東北地方太平洋沖地震津波に対する
仙台平野における海岸保安林の津波防備効果の考察

日本大学大学院理工学研究科　学生会員○祖父江一馬　㈱アジア共同設計コンサルタント　正会員　石野和男
日本大学大学院理工学研究科　学生会員　有馬勇人　東京大学　フェロー　玉井信行
日本大学理工学部　正会員　後藤浩　日本大学　フェロー　竹澤三雄

はじめに　2011 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し，それに伴う津波によって東北太平洋沿岸地域は甚大な被害を受けた．江戸時代から植栽され，従来，素晴らしい海岸線の景観の一部を構成していた海岸保安林（以下，海岸林と呼ぶ）の多くも津波による流失被害を受けた．著者らは，以前，津波によって被災した沿岸地域の海岸林の被災状況を調査し，その特徴を示した [1]．また，海岸林の流失がなかった宮城県石巻市ながはま海浜公園の海岸林後背地の家屋の被害レベルを調査し，海岸林による津波防備効果を示した [1]．本報では，仙台平野を対象に家屋の被害状況（海岸線から浸水したものの破壊は免れた家屋（以下，レベル C と呼ぶ）が現れる最初の位置までの距離など）に注目し，海岸林の津波防備効果を考察した．また，レベル C の家屋と判定される場合の最大の浸水深を示し，既往の研究成果 [2] との比較を行った．

調査対象地および調査内容　調査対象地域は，図 1 に示す宮城県仙台平野で，調査地を 15 カ所選定した．調査は 2012 年 8 月に 3 回実施し，調査地では，樹林帯の立木密度，樹高，平均胸高直径，樹林帯幅などの林分調査を行い，後背地の家屋の被災状況調査を行った．家屋の被災レベルの判断は，“津波によって家屋そのものが流失した場合もしくは壁がなくなり大損壊した場合”（レベル A），“家屋の流失は逃れたものの扉・窓がぬけ内部が破壊された場合”（レベル B），“家屋が浸水したものの破壊は免れた場合（レベル C）”に分類して行った．なお，林分調査における樹高などの測定や浸水痕に基づく浸水深の測定については，メジャーとレーザー距離計を用いた．

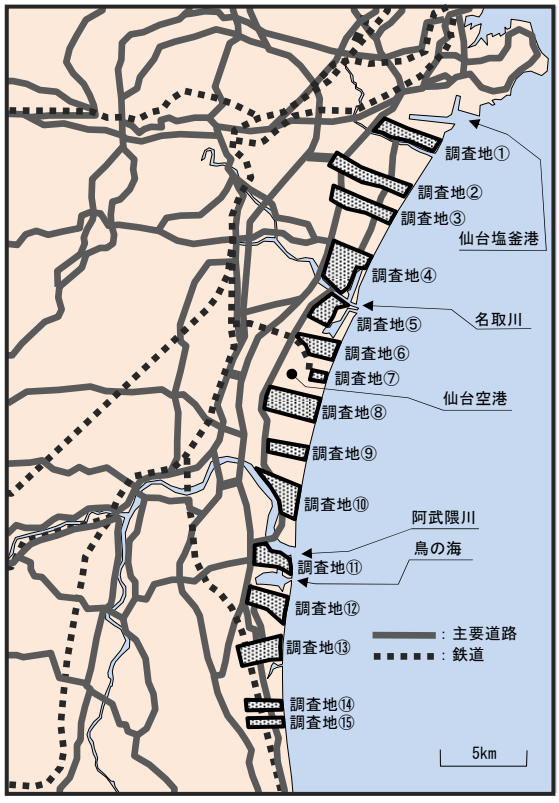

図 1　調査地（仙台平野）の概況

調査の結果　調査は，選定した調査地 15 カ所全てについて，地域を徒歩により縦横に踏査して行った．調査の結果状況を示すものとして，野帳を整理した一例（調査地⑬の例）を図 2 に示す．図 2 に示すように，被災家屋をレベル A～C と判断し，浸水痕より得られる浸水深を測定した．そして，樹林帯幅 W_F と海岸線からレベル C の家屋が現れる最初の位置までの距離 x_c を定めた．以下，調査地 15 カ所全体をまとめた結果を説明する．

樹林帯幅 W_F と海岸線からレベル C の家屋が現れる最初の位置までの距離 x_c との関係について　図 3 は，x_c と W_F との関係を整理したものである．図 3 に示されるように，W_F が大きくなると，x_c が小さくなる傾向が見られる．

