

4. 全体の成果の概要

本章では、本年度実施した各観測項目の成果の概要を述べることにする。本重点的調査観測では、糸魚川－静岡構造線断層帯の地域的特徴を明らかにすること、特に諏訪湖付近に存在するとされるこの断層帯のセグメント境界の構造解明を大きな目的としている。本年度の反射法地震探査・重力探査、電磁気探査、自然地震観測では、この諏訪湖周辺の構造解明を本格的に実施した。前年度までと同様に、これらの探査は密接な連携を持って実施され、互いの成果を総合的に解釈できるような体制を取っている。

本調査観測及びパイロット的な重点的調査観測における反射法・重力探査から、糸魚川－静岡構造線は諏訪湖を挟んで南と北で大きく構造が異なることが明らかとなっている。諏訪湖より北のセグメントは、北部フォッサマグナのほぼ西縁を画す東傾斜の逆断層（＋左ずれ）であり、諏訪湖より南のセグメントは西傾斜の逆断層（＋左ずれ）であることが明らかになった。両セグメントの境界を成す諏訪湖地域は、東西両岸を断層ではさまれた地溝状の構造を成し、pull-apart basin と考えられている。諏訪湖周辺で平成 18 年度に実施した浅層反射法地震探査の結果、諏訪湖西縁断層を横切る反射法断面（岡谷測線および茅野測線西部）はこの断層が大局的には東落ちの大きな撓曲構造の一部であることを示唆している。一方、東縁断層とその延長で左ずれの卓越する茅野断層を横切る反射法断面（下諏訪測線および茅野測線）は、東縁断層が西傾斜の listric な断層であることを示した。

本年度に実施した諏訪湖およびその西側での発震記録には、諏訪湖東縁付近に顕著な構造境界があることを示す反射波が認められた。また、この反射イベントの上方延長では、諏訪湖東岸付近から比較的高角で西に傾斜する速度境界が存在し、東側が高速度、西側が低速度であると推定される。平成 18 年度に本調査観測で実施した諏訪湖東縁断層を横切る浅層反射法地震探査においては、西傾斜の断層面が認められ、これを境に東側の高速度層（三波川帯の基盤岩類）が西側の成層した極めて低速度の湖盆堆積物と接していることが明らかになり、この断層が糸魚川－静岡構造線活断層帯の主断層であると予想した。今回の探査で発見された上記の反射面は、同断層帯主断層の深部延長であると考えられ、少なくとも深さ（海拔）5 km 程度まで追跡できる。

主断層の上盤側（西側）には、東傾斜の平行する多数の反射面が往復走時 2～3.5 秒ぐらいまで認められ、その P 波速度（3.5～5.0 km/秒）から領家帯の変成岩類であると推定される。諏訪湖の地下には、湖盆を埋積する顕著に低速度（1.3～2.5 km/秒）の地層が、湖底から厚さ約 1.2 km 程度でほぼ水平に堆積している。この地層は諏訪湖西岸から湖底に向かって撓み下がるように変形している。諏訪盆地西縁断層の地下には顕著な構造の不連続は認められず、したがってこの断層は主断層上盤側に生じた二次的な断層であると考えられる。

電磁気探査では、諏訪湖南岸を通り断層に直交する方向に測線長 50 km の広帯域 MT データの解析によって、以下のように、断層に関連した不均質構造が捉えられた。まず、昨年度の観測で諏訪湖直下に見出されたほぼ鉛直状の低比抵抗異常が、さらに深部では南西側に傾斜する様子が見える。この低比抵抗の延長は深度 10～15 km に横たわる。諏訪湖の北東側においても、深度 10～15 km に数 100 ohmm の低比抵抗層がある。一方、諏訪湖の直下には、深度

5～15 km に鉛直状の高比抵抗異常がある。これは、地震波トモグラフィでも検出されており、反射法で捉えられた面との対応関係を今後十分検討する必要がある。比抵抗モデルと震源分布とを比較すると、低比抵抗層が広がる南西側で地震が多く発生しており、低比抵抗層の周辺部で起きているように見える。

自然地震観測の長期機動観測では、観測点増設が予定通りに進行している。計器深度が 50 m の孔井地震観測点を松本盆地周辺の 3 箇所（松本市大字和田〔観測点名：松本和田〕、安曇野市豊科田沢〔同：安曇野豊科〕、および安曇野市明科七貴〔同：安曇野明科〕）の 3 箇所に新設し、高感度地震観測網 Hi-net に準じたデータ流通を行い、それらのデータと高感度地震観測網 Hi-net や大学・気象庁の観測点のデータとの効率的な併合処理を行った。また、前年度までに整備した観測点の維持管理を行うとともに、それらの観測点のデータ蓄積と公開を行った。

