

4. 全体成果概要

津軽山地西縁断層帯（南部）の傾斜やずれの向き及び活動性を明らかにするため、低位段丘面に撓曲変形が認められる断層南部の平川市新屋地区、同市尾崎地区を対象として以下の調査を実施した。低位段丘面の撓曲崖に直交して横切るように掘削深度 10 m のボーリングを 5 孔掘削し、群列ボーリングによって地層の分布・変形を確認した。また、断層を横断する測線を設定して、P 波及び S 波を震源とする反射法地震探査を行い、それぞれ深度 1.5 km 以浅及び深度 250 m 以浅の地下構造を推定した。反射法地震探査測線沿いの断層の低下側及び隆起側の 2 地点においてボーリングを各 1 孔掘削し（総掘削深度 60 m）、地層の分布を把握した。断層の平野側において露頭調査を実施し、地層の分布及び変形を確認した。これらの結果に基づいて、断層の地下形状を推定し、変位基準の落差を見積もった。その結果、津軽山地西縁断層帯（南部）の主断層は東に 60° ～ 65° 程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、地表付近では幅広い撓曲変形を呈することがわかった。群列ボーリングにより、十和田八戸火砕流堆積物の基底面に約 1.9 m の上下変位が認められた。地質構造と堆積年代から約 11～16 ka 以降の累積変位量と考えられることから平均上下変位速度は約 0.12～0.17 mm/yr と推定された。また、反射断面とボーリングコアから採取した試料の放射性炭素年代の分析から、約 5～7 万年前に堆積したと推定される地層に約 30 m の上下変位が認められ、平均上下変位速度は約 0.4～0.6 mm/yr と見積もられた。断層南部の浅井川沿いにおいて断続的に露出する十和田八戸火砕流堆積物の露頭観察と地形計測の結果、平野側の断層トレースの南北延長において断層変位とみられる顕著な変形が認められなかった。

横手盆地東縁断層帯（南部）（以下、南部区間）を対象として、過年度事業により間接的な手法で算出された平均活動間隔を直接的な手法によって検証するため、上下平均変位速度、地震時変位量、極浅層の断層構造、平均活動間隔等を明らかにする調査を実施した。令和 4 年度は、南部区間の北端を構成する金沢断層に位置する美郷町金沢乗上地区において、ドローン LiDAR による地形解析、ボーリング調査、S 波反射法地震探査を実施し、西側低下の撓曲崖および地層の撓曲変形を確認した。その結果、上下平均変位速度は 0.2 mm/yr であることを明らかにした。また、最新活動に伴う上下変位量は、撓曲崖の比高 1.1 m と同程度とみなすことができ、この変位量と上下平均変位速度から、間接的な平均活動間隔 5500 年が得られた。また、最新活動時期は、西暦 880～1020 年以降に生じた可能性が明らかとなった。南部区間の平野側を延びる大森山断層上の横手市平鹿地区では、既往のドローン LiDAR 調査、ボーリング調査、S 波反射法地震探査に加えて、新たにボーリング調査と S 波反射法地震探査を実施した。その結果、0.6～0.7 mm/yr の上下平均変位速度が推定された。また、最新活動に伴う上下変位 1.5 m が西暦 330～510 年以降に生じた可能性が明らかになった。これらを基に、平均活動間隔は 2100～2500 年と算出された。令和 5 年度は、南部区間の金沢断層北端付近に位置する仙北郡美郷町六郷東根の上四天地地区において、ドローン LiDAR による地形解析、トレンチ調査を実施し、西側低下の累積的な撓曲変形を確認した。その結果、約 1 万年前以降に 2 回の古地震イベントが識別され、最新活動は約 4600～9400 年前、先行する活動は約 9600～11100 年前と推定された。これらに基づく活動間隔は、 3400 ± 2500 年程度と算出される。撓曲崖の比高と低下側を埋積する地層の高度差を基に、最新活動に伴う上下変位量は 3.2 m、先行する活動に伴う上下変位量は 2.3

m以上と計測される。よって、ここでの最新活動は、西暦 1896 年陸羽地震に伴うものではないと判断でき、既存文献の地震断層分布と調和的である。さらに、最近 2 回の活動間隔は北部区間と南部区間それぞれで従来推定された平均活動間隔よりも長い。これらの活動は、北部と南部が連動した活動を示す可能性が高く、これまで南部区間で推定された 1600～3500 年の活動間隔は妥当である可能性が示された。

