

3. 2. 2. 東北地方太平洋沿岸域における地質調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

東北地方太平洋沿岸域における地質調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	今泉俊文	imat@mail.tains.tohoku.ac.jp
大阪市立大学大学院理学研究科	助教授	原口 強	haraguti@sci.osaka-cu.ac.jp
国立大学法人千葉大学理学部	助教授	宮内崇裕	tmiya@faculty.chiba-u.jp
国立大学法人福島大学教育学部	助教授	後藤秀昭	hgoto@educ.fukushima-u.ac.jp
国立大学法人東京大学地震研究所	教授	島崎邦彦	nikosh@eri.u-tokyo.ac.jp

(c) 業務の目的

宮城県沖を中心とした東北地方の太平洋沿岸域において詳細な地質学的な調査を実施し、津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定および発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を解明する。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成17年度：

三陸海岸・大槌湾内及び吉里吉里湿地において、ボーリング・ジオスライサーによる試料採取調査を行い、内湾海域での既存の音波探査等の記録解析を行った。また試料の年代測定を実施した。これらの結果から、三陸海岸・大槌湾（水深約 10m から 34m まで）では、過去 6000 年間の地層中から、22 枚の津波の痕跡の可能性がある粗粒堆積物を見いだした。このうち、上部の 16 枚については過去約 2500 年間に平均 100-150 年間隔で堆積しており、下部の 6 枚については、過去約 2500 年前から 6000 年前までは平均 500-800 年間隔で堆積していた。一方、吉里吉里湿地における試料採取の結果、過去約 2000 年前から約 5000 年前間の泥炭層中に少なくとも 6 枚の津波堆積層（砂層）が検出され、これらの砂層の堆積は、約 500 年間隔であった。これらのことから、規模の大きい津波地震がこの付近の海域では、少なくとも 500 年毎に発生している可能性が高いことが推定さ

れた。

2) 平成18年度：

平成17年度と同様な津波堆積物調査を三陸海岸の南部地区（大船渡・気仙沼地区など）を対象に実施する。また、17年度の成果と比較照合するために年代測定も行う。さらに、堆積物分布や堆積物試料から分析される津波の進行方向・流れの停止状況ならびに、離水イベントから推定される地震時地殻変動量などを総合して、津波の波源の位置・大きさの推定を行う。

3) 平成19年度：

平成17年度と同様な調査を三陸沿岸の山田地区のラグーンにおいて行う。また、平成18年度までの陸上調査の結果を総括し、津波シミュレーションと地殻変動のデータを合わせることにより、断層モデルの考察を行う。必要に応じて、補足的な野外調査を行う。

4) 平成20年度：

平成17年度と同様な調査を常磐沿岸の松川浦およびいわき地区と三陸沿岸の釜石地区等で行うとともに、平成19年度までに得られた調査結果をもとに、「連動型」宮城県沖地震の活動履歴の推定を行う。

5) 平成21年度：

三陸沿岸の陸前高田における調査を行うとともに、常磐海岸および三陸沿岸での17～20年度の地区域・海域の研究成果を踏まえ、「連動型」宮城県沖地震の活動履歴の推定を行う。

(e) 平成18年度業務目的

1793年に発生した地震は、1978年宮城県沖地震などの地震のアスペリティと海溝付近に存在する別のアスペリティとの複合破壊（いわゆる「連動型」）によるものと考えられ、大きな津波を伴ったことが知られている。こうした「連動型」タイプの地震の発生頻度は、1978年宮城県沖地震のような「単独型」より発生頻度が低い（間隔が長い）ために、歴史資料などによる調査結果だけからは、その活動の評価は十分ではない。

そこで、本調査研究では、過去に津波襲来の頻度が高い、三陸海岸において、地形学・地質学的手法によって津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震に伴う津波堆積物を特定する。そして、それらの規模、発生時期・発生間隔などを解明する。さらに、津波堆積物とその上下の堆積層の分析から、このような「連動型」地震発生の前後の地殻変動についても検討を行う。

18年度は、17年度の範囲をカバーするように宮古湾および三陸海岸の南部地区（大船渡・陸前高田・気仙沼地区など）を対象に実施し、津波堆積物の時空間分布の資料を得るとともに歴史地震津波のイベント堆積物の痕跡を探ることを目的とする。

(2) 平成 18 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 18 年度は新たに、宮古湾から気仙沼までの三陸海岸で 5 地域（6 ヶ所）を選定し、津波堆積物調査を行った。その結果、気仙沼大島の 2 ヶ所を除く 4 地域で新たに津波のイベント堆積物の痕跡が検出された。

堆積物の年代対比を行うと、歴史時代以前の古いものでは、4 地域以上で重複が確認されるイベントの年代間隔はおよそ 550～1050 年間隔、3 地域以上で重複が確認されるイベントも加えるとイベントの間隔はおよそ 500～700 年間と概算された。

また、歴史時代の津波堆積物の痕跡が陸前高田地区で見つかり、過去約 750 年間に約 200～500 年間隔でイベントの発生が示された。さらに明治三陸津波の津波石に付着した生物遺骸を用いて従来サンプルの ^{14}C 年代の暦年較正の結果、大槌湾での堆積物の一部が AD1611 の慶長三陸津波、AD869 の貞観津波（渡辺、1998）に対応する可能性が示唆された。また、陸前高田平野の試料からも慶長津波をはじめとする歴史時代に発生したと見られる津波堆積物が数枚確認された。

(b) 業務の実施方法

本年度の調査は、宮古市葉の子浜、大船渡市碁石海岸、陸前高田市高田松原、気仙沼市気仙沼大島および波路上崎野において、津波堆積物の検出調査を行った。さらに、大船渡市合足海岸にて明治三陸津波によって打ち上げられた粘板岩塊に付着した生物遺骸を採取し、その ^{14}C 年代値から海洋リザーバ効果（古海水の影響により海洋性古生物の年代が実際よりも数百年古く推定されること）を推定し従来サンプルの暦年較正を行い、昨年までの津波堆積物年代と歴史津波との対比を行なった。

調査地点の選定にあたっては、

- 1) 沿岸各地に残る歴史時代の津波の記録（到達域など）を収集する。
- 2) 漁港・港湾等の浅海域および陸域において、各種施設建設時の地質情報（ボーリング資料など）を収集する。これらのデータに基づいて、調査地点に優先順位を付けて複数選定し、それぞれの地点での調査計画に基づいて行った。

堆積物の採取と堆積物認定、三次元的な津波堆積物の分布を明らかにするために、各地点での主たる調査は、ボーリング・ジオスライサーによる試料採取調査等である。得られたサンプルの堆積年代と堆積速度を知るために、数多くの放射性炭素年代測定を行った。この結果によって、津波・地震の発生年代を、堆積物の堆積年代から推定した。

また、特に平成 17 年度に大槌湾で行った音波探査については、堆積物の年代測定結果とその海洋リザーバ効果を加味して再解析を行い、堆積曲線とイベント時期の補正を加えた。

(c) 業務の成果

本年度の主な結果について以下に整理する（調査地域は図 1 に示す）。

1) 宮古市葉の子浜地区での調査結果

葉の子浜地区（図2）は宮古湾に面し、調査地前面にはポケットビーチが広がり小さい浜堤を隔てて背後には湿地帯が広がっている。流域は小さく目立った河川の流入は見られない。地層は海岸線から約15m離れた陸側でボーリング（長さ6m）1本・ジオスライサー（長さ3m）1本が採取された。地層は泥炭層を主とし砂層及び・砂礫層を挟在し、深度320～360cmでは火山灰層が見られ、360cm以下は砂礫層となる。イベント層はコアで9層、ジオスライサーで7層見られ層厚は数cm～15cm、細粒～極粗粒で構成され、10cm大の礫を含む層も分布する。

泥炭層の¹⁴C年代値から求めた堆積曲線により推定されたイベント層の年代（図3）は、それぞれHNK-TS1（約1960年前）、HNK-TS2（約2470年前）、HNK-TS3（約3070年前）（図4）、HNK-TS4（約3670年前）、HNK-TS5（約4430年前）、HNK-TS6（約5320年前）、HNK-TS7（約5620年）となる。この結果、過去約2000～6000年間で約600～800年間隔のイベントが発生していることが示された。また泥炭層には植物片が多く見られる還元層と見られない分解層との繰り返しが鉛直方向に確認できた。

