

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：

三陸沿岸の大槌・宮古地区において、ボーリング・ジオスライサーによる津波堆積物の採取をおこなうとともに、海域への広がりを音波探査により調査する。海陸いずれの地点についても、採取された試料の年代測定を実施する。また、津波襲来前後で海岸線の移動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを判定し、地殻変動が原因であると判断された場合は、変動量の定量化を行う。

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で、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17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では、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。

(2) 平成17年度の成果

(a) 業務の要約

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。

(b) 業務の実施方法

本年度の調査は、三陸海岸・大槌湾内及びその北隣の吉里吉里湿地において実施した。三陸のリアス式海岸において、河川からの流入物が少なく堆積環境の安定した内湾や沿岸域（ラグーンや小規模な海岸平野）を対象として、津波堆積物の検出調査を行った。こうした地域は、いわゆる縄文海進（完新世の高海面期）以降、安定した堆積環境が維持されていると考えられている。

調査地点の選定にあたっては、三陸沿岸の広範囲において、

- 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、内湾海域での音波探査等を行った。また、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、堆積物の分布（層厚や高度）と層相形状の分析から、津波の進行方向・流れ・停止状況などを検討した。

さらに、津波・地震発生の前後の海岸線位置を詳細に調査し、例えば、海岸線の移動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを堆積物の層分析を含めて検討した。

(c) 業務の成果

本年度の調査は、三陸海岸・大槌湾内及びその北隣の吉里吉里湿地において実施した（図 1、2）。

1) 大槌湾での調査結果

三陸海岸・大槌湾（水深約 10m）の海底下（-34mまで）で採取された過去 6000 年間の地層中から、22 枚の津波の痕跡の可能性のある堆積物を見いだした。

このうち、試料上部（海面下 10mから 24.5mまでの過去約 2500 年間に堆積した地層）からは、16 枚の粗粒堆積物が見いだされた。これらの粗粒堆積物は、いずれもデルタの最前

面（前置層）に付加するように堆積したもので、湾内に広い生息域を持つカキなどの貝殻片と海底面などの地面を削り込んだと見られるマッドクラスト等を含む（図 3）。このことにより、これらの粗粒堆積物は、津波堆積物の可能性が高い。これらの粗粒堆積物堆積物の堆積間隔は、およそ 100～150 年である（図 4）。

一方、コア下部（海面下 24.5m から 34m までの約 2500 年～6000 年間の地層）には、合計 6 枚の礫を含む粗粒堆積物が見出された。その堆積間隔は 500～800 年である。コア上部に比べ、下部の粗粒堆積物が少ない（堆積間隔が長い）のは、堆積水深が 25m 以上と深い場所では、引波により湾内にもたらされる津波堆積物がデルタ前面などの浅海域に留まり、沖合まで到達しなかったとためと推察される。したがって、この期間（2500 年～6000 年間）に海底では欠落した津波堆積物が、陸域にはより多く保存されている可能性はある（図 4）。なお、各粗粒堆積物（津波堆積物）の年代については、 ^{14}C 年代測定における海洋リザーバ効果により、測定値より 400～800 年古い値を示すため、陸域での結果と比較する場合には補正が必要であり、また歴史記録と照合する場合には暦年補正が不可欠である。これらについては今後検討を行うので、今回の数値はいずれも暫定値である。

2) 吉里吉里湿地地区での調査結果

大槌湾の北側に隣接する吉里吉里湿地では、海岸線に直交する測線に沿った低湿地内で、ジオスライサー（ハンディータイプ 1m とロングタイプ 5m：数地点）とボーリング（1 地点、9m）により地層を採取した（図 5、6）。

いずれの場所でも、地表下約 1 m（過去約 2000 年前と推定される）は、人工改変等で欠落または攪乱されている。その直下から地表下約 5 m（約 2000 年前～5000 年前）までは、主として泥炭層からなる（図 7）。

泥炭は、未分解部と有機質粘土（分解部分）からなる。分解部がリズミカルに繰り返し、分解部は隆起に伴う湿地の離水イベントを示す酸化環境への変化を示している。一般的な現世の泥炭の単位重量は $0.8\sim 1.0\text{ g/cm}^3$ 程度で、ここの分解部は $1.6\sim 1.7\text{ g/cm}^3$ を示し最大 50% 圧縮した可能性を示唆する。

これらの泥炭層の中に、少なくとも 6 枚（最大層厚 10cm）の砂層（津波堆積物と考えられる）が見いだされた。各砂層の年代は、それぞれの砂層の上下の泥炭層の ^{14}C 年代値から、約 2500 年前、3000 年前、3600 年前、3900 年前、4500 年前、5000 年前と推定され、それらの堆積間隔は約 500 年である（図 8）。陸域で見いだされた津波堆積物と大槌湾での津波堆積物を比較すると、年代値（補正は行っていない）では、必ずしも一致しないが、イベントの回数と間隔においては、ほぼ一致する結果が得られた。