長野盆地西縁断層帯（麻績区間）では、UAV レーザー測量から作成した詳細な地形データと、群列ボーリング調査で得られた試料に基づく地形面の形成年代から、麻績断層の平均変位速度（上下成分）を算出した。低位の地形面で実施した群列ボーリング調査結果の検討に基づく、麻績断層の平均変位速度（上下成分）は 0.25-0.23 mm/yr と算出された。一方、高位の地形面で実施した群列ボーリングで確認された軽石層（On-Pm1）の標高差に基づく、麻績断層の平均変位速度（上下成分）は 0.08 mm/yr 以上であると推定された。今回の調査では、平均変位速度を推定することができたのは 2 条のうち北側のトレースだけである。そのため、南側のトレースにおける平均変位速度を含めた断層全体の評価については、さらなる調査を実施して検討する必要がある。

霧訪山-奈良井断層帯は、長野県中部に位置する北東-南西走向で長さ約 28 km の右横ずれ断層である。この断層帯の平均変位速度を推定するため、水系屈曲量を用いた横ずれ成分の平均変位速度の検討を実施した。断層による屈曲量と断層よりも上流側の水系の長さを計測した 40 の水系のうち、上流域が侵食小起伏面に到達している 22 の水系に限定し、水系の屈曲量（D）と断層よりも上流側の谷の長さ（L）から導き出される屈曲率（ α ）を算出したところ、0.018～0.195（平均値：0.07）であった。この水系屈曲率の平均値（0.07）と、跡津川断層での既往研究による平均変位速度と α の値との比較結果（ $S = (8.6 \sim 29.4) \alpha$ ）を用いると、霧訪山-奈良井断層帯の横ずれ成分の平均変位速度は 0.60～2.06 mm/yr（平均値：1.33 mm/yr）となる。得られた平均変位速度の平均値は妥当な値と思われるが、誤差幅が非常に大きいと、手法の適用については更なる検討が必要である。

身延断層の活動性に関するデータの取得を目的として、令和 4 年度と令和 5 年度に以下の調査を行った。令和 4 年度は、既往成果を整理した上で、これまで身延断層として図示された活断層トレースとその周辺において詳細数値標高モデルの解析を行い、断層変位地形の分布や形態などを把握した。また、地形・地質踏査を実施し、平均変位速度を検討するための調査適地を選定した。さらに断層変位を受けた段丘面の形成年代を明らかにするため、1箇所（2孔）で段丘堆積物の詳細な露頭の観察・地質柱状図の作成を行い、露頭から採取した試料の 14C 年代測定を実施した。加えて、断層の詳細な位置及び形態を把握するために 1 箇所（2孔）でボーリング調査を実施した。令和 5 年度には、前年度の調査を踏まえて選定した調査適地において、詳細な地形・地質踏査を実施して断層の詳細な位置やずれ量を把握するとともに、14C 年代測定を実施して断層沿いの地形面の形成時期を検討した。また、令和 4 年度のボーリング調査結果を補完することを目的として、1 箇所（2孔）でボーリング調査を実施した。それらの結果、身延断層中央部にあたる中野北原地区から中野清水原地区にかけての区間において、3 条からなるとされる断層のうち、東側の F1 断層及び中央の F2 断層が活断層とした場合、低位段丘堆積物上面の高度差と推定される形成年代から、平均変位速度の上下成分はいずれも 0.1 mm/yr 程度以下であり、両断層面の傾斜を 30° と仮定すると両断層の水平短縮速度の総和は 0.4 mm/yr 程度かそれ以下と推定された。また、低位段丘面を開析する河谷の左

屈曲が報告されている断層中央部付近に位置する南部町楮根原戸地区において、UAVレーザ測量により作成した詳細地形図を用いて屈曲量を検討した。この屈曲量が身延断層の左横ずれの累積変位とした場合、同地区の低位段丘面の形成年代が中野地区のそれと同時期とすると、平均変位速度の水平（横ずれ）成分は、0.2 mm/yr 以上と推定された。

