

2020年
10月号

IEVG ニュースレター
Vol.7 No.4

NEWS LETTER



[新人研究紹介]

河川活動の記録としての河成地形・堆積物

石井祐次（地質変動研究グループ）

河川は陸から海への土砂の運搬を担っており、陸域の地形変化において重要な役割を果たしています。河川によって形成された地形（河成地形）は、海水準変動や気候変動、地殻変動、人間活動（過去2000年程度）の影響下で形成されます。つまり、河成地形の発達過程を明らかにすることで、これらの外的要因に対する河川の応答を明らかにすることができます。

長期的な地形発達の観点からは、日本の河川区間は上流域、中流域、下流域といった形で区分することが適していると思われます（Yanagida, 2016）。上流域は河床に基盤岩が露出するなど基本的に侵食が卓越する場所、中流域は地殻変動と気候変動の影響によって堆積と侵食のバランスが変化して河成段丘が形成される場所、下流域は海水準変動の影響

を強く受けて平野が形成される場所です。私はこれまでの研究において、特に下流域において河川によって形成された氾濫原の堆積物に着目して河川活動の記録を読み解くことを試みてきました。ここでは氾濫原に関する私のこれまでの研究と、中流域の河成段丘に関する私の今後の研究テーマについて紹介させていただきます。

沿岸域にみられる氾濫原の発達過程

現在の下流域にみられる氾濫原の発達過程は、完新世の中期頃まで継続した急速な海水準上昇と、その後の海水準の安定によって主に支配されていることが既存研究により示されてきました。アメリカのミシシッピ川（Aslan and Autin, 1999）やオランダのライン川（Stouthamer et al., 2011 など）の氾

Contents	01	新人研究紹介	河川活動の記録としての河成地形・堆積物 …… 石井祐次
	05	研究現場紹介	隆起海岸地形を対象とした表面照射年代測定を試み ～試料採取現場の紹介～ …… 白濱吉起
	08	リサーチアシスタントの紹介	
	10	外部委員会活動報告	2020年8月～9月

濫原の例が特に知られており、その発達過程は (1) 海水準上昇にともなう自然堤防の破堤や流路の付け替え (アバルジョン) による堆積物の急速な累重 (図 1a) と (2) 海水準安定にともなうアバルジョン頻度の低下, 累重速度の低下および河道の蛇行 (図 1b) によって特徴づけられます。私は北海道の石狩低地におけるボーリングコアの解析をおこない、海水準変動に対する堆積様式の変化が認められることを明らかにしました (石井ほか, 2014; 図 2)。汎世界的な海水準変動が強く反映される地域では、同様の発達過程が認められると考えられます。

石狩低地の発達過程において最も特徴的なのは、表層 3~5 m 程度に広域的にみられる泥炭層の形成です (図 2)。泥炭層とは、氾濫による土砂の含有量は比較的少なく、湿地性の植物遺体によって主に構成されている堆積物です。石狩低地における厚い泥炭層の形成は、海水準上昇が落ち着いて河川の活動が静穏になったためであろうと推測されていました (阪口, 1974)。泥炭層の形成を促した外的原因をさらに詳細に検討するため、私は泥炭層が

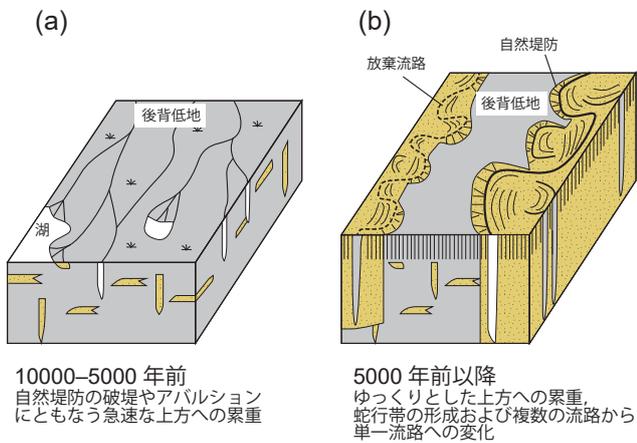


図 1 ミシシッピー川における氾濫原の発達過程 (Aslan and Autin, 1999 を改変)。海水準の上昇速度が大きい完新世中期以前には、河床が上昇することで自然堤防の破堤や流路の付け替え (アバルジョン) により、砂 (図中の黄色) や泥 (図中の灰色) の急速な累重が生じた。海水準が安定すると、河道の蛇行が卓越して蛇行帯が形成されるとともに、複数の流路から単一の流路へと次第に移行した。