2) 大船渡市碁石浜地区での調査結果

碁石浜は南東方向に張出した半島の南東端に位置（図5）しており、南側に海を臨む幅約170mのポケットビーチである。ビーチは礫浜で、直径数cm以下の黒色扁平海浜礫によって構成されている。碁石浜背後の浜堤（比高約4m）を隔てた海岸線に直交する測線に沿った低地内で、ボーリングコア2本（約6m）、ロングジオスライサー2本（GS-G1:約320cm、GS-G2:370cm）により地層を採取した。地層は表層よりほぼ連続する泥炭と有機質シルトで構成されており、5.5mで火山灰に到達する。¹⁴C年代測定結果から、この火山灰は約5500～6000年前と推定され、宮古湾や大槌湾で見られる火山灰と対比される。7枚の津波イベント堆積物が認定でき（図6）、層厚は0.5～10cm程度で含有物はいずれも2～6mm程度の黒色扁平礫からなり、碁石浜の礫と極めて酷似している。

認定されたイベントの年代（図7）はそれぞれGS-TS1（約1910年前）、GS-TS2（約3240年前）、GS-TS3（約3610年前）、GS-TS4（約4870年前）、GS-TS5（約5250年前）、GS-TS6（約5340年前）、GS-TS7（約6270年前）である。さらにGS-TS1より上部の泥炭層トップの年代はAD1920年頃となる。この間約1800年間の泥炭層中には礫等のイベント層は認定できない。

3) 陸前高田市高田松原地区での調査結果

調査地は広田湾に面し、高田松原海岸からは砂堤（比高2.5m）とチリ津波後に建設された防潮堤を挟んで海岸線から約250m離れた古川沼に面した低地（図8）で、広田湾からの波浪・高潮の被害は通常及ばない。地層はジオスライサーにより2本（GS-T1:3.5m、

GS-T2:3m)が採取された。地層は共に深度 60~70 cm付近までは盛土で、それ以深では砂層及び砂礫層を挟んだ泥炭層が分布し、深度 270 cm以下では河川を起源と考えられる礫混じりの砂層が堆積している。

イベント層と見られる層は 4 層見られ、層厚は 5 cm~15 cm中粒~極粗粒砂で構成されいずれも下部の泥炭層を侵食したように見える。中には相対する 2 方向のラミナ（礫や砂、泥といった数 mm~数 cm の厚さを持つ堆積物の粒子が並んだ層のこと）を確認できる層（図 9）も見られ、押し波と引き波の流れを示すと考えられる。泥炭層の ^{14}C 年代値から堆積曲線を描き（図 10）イベント層の年代を推定すると、TKM-TS1（約 1910AD 以新）、TKM-TS2（約 1780AD）、TKM-TS3（約 1340AD）、TKM-TS4（約 1200AD）で、過去約 750 年間で 4 回のイベントの発生が示された。最上部の砂層はチリ津波の堆積層である可能性が高い。

古河沼での上記の結果に基づいて、追加調査として陸前高田駅周辺地域の低湿地において、ハンディージオスライサーによる調査を行った。貞観津波（西暦 869 年）の堆積物は採取できなかったが、地表下約 1.0mで上述の古河沼での TKM-TS2 に相当する津波堆積物を採取した。年代測定の結果、石巻や仙台平野などでその存在がわかってきた慶長津波（西暦 1611 年）の可能性が高いことがわかった（図 11）。

4) 気仙沼市波路上崎野地区での調査結果

同地区は前面の小さい砂浜海岸沿いに浜堤が分布し、背後に湿地が分布する。流域は小さく、目立った河川の流入は見られない。地層のサンプルは、海岸線から約 75m 離れた湿地帯でジオスライサー 2 本（GS_K-1:採取長 370cm、GS_K-2:採取長 240cm）によって採取された。ジオスライサーサンプルは共に深度約 20cm まで人工改変で、それ以深では砂礫層を挟んだ泥炭層が分布している。泥炭層の最下部は GS_K-1 で確認でき、深度約 320cm から基底の砂礫層が分布している。

イベント層と見られる層は GS_K-1 では 3 層、GS_K-2 で 1 層見られた。層厚はおよそ 20 cm~70 cmと厚く、中粒~極粗粒砂で構成され非常に淘汰が悪く、いずれも下部の泥炭層を侵食したように見える。貝化石を非常に多量に含み定方向に配列（図 12）している。このことから非常に強い流れによって運搬堆積されたと考えられる。泥炭層の堆積曲線からイベントの年代を検討した結果（図 13）、過去約 3000~6000 年前の間にイベント層を残すような津波が 3 度発生していることが示された。ただし、表層直下から数千年と古い年代の地層が分布し、新しい年代の地層はすべて欠如している結果となった。

5) 大槌湾の津波堆積物と歴史津波との対比

大槌湾では、内湾海底下から 22 層の津波イベント堆積物が認定されたことを 17 年度に報告した。しかし同地域の海洋リザーバ効果が不明であり、歴史津波との対応が出来なかった。今回、明治三陸津波の津波石（図 14）に付着した生物遺骸を用いて海洋リザーバ効果を予察的に求め、従来サンプルの ^{14}C 年代の暦年較正を行った。これにより内湾のリザー

バ効果から津波堆積物と歴史津波との照合を行った。

その結果、堆積曲線との交点から求めた津波イベント年代とこの地域での歴史津波（渡辺、1988）との対応から、TS-7 が AD1611 の慶長三陸津波、TS-10 が AD869 の貞観津波によって形成された可能性が示唆された（図 15）。