赤河断層帯は、岐阜県東部に分布する北西－南東走向の活断層である。この断層帯を構成する活断層（赤河断層、権現山断層、中野方北方の断層）について既往文献を調査し、それぞれの活断層の特性について確認した。また、これらの活断層のうち、赤河断層の南東部（恵那市長島町久須見）において、UAVレーザ測量、ボーリング調査、トレンチ調査・ピット調査、露頭観察、水系屈曲率を用いた横ずれ成分の平均変位速度の検討を実施した。UAVレーザ測量では、千田地区と上本郷地区において赤河断層に沿った断層変位地形を明らかにすることができ、翌年度のトレンチ調査・ピット調査の候補地の選定に役立った。ボーリング調査では、横ずれを示す水系の堆積物の厚さと層相を確認した。また、ボーリングコアから採取された試料について放射性炭素年代測定を実施し、水系における堆積物の堆積開始時期について検討した。トレンチ調査・ピット調査では、499-316 cal BP、770-672 cal BP、1,176-977 cal BPの年代を示す地層は断層変位を受けていないことを確認した。しかし、断層構造と思われる部分の堆積層が掘削可能な深度よりも厚かったため、これらの堆積物と断層との関係に関する解釈の信頼性は低い。断層露頭観察では、濃飛流紋岩と花崗岩の境界をなす断層露頭を観察し、亀裂の性状の観察と走向・傾斜の計測を実施した。水系屈曲率を用いた横ずれ成分の平均変位速度の検討では、赤河断層の南東部における水系屈曲率（ α ）は、最大で0.320、最小で0.057であり、平均値は0.148であった。水系屈曲率の平均値（0.148）と、跡津川断層で算出された係数 k の平均値19.0に基づくと、赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度は2.8 mm/yr（ α のばらつきを考慮すると、0.99～6.1 mm/yr）と算出された。

筒賀断層は広島県山県郡北広島町から安芸太田町、廿日市（はつかいち）市にかけておよそ北東－南西方向に伸びる長さ約 58 km の右横ずれを主体とする活断層であり、マグニチュード 7.8 程度の地震が発生する可能性がある。本断層の最新活動後の経過率及び将来の地震発生確率は不明とされているが、従来手法によって平均変位速度が報告されており、かつ新しい手法である表面照射年代測定に適した花崗岩が分布する。本断層を対象として令和 5 年度から令和 6 年度かけて新しい手法を適用し平均変位速度の推定を試みた。令和 5 年度は、広島県山県郡安芸太田町下殿河内及び上殿地区を対象に航空レーザ測量を実施した。得られた詳細地形データから、筒賀断層の詳細なトレースが明らかとなり、沖積面を下刻する河川のずれとして右横ずれ約 5.5 m、最大のずれ量として約 130 m が判読された。沖積面の離水年代を推定するため、面上に露出した巨礫を対象に試料採取を行った。流域平均侵食速度推定のための試料を河床と山地斜面から採取した。令和 6 年度に試料の調整と分析を実施した結果、長田地区から採取された巨礫に対し、表面照射年代が 10.6 ± 1.1 ka と求められた。沖積扇状地を下刻する河川のずれと形成年代から、平均変位速度は約 0.5～1.0 mm/yr と求められた。山内・山中（2021）において報告された値とよく一致しており、航空レーザ測量による詳細な地形の把握と表面照射年代測定により、従来手法と遜色ない精度での活動性推定が可能であることが確認された。一方、流域平均侵食速度を考慮した場合の屈曲率を用いた横ずれ変位速度を推定した結果、0.05～0.55 mm/yr と既往研究結果より小さい値を示すことがわかった。

弥栄断層は、島根県西部に位置する北東－南西走向の右横ずれ断層である。弥栄断層では、令和4年度は、航空レーザー測量と水系屈曲率を用いた横ずれ成分の平均変位速度の検討を実施した。航空レーザー測量は、断層の北半部の長さ約16 kmの範囲を対象として実施し、得られたデータを用いてデジタル標高モデルを作成し、断層変位地形の分布と形態の検討ならびに次年度に実施する活断層調査の実施地点の検討を行った。水系屈曲率を用いた横ずれ成分の平均変位速度の検討では、弥栄断層を横切る42の水系の屈曲量(D)と断層から上流の水系の長さ(L)を計測し、水系屈曲率(α)を0.013～1.000(平均値:0.293)と求めた。さらに、その結果を用いて、弥栄断層の横ずれ成分の平均変位速度を0.59～1.47 mm/yr(平均値:1.03 mm/yr)、もしくは0.40～1.26 mm/yr(平均値:0.83 mm/yr)と算出した。令和5年度は、断層活動履歴に関する情報を充実させるため、同断層の中部に位置する益田市美都町仁川においてピット掘削調査等を実施した。また、既存データのデジタル標高モデルと前年度に作成したデジタル標高モデルを編集して、弥栄断層全体のデジタル標高モデルを構築した。それらの結果、ピットの観察と放射性炭素同位体年代測定の結果に基づき、壁面に現れた破砕部は少なくとも423-151 cal. BP以降には活動していないことが確認された。