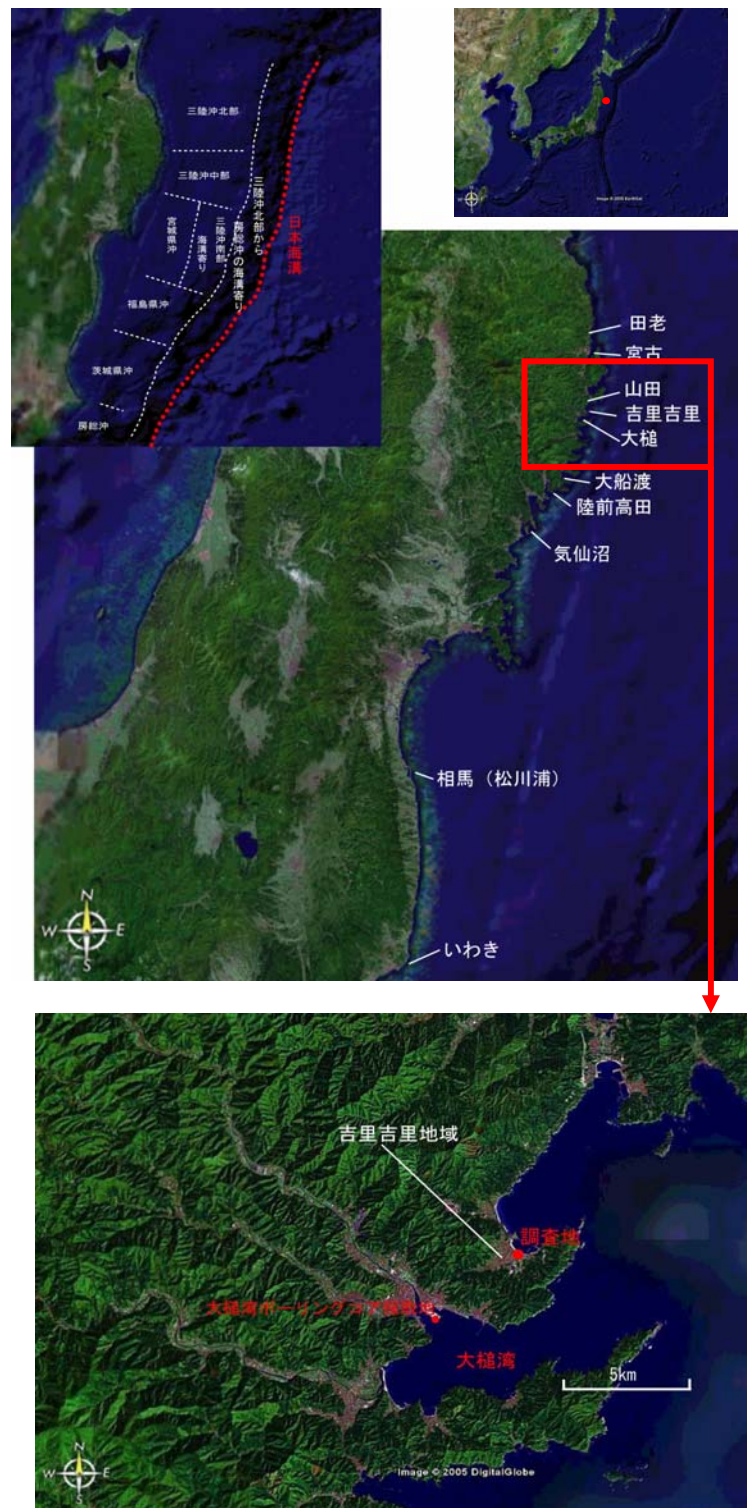


図1 今後5年間の調査計画地域（上）と平成17年度調査域（下）

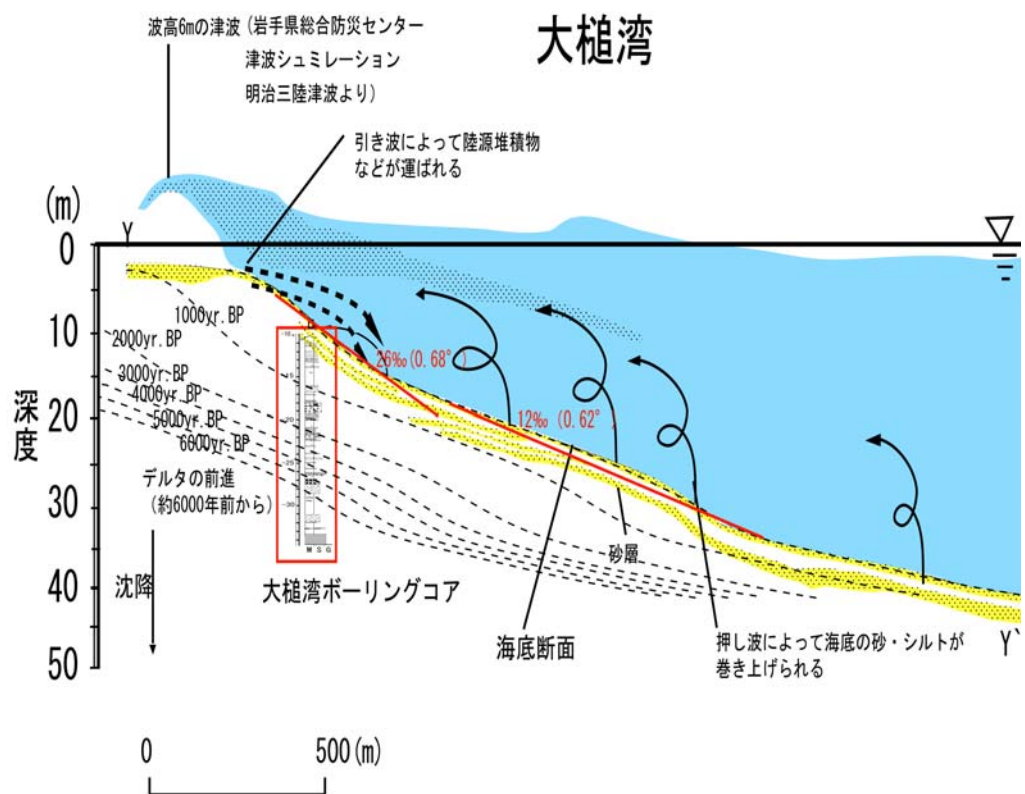