図 4 は，図 3 における与えられた W_F に対する x_c のばらつきについて検討するために，x_c および W_F（被災前と被災後の変化も併記）とともに海岸線から内陸側方向に向かう場合に横断する河川の幅の合計，海岸林の立木密度，主要道路および鉄道路線の存在の有無を示したものである．なお，図 4 中記載をしていないが，この地域での海岸堤防は，従来 T.P.+6.2m の高さで一様に整備されており [3]，そこに来襲した津波高は，堤防付近における浸水痕からの測定結果として T.P.+13～14m であったことが報告されている [3]．調査した地域のほとんどの場所で貞山堀が海岸線に対して平行に存在しているため，河川（運河）の存在による津波防備効果があったものと考えられるが，どれほどの効果があったのかについては判定できなかった．また，例えば，調査地⑭と⑮については，鉄道路線の存在によって被災状況が異なる場所が認められたり，主要道路が存在しない調査地⑫につい

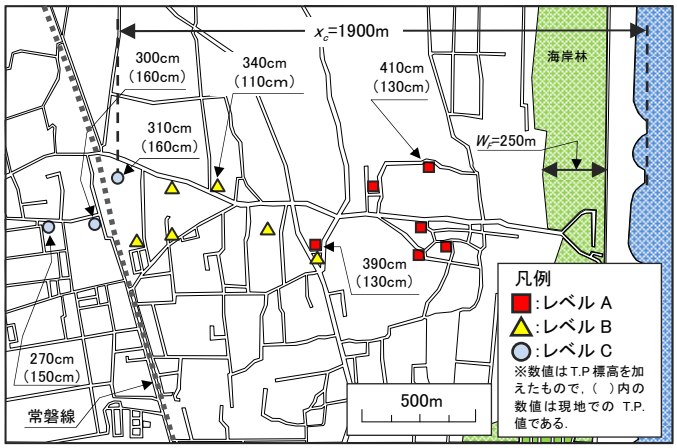

図 2　調査結果の一例（調査地⑬の場合）

キーワード：東北地方太平洋沖地震，津波，海岸保安林，家屋の被災
連絡先：〒101-8308　東京都千代田区神田駿河台 1-8　日本大学理工学部　E-mail:gotou.hiroshi@nihon-u.ac.jp

ては x_c の値が他より大きくなったりしていることから，海岸線と平行で段差のある構造物が存在することによって x_c の大きさに影響を与えているものと考えられる．さらに，**図 3** 中には測定位置での大凡の T.P.値も併記してあるが，この大小や，例えば，後背地に丘が迫る調査地⑭と⑮では津波の重複波的な挙動が誘起されたと考えられ，これらもデータのばらつきの原因となっているものと推察される．なお，以上のばらつきの原因を無視したとすれば，x_c（m）と W_F（m）の関係は（1）式で示される（r は相関係数）．