形成され始めた時期を多地点で明らかにしました。その結果、約 5000 年前と 4000 年前に集中して泥炭層が形成され始めており、これが東アジア夏季モンスーンの弱화에ともなう降水量の低下 (Dykoski et al., 2005 など) と対比できることを示しました (図 3; Ishii et al., 2016)。降水量が低下することで洪水の規

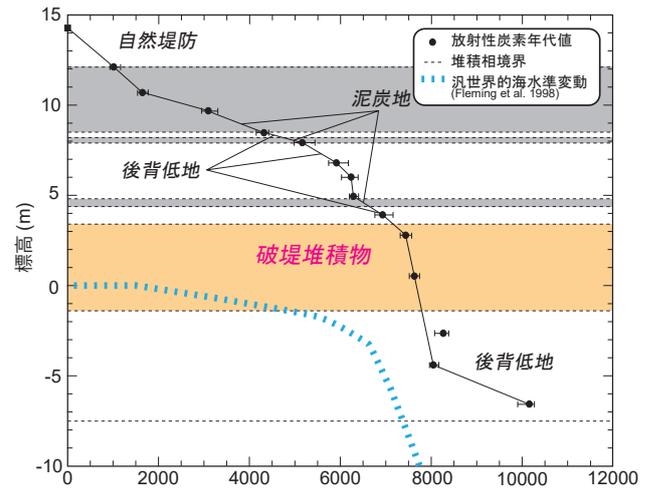


図 2 石狩低地において採取した IK1 コアの堆積曲線 (石井ほか, 2014)。約 7000 年前以前の海水準上昇により破堤堆積物の急速な堆積が生じたが、約 7000 年前以降にはそのような急速な堆積は認められない。約 5000 年前以降に厚い泥炭層が形成されている。

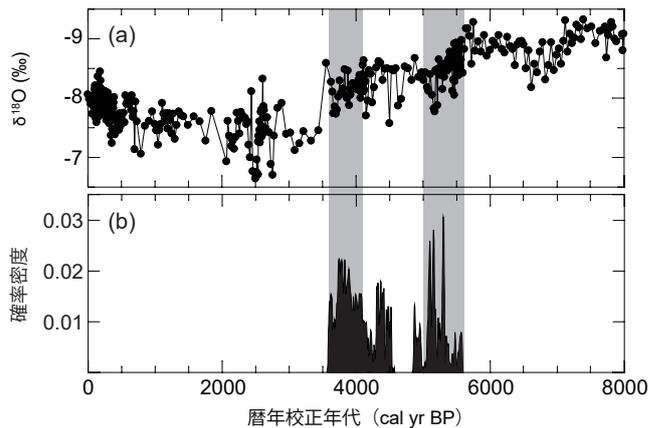


図 3 石狩低地における泥炭層の形成開始時期と東アジア夏季モンスーン指標との比較 (Ishii et al., 2016)。(a) 東アジア夏季モンスーン変動の指標 (中国の石筍の酸素同位体比変動, Dykoski et al., 2015), (b) 石狩低地における泥炭層の基底付近から得られた年代値の確率密度分布の合計。泥炭層の形成が始まった時期は、夏季モンスーンの弱化した時期と対応している。

模や傾度が低下し、氾濫原の堆積環境が静穏となり湿地が発達し、泥炭層が形成され始めたと推測されます。このことは、氾濫原の発達過程が気候変動によっても大きく影響を受けることを示唆する数少ない事例です。