図2 大槌湾の調査地点（上：赤点）と津波堆積物に対する調査概要（下）

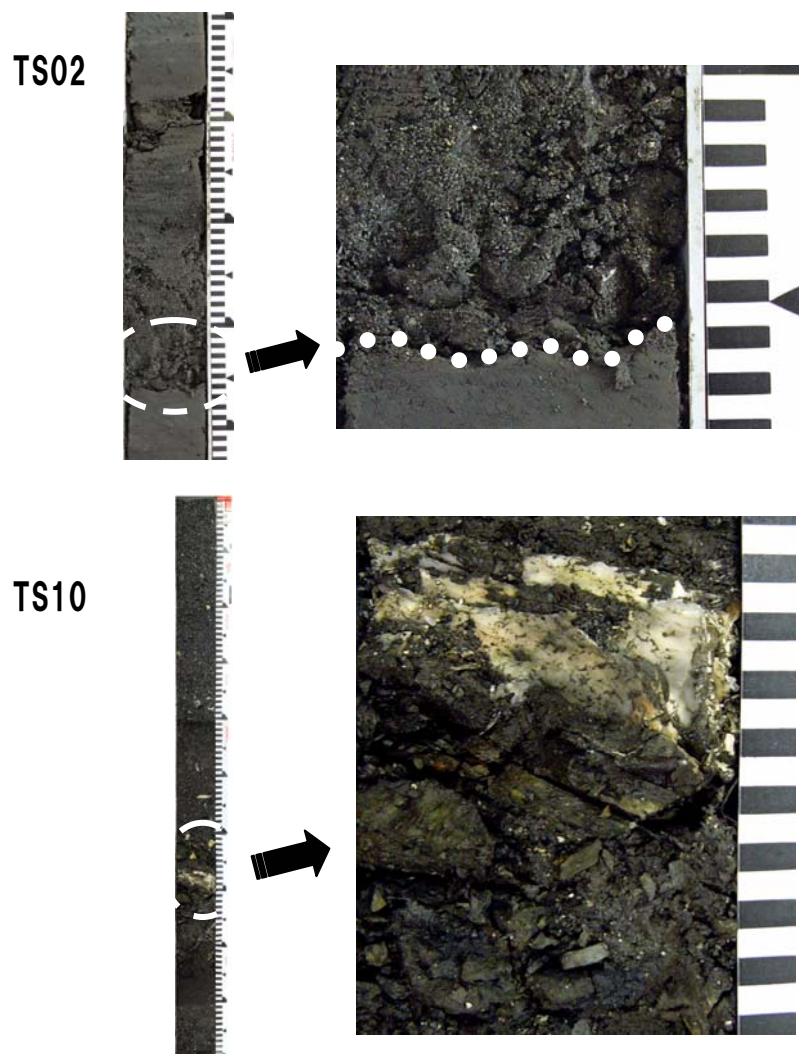
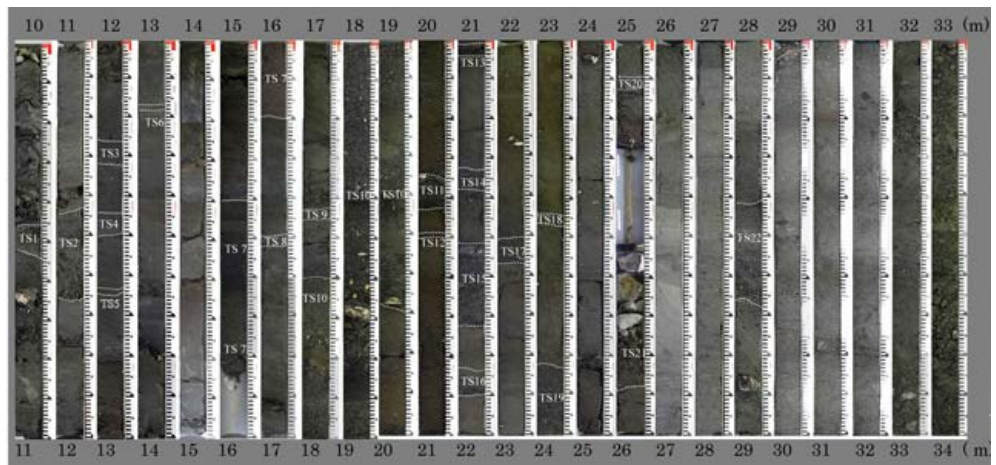