図1 18年度の調査地域

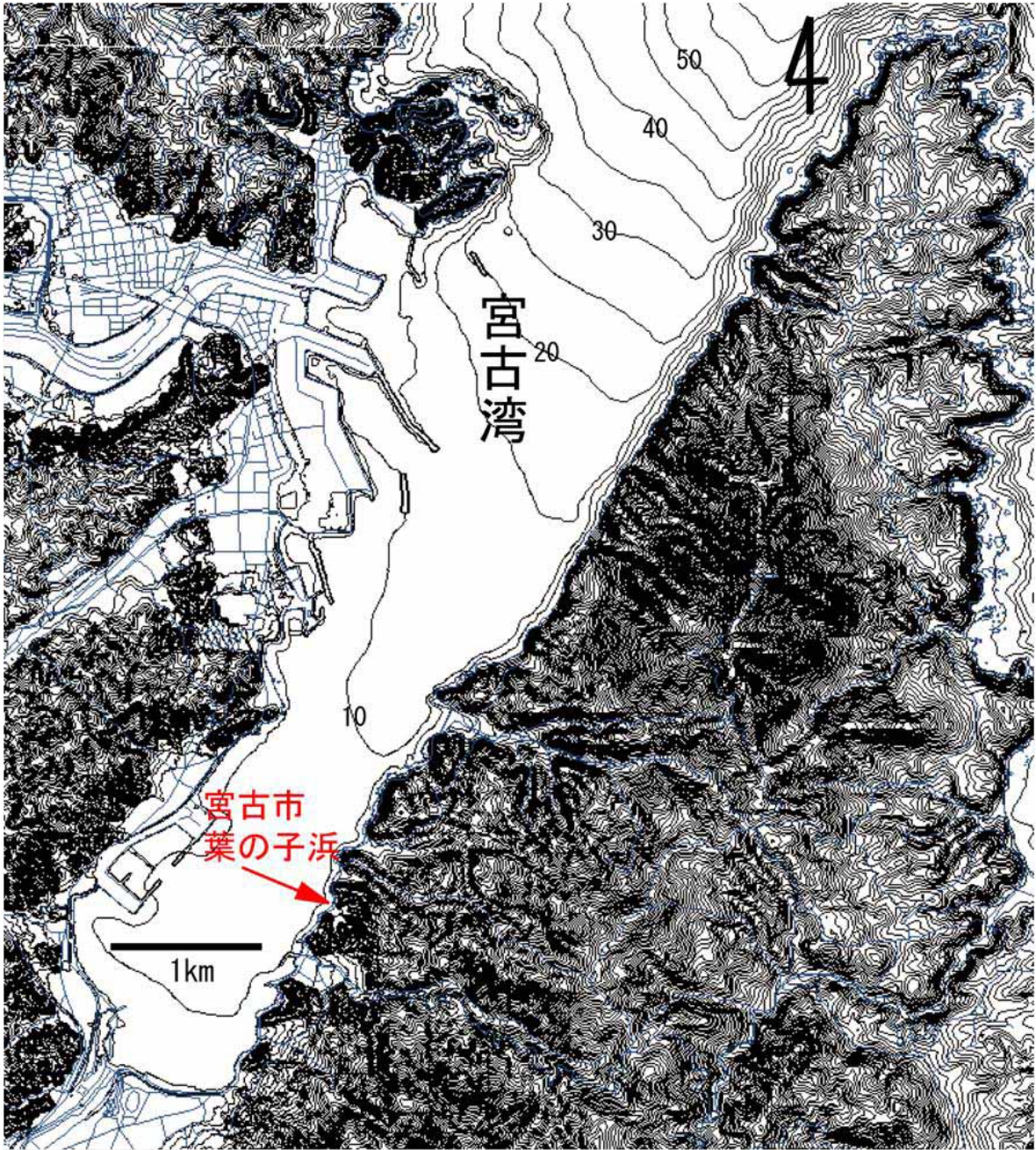


図2 宮古湾・葉の子浜の調査地点

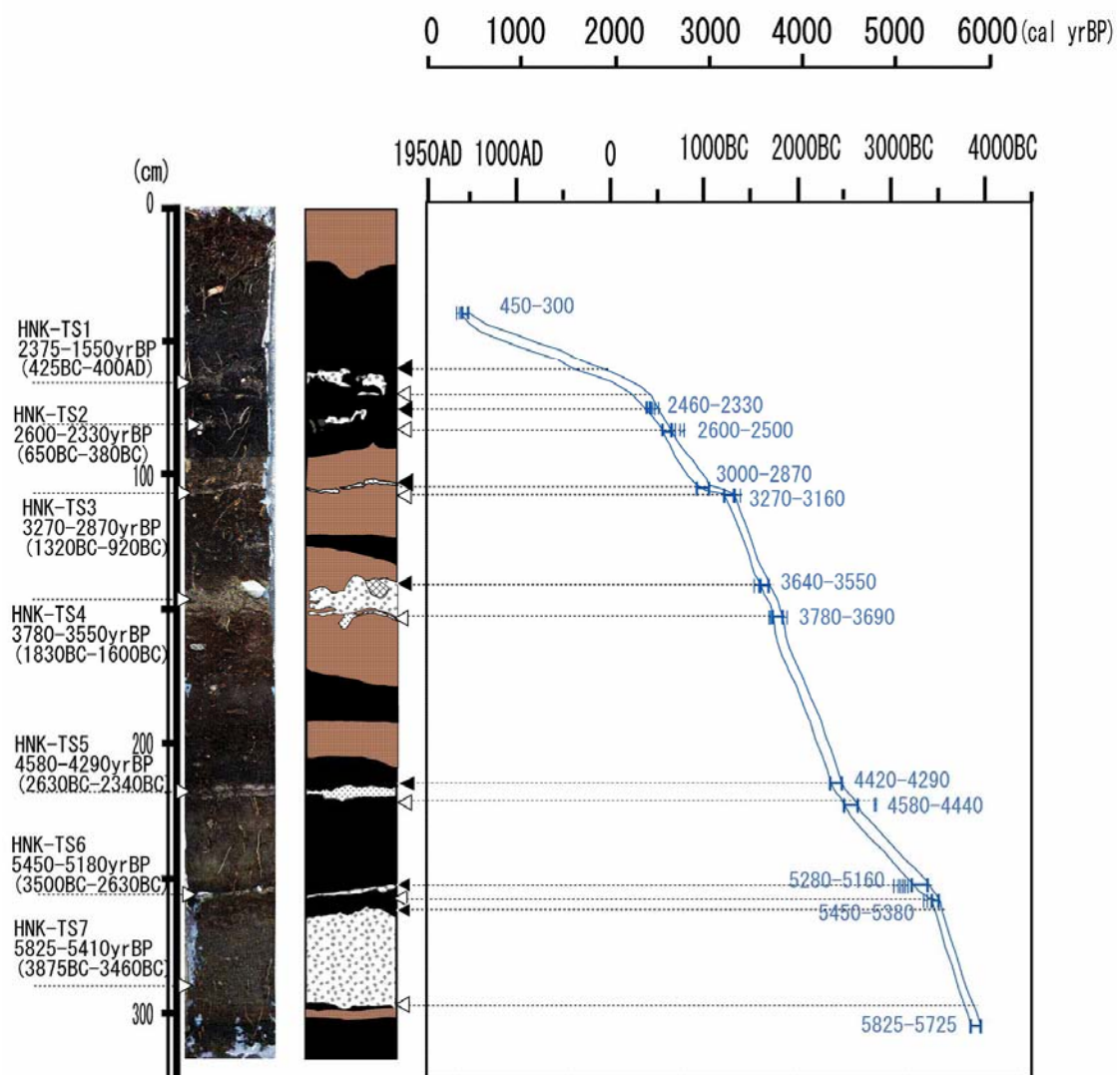


図3 葉の子浜の沖積層堆積速度と津波イベントの年代



図4 葉の子浜、HNK-TS3 (約3070年前) イベントの堆積物

