



岩手県普代川河口域に遡上した津波堆積物の予察的調査報告

瀬尾, 菜々美
大串, 健一

(Citation)

神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究紀要, 5(2):157-164

(Issue Date)

2012-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81003913>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81003913>



岩手県普代川河口域に遡上した津波堆積物の予察的調査報告

Preliminary research of tsunami deposits around the mouth of
the Fudai river, Iwate Prefecture瀬尾菜々美* 大串健一**
Nanami Seo* Ken'ichi Ohkushi**

要約：地層中に保存された津波堆積物を研究することは、津波記録の少ない地域で過去に起きた巨大津波の遡上履歴を検出するためにきわめて重要である。しかしながら、津波堆積物が広く確認されているような巨大津波はごくまれにしか起きないため、津波堆積物の特徴を明らかにした研究事例はまだ数が少なく、地層中から過去に起きた津波堆積物を認定する方法はまだ確立されたわけではない。そこで本研究では、巨大津波により形成された津波堆積物の特徴を理解するため、東北地方太平洋沖地震の津波により岩手県普代村を流れる普代川河口域の谷底平野に遡上した津波堆積物を調査した。津波遡上前の普代川河口域には、河口砂州を形成する砂質堆積物が厚く堆積していたが、津波によりその河口砂州は削剥され消失した。河口砂州の消失により海岸線が内陸側に約90m移動したことが判明した。削剥された砂質堆積物は谷底平野に広くシート状に堆積し、兩岸の丘陵地斜面の標高10m付近まで広がっていることが観察された。このことから巨大津波が遡上した場合は谷底平野の地層だけでなく、丘陵地の斜面域の土壌層からも履歴を検出できる可能性が明らかとなった。

キーワード：津波堆積物，津波，東北地方太平洋沖地震，普代川，河口砂州

はじめに

2011年3月11日午後2時46分に三陸沖(38°06.2'N; 142°51.6'E)の深さ24kmを震源とするM_w(モーメントマグニチュード)9.0の東北地方太平洋沖地震が発生した(気象庁, 2011)。本地震により、北米プレートと海溝斜面が広範囲にわたってずれて、巨大な津波が発生した(Maeda et al., 2011)。この巨大津波によって東北地方から関東地方北部の太平洋沿岸を中心に広い範囲で波高数mから場所によっては10mを超える津波が陸域に遡上し、場所によっては標高30mを越える地点においてさえ津波の遡上が観測され、東北地方だけでなく関東地方においても沿岸部市町村に甚大な被害をもたらした。このような巨大津波の起きる可能性は、震災前に仙台平野の津波堆積物の地質学的調査により明らかにされていた(例えばMinoura and Nakaya, 1991; 宍倉ほか, 2011)。それらの地質学的調査によると、西暦869年に起きたとされる貞観地震に対応する津波堆積物が仙台平野の海岸線よりも数km内陸まで分布している。津波堆積物とは、津波により運搬された砂礫などの碎屑物が最終的に陸上や水底に堆積したものである。上記の研究事例のように地層中の保存された津波堆積物の地質学的研究では、観測・古文書資料が少ない地域で過去に起きた巨大津波の遡上履歴を検出するこ

とに成功しており、沿岸域における防災対策上きわめて重要な情報を提供する。このため津波堆積物の研究は1960年に発生したチリ地震津波以降、世界中で行われており、過去の地震に伴う津波の規模の推定や発生周期の復元に有効であると期待されている。しかしながら、津波堆積物が広く確認されているような巨大津波はごくまれにしか起きないため、津波堆積物の特徴を明らかにした研究事例はまだ数が少なく、地層中から過去に起きた津波堆積物を認定する方法はまだ確立されたわけではない(七山・重野, 2004; 藤原, 2004)。