布田川断層帯(宇土半島北岸区間)では、断層の正確な位置・連続性、南西端の位置を明らかにするとともに、過去の活動について検討するため、以下の調査を実施した。令和4年度には、主として重力異常帯にもとづいて断層が推定されている島原湾の南縁(宇土半島および大矢野島の北縁)を対象に、従来手法より高出力・多チャンネルで高分解能の音波探査を実施し、断層帯を構成する海底活断層の存在を確認するとともに、その正確な位置・形状を明らかにした。令和5年度には、断層帯の南西延長部を対象として高分解能の音波探査を実施し、断層帯の南西端および海底活断層の連続性に関する資料を取得した。以上の音波探査の結果により、宇土半島北岸区間を構成する海底活断層の詳細な位置・形状が明らかになり、断層帯の南西端がこれまで示されていた位置よりも約11 km西方に延長することが示された。令和6年度には、本調査で実施した音波探査の結果を踏まえて、本断層帯の過去の活動を検討するために1地点で海上ボーリング調査を実施し、断層近傍の層序、地層の形成年代に関する資料を取得した。音波探査および海上ボーリング調査の成果を組み合わせた検討によれば、断層帯を構成する1条の海底活断層の平均上下変位速度が0.08～0.12 mm/yr、最新活動時期が5.3～5.7 cal. kBP頃、1回前の活動が18.2 cal. kBP以降、1回の変位量(上下)が0.8 m程度であったと推定される。さらに、近傍に分布する複数条の北傾斜の正断層群による地質構造の検討によれば、1回の変位量(上下)が4 m程度であり、平均上下変位速度が0.36～0.54 mm/yrであった可能性がある。

宮古島断層帯は、断層長が中部で約28 km、西部で約17 kmあり、マグニチュード7.2程度もしくはそれ以上の地震が発生する可能性がある。しかし、本断層の最新活動後の経過率及び将来の地震発生確率は不明とされている。本断層を対象として令和4年度から令和6年度にかけて、沿岸海域の航空レーザー測深によって得られた詳細地形データに加え、石灰岩から抽出した放射性塩素同位体(^{36}Cl)を使用した表面照射年代測定を適用し、平均変位速度を含む活動性の推定を試みた。令和4年度は、陸域では空中写真および国土地理院の整備する5 mメッシュの地形データを使用し、沿岸海域では航空LiDAR測量ならびに浅海底レーザー測量によって取得された詳細地形データ(1 mメッシュ)を海上保安庁ならびにアジア航測株式会社より借用し、宮古島および周辺海域を対象として変動地形お

よび断層変位地形の判読を行った。令和5年度は、宮古島断層帯の活動性調査を目的にボーリング・トレンチ調査を含む地形・地質調査を実施し、表面照射年代測定用試料および放射性炭素年代測定用試料を採取した。ボーリング・トレンチ調査は宮古島市平良久貝地区にて実施し、トレンチ掘削箇所において断層活動に伴う沈降運動が少なくとも1回生じたことが明らかとなった。令和6年度は、トレンチや海岸から採取した試料について放射性炭素年代測定を行い、トレンチ調査結果について検討した。また、宮古島に分布する海成段丘や島内で採取した試料について、試料調製・計測を実施し、表面照射年代測定を行った。その結果、宮古島断層帯西部、特に腰原断層系の活動時期として、1千5百年前以後、1千2百年前以前に一回、約1万年前以後、約6千年前以前に一回の活動が推定された。また、およそ0.1 mm/yrの平均上下変位速度が推定された。

本事業では、新たな調査手法として数値地形解析(ドローン・浅海底レーザー計測等)、宇宙線生成核種年代測定、海上ボーリングを過年度事業より継続して実施した。それらの有効性と課題を検討した。その結果、ほぼ全ての断層で新たな調査データを取得でき、地震発生確率の算出に資する評価パラメーターを取得可能であることが確認された。また、従来の調査手法として、ボーリング調査及びトレンチ調査、反射法地震探査・音波探査等を実施し、新たな調査手法で得られたデータの妥当性や信頼性を検討した。その結果、既往の評価パラメーターと調和的な新規データが取得されていることが明らかとなり、新たな調査手法や新旧の調査手法を組み合わせたデータの収集と蓄積を進めることにより、地震発生確率が不明な活断層を低減可能であると確認できた。一方、河谷の屈曲率等については、引き続き係数の地域性等を含めて検討し、改良を継続する必要性が明らかとなった。