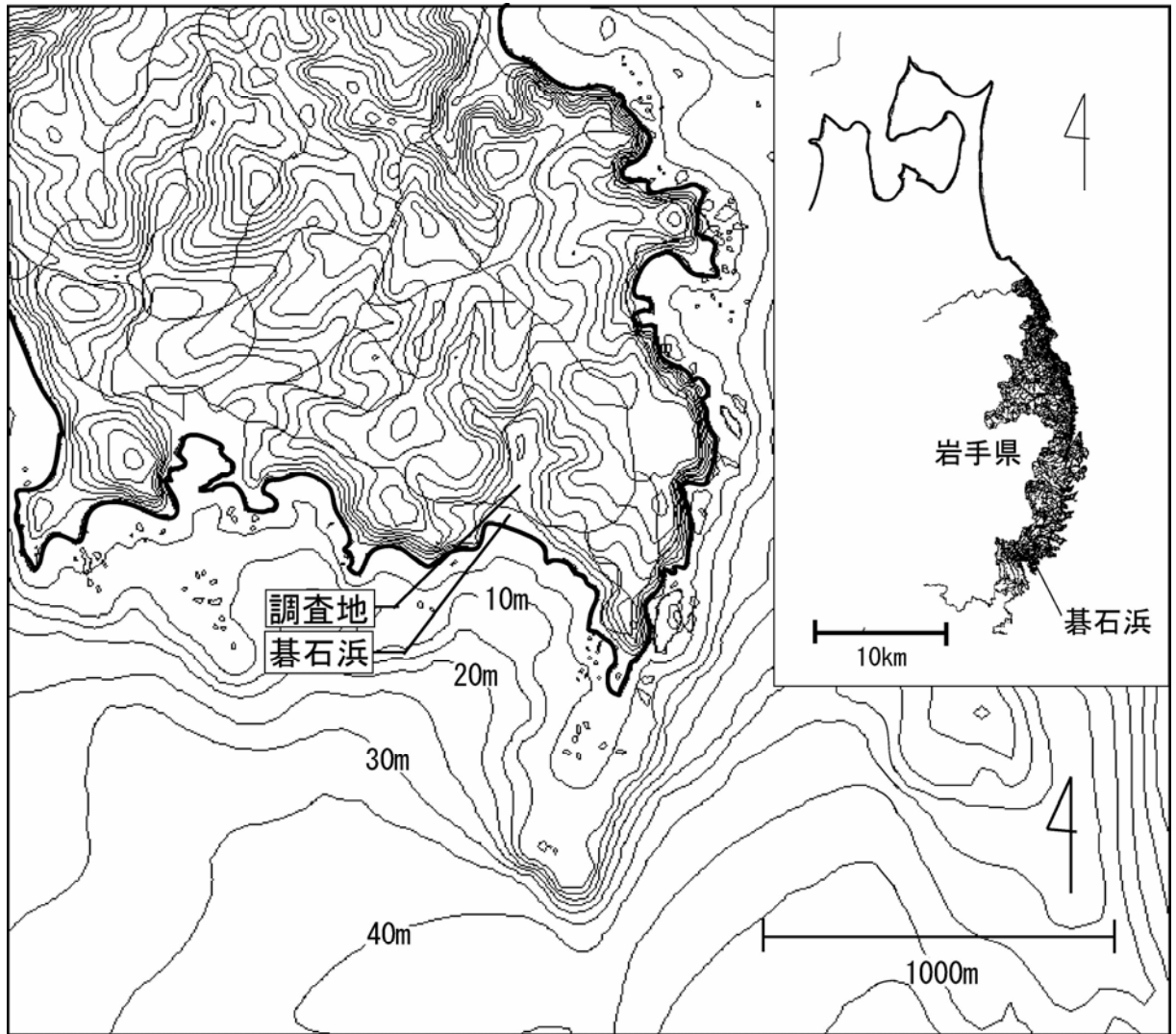


図5 碁石浜調査地点

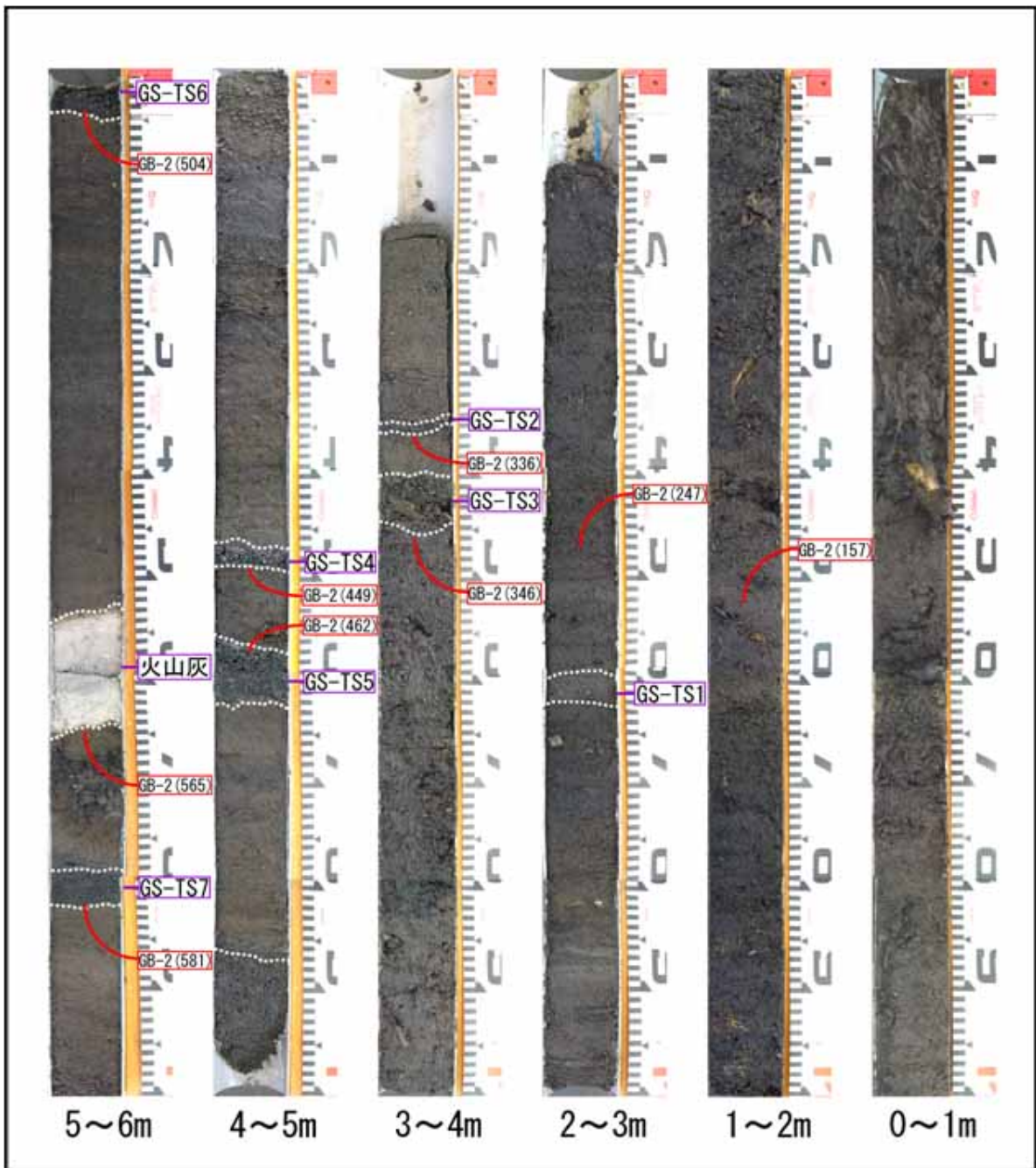


図6 碁石浜のボーリング試料

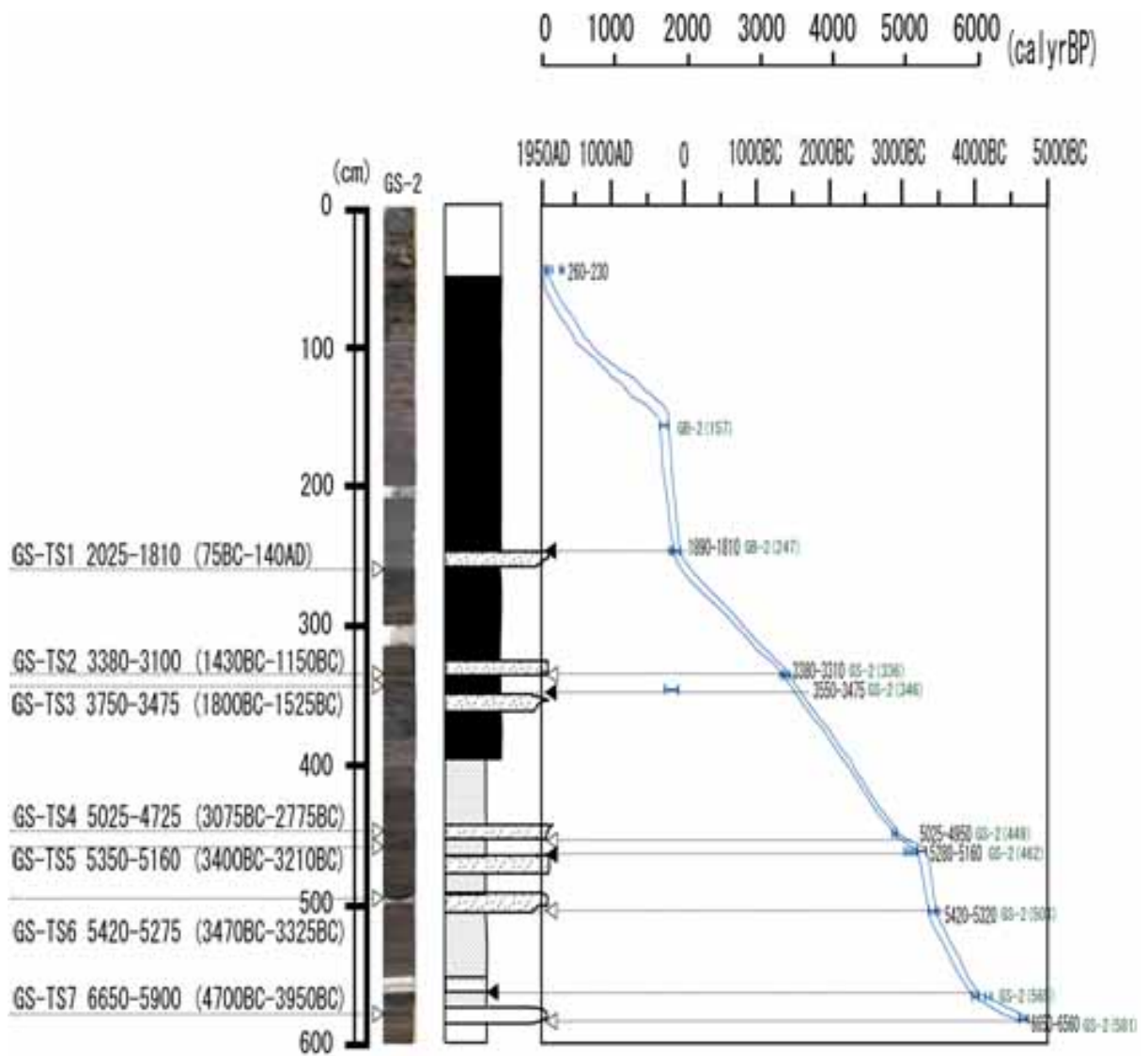