東南アジアを南北に縦断する国際河川であるメコン川でも7,000年前以前の海水準上昇にともない、破堤堆積物の急速な累重が認められます。海水準が安定した7,000年前以降は複数の流路が発達していたのですが、約4,000年前には夏季モンスーンの弱化にともない分流路が縮退し、現在みられるような単一流路の河川へと変化しました。このような急速な分流路の縮退は、夏季モンスーンの弱化によるものではないかと考えております。同様の発達過程はナイルデルタにおいても認められており (Pennington et al., 2017)、夏季モンスーンの影響を受ける大河川の氾濫原において比較的共通しているかもしれません。

河川の中流域にみられる堆積性の河成段丘の形成過程

日本の河川の中流域にみられる堆積性の河成段丘は、主に地殻変動と気候変動の影響によって形成されると考えられています。氷期には上流域からの土砂供給量の増加および降水量の低下によって中流域の谷底において土砂の堆積が生じ (図 4a)、後氷期には土砂供給量の減少および降水量の増加にともない下刻が生じます (図 4b; Yanagida, 2016)。この氷期に形成された堆積面は、隆起が生じることで高い位置に段丘面として保存されます。つまり、中流域にみられる河成段丘は気候変動と地殻変動に対する河川の応答を記録していると言えます。

上記のメカニズムを考慮すると、最終氷期ともうひとつ前の氷期に形成された段丘の高さの違いは、長期的な隆起速度を主に反映していると考えられます (図 4b; 吉山・柳田, 1995)。段丘の形成された年代を推定する際に、これまでは主に段丘上の火山灰層が用いられてきました。しかし、河成段丘面上の火山灰層は侵食によって保存されていない

場合があることや、最終氷期よりも古い氷期に形成された段丘面を確実に認定するための火山灰層が少ないといった問題が指摘されています (幡谷, 2005 など)。私は今後、光ルミネッセンス年代測定 of 河成段丘堆積物への適用に関する課題について取り組んでいきたいと考えております。具体的には、河成段丘では通常のルミネッセンス年代測定で対象とする砂層が見られない場合があるといった問題があります。そこで私は現在、世界的にみてもこれまでに例が少ない、礫を用いた光ルミネッセンス年代測定を試みています。また、光ルミネッセンス年代測定では河成段丘堆積物の堆積年代を直接求めることができるため、気候変動に対する河川の応答をこれまでよりも詳細に明らかにすることができるのではないかと考えております。

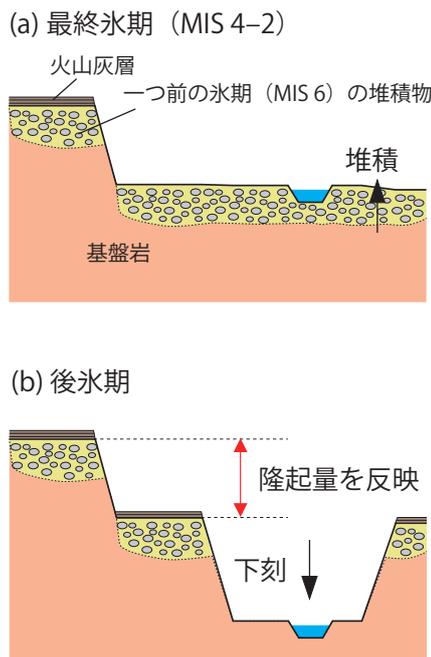


図 4 中流域の河成段丘の形成過程 (横断面図)。氷期には河床が上昇、間氷期には河床が低下することに加えて、堆積面が隆起によって高い位置に保存されることで複数の河成段丘が形成されていく。海洋酸素同位体ステージ (Marine isotope stage: MIS) 6 と MIS 4~2 に形成された河成段丘の高さの違いは、隆起量を反映していると考えられる。