私たちは、3月11日の巨大津波発生に伴い形成された津波堆積物の特徴を理解するため、5月9日と10日の二日間にわたって青森県三沢市から岩手県普代村にかけて津波堆積物の予察的調査を行った。本稿では、本調査のうち普代川河口域において観察された津波堆積物について報告する。本調査は限られた時間内で実施したため津波堆積物の特徴を明確に認定できるほど十分なデータが得られたとは言えない。しかしながら、津波の痕跡は、その後の風雨などによる気象現象、土壌侵食、人による修復作業などによって多くは消滅してしまうため、本調査結果の記録を残すことにより津波堆積物の認定方法の確立に資する情報を提供したい。

* 神戸大学発達科学部人間環境学科

** 神戸大学大学院人間発達環境学研究所

(2011年9月30日 受付)
(2012年1月16日 受理)

調査方法

調査地点の選定は、現地調査の前に国土地理院発行の2万5千分の1の地形図、日本地理学会が作成した津波被災マップおよび国土地理院提供（電子国土ポータル）の被災地の空中写真により行った。人工物の多い場所などは自然状態の堆積物を確認することが難しいため、人工改変されていないで津波の集中する河口付近を中心に選択した。また、調査前にすでに公表されていた日本気象協会発行の「青森県から千葉県津波高・浸水高および青森県～千葉県の浸水状況」を参考にした。その結果、調査地の一つとして選定された普代川河口域は、人工物がほとんどなく自然状態の津波堆積物を残し、その背後の低地には広葉樹を主とする海岸林が広がっているため津波堆積物を保存すると予想された。現地においては、目視観察による記載、写真撮影、スコップ・ねじり鎌を用いた堆積層断面の観察により津波堆積物を調査した。

調査地域

現地調査を行った普代水門一号周辺の地形図を図1に示す。調査範囲の行政区は、岩手県下閉伊郡普代村宇留部地区である。普代村は岩手県北東部の太平洋に面し、本震の震央から北東方向約200kmに位置する。普代村では2011年3月11日の本震から約40分後の午後3時27分ごろに津波第1波が観測されており、7分後に第2波が、その2分後には第3波、その4分後には第4波が到達した（普代村，2011）。普代川河口に遡上した津波は高さ15.5mの水門を越え、水門から約700m上流まで押し寄せた（原口・岩松，2011）。普代水門は普代川の河口から約490m（津波遡上前）に位置し、高さ15.5m、幅205mのコンクリート製である。津波は普代水門を越えて遡上したが、本地区では死者はなく、防潮堤が津波被害を防いだ数少ない成功事例としてマスメディアにより報道された。普代水門より内陸側には学校、民家、役場などがあったがほとんど被害はなかった。一方、普代水門前面の河口域一帯は、津波により防潮林、海岸林、建造物などがほぼ全壊した。普代水門は1984年に施行された鉄筋コンクリート製水門であり、過去に1010人の死者と甚大な被害を受けた1896年の明治三陸津波の遡上高15.2mを参考に村長の英断により建設されたことが功を奏した（遡上高は渡辺，1998を引用）。本調査地の一帯は北上山地北東縁に位置する。本調査地内を流れる普代川は、白亜系の田野畑花崗岩を基盤とする丘陵地内を北東流しており、下流部のみに幅約500mの狭い谷底平野を形成している（島津・寺岡，1962；岩手県，1975）。河道の兩岸の谷底平野は砂礫および土壌の互層からなる沖積層により構成されている。谷底平野の南端には普代元村と太田名部を抜ける普代村県道44号線が位置する。北端には普代浜園地キャンプ場に通ずる道路があったが、調査時には水門が津波遡上直前に閉鎖されたままの状態であり、通行ができなかった。谷底平野の両端は丘陵地の急斜面により境される。谷底平野の海岸部には北側から南方向に延びる河口砂州が発達している。このため、水門から北東流していた普代川の河道はこの河口砂州の前面で南東方向に屈曲して太平洋に流れ出た。この河口砂州は、夏季には普代浜園地海水浴場として利用されていたが、津波後にはほとんど消失していた。津波による浸