図7 碁石浜の沖積層堆積速度と津波イベントの年代

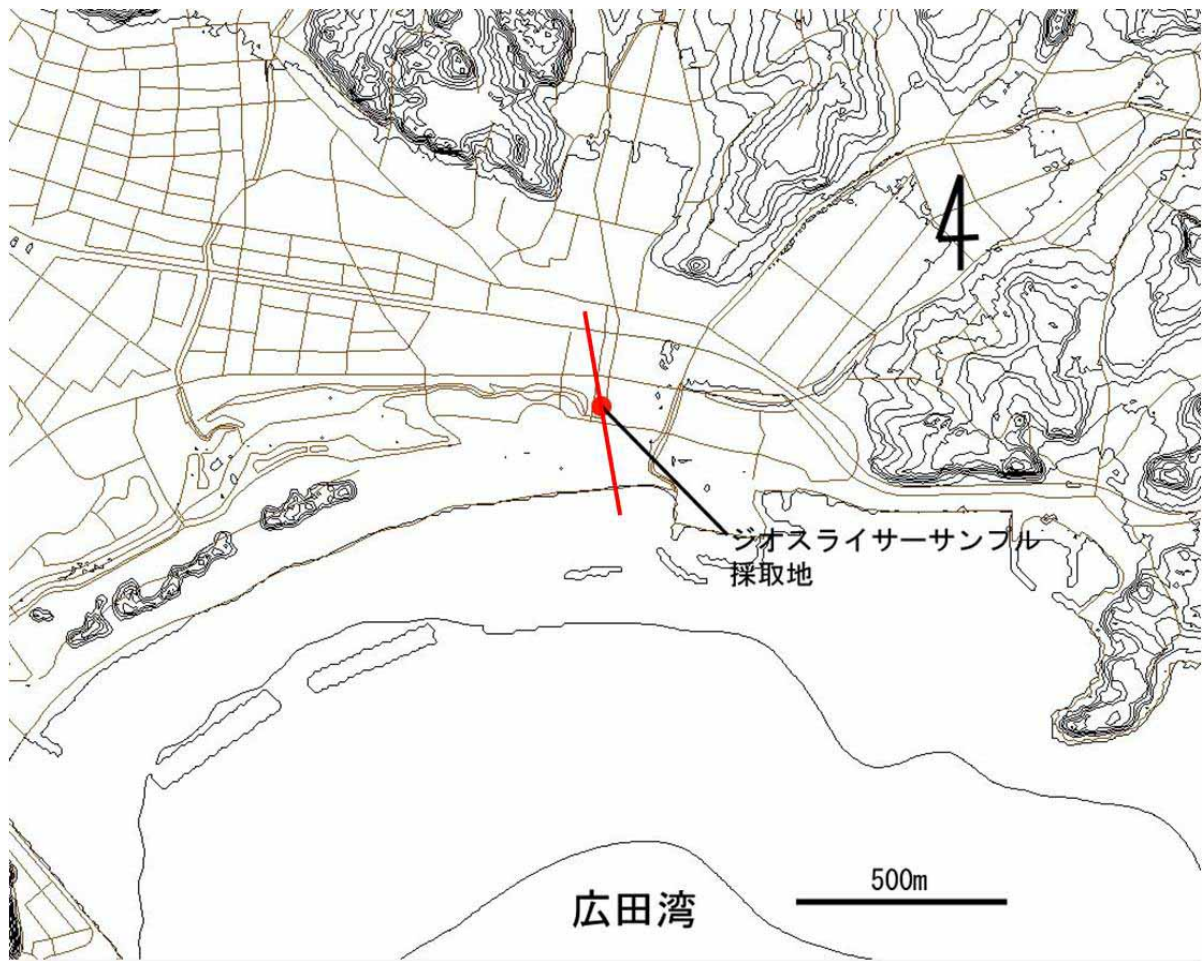


図8 陸前高田のジオスライサー調査地点

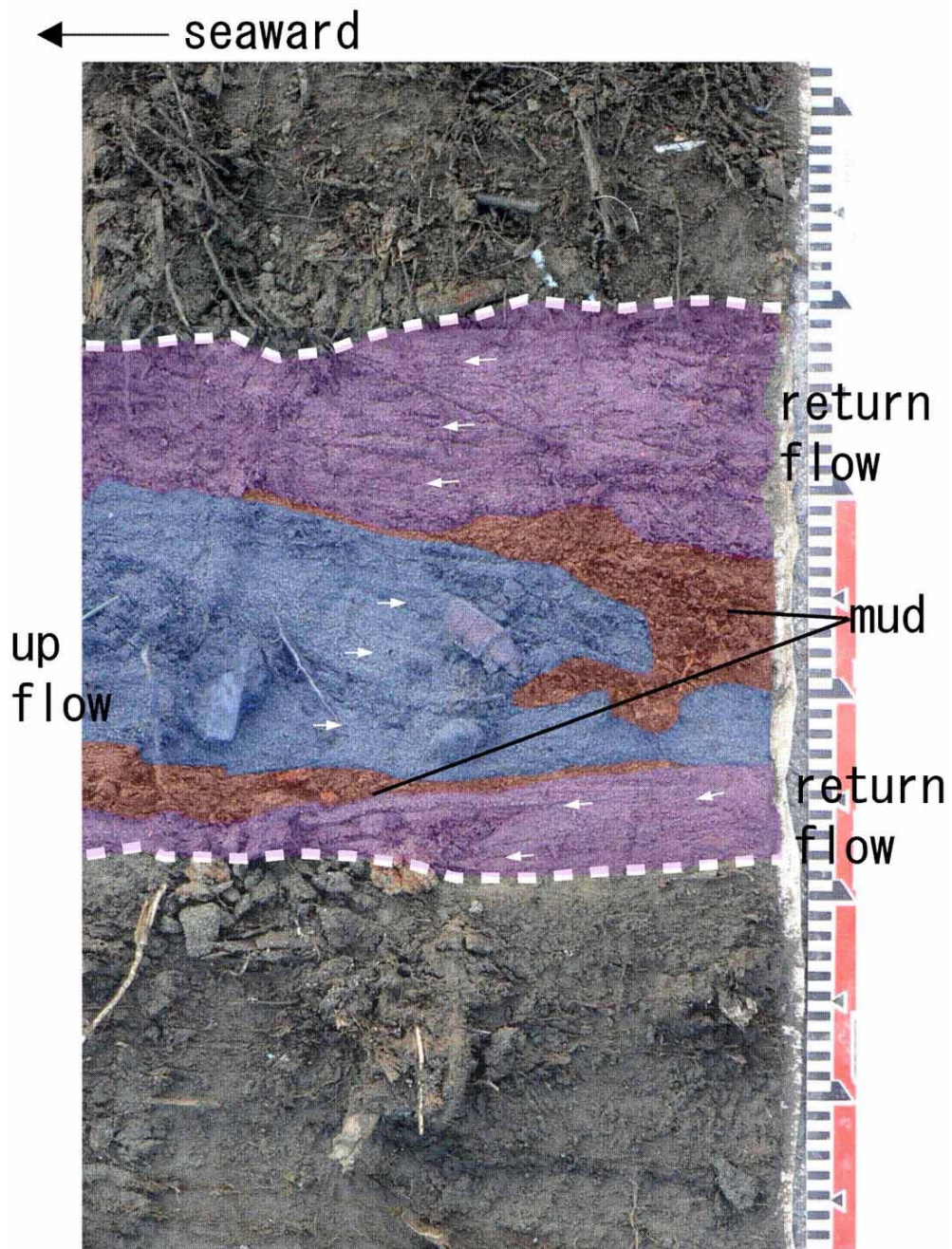


図9 陸前高田における最新イベント(チリ地震津波)堆積物(矢印は津波の移動方向)。mudは押し波と引き波の休止期に堆積したと考えられる泥の層