$$x_c = -1.14W_F + 2075 \quad (r\text{=-0.66}) \qquad (1)$$

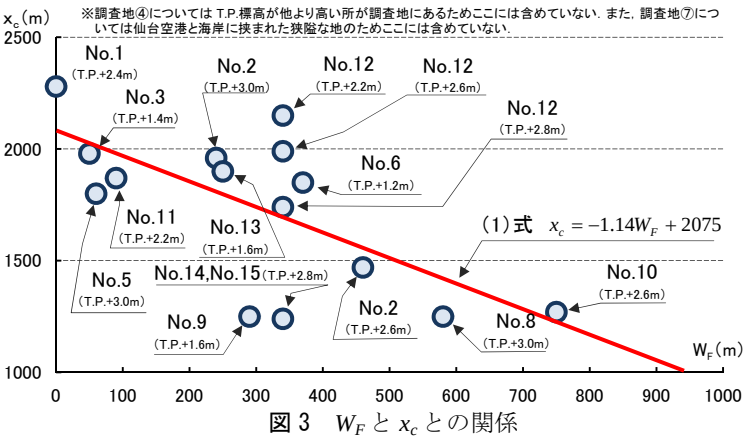

図 3　W_F と x_c との関係

レベル C と判定される家屋の最大の浸水深について　**図 5** は，被災した一戸建て住宅における浸水深 h_i と海岸線からの各浸水深の測定位置までの距離 x を海岸線からレベル C の家屋が現れる最初の位置までの距離 x_c で除した値とで整理したものである．**図 5** に示されるように，東日本太平洋沖地震津波において，仙台平野の場合，x_c の位置でレベル C となる浸水深の最大値は 1.0～3.5m となっている．なお，著者らが以前実施したながはま海浜公園海岸林背後地の調査結果 [1] でも，レベル C と判断したラインの前後での浸水深の大きさは 1.0～3.05m となっている．すなわち，概ね 1 階部分の浸水のみの場合，レベル C となっていることが理解される．このことは，日本建築学会東北支部の調査による「4m 以上の津波に襲われた地域では全壊もしくは流失し 2m 以下では 100%残存」[4] との結果と概ね対応していると考えられる．また，**図 5** に示されるように，建築基準法（耐震性能）が改正された 1981 年以降の家屋の場合は，それ以前の場合および建築後数十年オーダーの古民家と判断される家屋の場合に比べて，レベル C に至る浸水深が 50cm～1m 程度大きくなる傾向が認められる．従来，松冨・首藤 [2] により，浸水深と家屋との被害程度について検討がなされ，破壊レベルが「全壊・大破・中破・小破・浸水」の 5 段階での定義がなされている．本研究による家屋破壊レベル定義との比較をすれば，「全壊・大破」がレベル A，「中破」がレベル B，「小破・浸水」がレベル C と概ね対応すると考えられる．松冨・首藤らによれば，「小破・浸水」は，家屋で木造の場合，概ね 1.5m 以下で生じるとの指摘があり，その指摘は，本調査によるレベル C の場合とほぼ合致し，かつ**図 5** に示される建築基準法改正前と判定されるものの比較的新しい家屋の場合と数十年オーダーの古民家の場合（**図 5** 中△・□印）と対応すると考えられる．

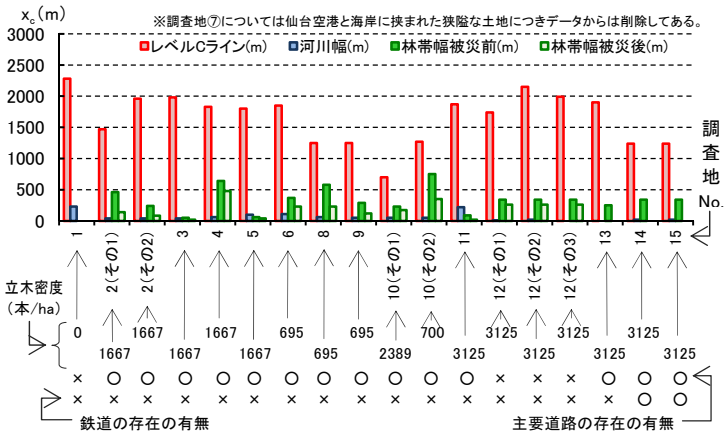

図 4　W_F 以外で x_c に与える因子の状況

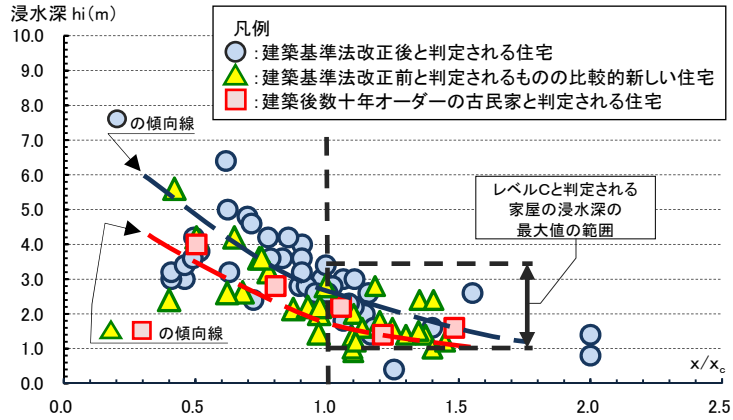

図 5　レベル C と判定される家屋の浸水深 h_i の最大値の判定

結論　仙台平野を対象に家屋の津波による被災状況について現地調査を行った．その結果，家屋の破壊レベルを 3 つに分類し，その中でも，家屋が浸水したものの破壊は免れている家屋（レベル C）が現れる場合に注目して，海岸線からレベル C の家屋が現れる最初の位置までの距離 x_c と林帯幅 W_F との関係を提示した．また，家屋の破壊レベルと浸水深との対応については，レベル C となる場合には最大で 1.0～3.5m の浸水深となることを示し，家屋の新旧によって浸水深が 0.5m～1.0m 程度差があることを提示した．

謝辞　本研究は，日本大学総長特別研究助成，日本大学理工学部復興支援研究プロジェクト（復興まちづくり）研究助成，河川整備基金による研究助成により実施致しております．ここに記して謝意を表します．

参考文献　1）後藤・有馬・石野・竹澤・玉井：東北地方太平洋沖地震津波における海岸保安林の効果および被災に関する現地調査，土木学会論文集（B2：海岸工学），土木学会，第 68 巻 2 号，pp.1366-1370，2012.　2）松冨・首藤：津波の浸水深，流速と家屋被害，海岸工学論文集，土木学会，第 41 巻，pp.246-250，1994.　3）例えば，国土交通省水管理・国土保全局：被災 3 県の海岸堤防高の設定状況，第 3 回海岸における津波対策検討委員会資料，2011.　4）東京新聞：“4 メートル津波木造建物全壊”記事（7 月 2 日夕刊），2011.