調査報告

タイ国アンダマン海沿岸 Nam Khem 平野の地形と津波の挙動および 津波堆積物の空間的分布

Spatial distribution of tsunami deposits and behavior of the tsunami flow
in the Nam Khem coastal plain, southern Thailand

海津 正倫・Tanavud Charlchai・Patanakanog Boonrak

Masatomo Umitsu, Charlchai Tanavud and Boonrak Patanakanog

タイ国アンダマン海沿岸において多大な津波被害をこうむった Nam Khem 平野において、上陸した津波の挙動を明らかにし、津波の流動と地形および地形変化との関係について検討した。低地部における津波の挙動は基本的には流れの方向の異なる押し波と引き波の組み合わせで説明されるが、個々の地点では低地の微地形の存在が大きく影響している。とくに、一部では上陸した押し波と廃土の盛土斜面に乗り上げた後の引き波が同方向に流れており、逆の方向性を持つ押し波と引き波の見られる多くの地域とは異なった特徴が見られた。また、津波堆積物の分布は、津波の流動が集中する部分で厚くなる傾向が見られたほか、堤間低地の部分で厚く、浜堤列の発達と密接に関係している。

Distribution and spatial characteristics of the tsunami flow and tsunami deposits in relation to the landforms of the Nam Khem Plain, Thailand are studied. Landforms of the Nam Khem Plain are characterized by rows of beach ridges and mounds of tin mining dump. Areas with thick tsunami deposits are distributed widely in the northern part of the plain. Direction of up tsunami flow is almost vertical to the coast line, and that of down flow relates to the topography of the area. Up flows of tsunami attacked the area from the two directions from west and northwest, and they concentrated in the northern part of the plain. Several back flows flew from the southern direction and concentrated to the northern part of the plain. These flows caused the accumulation of tsunami sediments especially in the northern part of the Nam Khem Plain.

Micro landforms of the plain relate to the distribution of the thickness of tsunami deposits. Existence of the swales between beach ridges corresponds well with the distribution of the thick tsunami deposits.

キーワード： 津波，津波堆積物，海岸平野，アンダマン海，タイ

Key words: tsunami, tsunami deposits, coastal plain, Andaman Sea, Thailand

I はじめに

上陸した津波の陸上での挙動を明らかにすることは、自然科学的な側面のみならず防災の面からも重要な検討課題である。地形学・地質学の分野における陸域での津波の空間的挙動に関する研究

は、主として津波堆積物の分布との関係で論じられてきた。

我が国ではチリ地震津波による三陸沿岸地域についての今野ほか(1961)や、1983 年日本海中部地震あるいは 1993 年北海道南西沖地震津波に関わる、Minoura et al.(1991)、佐藤ほか(1994)、七山・重野

(1998), 七山ほか(1998), 重野ほか(2002)などの研究によって陸上における津波の挙動と臨海域での津波堆積物の堆積に関する検討が行われている。しかし、低地の地形との関係に関しては、今野ほか(1961)によって実態調査に基づくモデルの提示が行われているほかは、津波堆積物の分布が砂丘列や低地の凹凸と関係していることが指摘されている(西村・宮地, 1994; Nishimura and Miyaji, 1995)のみである。また, Atwater and Hemphill-Haley (1997), Dawson et al. (1995), Clague et al. (1999)をはじめとする過去の津波堆積物に関する研究においても、堆積物の分布域や堆積物の厚さに関する議論はあるものの、それらに影響を及ぼす低地の地形に関する議論は十分に行われていない。

2004年スマトラ沖地震に伴う津波の挙動に関しても、タイ国アングマン海沿岸地域では、津波の波高調査結果などに基づいて陸域に到達した津波が数メートルの高さで内陸に向けて進入したことが明らかにされているが、上陸した津波の流動に関しての詳しい調査報告は行われていない。

本稿では、タイ国アングマン海沿岸において多大な津波被害をこうむった Nam Khem 平野および

その南の Khao Lak 平野(図1)について、地形の特徴を把握するとともに、上陸した津波の挙動を明らかにし、津波の流動と地形との関係について検討する。また、津波堆積物の空間的分布を明らかにし、津波堆積物の分布と平野の地形との関係についても検討する。