食を受ける前の地形では、普代浜の海岸線の幅は約360m、奥行きは約60m、河口砂州の面積は約0.026km²であったと推計される。河道の兩岸の低地には松林が造成され、防潮林としての役割を果たしている（右岸では主に道路沿い）。松林の土壌は有機物の供給の少ない黒色未熟土からなる（岩手県，1975）。また、左岸の河口砂州手前の松林は普代浜園地キャンプ場としてビーチハウス、トイレ、シャワー室、調理場などが設置されて、その上流側の隣には鮭鱒ふ化養殖場および村営プールが設置されていた。これらの施設すべてが津波により破壊されている。河口砂州手前の右岸には、漁業用の倉庫が数カ所設置されていたがすべて土台のみいたと地形図や衛星写真から判断されるが、下記の本調査時にはこれらの海岸林がほぼ無くなっていることがわかった。普代川兩岸の丘陵地は海岸まで迫っているため海岸線に沿って急傾斜地を形成している。したがって、津波は標高の低い普代川の谷底平野に押し寄せて集まることになった。また河口付近の谷幅も陸側にやや狭まる形をとるので、普代川を遡上した津波は水門付近までで波高を増したと考えられる。原口・岩松（2011）の調査によると、普代浜付近の遡上高は、約22mと推定されている。また、報道番組の取材を受けた消防団の話によると、水門上部に設置されている排気ダクトを通して海水が建物内部に侵入した形跡が残されていた。この排気ダクトの高さは、22.6mであることから、海抜約23m付近まで津波が達したことがわかる。

調査結果

写真1は普代水門北端の写真である。水門両端の斜面には、水門を越えて津波が越流したことを示す痕跡が高さ2m付近まで残る。津波の越流により被植が剝離された部分が明瞭に区別できた。

写真2は水門の陸側に設置されている作業用道路が破壊された後の状態を撮影したものである。

写真3は、普代水門よりも陸側の普代川左岸の道路上で普代中学校付近から防潮林までを撮影したものである。防潮林に散乱していた倒木類は調査時にはすでに片づけられていたが、松の幹には高さ数mまで津波による剥離がみられた。

写真4は、水門の上から河口左岸方向を撮影した写真である。写真左端の標高10m前後の斜面沿いには津波の遡上痕が明瞭にみえる。それより下の斜面や谷底平野に生えていた樹木は、その多くが津波の押し波と引き波により上流側または下流側になぎ倒されていた。津波によって運搬された砂質堆積物は左側斜面に露出する岩盤の直下から低地側に広く堆積している。手前の道路上にも津波により運搬された砂質堆積物のシートが表面を覆っている。また、同じ場所の津波直後の写真によれば、道路から河道側に扇状に広がる堆積模様が地面に明瞭に観察された。2ヶ月後に撮影された写真4では、その輪郭は風雨によってやや不明瞭となってしまったが、砂質堆積物の分布は震災直後のそれとおおよそ対応している。これらの表面の堆積層は斜面側に堆積した砂質堆積物が津波浸水後の水位低下に伴ってゆるく傾斜する河道側に何度か再移動したため形成されたと考えられる。

写真5は、写真4と同じく水門の上からすぐ下の道路付近を

撮影したものである。写真中央の構造物は、キャンプ場に遡上した津波により破壊されて流されてきたコンクリート製の屋根である。コンクリートの構造物を破壊するほど力を発生させるメカニズムとして津波が陸域に遡上することにより波が崩れることによりできる射流が発生していた可能性が考えられる。最大波高の第1波または第2波の押し波により破壊され運搬されたのであろう。

写真6は、写真5と同じ場所から水門のすぐ下を撮影したものである。左端に前述のコンクリート屋根が見える。水門直下が砂質の津波堆積物で覆われているのがわかる。堆積物表面は、風的作用によると思われるリップルマークができています。

写真7は、写真6と同じ場所の水門の上から右岸側を撮影した写真である。道路脇斜面の樹木のほぼすべてがなぎ倒されている。右岸側の樹木の多くが下流側になぎ倒されていることから引き波が強かった可能性が考えられる。その遡上高の違いが地形に対応して見られるためかその遡上痕の境界線が波線形となる。