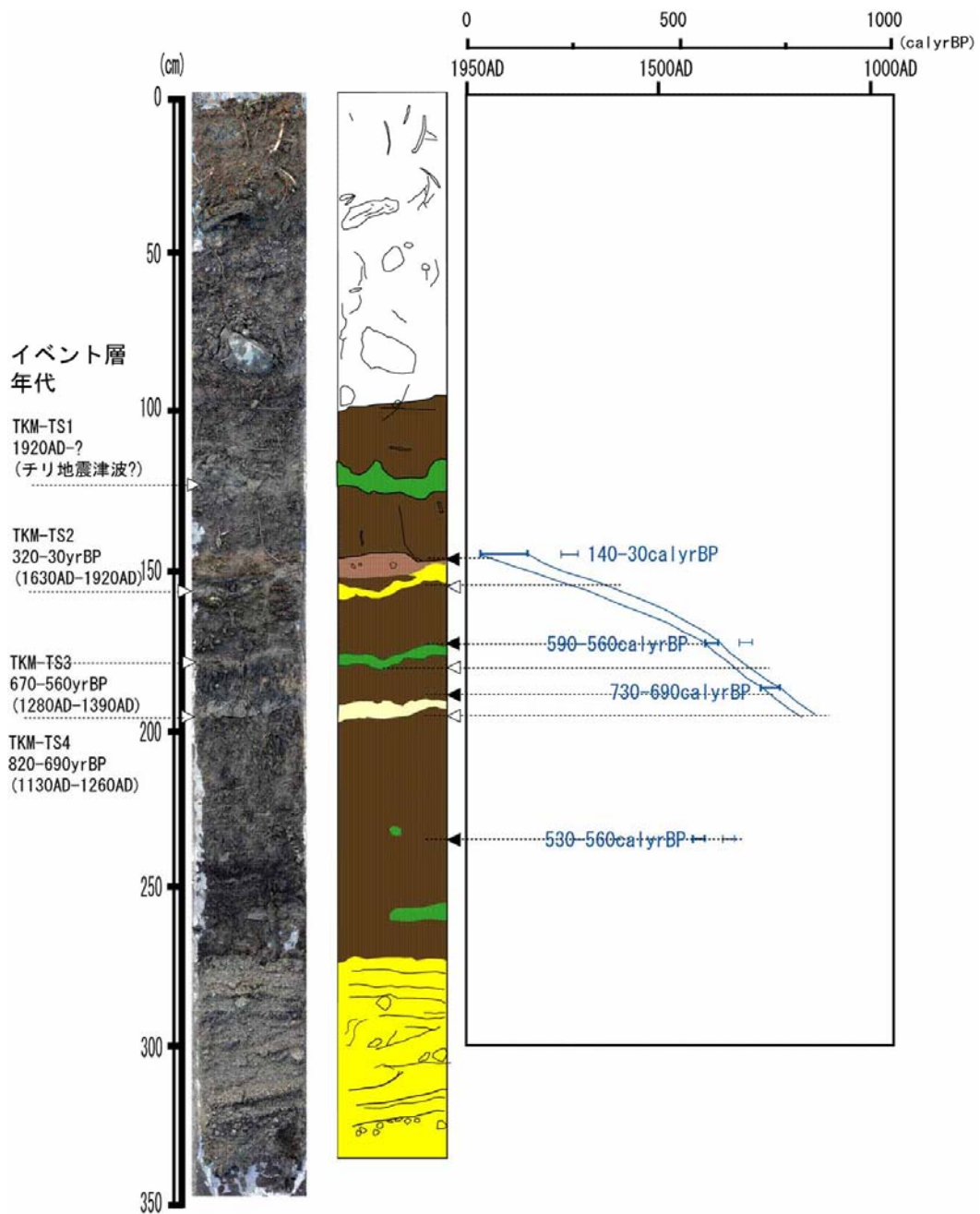


図 10 陸前高田古河沼における沖積層堆積速度と津波イベントの年代

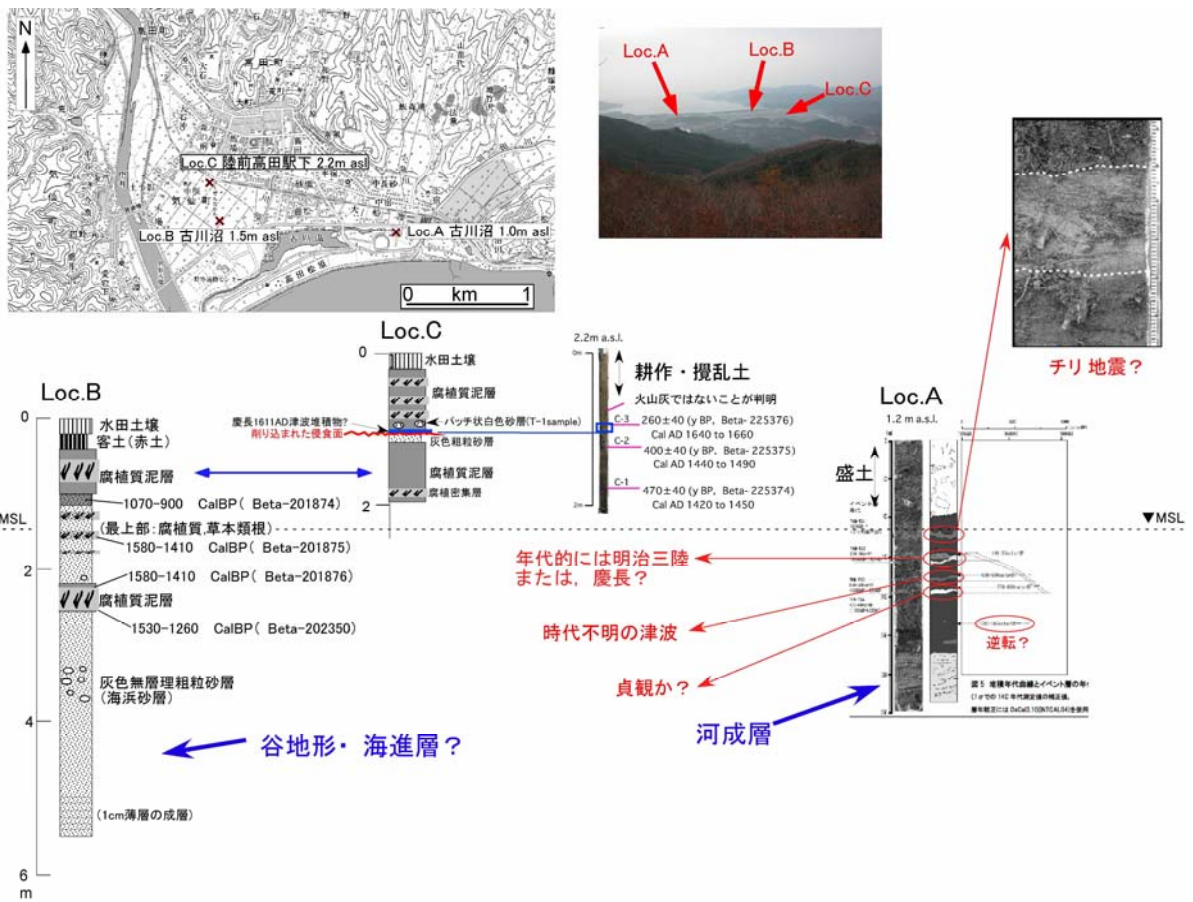


図 11 陸前高田平野における調査結果のまとめ (地点Cは追加調査による)