II 研究方法

Nam Khem 低地の微地形把握にあたっては、津波襲来以前の2002年2月16日撮影の2万5千分の1カラー空中写真と、津波上陸直後の2004年12月29日撮影のIKONOSを用いて画像判読を行うとともに、現地調査による確認作業をふまえながらその実態を明らかにした。また、SRTM(Shuttle Radar Topographic Mission)DEMを用いて平野の3D画像を作成し、地形分類作業の参考とした。なお、使用した空中写真は共同研究機関であるタイ国土地開発局、IKONOS 画像は同じく共同研究機関であるプリンスオブソクラー大学より提供されたものである。

また、津波の流動方向に関しては、痕跡を指標としてその方向をクリノメータあるいはGPSを用いて測定した。現地では津波の流動を示す痕跡が多数見られたが、そのうち、道路沿いに設置された杭や樹木などの倒れた方向(図2)と草地や畑地にみられる倒された草本の示す方向(図3)は良い指標となった。一方、杭や樹木の倒れた方向と倒れた草本の示す方向とは多くの場合一致していない。一般に、前者は海側から内陸に向けた方向性を持っているのに対し、後者は海岸線に沿う方向を示したり、海側に向かっていたりする。また、津波到達限界付近では倒れた草本の向きは海側に向いており、陸側には向いていない。

津波の押し波と引き波の区別をした場合には前者のエネルギーは後者に比べて遙かに大きいと考えられ、建造物や樹木の倒れに対しては押し波が大きな力を加えたと推定される。これに対して、草地の植物などはより小さなエネルギーでも倒され、向きを変えられ、押し波によって大きなものが倒されたあと、引き波によって草地の

図1 調査地域概観図

Figure 1 Location of the Nam Khem Plain

図2 押し波によって倒されたフェンスの支柱
Figure 2 Fence posts fallen by up tsunami flow

図3 引き波の流れを示す倒された草本
Figure 3 Fallen and buried grasses partially covered with Tsunami sediments

植物のようなものが向きを変えて流れの方向を示すに至ったと考えられる。

この状況は津波の到達限界地点においてとくに明瞭に認められ、Nam Khem 平野ではスズ採掘跡の廃土の山に見られる津波の到達限界において、倒された草本の示す方向が陸側ではなく海側を示していたことからでも明らかである。

このことをふまえて、現地調査では押し波と引き波の指標を区別し、調査地点において最も代表性のあるものを選んでその方向を測定した。

III Nam Khem 平野の地形

Nam Khem 平野は東西約 1.5 km、南北約 12 km の沖積低地で、低地の背後には標高 10 m 前後の台地が存在する(後掲図 4 参照)。平野の北部では東側に Bang Muang 川が流れ、その東側にはマングローブ林の発達する沖積地が広がる。川の西側には幅 1.5 km 程度の沖積低地が逆 L 字型に発達し、Nam

Khem 平野の北部をなしている。この低地の南東には台地が分布しているが平野北部では低地との高さの差が余りなく、スズ採掘の廃土からなる盛土が存在することなどから台地と低地の境界を厳密に認定することはやや困難である。なお、Nam Khem 平野の北部から南部にかけての台地と低地の境界線はほぼ南北に走り、所々に台地を刻む谷底平野が存在する。海岸線から台地縁辺までの距離は、突出部の Hua Krang Nui 岬付近を除いて南に向けて狭くなる傾向があり、最南部では低地の幅が 500 m 以下となる。

Nam khem 平野の低地の本来の地形は浜堤列および堤間低地を主とするが、平野の北部および南部ではスズ採掘にともなう人工改変地が分布する。

図4 Nam Khem 平野の地形分類図
Figure 4 Landform classification map of the Nam Khem Plain

最も北側の Pak Ko 川河口 (Laem Pom 海) の入り江に面した地域は、海岸部に集落が建ち並び、その背後にスズ採鉱によって掘り込まれた多数の池沼が存在している。低地部におけるスズの採鉱場所としては河谷や潟湖などの浅い水域を利用することが多いとされることが、これらの採鉱跡の池沼の分布状態などから、この地域でも本来的には浜堤が発達し、その背後に排水不良地あるいはラグーンが分布していたような地形だった可能性が高い。