写真8は、右岸側道路の水門の南端から下流側斜面を撮影したものである。津波堆積物が道路斜面の表面を覆っているのがわかる。水門のすぐ脇の斜面には水門の高さの15.5m付近まで津波堆積物が到達していることを示している。

写真9は、水門の下流側右岸の車道から低地を撮影したものである。河道に面する低地であり、水門が障壁となり、運搬された津波堆積物が上流側に流れずにこの場に厚く堆積したと考えられる。堆積物表面にはリップルが発達する。表面には礫が散在し、より大きなリップルマークを形作る。

写真10は、写真9の手前に写る津波堆積物を撮影したものである。津波堆積物のリップルマークが観察される。写真中央部にはデューンが観察される。

写真11は、右岸側道路から左岸方向を撮影したものである。手前の右岸側平地は、海岸林が広がっていたと考えられるが、樹木はなぎ倒され、地面は数cm～数十cmの厚さの津波堆積物で覆われている。引き波によって流出したと思われる松の幹が横たわる。左岸側斜面では、津波遡上痕が松林にそって明瞭に観察される。津波による流出を免れた松林の直下には河川に平行に松の幹がなぎ倒されている。

写真12は、堆積物表層部断面を接写したものである。中粒砂～粗粒砂を主体とした砂質の津波堆積物であることがわかる。

写真13は、同じ場所での津波堆積物の断面である。層厚約60cmの中粒砂～粗粒砂層からなる津波堆積物である。写真の右手が上流側である。淘汰が悪いためか明瞭な層構造は見られないが、色の違いなどで層理が確認できる。色のやや濃い2枚の薄層が最下部付近に観察される。その上位は粒度がやや粗くなり粗粒砂層が重なる。上部から20cm深に長径3cmの礫を含んでいた。津波前の地面または浸食面は確認できなかったが、最下部付近では、植物の枯葉を含んでいた。

写真14は、写真12よりも20mほど下流側で撮影した津波堆積物の断面である。層厚は約30cmで最下部は確認できなかった。15cmの層準に褐色の葉理が発達する。

写真15は、右岸の海岸林があった場所に堆積した砂質津波堆積物である。層厚は、20cm前後である。最下部は、津波前の地面付近であったと思われる土壌である。土壌の表層部は津

波により侵食を受けたと考えられる。

写真16は、写真15の下部を撮影したものである。

写真17は、写真15,16付近の表層部を撮影したものである。森林土壌であった場所の地面が広くシート状に堆積した津波堆積物によってほぼ覆い隠されている。

写真18は、写真17の近傍の砂質津波堆積物表面を撮影したものである。津波堆積物表面に北東方向の流れを示すリップルが観察される。

写真19は、普代川右岸側河道脇において河川侵食により露出している沖積層断面を撮影したものである。黒色の地層は土壌層である。その上位に砂質の津波堆積物の層理面を示す成層構造が観察される。津波堆積物の表面には、細礫または中礫が散在することが観察される。

写真20は、写真19よりも下流側の普代川右岸の沖積層断面を撮影したものである。下位の土壌の上に上下2層に分けられる砂礫層が観察され、その上位に比較的に薄く再び土壌層が覆い、最上位に津波堆積物が観察される。この中部の砂礫層は、河川の氾濫時の堆積層もしくは以前の津波堆積物である可能性も考えられ、完新世でも比較的新しい時代に堆積したのではないだろうか。

写真21は、普代川右岸の谷底平野から上流の水門方向を撮影したものである。表層部は右岸の沖積層の上にシート状に広がる津波堆積物により覆われているのがよくわかる。樹木もなぎ倒され流出し、一部根株のみを残す。

写真22は、海岸手前の普代側右岸に広がる砂丘中央部から右岸の道路方向を撮影したものである。道路手前には、津波により地盤が浸食され、高さ1.5mほどの地層断面が露出している部分が観察される。この場合は、海岸線から距離が近いが比較的に高い場所であったため津波が直撃し、浸食面になったようだ。撮影地点上は津波前には南西方向に流れていた河道があった場所付近と考えられるが、調査時には、海岸砂が厚く堆積していた。おそらく、河口砂州が津波により移動しこの場で最も厚く堆積したものと見られる。