図3 大槌湾のジオスライサー試料一覧（上）とコア TS02（中）と TS10 番（下）に見られる代表的な粗粒堆積物（津波堆積物）

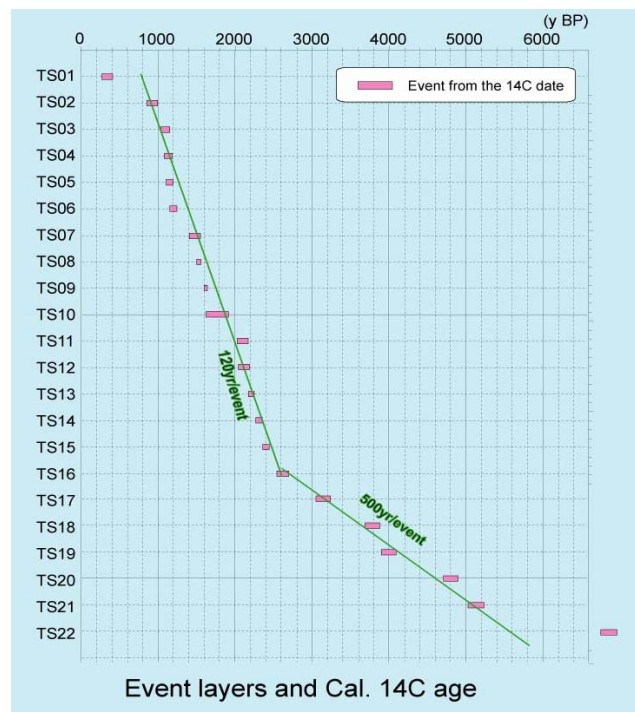
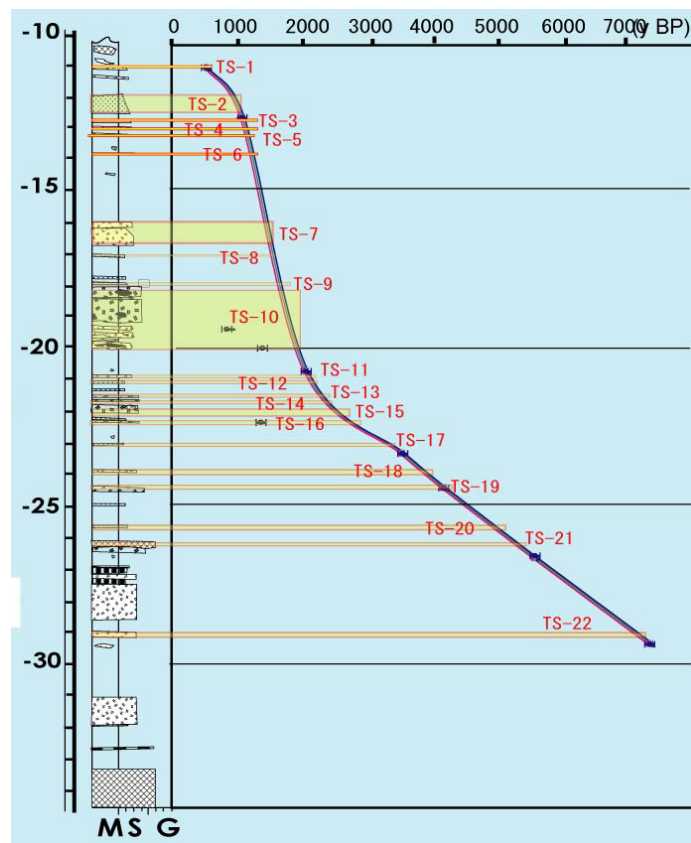


図 4 大槌湾のボーリング柱状図における津波堆積物の位置とその間の地層の堆積速度 (上) と平均的な津波堆積物の堆積間隔 (下)