なお、低地北縁の Pak Ko 川に面した海岸の部分の標高は 2~3 m 程度であり、東部では前面に干潟が発達するのにに対し、西部では砂浜が形成されている。東部の海岸地域では建造物や突堤などの海岸構造物はこの干潟の一部を埋め立てて建設されている。また、臨海部の表層はスズ採掘の廃土である砂礫によって覆われているが、その厚さは 1 m 程度と余り厚くない。

採掘跡に形成された池沼群の背後には低平な土地が南東方向および南方向に向けてひろがる。前者はその先端部が廃土によって作られた小高い土地によって囲まれているのに対し、後者は内陸部に存在する採掘跡地の池沼に連続している。この池沼の東側の低地はさらに南東側の採掘跡地の池沼に連続し、その延長方向の低地は東側の Bang Muang 川沿いに広がる低地へとつながっている。

Nam Khem 平野北部のスズ採掘跡地の人工改変地の部分はこの一連の凹地を境として東部と西部とに分けられる。東部では標高数メートル~十数メートルの不規則な分布を示す小山の連続からなっており、国道と Nam Khem 集落とを結ぶ道路がこの部分を走っている。先に述べた海岸から南東方向に延びる低地はこの部分に向けて延びており、また、この東側の人工改変地の中央部には周囲を微高地に囲まれた凹地が存在している。

一方、西側の廃土の山からなる人工改変地は最高点が 20 m 近くに達する高まりを持ち、アングマン海側からの小規模な凹地が枝分かれして入り込んでいる。これらの谷底平野状の凹地ではそれを覆う廃土の厚さがかなり薄く、地表面がほぼ平坦であることから本来の地形面の名残を示すものと

考えられる。なお、これらの場所での津波の高さは 5 m を越えており、廃土の盛土部分でもその裾に相当する部分では津波が乗り越えて通過している。

これらの人工改変地と Hua Krang Nui 岬との間の地域では海岸線に平行に帯状に延びる多数の微高地によって構成される砂堤列平野が広がる。微高地は少なくとも 7 列以上あり、微高地と微高地との間にはやはり南北に延びる堤間低地が何列も分布している。微高地と堤間低地との比高は数十センチメートルから 1 m 程度で、小河川が浜堤列を横断する部分では微高地と堤間低地の分布が不明瞭になる。

砂堤列平野をなす部分の南には Hua Krang Nui 岬が存在するが、その内陸側の部分にも幅約 500 m にわたって顕著な人工改変地が存在する。ここでは南部にやや小高い部分が見られるものの、全体としては 10 m 以下の土地となっており、自然地形との区別が付きにくい、地表面の起伏が不規則であること、明瞭な浜堤状の地形配列が認められないこと、採掘跡の池沼が存在することなどによって人工地形であることがわかる。

Hua Krang Nui 岬の背後を含む Nam Khem 平野南部もまた、帯状の微高地列とそれらの間の堤間低地からなる砂堤列平野の特徴を示している。この部分の微高地は北側の砂堤列平野とは異なり、比較的幅が広い。微高地の卓越する方向は北西から南東方向を示しているが、Hua Krang Nui 岬の北東側では海岸から 200 m の部分で現海岸線に沿う南西から北東方向の浜堤となっており、南側の浜堤列を切って発達しているように見受けられる。

IV 平野の地形と押し波の流動

津波の流動は倒れた電柱や杭、樹木などの示す方向のほか、倒れた草本の示す方向からも把握することができる。このうち、倒れた草本の示す方向は、多くの場合それぞれの地点における流れのほぼ最後の状態を示しており、沖合から陸地へ上陸した津波の流動方向、すなわち押し波の方向ではなく、上陸した津波が排出する際の方向、すなわち引き波の方向を示していると考えられる。