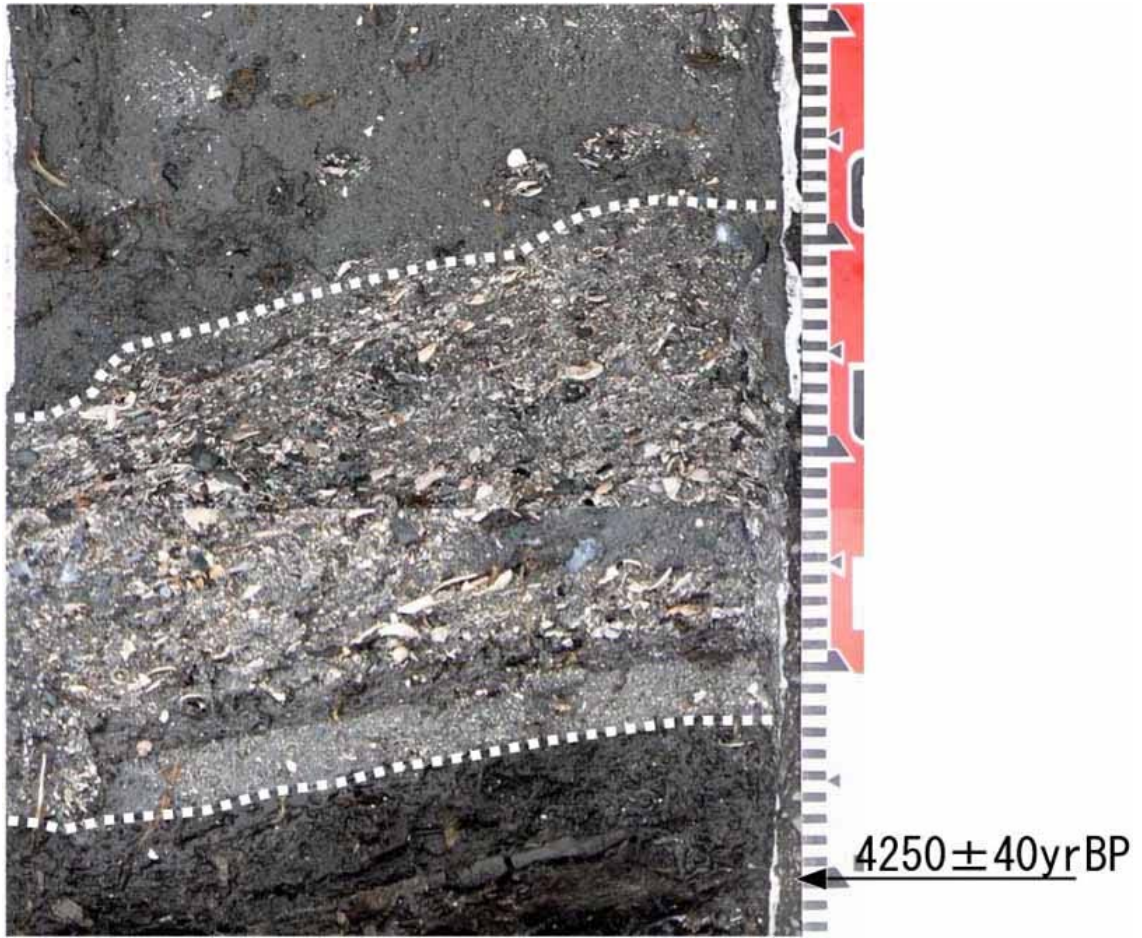


図 12 気仙沼市波路上崎野地区における津波堆積物（貝化石）試料

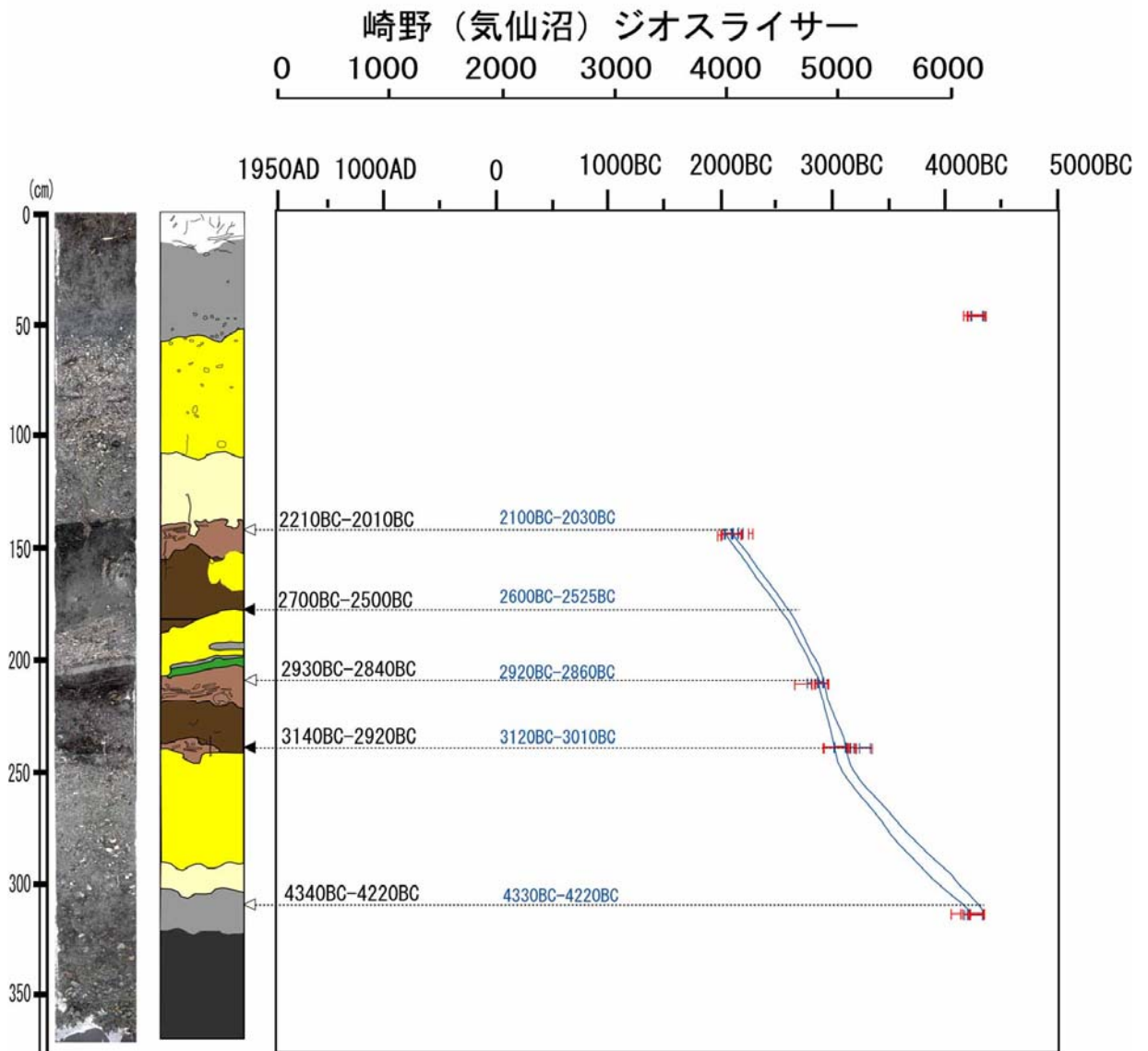


図 13 気仙沼市波路上崎野地区における沖積層堆積速度と津波イベントの年代



図 14 大槌湾における明治三陸地震（1896 年）時の津波石に付着した生物遺骸

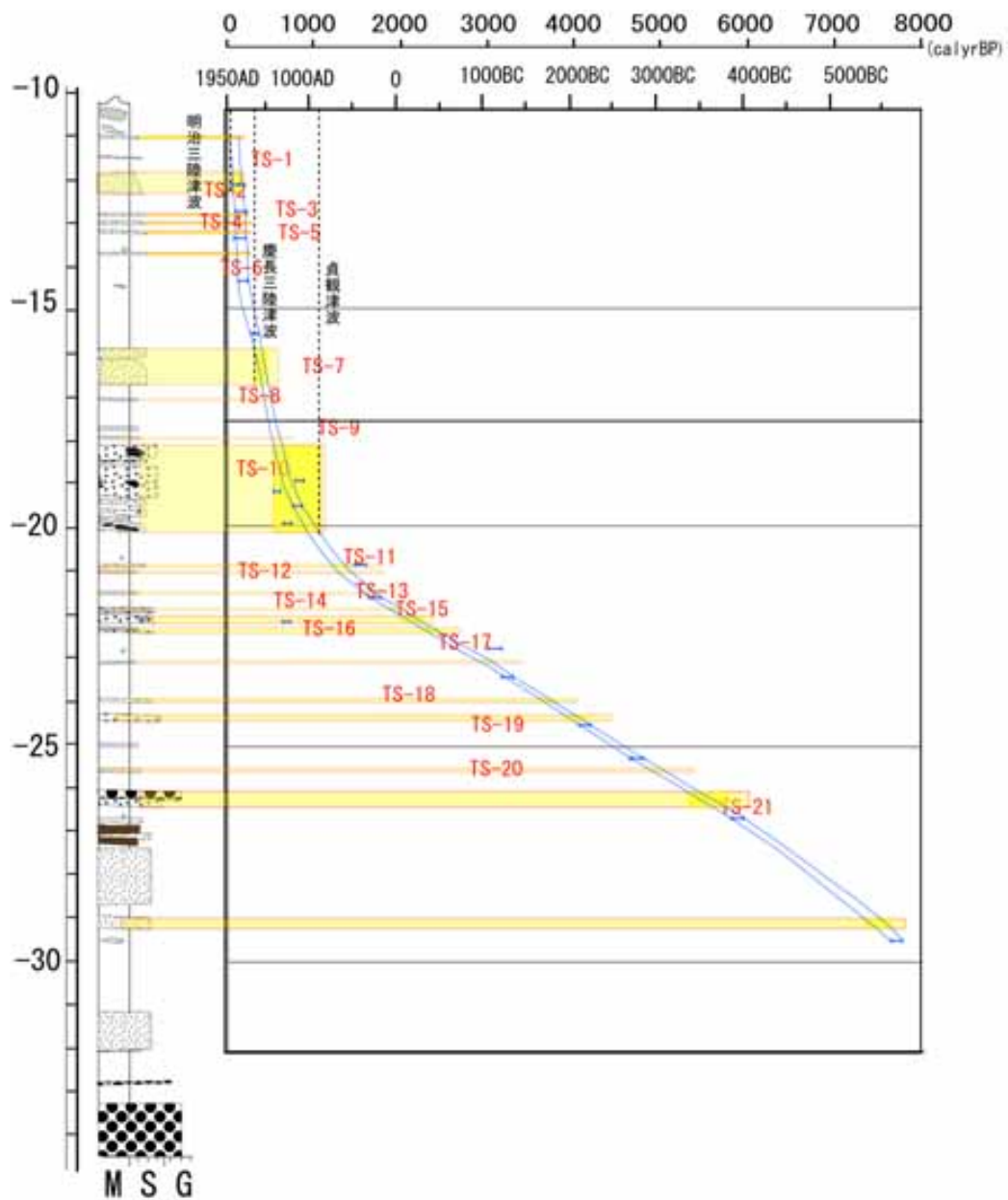


図 15 大槌湾における補正年代に基づく沖積層堆積速度と津波イベントの年代 (TS-7 が AD1611 の慶長三陸津波、TS-10 が AD869 の貞観津波の可能性はある)

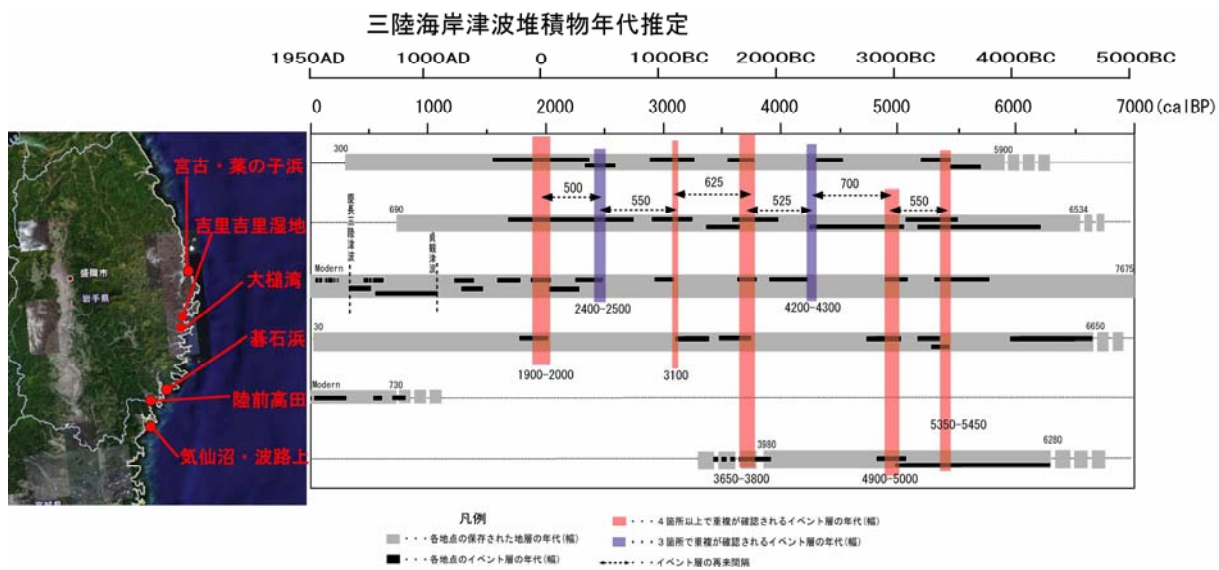


図 16 堆積物から認定される三陸（宮古～気仙沼）における主要津波イベントの年代とその間隔

(d) 結論ならびに今後の課題

今年度の調査結果は、以下のようにまとめることが出来る。

1) 堆積物から認定される津波イベントの再来間隔

三陸海岸宮古～気仙沼にかけて、陸上の海岸低地の地層中から、過去数千年間の津波堆積物（図 16）が検出された。宮古から気仙沼にかけてのデータセットから過去 2000 年前～6000 年前までの津波堆積物年代を対比すると、4 地点以上で年代のほぼ一致するものが 5 層準、3 地点以上で一致するものが 2 層準で合計 7 層準が認定される。

重複する層準年代は、それぞれ 1900～2000cal. y. BP、2400～2500cal. y. BP、3100cal. y. BP、3650～3800cal. y. BP、4200～4300cal. y. BP、4900～5000cal. y. BP、5350～5450cal. y. BP となる。堆積物から認定される津波イベントの再来間隔は 500 年から最大 700 年程度となり、例外的に長い再来間隔をもつ超巨大三陸地震を示している可能性がある。

2) 歴史記録と対応する津波堆積物

上記地域の最近の約 2000 年間を見ると地層が保存されているにもかかわらず明瞭なイベント層は確認できない地点が多い。明治・昭和三陸津波に対比される堆積物も未確認である。

一方、陸前高田市では、古川沼付近で過去約 750 年間に 4 回のイベントの発生が示され、特に最上部の砂層はチリ津波の堆積層である可能性が高い。さらに大槌湾の津波堆積物を暦年較正した結果、貞観津波、慶長津波に対応する可能性があるイベント堆積物が特定された。

3) 今後の課題

これまでの調査結果から、陸域に比べ内湾に多くのイベント堆積物が保存されその優位性が示された。今後は内湾にシフトして調査を行うことにより現代に近い時間軸でのより詳細な情報が得られると期待される。一方陸域については、最近の歴史津波と対応する情報が不足している。このことから新しい堆積物が予想される地域に絞った調査が必要である。

(e) 引用文献

1) 渡辺偉夫（1998）日本被害津波総覧【第 2 版】，東京大学出版会

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