図 5 吉里吉里地区における歴史時代の津波到達位置（上）と調査地点湿地の調査位置（下；赤枠は図 6 のボーリング・ジオスライサー調査地点）

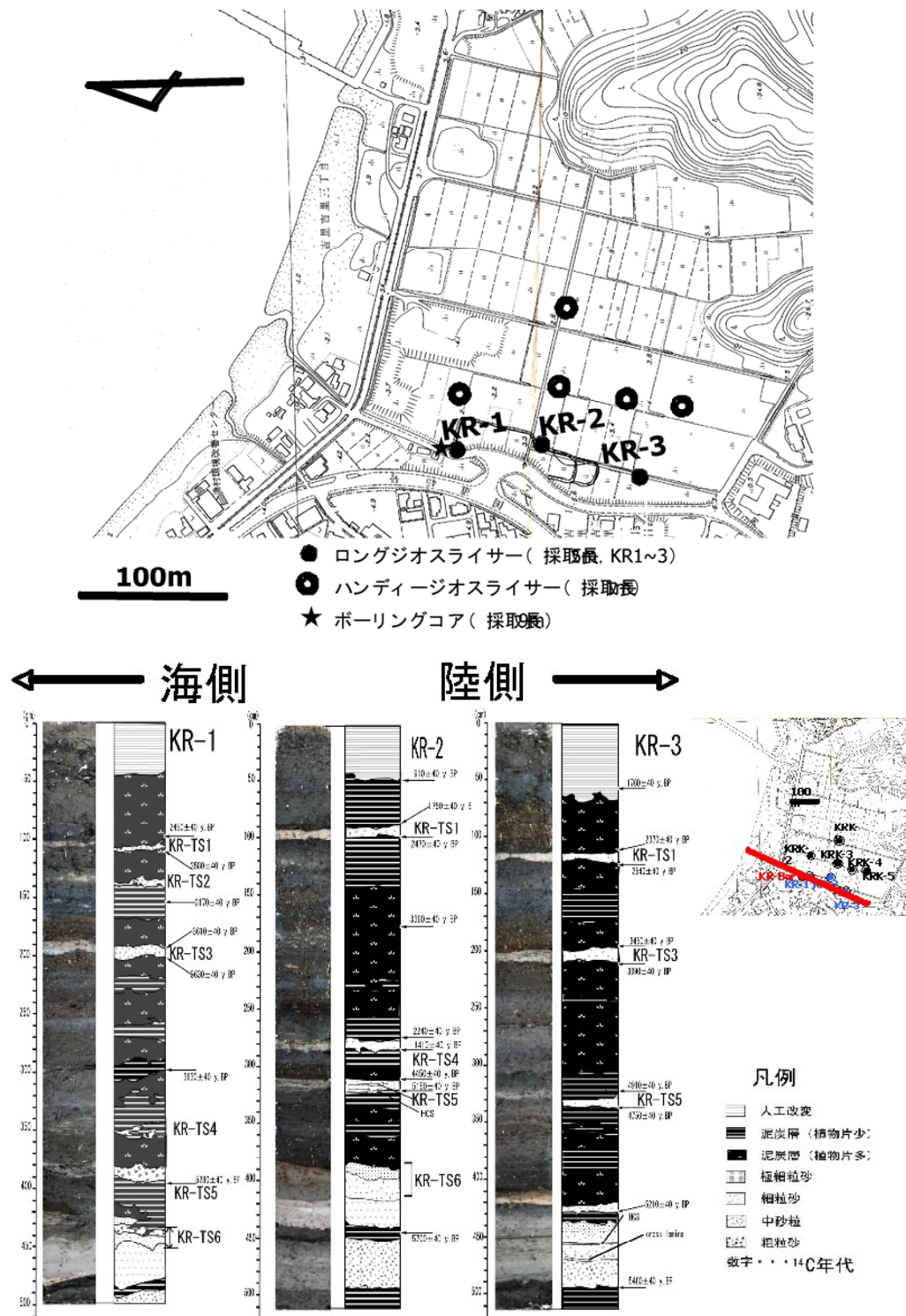


図 6 