このようなことをふまえて、現地調査ではとくに Nam Khem 平野北部の人工改変地から平野北縁の Pak Ko 川河口 (Laem Pom 海) の入り江に面した部分にかけての地域において重点的に調査を行った。

すでに述べたように、Nam Khem 平野北部の人工改変地では平野中央部の二つのスズ採鉱跡の池沼とそれを結ぶ低地を境として東部と西部の二つの部分に分けられる。このうち東部の地域は、すでに予備調査をおこなった 2005 年 1 月下旬には津波によって破壊されたり低地に散布された建物の残骸が片づけられており、地表部も重機によって整地されていたため引き波の痕跡を探することは困難であった。これに対して、西部はもともと建造物がほとんど存在しておらず、復旧作業もほとんど行われていなかったこともあって、2005 年 3 月上旬の本調査の際にも津波の流動方向に関わる痕跡は良好に残されていた。

西側の人工改変地の地形を大局的に述べると、平野中央部から西のアンダマン海岸に向けて、スズ採掘跡地の池沼とそれを結ぶ低地 (L-1)、小高い廃土の山 (H-1)、両側を廃土の山にはさまれた低地 (L-2)、低い廃土の山 (H-2)、海岸沿いの幅の狭い低地 (L-3)、砂浜が順に配列している (後掲図 5 参照)。さらに、それらの南には海岸部から入り込んだ形のスズ採掘地 (N-1) から続く低地 (L-4) が南西から北東方向に向けて延び、内陸の二つの採掘跡地である池沼を結ぶ低地 (L-1) へと延びている。この L-4 の南にも廃土の山 (H-3) が存在し、西に向けて順次その高さを低下させている。

Nam Khem 平野北部に上陸した津波は、西から東に向けて進入し、一部は L-4 から L-1 を経て東の Bang Muang 川の流域へ流れた。また、一部は L-4 から L-2 を経て北へと流れ、低地の北西端に地形部分から上陸した押し波の流れと合流して Nam Khem 集落背後の池沼群へ向かった。ただし、集落の東部では Pak Ko 川河口 (Laem Pom 海) の入り江から上陸した南東向きの強い流れがあり、西からの押し波はこれと合流する形で人工改変地東側に

南東方向に向けて入り込む凹地へと進入したと考えられる。この凹地地形の奥には海岸部から流された大型漁船が打ち上げられている。

なお、内陸部における津波の遡上高は 7 m を越えたが、人工改変地東側の廃土の山の大部分、および西側の廃土の山の上部では津波が達しなかった。

VI 引き波の痕跡と流動

引き波の痕跡は L-1 の採掘跡地の池沼北側の低地ではほぼ北に向けた方向を示し、また、その西側の L-2 においても北～北北東方向を示している (図 5)。これに対して、両者にはさまれた H-1 の廃土の山の北斜面では西から北西方向、東部から南部の斜面では西向きの流れとなっていて後者では押し波と正反対の方向をなしている。さらに、L-4 でも内陸側では西向き、採掘跡の池沼 (N-1) 付近では池に向けての南～南東方向に引き波が流れており、これらのことは、この地域の津波の流動に 2 つのタイプが見られることを示している。

すなわち、H-2 の北斜面では上陸した津波 (押し波) がそのまま通過する形で北側の地域へ流れており、ここでは顕著な引き波が発生しなかったことを示している。これに対して、H-2 の西斜面および南斜面では押し波が斜面をはい上り、運んできたさまざまなものをちょうど氷河のモレーン (氷堆石) のように津波限界に堆積したあと、引き波として折り返し、海側の低所へ向けて流下していき、押し波と引き波が顕著に表れている状態を見ることができる。

なお、H-3 の盛土の南へ到達した押し波がさらに L-1 の低地から東へと流出したことを述べたが、L-1 へ流入した押し波の一部は北側へ向けて流れ、H-2 の西側を流れた押し波などと合流したようである。

