

## 論文の内容の要旨

論文題目 「海底津波堆積物の形成機構

-東北地方広田湾における堆積モデル-

学位申請者 横山 由香

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震 津波堆積物 堆積モデル 三陸海岸  
古津波堆積物

津波堆積物は、沿岸域へ来襲する津波に伴って形成されるイベント堆積物であり、海域から陸上の津波遡上限界までに分布することが知られている。このような堆積環境下で形成された地層中の津波堆積物は、津波挙動に支配された地層形成メカニズム、空間的な津波浸水範囲、および津波イベントの発生時期などの多くの科学的特徴を記録しており、過去の津波イベント復元のための重要な根拠を提供してくれる。先行する津波堆積物研究からは、古津波堆積物の同定基準、発生頻度、および分布規模などの課題について多くの議論がなされてきた。また、2011年東北地方太平洋沖地震による津波の直後に行われた堆積物調査からは、我が国の観測史上最大規模の地震（ $M_w9.0$ ）に伴う津波がどのような堆積物を形成したのかについて多くの知見が得られ、これまで検討されてきた古津波堆積物の特徴との比較検討も急速に進んだ。これらと並行して、日本列島の沿岸地域において津波堆積物を用いた津波防災のための基礎資料の検討も進んだ。そして防災行政の観点からも地層中の津波堆積物から過去の津波イベントの発生履歴や分布規模を把握することの重要性が国の中央防災会議や国土交通省などから提言されるまでに至った。

陸域の沿岸低地に保存される津波堆積物の研究は多く、防災・減災に役立てる試みがなされている。特に、北海道のような古文書の少ない地域では災害史を読み解く手段として地質記録が重要視されている。一方で、海域では陸上と比較してその報告は少なく、特に浅海域における津波堆積物では圧倒的に少ない。この理由は、海域での調査の困難さに加え、浅海域では沿岸流、離岸流、波浪・暴浪や潮汐作用等の多様な堆積物形成プロセスが存在するため、津波堆積物の同定が困難なことにある。しかしながら、海域に形成された津波堆積物では、保存ポテンシャルが高いことが見込まれ、研究の進展が期待されている。

一方で、浅海域から深海域へ堆積物を運搬する主要な手段の一つとして、混濁流が知られている。その発生メカニズムについては多くのことが分かっているが、津波を考えた例は少なく、その実態は明らかとなっていない。しかしながら、2011年東北地方太平洋沖地震では、それに伴う津波によって深海底で混濁流が発生したことが報告され、物質移動のトリガ

一としての津波の役割を検討する必要性が指摘されている。

そこで本研究では、浅海域における津波堆積物の特徴と形成過程の解明、および古津波履歴の解明のための基礎資料を提案し、津波堆積物研究の発展と三陸地域の津波防災のための新知見を提供することを目的とした。このために、2011年東北地方太平洋沖地震津波によって甚大な被害が発生した三陸海岸南部に位置する広田湾を中心に浅海域における津波堆積物調査をおこなった。調査は、2012年から2019年にかけて行い、海底地形、高分解能地層探査、表層堆積物試料採取およびコア試料採取を実施した。研究成果の要約を以下にまとめる。

- (1) 広田湾内から採取したコア試料の岩相の特徴、粒度特性および音波探査断面から、広田湾における2011年東北沖地震による津波堆積物を同定し、その特徴および分布範囲を明らかにした。湾内で採取したコア試料は、上位から砂層および泥～砂質泥層で構成され、層相特徴から、上位の砂層を2011年津波による津波堆積物と推定した。この津波堆積物の特徴をまとめると、以下の5点であった。①下位層と明瞭な不連続面で区分されること、②定常時（非イベント時）湾内堆積物と明らかに異なる粒度組成、③多重級化構造を示すこと、④一部葉理構造が認められ、流れの高領域状態で形成されたこと、および⑤広田湾内の海底面直下に広域に連続的な分布を示すこと、である。
- (2) 2011年津波堆積物の分布は、水深8～37m、海岸から0.6～5.6kmの湾内全域に渡り、面積は $5.5 \times 10^6 \text{ m}^2$ であった。また、広田湾に堆積した2011年津波堆積物の堆積量は $2.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ であり、陸前高田平野上に堆積したその約4倍と推定した。
- (3) 本研究により陸前高田平野－広田湾系における津波に伴う総堆積量と総侵食量の比較から、浜堤周辺の侵食量（ $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）は、この系の津波堆積物の総堆積量（ $3.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）に比べて不足していることが明らかになった。この収支のギャップから、津波堆積物の起源に湾奥の浜堤周辺および極浅海域のみならず、より深い海底からの堆積物供給を想定する必要があることを示唆した。
- (4) 堆積物の粒度特性および全岩化学分析結果から、湾内堆積物の供給源を区分できることが明らかになった。その結果、湾内津波堆積物の供給源は、周辺海岸砂（特に、湾奥部高田松原海岸）と定常時湾内堆積物にあることが分かった。特に、各コア試料の2011年津波堆積物最下部では、海岸砂からの供給が大きく、その上位は定常時湾内堆積物からの供給が大きかったことが推察された。これらのことから、海岸砂は主に第一波目の引き波によって湾全域に運搬・拡散されたことが示唆された。
- (5) 広田湾内で採取したコア試料から、古津波堆積物が初めて認められた。堆積物の分布範囲、粒度特性および放射性炭素年代から869年貞観津波によって形成された浅海域の津波堆積物と同定した。2011年津波堆積物と869年貞観津波堆積物の比較から、両津波堆積物に共通する特徴は、①下位層と明瞭な不連続面で区分される、②上下層と明らかに異なる粒度、③級化構造をもつ、④湾内を広域に分布すること、が挙げられた。また、869年貞観津波堆積物は、広田湾底に2011年津波堆積物とほぼ同じ範囲に分布するこ

とから同規模の津波イベントであったと推定した。しかし、2011年津波堆積物の方が、粒度が粗く、層厚も厚いなどの、異なった特徴を示すことから、津波の規模、波高、および湾への津波の侵入方向等に違いがあったと考えられる。

- (6) 湾内から確認された津波堆積物の堆積学的特徴、分布、音波探査断面による特徴および津波時の映像解析と合わせ、津波時における堆積物形成モデルを提案した。津波時には津波による特異な侵食作用が発生し、侵食により生じた碎屑物と海水の高濃度混合流体を起源とする混濁流の流下、およびそれに伴い津波堆積物が形成される可能性が考えられた。

本研究から、浅海域の津波堆積物の特徴、分布およびその供給源が明らかになった。また、古津波堆積物が浅海底に記録されていることを明らかにした。これらの結果から、浅海底は津波履歴を把握するために有効な場であり、本研究手法の有用性が示された。今後、陸域と浅海での津波堆積物調査を統合した古津波の実態解明のために貢献できると期待される。

また、津波時の堆積物形成過程について、津波起源の混濁流発生による堆積物モデルを提案した。しかしながら、津波時の浅海域で混濁流発生については、津波時の現場観測データはなく、直接的な証拠はない。したがって、今後は実際の海底地形、堆積物粒度組成を反映した水槽実験による水理学的研究と総合し、津波時の状況の再現を行うことが必要となってくる。さらに、それらの地質学的成果および水理学的研究結果を合わせて数値シミュレーションを行うことにより、浅海域の様々な条件に対応した堆積モデルを構築することが可能であると考えられる。それらの成果は、粗粒堆積物の浅海から深海への移動過程を明らかにするとともに、今後の津波防災・減災に有用な結果が得られるものと期待される。