写真23は、海岸の手前付近から左岸の海岸線方向を撮影したものである。現在の河道は、津波前とは異なり、写真の左端から海に流出している。写真中央部には岩礁が見え、その手前は海であるが、津波遡上以前には、その手前の海には河口砂州があったことになる。

写真24は、海岸砂丘の中央部から南方向を撮影したものである。本来ならこの先に河道があったはずであるが、砂礫で厚く覆われている。ここよりも海側にあった河口砂州の砂礫が津波により移動したと考えられる。

考察

本津波により特に海岸付近の地形が大きく変化した。(図1B)津波遡上前の普代川河口域には、河口砂州を形成する砂質堆積物が厚く堆積していたが、津波によりその河口砂州は削剥され消失した。河口砂州の消失により海岸線が内陸側に約90m移動したことが判明した。地形図に基づく大まかな計算で、面積にして約 $26 \times 103\text{m}^2$ の領域が厚さ数mにわたり津波により削剥された。河口砂州の南西縁にそって形成されていた津波以前の河道は砂

質堆積物で埋め立てられ、新たに北東方向に河道が形成されていた。削剥された砂質堆積物は押し波によって内陸側に広範囲に運搬され、その結果として津波堆積物は水門前面の谷底平野全体に広くシート状に堆積していることが観察された。この津波堆積物が厚く堆積している場所は主に右岸の海岸線の前面などの地形的に低くなっている場所であるが、水門前の右岸の低地でも水門によりせき止められて厚く堆積していた。さらに、写真 5, 6 で見られるように、津波堆積物は道路脇の丘陵地斜面上にも観察された。この地点の標高は、約 10m 前後であり、もしこれが地層として保存された場合は津波の遡上高を知る上で重要な地質学的な痕跡となる。このことは巨大津波が遡上した場合には谷底平野の地層だけでなく、丘陵地の斜面域の土壌層からも津波遡上の履歴を検出できる可能性を示唆している。

砂質堆積物は最も運搬されやすい粒径であるため今回の津波の第 1 波または第 2 波の押し波により河口砂州を構成した砂質堆積物の多くが掃流または浮流より運搬されたと考えられる。津波堆積物は全体的に淘汰がよいわけではなく、明瞭な正級化構造が確認できたわけでもないので、粒度の比較的粗い中粒砂から粗粒砂は主に掃流により運搬され、供給地近傍の河口域から水門にかけて堆積したと考えられる。津波の遡上後には徐々に流速が低下し、その後引き波へと移行するわけであるが、その押し波の流速が低下した段階で主な堆積がなされたのであろう。水門手前に厚く堆積した津波堆積物には、下部や中部で葉理が発達する薄い層が見られ、構成粒子の粒度や組成がやや周りとは異なり分級を受けていると考えられる。これらの層が堆積するときには水流がやや弱くなり、雲母などの浮遊していた相対的に細粒な碎屑粒子が堆積した可能性が考えられる。また、これらの周囲よりも色の濃い葉理層は葉理の傾きが小さいことからハンモック状斜交層理であるかもしれない。このように水門手前の厚い津波堆積物は少なくとも 4 層に区分できる可能性もあるため数回の押し波と引き波の繰り返しを反映しているのかもしれない。一方、土壌層の上に直接に堆積していた海岸線上の津波堆積物は層厚 20cm 前後と相対的に薄く、地形的にも障壁となるものがなかったことから、押し波によって堆積した津波堆積物は引き波によってかなり浸食を受けたと考えられる。

まとめと今後の課題

今回の予察的な調査では普代浜で自然状態に近い津波堆積物を観察できることが明らかとなった。津波遡上前の普代川河口域には、河口砂州を形成する砂質堆積物が厚く堆積していたが、津波によりその河口砂州は削剥され消失した。河口砂州の消失により海岸線が内陸側に約 90m 移動したことが判明した。削剥された砂質堆積物は谷底平野に広くシート状に堆積し、両岸の丘陵地斜面の標高 10m 付近まで広がっていることが観察された。このことから巨大津波が遡上した場合は谷底平野の地層だけでなく、丘陵地の斜面域の土壌層からも履歴を検出できる可能性が明らかとなった。