蓄積されつつあるデータを用いた高精度震源決定を行った結果、断層帯周辺の地震活動についての全体像を掴むことができた。断層帯北部では断層帯の東側に地震活動が集中し、南部では断層帯の西側に地震活動が集中する。このような地震活動の分布は、断層帯に沿った断層形状の地域性を反映している可能性があることがわかった。断層帯に沿って幅広く分布する地震活動域の中に面状分布をなす小規模な震源クラスターが分布し、このような分布をなす震源クラスターの中には、地表に見られる活断層とは対応しないものが多い。特に、神城断層の深部では、東傾斜と考えられているその断層形状とは異なる傾斜方向を持つような、面状の震源クラスターが検出され、地震間（大地震が発生してから次の大地震が発生するまでの間のこと）における活断層の振る舞いと周辺の地震活動を理解する上で重要な知見が得られた。また、震源と発震機構解をデータとして、多重逆解法による応力解析を実施した。その結果、断層帯に沿った起震応力場に地域性がみられることが明らかとなった。断層帯に沿った最大主圧縮軸の向きは、断層帯北部と南部では東南東－西北西方向であるのに対して、断層帯中部では南東－北西方向である。

稠密アレー観測では、現地収録式の自然地震観測装置を、糸魚川－静岡構造線断層帯・諏訪盆地周辺部の 33 箇所に設置し、糸魚川－静岡構造線断層帯中部における断層周辺の微小地震を観測した。本年度までに得られた自然地震データと、周辺の定常観測データをトモグラフィ法で解析し、糸魚川－静岡構造線断層帯周辺の不均質な地殻構造を推定する研究を開始した（深さ約 20 km まで）。推定された三次元地震波速度構造と表層地質とを対比して、地震テクトニクスを議論した。糸魚川－静岡構造線断層帯北部では、東傾斜の断層とそれに付随する速度構造の特徴が見出され、中南部では、西傾斜の構造が推定された。また、平成 18 年度までに推定した諏訪湖以南の領域における多数のメカニズム解に対して、応力テンソルインバージョンを実施した。西側は横ずれ断層の応力場、東側は逆断層の応力場であり、その間に挟まれた領域では横ずれ断層と逆断層の応力場が共存している場になっていた。最大主応力方位は広域応力場に調和的な西北西－東南東であり、空間的に大きな変化は見られず、長期機動観測データを用いた応力場推定の成果と調和的である。更に、諏訪湖および松本市周辺における臨時観測を継続して行い、マグニチュード 0 の極微小地震まで含めたメカニズム解を 83 個推定できた。得られた解のほとんどは、横ずれ型もしくは横ずれ成分を多く持った解であった。解析領域は、変位センスや断層形態から逆断層区間とされていた北部セグメントを含んでいる。少なくとも北部セグメントの南部域は、現在の応力場としては横ず

れであることが本業務によって明らかになった。このようなこのような応力場の情報、稠密観測によって初めて明らかにされたものであり、断層運動とその駆動力の全体像と地域特性を理解するためだけでなく、大地震時の断層の振る舞いやそれに伴う強震動の予測にも重要である。

GPS 観測による詳細地殻変動分布の解明では、平成 18 年度に諏訪湖周辺に設置した GPS キャンペーン観測点(7ヶ所)および既存の観測点、合計 30ヶ所で GPS キャンペーン観測を実施した。このデータを周囲の GPS 連続観測点のデータとともに解析した。得られた地殻変動は、平成 18 年度までの結果と調和的であり、観測データの増加に伴って信頼度が向上した。断層帯北部では長野盆地西縁断層より西側で東西方向の短縮変形が顕著である。また、中央隆起帯では変形が小さく、その西縁が変形フロントになっている。更に、明科付近を境として、北側では西北西－東南東方向の短縮が卓越するのに対し、南側では糸静線に対する左横ずれの変形が見られることがわかった。これまでの 6 年におよぶ観測結果を考えると、北アルプスでは 2～5 mm/年程度の隆起が生じている可能性が高い。ただし、隆起が生じている範囲は東西方向の幅にして高々 30 km 程度であり、比較的狭い範囲に集中している。