吉里吉里湿地におけるボーリング調査・ジオスライサー調査地点（上）とジオスライサー断面（下；湿地堆積物中の砂層が津波堆積物）

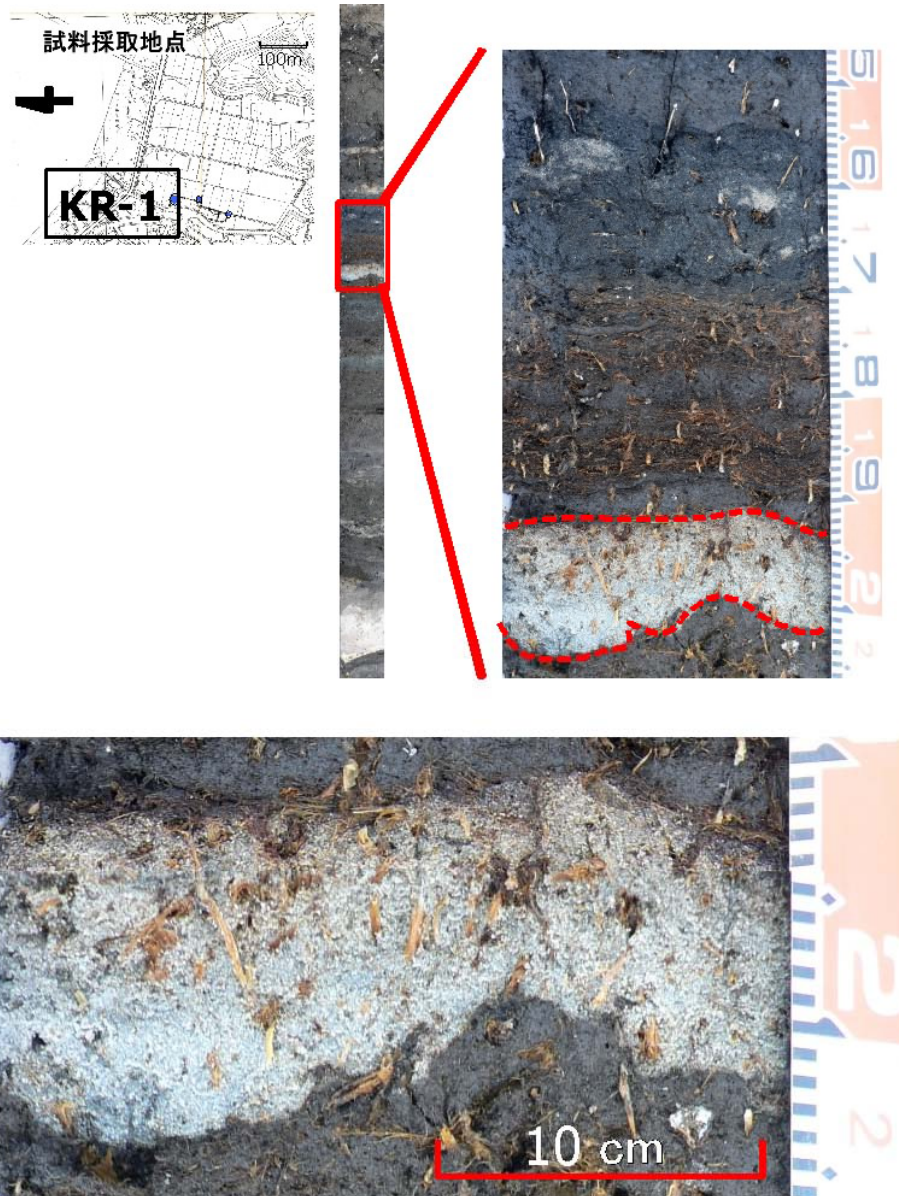


図 7 吉里吉里湿地の泥炭層と津波砂層

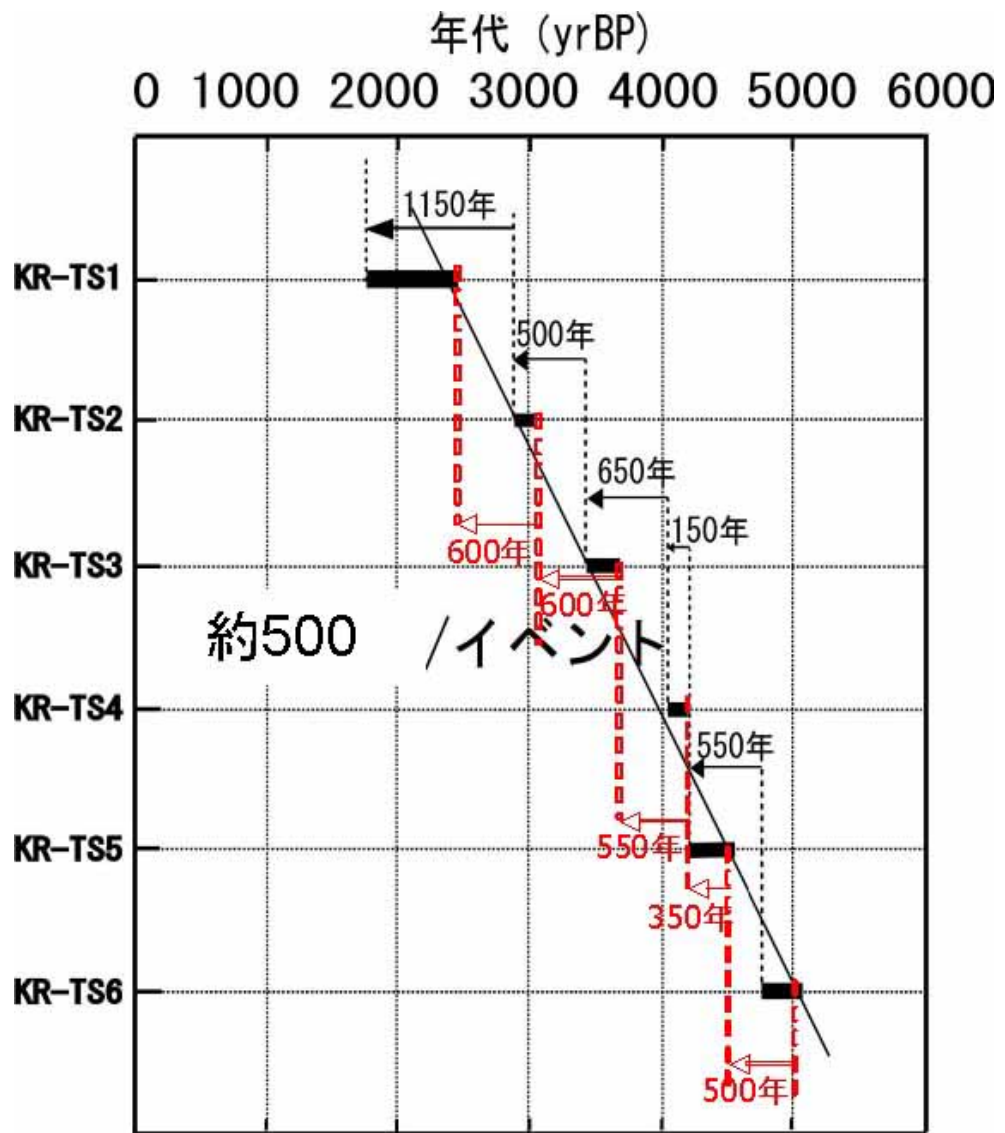