以上のように、この地域では廃土の山の存在および、北側に入り江が存在するということによって、複雑な津波の流動が見られた様子を明らかにすることができた。

図5 西南西から見たナムケム平野北部における津波の流動
(赤矢印：押し波，青矢印：引き波，緑曲線：津波限界)

Figure 5 Tsunami flows in northern part of the Nam Khem plain from WSW view
(Red arrow : up flow, Blue arrow : down flow, Green line: tsunami limit)

さらに南の地域では，基本的には押し波と引き波の方向は逆方向を示している．ただ，この地点について詳しく見た場合には引き波の方向は必ずしも外洋の方向を示しているとは限らず，それぞれの場所における流線方向，すなわち，低所をつないで排水する方向を示しており，砂堤列の部分では堤間低地の延長方向に向けた流れの跡が示されているところも多い．

これらの点については，さらに詳細な調査を行っているので，別項で報告することとしたい．

VII 津波堆積物の空間的分布

津波堆積物の空間的分布を把握するために，津波後の IKONOS 画像を用いた．使用した IKONOS 画像はすでに各バンドを合成してカラー化されたもので，画像上では樹木や建造物の部分を除くと，

白色の白く輝いている部分，灰褐色の部分，灰色～緑灰色の部分と区別することができる．

このうち白色の部分は Nam Khem 平野北部の内陸部，海岸部，浸食を受けた河川河口部，津波によって外洋と結ばれたスズ採掘跡地起源の湖沼の沿岸などにみられるが，現地調査の結果，白色の部分は裸地を反映したもので，海岸線に沿う白色の部分は海岸の砂浜，内陸や湖沼沿岸の白色の部分は砂礫の露出した土地であり，後者はスズ採掘にともなって掘りあげられた廃土の露出した部分にあたっていることを確認した．

一方，緑灰色の部分に注目すると，それらが見られるところでは道路がとぎれていることが多く，緑灰色の堆積物が道路面を覆っていることがわかる．実際に現地で確認すると，まさにその部分では比較的厚いシルト～極細砂程度の堆積物が道路上に堆積していた．緑灰色に示されている部分の堆積物の厚さはおおむね 15～20 cm 以上であった．

図6 調査地域各地点における津波堆積物の堆積状態（褐色または暗褐色の土壌は津波以前の地表を示す）地形の鳥瞰図作成にあたっては長澤（2005）によるデータを使用した。

Figure 6 Tsunami deposits in the central part of the Nam Khem plain
(Brown soil indicates the original ground surface. 3D diagram is drawn
based on the DEM by Nagasawa, 2005)

これに対して、画像上で灰褐色に示されている部分では堆積物が堆積しているもののその厚さは比較的薄く、多くの場所では数センチメートル程度であった。また、倒れた草を覆って堆積物が堆積している所も多く、そのような場所では堆積物が一面を覆ってはいるものの、堆積物の厚さが5～10 cm程度であることから、植物全体が埋積されるのではなく、かなりの部分が露出する形となっていた(図6)。

以上のことから、画像に示された色調の違いは津波堆積物の堆積状態の違いを反映しているものであると判断され、これらの違いに基づいて堆積物の分布状態を図化した(図7)。なお、内陸において白色に示されている部分は、スズの採鉱によって掘りあげられた廃土が露出したものであるが、海岸に近い地域における堆積物の露出は津波襲来

以前の空中写真では植生が見られる部分において認められ、津波の上陸によって地表面が浸食されたものであると考えられる。現地調査の結果でも、津波堆積物がほとんど堆積しておらず、津波襲来以前の地表面が露出しているところも多かった。

ただし、外洋に直接面した所などでは侵食のみならず堆積も起こっており、両者を区別することが困難な場所も多い。そのため、このような場所については顕著な侵食・堆積域として区分した。

VIII 堆積物の地域的分布

前節で述べたような分類に基づいて堆積物の分布状態を区分したものの図7である。図からは大局的には低地の北半部、とくに低地の北部において

図7 ナムケム平野北部における津波堆積物の分布と津波の流動

Figure 7 Spatial distribution of tsunami deposits and tsunami flows in northern part of the Nam Khem Plain