干渉 SAR による構造線断層帯周辺の地殻変動検出では、ENVISAT の SAR データを用いて干渉 SAR 解析を行い、糸魚川－静岡構造線断層帯南部での地殻変動の面的把握を試みた。解析の結果、山岳部では干渉が得られなかったものの、諏訪湖周辺や甲府盆地など断層帯近傍では比較的良好な干渉が得られ、山間部に点在する谷間の平坦部などでも干渉が得られることがわかった。また、L-band のマイクロ波を用いる「だいち」PALSAR データを用いた干渉 SAR 解析を実施した。解析対象地域の大部分を占める山岳部を含め、ほぼ全域にわたって干渉が得られたことから、「だいち」のデータを用いることにより本地域の山岳部の地殻変動を把握することができると考えられる。

変動地形調査は、糸魚川－静岡構造線断層帯中南部（茅野～白州）において、航空写真測量および現地地形調査に基づいて、平均約 500～900 m 間隔という高密度で鉛直変位量を計測した。横ずれ変位についても富士見町付近を中心に、あらたに 12 地点で変位量を計測した。また変位している地形面の年代を推定して平均変位速度を算出し、その分布を明らかにした。地形改変により変位地形が残っていない場所は大縮尺米軍航空写真を併用・解析した。その結果、活断層線そのものの認定においても新知見を得た。断層周辺のオルソ航空写真画像、活断層線位置情報、変位地形の 3 次元標高データ、地形面分類情報等がすべて GIS 上で管理できる数値情報として整備され、データ検証の再現性・更新性を確保し、従来にない新しい形で情報公開を考慮した活断層基礎情報整備の雛形を提示した。WebGIS を構築し、専門家向け・一般向けに公開する準備をすすめた。変動地形学的調査結果については、そのデータを保存・公開するため、資料集として整理することとし、今年度は、平成 18 年度の調査成果を取り纏めた。また、平成 17～18 年度に行った変動地形調査により明らかになった北部（白馬～松本）および中北部（松本～茅野）の平均変位速度分布を、地下の断層面に沿うネットスリップ速度分布に換算し、変動地形調査の成果を強震動予測に生かすための重要な基礎資料を得た。さらに、変動地形調査の成果をもとにして、中南部の富士見町において掘削調査を実施し、変位している地形面の年代と変位量、平均変位速度の詳細等を明らかにした。

より詳しい地震活動履歴解明のための地質学および史料地震学的研究においては、糸魚川－静岡構造線北部と中部の2箇所でトレンチ掘削調査を実施した。北部では、松本盆地東縁断層帯南部の安曇野市と池田町境界付近を調査地点に選定し、低位段丘面上の低断層崖を掘削した。トレンチ壁面には砂礫層を切断する高角な断層面が断層崖中腹部に露出した。さらにその下盤側約20 mにわたって撓曲変形が確認され、小規模な断層変位も確認した。挟在する腐植土層の年代測定の結果、最新活動は3世紀以降に発生したことがわかった。西暦762年もしくは841年の歴史地震で牛伏寺断層だけではなく松本盆地東縁断層も同時に動いた可能性がある。なお、1万年以降にその他の地震イベントを示唆する積極的な証拠は認められず、変形帯全体の上下変位6～8 mは最新活動時のみで生じた可能性もある。中部横ずれ区間では、茅野断層上の茅野市で調査を実施した。トレンチ壁面には、砂礫層および腐植土層の傾動変形が認められた。その変形時期が約2000年前に特定されたことから、茅野断層は上記歴史地震に対応して活動していない可能性が高い。このような断層履歴の成果は、断層規模及びこの断層系の破壊様式(孤立型の破壊か連動型の破壊か等)を考える上で重要である。

強震動評価高精度化のための強震観測・地下構造調査では、糸魚川－静岡構造線断層帯における強震動予測高度化を目指し、昨年度得た松本・諏訪・長野各盆地地域における表層から基盤までの3次元地下構造と既存の地下構造モデルの融合・拡張によって、既存の地下構造モデルの向上に着手した。さらに、得られた地下構造を用いて新潟県中越沖地震の際の信越地方の地震動を計算し、モデルの妥当性を検討した。また、当該断層体周辺地域(134 km×305 km)について、地震動増幅マップ作製に必要な地形・地盤分類図を、250 mメッシュという細かさで作成し、地震動予測の高精度化に備えた。加えて、諏訪盆地内の地震動の伝播特性の調査のために、当該盆地内に8点の強震観測点を整備した。これまでに全ての観測点で一つ以上の地震記録を得ている。