

## 4. 全体成果概要

本事業では、2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受け、千島海溝から日本海溝沿い（根室沖から房総沖まで）の海域において、地震・津波の調査観測を行い、本海域で今後発生する地震・津波の規模や発生確率等の評価の高度化に資することを目的としている。そのために、本事業では、4つのサブテーマ①海底自然地震観測等、②地殻構造調査等、③海底堆積物調査等、④海底地形調査等を設定し、調査観測を実施した。平成25年度は、本事業の最終年度にあたり、それぞれのサブテーマの連携をはかりつつ、かつ、これまでに得られた研究成果を受ける形で、研究を実施した。以下に本年度に得られた各サブテーマの研究成果の概要を示す。

### ① 海底自然地震観測等

2011年東北地方太平洋沖地震では、海底地震観測によるデータと陸上観測網のデータをあわせて解析することにより余震分布を高精度で決定し、震源断層の位置、形状を明らかにする必要から、地震発生直後から、自己浮上式海底地震計を用いた緊急余震観測を実施した。その結果、宮城県沖のプレート境界で余震活動が低いこと、陸側プレート内の余震活動が活発なこと、発震機構が本震後に変化したこと、茨城県沖の太平洋プレートとフィリピン海プレートが接触している領域で、本震の破壊が停止したことなどが明らかになった。東北地方太平洋沖地震はその規模の大きさ（ $M=9.0$ ）から、震源域はもとより、その周辺に大きな影響を及ぼしている。そのため地震発生後に、長期観測型自己浮上式海底地震計による地震観測を行い、地震発生後の正確な地震活動を明らかにすることは重要である。さらに、巨大地震と低周波イベント等の関連性を調べ、その結果を現在南海トラフで観測されている低周波イベントと比較することにより、巨大地震と低周波イベント等の関連性の検討を行うためには、広帯域地震計を用いた海底観測を行う必要がある。平成24年11月には、福島沖に海底地震計40台を設置し、長期海底地震観測を開始した。観測海域は、本研究計画において、平成24年4月から11月に観測を行った房総沖の海域に隣接する。本年度は、平成25年11月にこれら40台の海底地震計の回収作業を行い、福島沖での観測を終了した。回収した海底長期観測データの処理を行い、福島沖の領域における地震活動の正確な把握に努めた。また、これまでに本研究の2回の観測で得られた精度の高い震源分布と過去に得られた震源分布、地震波速度構造との比較などを行い、地震活動の時間変化などの把握を行った。その結果、海溝軸付近や海溝軸外側の浅部で地震が発生している事や、茨城沖におけるプレート境界付近で、2011年東北地方太平洋沖地震前は見られなかった地震活動が東北地震後に見られるようになるなど、地震活動度や地震発生場所に時間変化が見られる事がわかった。

宮城県沖において、海底地震計を用いた海底地震観測ならびに海底圧力計を用いた海底水圧観測を実施した。気象庁地震火山部及び仙台管区気象台の協力を得て、気象庁観測船の観測航海（平成25年5月と11月）により、平成24年度に宮城県沖に設置した海底地震計及び海底圧力計の回収を行なった。海底地震計により収録された地震波形記録については時刻補正と、全海底観測点ならびに陸上観測点で得られた地震波形記録の統合を行った。

また、海底圧力計で得られた海底圧力データについては、時刻補正の後、観測データに含まれる海洋潮汐ならびに非潮汐性の圧力変動成分を推定し、それらの除去を行った。先行調査研究で得られたものを含め、海底圧力の連続観測データの解析により、観測記録に含まれる圧力センサーの機器特性に起因する長期ドリフト成分の推定手法の検討を行い、観測データから東北地方太平洋沖地震発生後の余効変動による海底上下変動を抽出することを試みた。その結果、本震時のすべりが極大であった宮城県沖の海底では継続して余効変動による沈降が進行しているが、その大きさは本震発生からの時間経過とともに急速に小さくなっていることが明らかとなった。また、日本海溝近傍の深海域での海底圧力連続観測に着手したが、継続・安定して観測データの取得が達成され、深海域での観測が実現可能であることが示されたことも、重要な成果である。

## ② 地殻構造調査等

平成 25 年度は三陸海岸の垂直変動に関する海水位変動調査と地震地質学的調査を実施した。海水位変動調査では、30km 間隔で港湾内に水圧計を合計 8 ヶ所設置し験潮記録を取得した。東日本大震災後の港湾復興工事との関係から水圧計設置工事自体が年度後半（12 月～1 月）に実施されたところが多いため、観測期間が最長でも 3 ヶ月程度と短く、地域的な要素に対する補正ができていないので、2011 年東北地方太平洋沖地震後の余効変動（非地震性変動）の傾向を判読するほどには至らなかった。地震地質学的調査では、昨年度実施された岩手県下閉伊郡山田町小谷鳥におけるトレンチ・ボーリング試料の追加分析を行った。追加した放射性炭素年代測定とテフラ分析の結果、1896 年明治三陸津波、1611 年慶長三陸津波、869 年貞観津波に対比可能な津波堆積物を認定した。また層相と堆積物の物性値（密度、強熱減量）から、上記の 869 年貞観津波に対比される津波堆積物の堆積後に地殻変動が生じたことが示唆された。平成 24 年度に得られた結果を考慮すると、小谷鳥では約 6,000 年以降でみると沈降傾向であるが、その間の短い期間で隆起・沈降が繰り返されている可能性がある。これらの隆起・沈降は巨大地震を示すと考えられる津波堆積物を境に認められることから、日本海溝における巨大地震サイクルに関係していると推定される。