引用文献

- Aslan A, and Autin WJ (1999) Evolution of the Holocene Mississippi River floodplain, Ferriday, Louisiana: insights on the origin of fine-grained floodplains. *Journal of Sedimentary Research* 69, 800–815.
- Dykoski CA, Edwards RL, Cheng H, Yuan D, Cai Y, Zhang M, Lin Y, Qing J, An Z, and Revenaugh J (2005) A high-resolution, absolute-dated Holocene and deglacial Asian monsoon record from Dongge Cave, China. *Earth and Planetary Science Letters* 233, 71–86.
- 幡谷竜太 (2005) 河成段丘を用いた第四紀後期の隆起量評価手法の検討 (1) 一段丘対比の考え方の提案と河成段丘の編年に関わるケーススタディー. 電力中央研究所報告, N05005, 28 p.
- 石井祐次・伊藤彩奈・中西利典・洪 完・堀 和明 (2014) 石狩低地内陸部で採取された IK1 コアが示す完新世の堆積環境・堆積速度の変化. *第四紀研究*, 53, 143–156.
- Ishii Y, Hori K, Momohara A, Nakanishi T, and Hong W (2016) Middle to late-Holocene decreased fluvial aggradation and widespread peat initiation in the Ishikari lowland (northern Japan). *The Holocene* 26, 1924–1938.
- Pennington BT, Sturt F, Wilson P, Rowland J, and Brown AG (2017) The fluvial evolution of the Holocene Nile Delta. *Quaternary Science Reviews* 170, 212–231.
- 阪口 豊 (1974) 泥炭地の地学. 329 p, 東京大学出版会.
- Stouthamer E, Cohen KM, and Gouw MJP (2011) Avulsion and its implications for fluvial-deltaic architecture: insights from the Holocene Rhine-Meuse Delta. In: Davidson SK, Leleu S, North CP (eds) *From River to Rock Record: The Preservation of Fluvial Sediments and Their Subsequent Interpretation: SEPM Special Publication Vol. 97*, pp. 215–231.
- Yanagida M (2016) Landform development of mountains and rivers in Japan. *Quaternary International* 397, 223–233.

研究現場紹介

隆起海岸地形を対象とした表面照射年代測定の試み ～試料採取現場の紹介～

白濱吉起（活断層評価研究グループ）

活断層・火山研究部門 活断層評価研究グループでは、表面照射年代測定という宇宙線生成核種を用いた新しい年代測定手法を用いて日本全国に分布する隆起海岸地形の形成年代を明らかにすることを試んでいます。これまで、高知県の足摺岬、和歌山県の潮岬・紀伊大島、屋久島沿岸、島根県の浜田地域沿岸、三陸海岸北部などの離水海岸地形を対象に調査を行ってきました（図1）。これまでの試料採取の様子を中心に研究現場を紹介します。

まず、表面照射年代測定の原理を簡単に説明します。宇宙線というのは地球に絶えず降り注ぐ高エネルギーの粒子です。これが地球上の原子と衝突すると、元の原子とは違う種類の原子が生成されることがあります。例えば図2のように石英（ SiO_2 ）中の

酸素原子とぶつかるたまれに ^{10}Be が生成されることがあります。このとき生成された ^{10}Be は石英が宇宙線の照射を受けている間石英中に溜まっていきますので、その蓄積量がわかればおおよそ宇宙線にあたっていた期間（表面照射年代）がわかります。実際には、 ^{10}Be は放射壊変によって少しずつ減っていくため、宇宙線の照射によって生成される速さと放射壊変によって減少する速さの兼ね合いで蓄積量が決まります。

重要なことは宇宙線の照射を受けていた期間がわかるという点です。宇宙線は大気中でも減衰していきませんが、地表面では水中や岩石中で急速に減衰します。結果、地表面に近い場所に露出した岩石にしか当たりません。この性質を利用することで、