厚い堆積物が広く分布している様子を見ることができる。

このことは別項で述べた陸上における津波の流動と密接に関係していると考えられ、とくに、北部においては西側の Andaman 海からの押し波と、北側の Pak Ko 川河口 (Laem Pom 海) からの押し波の両方が流入したことにより、この両者がぶつかるように集中したほか、廃土からなる人口改変地

を流れた引き波の一部も北側に向けて流れているため、これらによって津波堆積物が集積し、厚い堆積物の広い分布を見るに至ったと考えられる。

一方、Nam Khem 平野中央部では厚い津波堆積物の一部が帯状に分布し、南北方向の方向性が認められる。この地域は先に述べたように砂堤列が顕著に認められる場所にあっており、堆積物の分布は低地の微地形を反映していると考えられる。

すなわち、この部分では浜堤状の微高地がほぼ南北方向に発達しており、微高地間にはやはり帯状の配列を示す堤間低地が南北の方向性をもって分布している。

帯状に配列する厚い津波堆積物の分布はこの堤間低地に一致するものが多く、従来いわれていた津波堆積物は低地の凹部に厚く堆積する傾向を持つということが空間的にも確認することができた。ただし、厚い津波堆積物の分布と堤間低地の分布とがすべて一致するとは言えず、微高地にあたる浜堤の部分に厚い津波堆積物の分布が見られる場合もあることから、さらに精度の高い検討を行うためには、より詳しい微起伏に関する情報を必要としている。

同様の、堤間低地に津波堆積物が厚く堆積するという状態は、平野中央部に突出する Hua Krang Nui 岬の背後においても認められる。ここでは北西～南東方向の幅の広い浜堤列が認められ、それらの間の細長い堤間低地を埋めるように同じく北西～南東方向の方向性を持った厚い津波堆積物が堆積している。ただ、岬突出部の北東側の海岸線に沿う部分では、浜堤列の方向は海岸線に沿う南西から北東方向となっており、その部分では厚い津波堆積物の分布もこれと同様の方向性を持っている。

IX おわりに

平野部における津波の挙動は基本的には流れの方向の異なる押し波と引き波の組み合わせで説明されるが、個々の地点では低地の微地形の存在がかなり大きく影響していて、とくに引き波が低所に集中する形で流れた様子を確認している。このような引き波が低所に集中するという流れの特徴は低地の地形変化にも大きな影響を与えたと考えられ、さらに詳しい実態調査・検討が必要である。

また、Nam Khem 平野では単純な押し波と引き波からなる津波の挙動とは異なる、地形を強く反映した津波の流動が見られた。とくに、一部の低所では上陸した押し波と廃土からなる盛土斜面に乗り上げた後の引き波が同方向に流れており、逆の

方向性を持つ押し波と引き波の見られる多くの地域とは異なった特徴が見られた。

また、津波堆積物の分布に関する検討の結果、厚い津波堆積物が広く分布する地域は平野北部において見られ、その要因として押し波が二つの方向から襲来するとともに、引き波の一部も集中したことが背景にあると考えられた。さらに、低地の微地形は厚い津波堆積物の分布に影響を与え、堤間低地の存在と厚い津波堆積物の分布とはかなり良好に一致していることが示された。

津波は数波に渡って襲来し、中でも第2波と第3波が大きかったとされるが、押し波の流れと引き波による流れが同一方向であった場所において津波の襲来の繰り返しがどのように関係したかという点も興味深く、地形モデルを用いた今後の研究などに期待したい。

また、堆積物の微化石分析などにもとづく、津波堆積物の起源に関してのより詳しい情報を得て、津波堆積物の供給源や陸域での挙動に関してのさらに詳しい分析・検討が可能になると考えられる。