図 8 吉里吉里湿地の津波砂層の年代

津波堆積物の堆積過程

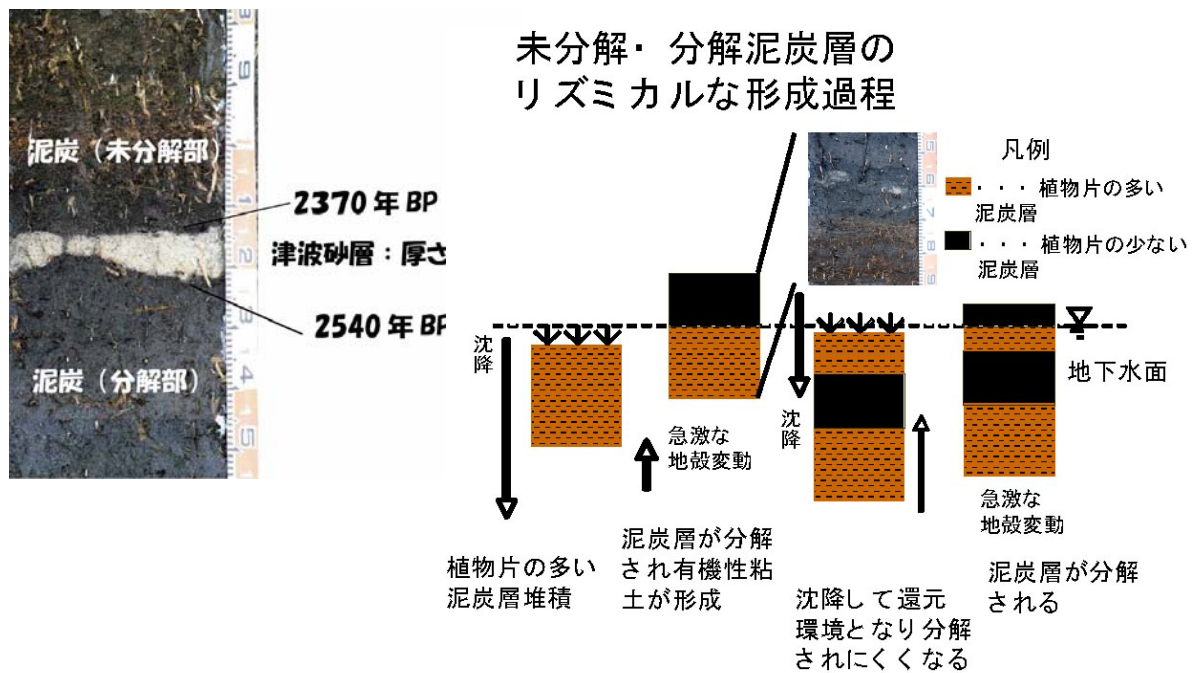
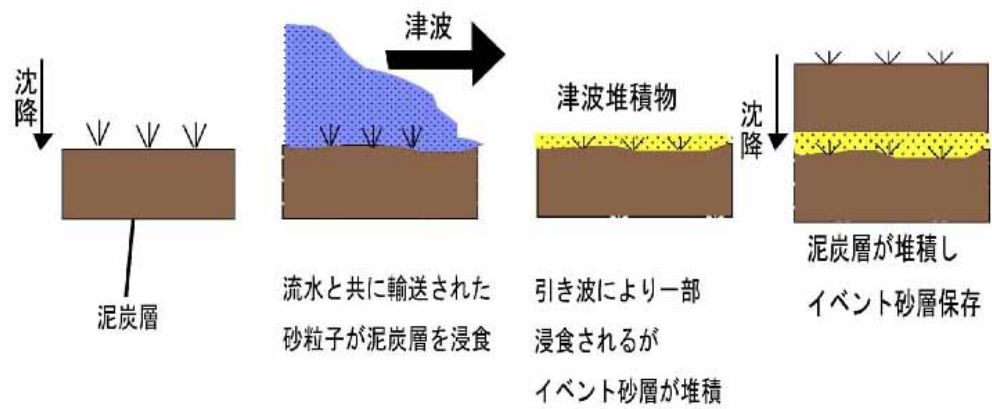