図1 これまでの調査箇所。

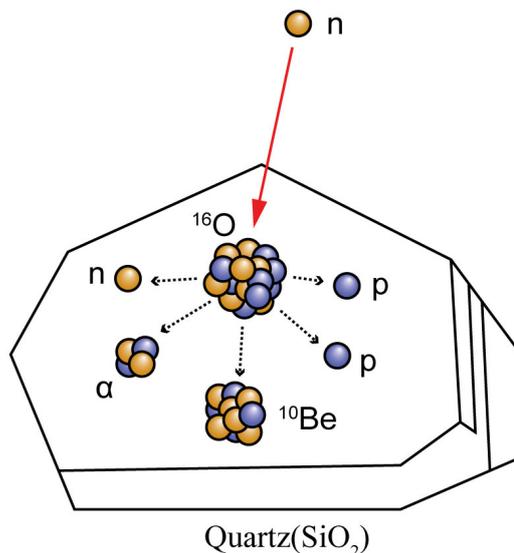


図2 石英中での ^{10}Be 生成の概念図。

地形面が形成されたときからの年代を推定するといった活用ができます。例えば、隆起海岸地形の場合、海の中にあった岩石が何かの理由で海水上に出るとその時から宇宙線の照射を受けはじめます(図3)。その岩石を採取したのち、石英を取り出します。この石英中のベリリウム蓄積量を調べると海水上に現れてから表面照射年代が得られます。

この研究で主に対象としている地形は、地震性隆起ベンチや海成段丘といった隆起海岸地形です(図3)。海岸沿いの波打ち際には波の侵食によって平坦な海底が形成されています。これが地震時に隆起すると平坦な地形が海上に現れます。これを隆起ベンチといいます(写真1)。これが繰り返されると、階段状の地形が出来上がり、海成段丘が形成されます。地震に伴って隆起するような場所において、段丘面やベンチがいつ海の上に現れたのかを明らかにすることができれば、その場所の隆起速度や大地震の発生間隔がわかります。国内では、年代測定のために段丘上に堆積した火山灰や堆積物を使った年代測定が主に行われてきました。最近数千年間に隆起した隆起ベンチの場合は波打ち際に生息する生物の遺骸を使うこともあります。ですが、段丘面が堆積物に覆われていなかったり、生物遺骸が残っていなかったりする場所では、年代の推定ができません。一方、表面照射年代測定は岩石が露出しているような場所で有効な手法です。これまで定量的な

年代が得られていない海成段丘や隆起ベンチで表面照射年代測定を行い、新しい年代値を獲得することを試んでいます。

調査はまず岩石が石英を含んでいるかどうかを調べることから始まります。おおよその地質は地質図などから把握していますが、現地で岩石の状態を見ないと判断できません。花崗岩地帯が理想ですが、それ以外の岩種であるケースが大半です。その場合、現地での確認が必要です。ときには地質図で堆積岩と記載されていたとしても、石英が含まれた砂岩であったり、多数の石英脈が見つかったりすることがありますので、行ってみるまでわかりません。

試料に適した岩石があるとわかれば採取を行います。しかし、岩盤のどこからとつても良いわけはありません。海水上に現れた後、大きく崩れたような場所は選ばれません。できるだけ平坦で、水中にあったときの地形が残っている場所を選びます。そのときに重要なことはノッチなど海岸沿いに形成される特徴的な地形です。地形をよく観察し、地形の保存状態の良い場所を選びます。ハンマーで表層から剥ぎ取るだけでもいいですが、地下からの試料もボーリングを使って採取します(写真2)。これは宇宙線が地中でどのように減衰しているか調べるためです。

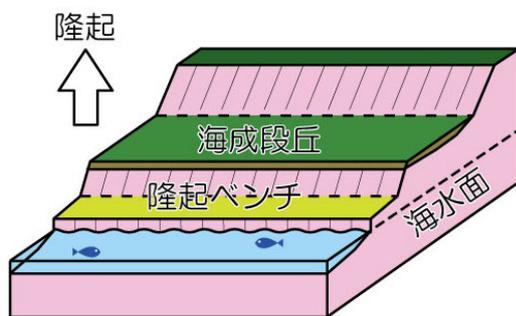


図3 隆起海岸地形の概要。



写真1 紀伊大島の隆起ベンチ。

古い海成段丘の場合は、侵食が進んでいるため、地形の調査はより入念に行います。保存の良い地形面を見つけ、丹念に歩いて露頭を探します。うまい具合に露頭が見つければ、表層から地下までの試料を一定深度ごとに採取します（写真3）。条件の良い露頭が見つかることはまれなので、採取の難しい大きい露頭だとしてもロープや梯子を使って採取します（写真4）。露頭がない場合はボーリングを行います。ですが、表層部分は土壌化して密度が低