謝 辞

本研究は、平成16年度文部科学省科学技術振興調整費(スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究)サブテーマ2:震源近傍における地殻変動・津波調査(研究代表者:産総研佐竹健治)の小項目2:アンダマン海における海岸環境変化と津波堆積物調査(研究代表者:海津正倫)として実施された。また、予察調査にあたっては、平成16年度科学研究費基盤研究(B):沖積低地の微地形形成と地形環境動態に関する研究(研究代表者:海津正倫)の一部を使用した。

本研究を進めるにあたり、科学技術振興調整費にかかわる多くの方々の協力・支援を得た。また、タイ国政府土地開発局、プリンスオブソンクラーク大学の関係者の方々に多大な協力をしていただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

(2005年10月10日受付 2006年1月14日受理)

文 献

- 今野円蔵・岩井淳一・高柳 吉・中川久夫・小貫義男・柴田豊吉・三位秀夫・北村 信・小高民夫・片岡 純 1961. チリ地震津波による三陸沿岸被災地の地質学的調査報告．東北大学地質学古生物学邦文報告 52: 40p.
- 佐藤比呂志・嶋本利彦・堤 昭人・川本英子・宮脇昌弘 1994. 1993 年北海道南西沖地震と 1983 年日本海中部地震に伴う陸上の津波堆積物．活断層研究 12: 1-23.
- 重野聖之・七山 太・立石雅昭 2002. 津波堆積物の堆積相と粒度組成から復元された津波の遡上過程 1993 年北海道南西沖地震における事例．月刊地球 24: 685-691.
- 長澤良太 2005. Nam Khem 平野の地盤高把握．『アンダマン海における海岸環境変化と津波堆積物調査』, 平成16年度科学技術振興調整費(緊急調査報告書) 8-15, 名古屋大学環境学集成, 2005-4, 名古屋大学大学院環境学研究科 CD版.
- 七山 太・重野聖之 1998. 北海道東部, 千島海溝沿岸地域における歴史津波堆積物 研究序説．月刊海洋, 号外 15: 177-182.
- 七山 太・佐竹健司・下川浩一・重野聖之・小板橋重一・宮坂省吾・石井正之 1998. 遡上型津波堆積物の堆積層と堆積過程 1993 年北海道南西沖地震津波の研究例．月刊海洋, 号外 15: 140-146.
- 西村裕一・宮地直道 1994. 北海道南西沖地震に伴う津波堆積物の分布と粒度特性．月刊海洋, 号外 7: 139-147.
- Atwater, B. F. and Hemphill-Haley E. 1997. Recurrence intervals for great earthquakes of the past 3500 years at northeastern Willapa Bay, Washington. *US Geological Survey Professional Paper* 1576: 108p.
- Clague, J. J., Hutchinson, I., Mathews, R. W. and Patterson, R. T. 1999. Evidence for Late Holocene Tsunamis at Catala Lake, British Columbia. *Journal of Coastal Research* 15: 45-60.
- Dawson, A. G., Hindson, R., Andrade, C., Freitas, R., Parish, R. and Bateman, M. 1995. Tsunami sedimentation associated with the Lisbon earthquake of 1 November AD 1775: Boca do Rio, Algarve, Portugal. *The Holocene* 5: 209-215.
- Minoura, K. and Nakaya, S. 1991. Traces of tsunami preserved in intertidal lacustrine and marsh deposits: Some examples from northeast Japan. *Journal of Geology* 99: 265-287.
- Nishimura, Y. and Miyaji, N. 1995. Tsunami deposits from the 1993 southwest Hokkaido earthquake and the 1640 Komagatake eruption, northern Japan. *Pure and Applied Geophysics* 144: 719-733.

<著者略歴> 海津正倫(うみつ まさとも)

1947 年生まれ, 東京都出身. 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了.

名古屋大学環境学研究科教授. 理学博士.

ホームページ <http://geog.lit.nagoya-u.ac.jp/umitsu/umitsu.html>

<著者略歴> Tanavud Charlchai: タイ国立プリンスオブソンクラ大学資源環境学部助教授.

<著者略歴> Patanakanog Boonrak: タイ国農林省土地開発局土壌調査および土地利用計画部門 Director.