しかしながら、時間の制約上で津波堆積物が押し波によるのか引き波によるのかなど堆積構造の判定などによる詳しい解析ができなかったため、今後は、津波堆積物の再調査により、粒度分析・組成分析、堆積構造の認定、年代測定などを行い、津

波によりどこから堆積物が運搬され、最終的にどのような堆積過程があったのかを復元し、より詳細に津波堆積物の特徴を明らかにする必要がある。

謝辞

東日本大震災に被災された多くの方々に謹んでお見舞いを申し上げますと共に、多くの犠牲者の方々のご冥福をお祈りいたします。本研究を行うにあたり、現地での聞き取り調査に協力していただいた被災地の親切な方々に御礼申し上げます。

引用文献

- 普代村役場 総務課 (2011) 広報ふだい 5 月号, no.588.
(http://orange.webdos.net/~kunohe/koho_fudai/2305/f2305.pdf)
- 藤原 治 (2004) 津波堆積物の堆積学的・古生物学的特徴, 地質学論集, 58, p.35-44.
- 原口強・岩松暉 (2011) 東日本大震災津波詳細地図, 古今書院.
- 気象庁 (2011) 災害時自然現象報告書, 第 1 号.
(http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201101/saigaiji_201101.pdf)
- 岩手県 (1975) 5 万分の 1 土地分類基本調査 (陸中野田).
- 国土地理院 (2011) 被災地の空中写真.
(http://saigai.gsi.go.jp/h23taiheiyo-ok/photo/photo_dj/index.html)
- Maeda, T., Furumura, T., Sakai, S. and Shinohara, M. (2011) Significant tsunami observed at the ocean-bottom pressure gauges at 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Earth Planet Space, 63, p.803-808.
- Minoura, K. and Nakaya, S. (1991) Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits—some examples from northeast Japan. Journal of Geology, 99, p.265-287.
- 七山 太・重野聖之 (2004) 遡上津波堆積物概論—沿岸低地の津波堆積物に関する研究レビューから得られた堆積学的認定基準—, 地質学論集, 58, p.19-33.
- 日本気象協会 (2011) 平成 23 年度 東北地方太平洋沖地震津波の概要 (第 3 報) 青森県～福島県の津波高・浸水高および青森県～千葉県浸水状況
- 日本地理学会 (2011) 津波防災マップ 3 月 28 日に公開されたもの. 島津光夫・寺岡易司 (1962) 5 万分の 1 地質図幅 (陸中野田) 地質調査所, 50p.
- 宍倉正展・澤井祐紀・行谷佑一・岡村行信 (2010) 平安の人々が見た巨大津波を再現する—西暦 869 年貞観津波—, AFERS ニュース, No.16, 8 月号, p. 1-10.
- 菅原大助・箕浦幸治・今村文彦 (2002) 西暦 869 年貞観津波による堆積物に関する現地調査, 月刊地球, 号外 28, p.110-117.
- 渡邊偉夫 (1998) 日本被害津波総覧【第 2 版】, 東京大学出版会.