写真2 紀伊大島でのボーリング掘削の様子。



写真3 露頭からの試料採取後の様子。ピンクのテープが試料を採取した箇所。

いので、ボーリングだけでは十分な量の試料がとれません。その時はピットを掘削して表層付近の試料を十分に確保します（写真5）。

地震性隆起ベンチの年代測定のために、昨年は水中での試料採取を行いました（写真6）。宇宙線は水中で減衰はするものの、数mは透過してしまうため、海面上に出る前にもわずかに蓄積します。そのため、どれだけの量が蓄積しているかを調べなければなりません。水中でハンマーは振るえないの



写真4 ロープを使った試料採取の様子。



写真5 ピット掘削による試料採取。



写真6 足摺岬での水中ボーリング掘削。

で、水中ボーリングを行いました。波打ち際には常に波がかぶって機材や体を固定するのが大変です。むしろ完全に水中に入ったほうが掘りやすいため、作業員はスキューバダイビングをしながら作業しています。

今年は八戸市や久慈市周辺においての年代測定を試みています。同じ時代と考えられる海成段丘が北側では火山灰に覆われていますが、南側では岩盤が露出しています。そのため、火山灰を使った年代推定と表面照射年代測定の結果を比較できる貴重な地域です。写真7は海成段丘を覆う火山灰層の調査をしているところです。

このように隆起海岸地形と一言で言っても、構成する岩石や堆積物、段丘面表層の様子は一定ではありません。様々な地域を対象に、多様な地形や地質

において宇宙線生成核種による年代測定を成功させるため、状況に合わせて様々な工夫をしながら調査や試料採取を行っています。



写真7 海成段丘面に堆積した火山灰層の調査。

リサーチアシスタントの紹介

産総研では、人材育成の一環として、平成26年度より「産総研リサーチアシスタント」制度を開始しました。これは優れた研究開発能力を持つ大学院生（博士課程前期および後期）を契約職員として雇用し、産総研の研究者と一緒に国の研究開発プロジェクト等に参画してもらい、大学院生はその研究成果を学位論文に活用できるというシステムです。大学院生からすると産総研で働きながら学位（修士・博士）を目指すこととなります。また、産総研としては、意欲ある大学院生がプロの研究者になることを応援し、併せて研究開発の促進をはかります。活断層・火山研究部門でも毎年複数名のリサーチアシスタントを雇用しています。

リサーチアシスタントには産総研の研究開発に携わることで、研究者としての能力を身に着けるとともに、国の研究開発に貢献する自覚も持ってもらいたいと思います。また、指導する研究者には、自分たちが指導者として大学院生とどう向き合うかを考えつつ、共同で研究を進めることが重要と

考えています。部門ニュースでは、今号から順次、リサーチアシスタントの紹介を掲載します。

「産総研リサーチアシスタント」制度の詳細については、下記のURLをご覧ください。

https://www.aist.go.jp/aist_j/collab/ra/ra_index.html

火山活動研究グループ

藤原 寛 Fujiwara Kan

火山活動研究グループ、リサーチアシスタントの藤原寛です。現在私は、富山大学大学院工学教育部・新エネルギー科学専攻に在籍し、火山学を専攻しています。昨年11月から、博士後期課程の学生を対象としたリサーチアシスタントとして、火山活動研究グループのプロジェクトに参加しています。