原口 強・鳥居和 樹・藤原 治・島崎	東北地方三陸海岸，大槌湾の津 波堆積物	月刊地球 28 巻-8 号 539-545	平成 18 年 8 月

邦彦・今泉俊文			
原口 強・鳥居和樹・今泉俊文・宮内崇裕・島崎邦彦	東北地方三陸海岸における過去数千年間の巨大地震と地殻変動	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 15-18	平成 19 年 1 月 13 日
原口 強・鳥居和樹・今泉俊文・宮内崇裕・島崎邦彦	三陸沿岸宮古湾, 葉の子浜の津波堆積物	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 43-46.	平成 19 年 1 月 13 日
鳥居和樹・原口強・島崎邦彦・今泉俊文	東北地方三陸海岸, 大槌湾の津波堆積物と歴史津波との対比	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 47-50.	平成 19 年 1 月 13 日
呉屋健一・原口強・今泉俊文・島崎邦彦・宮内崇裕・池田哲哉	東北地方三陸海岸, 碁石浜の津波堆積物	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 51-52.	平成 19 年 1 月 13 日
今泉俊文・宮内崇裕・原口 強・島崎邦彦・楳原京子・佐々木亮・道・Kamal Pasha・呉屋健一	三陸沿岸の津波堆積物と歴史地震	日本地理学会 発表要旨集 71, 117.	平成 19 年 3 月 20 日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 19 年度業務計画案

宮城県沖を中心とした東北地方の太平洋岸域において詳細な地質学的な調査を実施して、津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定および発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を解明する。

陸域については、最近の歴史津波と対応する情報を補うための津波堆積物調査を行う。平成 18 年度の成果で明らかとなった歴史地震との対応から新しい堆積物が保存されている可能性が高い三陸沿岸の陸前高田地区を中心に、津波堆積物調査を行う。また、福島県、常磐地域においても調査を行う。これらの調査結果を総括し、津波堆積物の空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定および発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴の活動履歴の推定を行う。

調査は、陸前高田地区を対象として、ハンディージオスライサーを使用して、津波堆積物の検出調査を行う。詳細な平野の微地形学的な調査を実施して場所選定後、堆積物の採取と堆積環境の認定、堆積物の年代測定を行い、津波イベント年代の推定を行う。また、福島県松川浦・原ノ町周辺地区海岸低地において、同様の調査を行う。そして宮城県沖を中心とした東北地方の太平洋沿岸域のうち、特に最近の歴史津波と対応する堆積物の空間的な広がりや年代を特定することを目指す。