東北地方太平洋沖地震の発生により、東北日本弧における応力場はそれ以前の東西方向の短縮場から伸張場へと反転した。また、プレート境界上では本震発生後約 3 年が経過した現在も大きな余効変動が継続している。これらの結果として、2011 年 4 月 11 日の福島県浜通りを震源とする M7.0 の直下型地震や、これまで顕著な地震活動がなかった地域で誘発地震を発生させている。こういった現象を定量的に理解するためには、現在進行中の地殻変動現象の時空間的特徴を詳細に明らかにすることが重要である。このため、宮城県石巻市から山形県酒田市に至る測線及び福島県いわき市から新潟市に至る測線上に GPS 連続観測点を高密度に配置し、平成 24 年 11 月に地殻変動観測を開始した。これまでに得られた観測データから、周辺の既設の電子基準観測点のデータも併せて解析し、東北地方における地殻変動を詳細に調査した。得られた変位データをもとにひずみの各成分の分布を求めた結果、平成 25 年 1 年間の面積ひずみは本震震源域に近い太平洋沿岸域及び奥羽脊梁山脈で収縮傾向を示しているのに対して、それ以外の領域では依然として膨張傾向にあることがわ

かった。

### ③ 海底堆積物調査等

平成24年度まで並びに平成25年度に新たに三陸沖から採取された海底堆積物コアを対象に堆積構造解析を実施し、東北地方太平洋沖地震による堆積層の認定とその特徴の把握を行った。また、堆積物コア中の同様な構造を有する堆積層の識別から、過去における同様な地震の発生履歴を検討した。これらのコアの岩相観察、堆積構造解析、年代測定を行い、100～500年の地震性堆積層の平均堆積間隔を得た。また、調査海域の南部では北部や中部よりも地震性堆積層の堆積頻度が高く、堆積間隔も短いことがわかった。

東北地方太平洋沖地震では海溝先端部まで破壊が伝播したとされている。北緯38度付近では上盤プレートの変動は海側に向かうほど大きかった事が示され、これまでの調査により海溝軸付近に過去の海底地すべりや、変形した地層が見いだされている。他の海溝に近い下部陸側斜面平坦面にも同様な変動記録があるか検証するため、海洋研究開発機構海洋調査船「なつしま」により採取された海底堆積物の岩相記載と物性測定を行った。その結果、過去に海底地すべりが起こった痕跡が限られた海域で見出された。

東北地方太平洋沖地震の津波は、北海道の太平洋沿岸を襲っただけでなく、根室海峡にも進入し、標津町標津漁港において波高2.1～2.2mに達した。したがって、この沿岸地域においても古津波が到達していた可能性、さらには将来の大規模イベントによって津波被害を受ける可能性がある。そこで、追加的に根室海峡沿岸の別海町から標津町にかけての臨海低地において古津波堆積物調査をおこなった。その結果、古津波堆積物の可能性の高い砂層を2層記載した。第1層は、駒ヶ岳からの火山灰（1694年噴火）の直下の層準にある細砂～中砂サイズの砂層、第2層は、樽前山からの火山灰（約2500年前）の上方数cmにある中砂～粗砂サイズの砂層である。別海町ライトコタン川下流の低地では、第1層は現在の海岸から約130m、標高1.61mまで、第2層は現在の海岸から約70m、標高1.51mまで分布している。根室海峡沿岸（別海）での掘削調査結果を、太平洋沿岸の5地域（浦幌、キナシベツ、音別、厚岸、根室）で得られている調査結果と比較・対比した。太平洋岸の5地点に共通する津波堆積物はそれぞれ2枚であり、それぞれ同一のイベント堆積物と考える。浦幌で6層、根室で5層の津波堆積物があるが、とくに規模が大きかったと考えられる2層の津波堆積物は広域対比される可能性が高い。よって、火山灰層の年代により、2,500年前から350年前の間には、北海道東部の太平洋沿岸を襲う大規模な津波が4回発生したと考えられる。また、そのうちの2回は、根室海峡沿岸に到達した可能性がある。

### ④ 海底地形調査等

東北地方太平洋沖地震後に海洋研究開発機構所属の船舶に装備された音響機器を用いて取得した12航海の海底地形データのコンパイル作業を実施した。コンパイルの結果北緯37度30分から39度30分にかけての水深1,000m以深の海域において、良好な海底地形図の作成を行う事が出来た。可能な限り詳細な地形を検出できるように水深データの平均化、グリッド化を行ったところ、地震後にデータに関しては、作成した全海域で100、150mのグリッ

ドサイズでも十分な精度の地形図となることが分かった。また、地震前の地形データと比較を行ったところ、海溝軸付近で明瞭な地形変化が検出された。39度6分から7分付近での大水深での曳航式調査により、約10kmの測線において地下約40～50mまでの詳細な堆積構造を得ることができた。