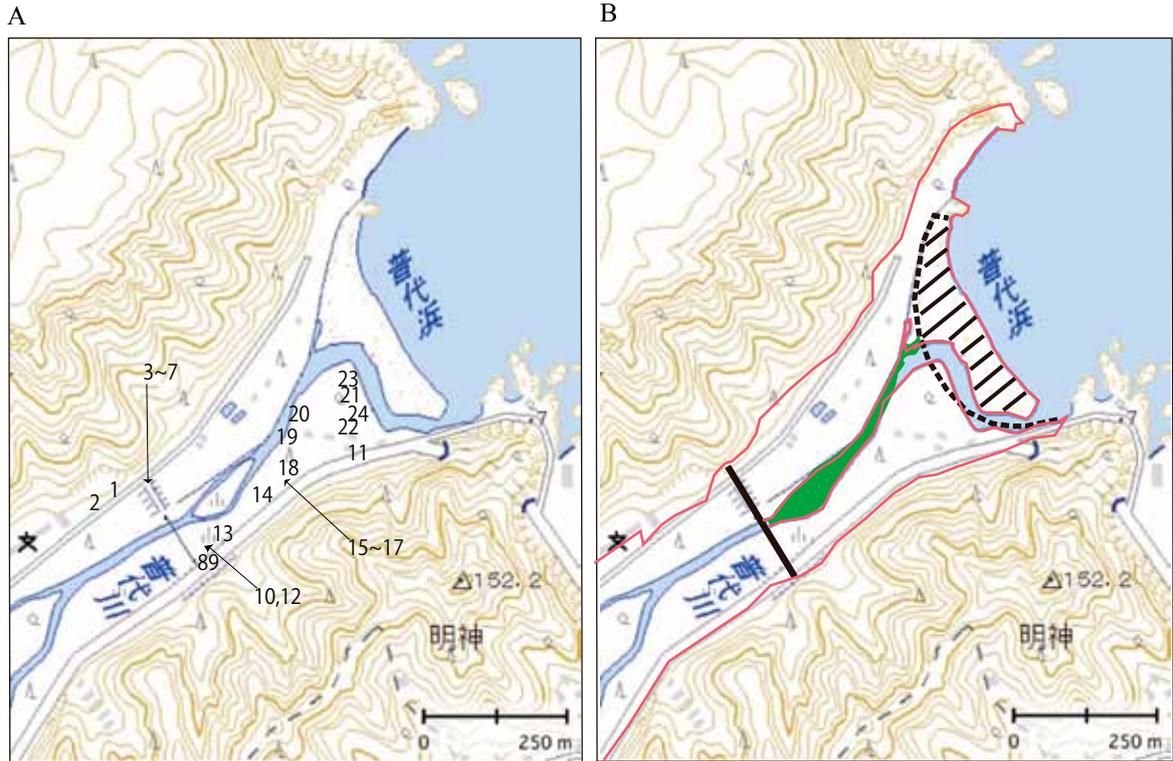


図1 位置図

Aは津波が遡上する以前の普代浜の地形図である。1～24の各番号は写真の撮影地点を示す。BはAと同じ地形図に津波遡上後の地形の変化を書き表したものである。地形図は国土地理院発行の2万5千分の一（普代）を使用した。赤線は津波の遡上範囲を表している。これは、原口・岩松（2011）に基づき作成した。黒の点線は津波によって浸食作用を受けた後の海岸線を表しており、googlemapの空中写真とJAXA（ALOS）だいちによる津波の襲来前の空中写真を比較して作成した。斜線部分は津波後に消失した河口砂州を示す。緑色の領域は津波遡上後の河道を表している。





写真 9



写真 10



写真 11



写真 12



写真 13



写真 14



写真 15



写真 16

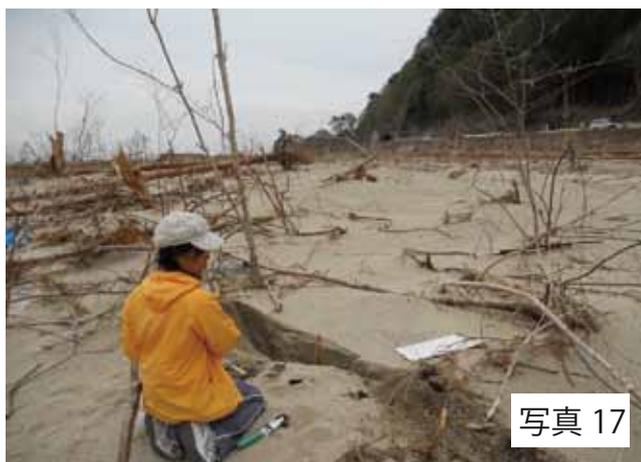


写真 17



写真 18



写真 19



写真 20



写真 21



写真 22



写真 23



写真 24