私は現在、火山地質学や火山岩岩石学、年代学的手法を用いて中部地方の白山火山をフィールドに、その火山活動史の解明に取り組んでいます。

白山火山の火山活動史はこれまで、多くの研究者によって明らかにされてきていますが、噴出物層序が未解明な地域があるほか、まだ十分な数の年代値が得られていないなど課題も残されています。また、白山火山周辺には、九頭竜火山列と本火山が属する白山火山列があります。この地域で行われた地震波速度構造解析において、白山火山以外の火山直下では明瞭な低速度領域が観測されないことから、両火山列を構成する白山火山以外の火山体はその生涯を終えていると考えられます。つまり、白山火山に着目しその火山活動史を明らかにすることは、白山火山周辺の新第三紀～第四紀火山活動の終焉期を観察することと同義であると言えます。従って白山火山は、火山列を形成する大規模な火成活動の終焉期において、いつ、どのような噴火様式で、どのくらいの頻度及び規模で噴火し、その火山の生涯を終えていくのかを地球物理学的及び地質学的、岩石学的に研究できる貴重なフィールドであると言えます。

産総研では、白山火山の火山活動史解明のために、感度法による K-Ar 年代測定を実施し、自身の地質学的、岩石学的研究で得られた火山活動史に時間軸を入れることを試みています。

リサーチアシスタントとして、常に最先端の研究を行っている産総研及び様々な専門分野の研究者の方々の下で研究させて頂けることに深く感謝し、今後の研究活動に真摯に取り組んでいきたいと思っております。これからもどうぞよろしくお願い致します。

海溝型地震履歴研究グループ

岡田 里奈 Okada Rina

海溝型地震履歴研究グループの RA の岡田里奈です。青森県の弘前大学大学院理工学部博士後期課程一年で、弘前市とつくば市を行き来しています。



研究のテーマは日本海沿岸に見られるイベント堆積物の解析です。太平洋側に比べ日本海側は研究事例が少ないと薦められて興味を持ちました。津波や洪水、高潮などのイベントによって形成されるイベント堆積物の痕跡を探し、年代測定や古文書等から発生年代やイベントの特定、またその浸水範囲を推定し、今後の日本海沿岸での防災や減災に役に立てるように研究をしています。現在の調査地域は青森県の津軽半島の沿岸および秋田県沿岸です。ここでみられるのは 1983 年日本海中部地震による津波や 10～15 世紀の津波、また約 2,000 年前の洪水の痕跡などです。このほかの年代の津波の痕跡もみられますが、調査中です。

これまで、様々な分析を用いて堆積物の解析を行ってきましたが、新たに研究内容に珪藻化石を用いた分析を取り入れるために勉強中です。また、今までも取り組んできたテフラ分析等々を組み合わせ、日本海沿岸における堆積物の解析を進めていきたいと思っております。

まだまだ未熟で知識も足りませんが、これからもたくさん学んでいきたいと思っております。どうぞよろしくお願い致します。

外部委員会等 活動報告 (2020年8月~9月)

6月-7月追加分

2020年6月22日

地震調査研究推進本部長期評価部会活断層分科会
(近藤出席 / 文科省)

2020年7月17日

地震調査研究推進本部地震調査委員会地震動予測
地図WG (近藤出席 / 文科省)

8月-9月

2020年8月3日

地震調査研究推進本部長期評価部会活断層分科会
(近藤出席 / 文科省)

2020年8月7日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防
災対策強化地域判定会 (松本出席 / Web 会議)

2020年8月12日

第347回地震調査委員会 (宮下出席 / Web 会議)

2020年8月18日

令和2年度第3回茨城県原子力安全対策委員会 (宮
下出席 / Web 会議)

2020年8月28日

第228回地震予知連絡会 (丸山出席 / Web 会議)
令和2年度第1回重点検討課題運営部会報告

2020年9月7日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震
防災対策強化地域判定会 (松本 (則)・板場出席 /
Web 会議)

2020年9月9日

第348回地震調査委員会 (宮下出席 / Web 会議)

2020年9月15日

地震調査委員会長期評価部会海域活断層評価手法
等検討分科会 (岡村出席 / Web 会議)

2020年9月30日

東京都環境影響評価審議会 (宮越出席 / 都庁 (web
会議出席))

IEVG ニュースレター Vol.7 No.4 (通巻40号)

2020年10月発行

発行・編集 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
活断層・火山研究部門

編集担当 黒坂朗子

問い合わせ 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

Tel: 029-861-3691 Fax: 029-861-3803

URL <https://unit.aist.go.jp/ievg/index.html>