民館の集成材フレーム

４ まとめ

東日本大震災における木造建築物の被害傾向、中大規模木造建築物の調査結果について概略を紹介した。

木造建築物の被害を分類すると、「地震動」「擁壁崩壊」「液状化」「津波」の４つに分けることができる。「地震動」による被害については、今回の震災特有の傾向は特に認められず、従来と同様の被害原因によるものとほぼ結論付けられる。また、地震動の特性にもよるが、震度の大きさの割には木造住宅の被害棟数は少なく、木造住宅の耐震性が徐々に高まってきていることが示唆された。「擁壁崩壊」による被害に関しては、局所的ではあるが宅地造成地や河川流域において被害を受けている建物が目立った。「液状化」による被害に関しては、建物全体の傾斜や周辺地盤の沈下が見られ、基礎の破壊に起因すると思われる木造部分の破壊等も見られた。「津波」に関しては、浸水深の大きいところではほぼ全ての木造建築物が流出や大破など何らかの被害を受けていたが、木造建築物の高耐震化に伴い、被害を受けながらも建物形状を維持していたり、基礎ごと浮き上がって移動したりしている事例も見られた。

集成材等による中大規模建築物の被害に関しては、築年数が比較的浅いことも影響している可能性はあるものの、主要構造部材や接合部に大きな被害を受けている例はほとんど見られなかった。また、津波被害を受けた地域に建つ集成材建築物に関しても、壁面や屋根面などの破壊はあるものの、軸組フレーム部分は比較的健全で接合部等の損傷も少なく、復旧・再利用も可能な状態であると思われた。以上より、中大規模木造建築物の耐震性は総じて高く、フレーム部分に関しては耐津波性能も高いことが明らかとなった。

参考文献

1) 日本建築学会：2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報、2011
2) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）、建築研究資料、No.132、2011
3) http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/index.html
4) 青木謙治、小林久高、軽部正彦：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震による中・大規模木造建築物の被害調査、木材工業、66(10)、446-451、2011

平成 24 年度
独立行政法人　森林総合研究所
公 開 講 演 会 講 演 要 旨 集

平成 24 年 10 月 11 日　発行

編集・発行
独立行政法人　森林総合研究所
企画部　研究情報科　広報係
〒305-8687　茨城県つくば市松の里 1 番地
Tel 029-829-8134　Fax 029-873-0844
E-mail：kouho@ffpri.affrc.go.jp
URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp/

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可