図 9 リズムカルな泥炭層の形成過程

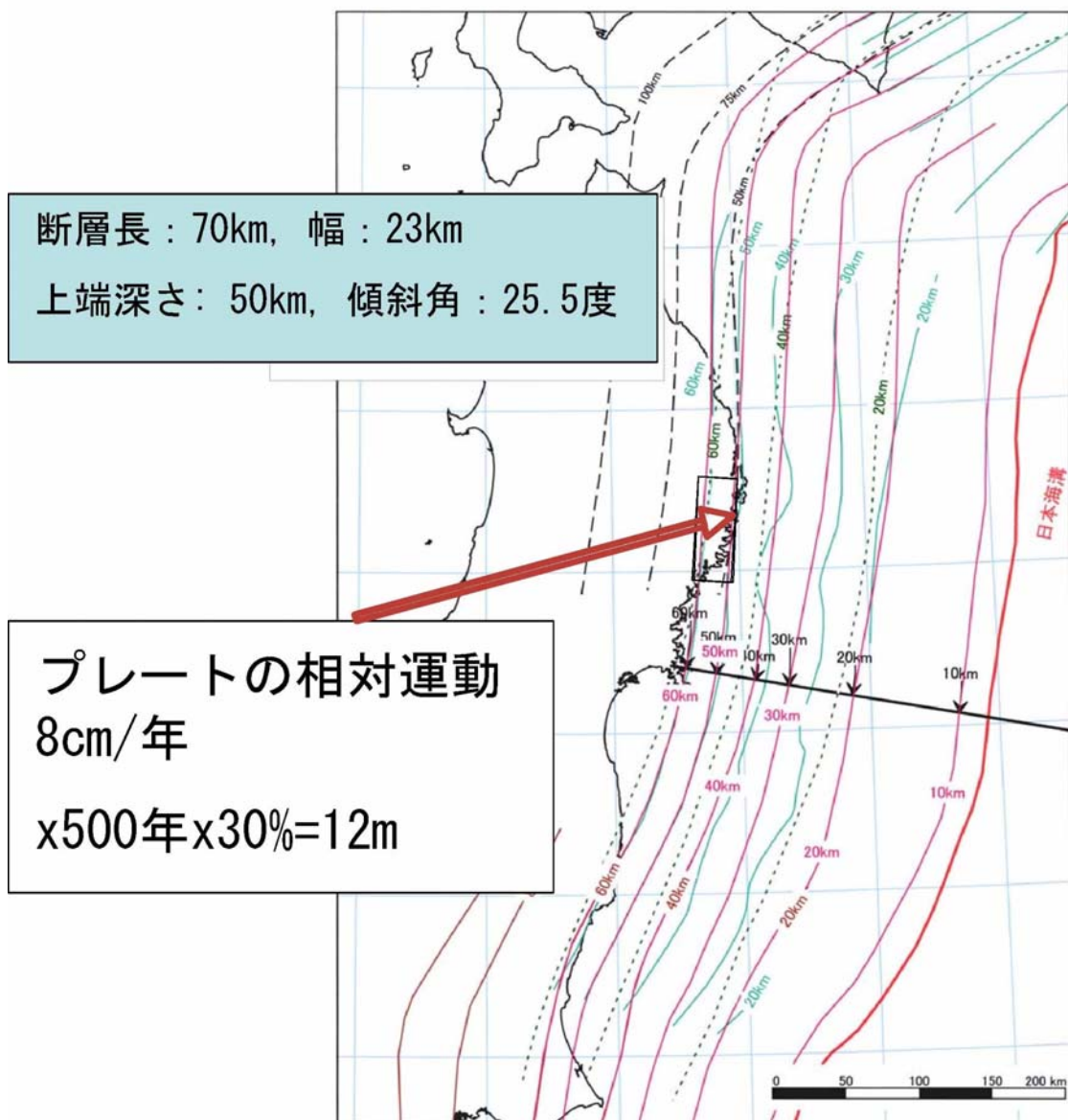


図 10 地震に伴う海岸の隆起量

(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が、更に今後の検討課題とする。

1) 三陸海岸・大槌を中心とする地域において、過去 5000 年間に、浅海底の堆積層中と陸上の海岸低地の地層中から、海岸隆起を伴うと推定される津波イベント（堆積物）が見いだされた。それらは、約 500 年間隔で発生しているようである。しかし、それぞれが同時代のイベントであるかどうかについては、年代値の補正を加えた上で、今後詳細に検討を行う必要がある。

しかし、陸域での堆積層の状況から、このような規模の大きな地震の発生と地殻変動については、以下のような一つの推論が可能である。すなわち、釜石と宮古の驗潮記録所の中間に位置する吉里吉里湿地は、過去数十年間にわたって同様に年間 5mm 程度の沈降が継続していることが予想される。2000 年～5000 年前もこのレートで沈降したとすると 15m の沈降量となるが、実際には 3m の泥炭層が存在するのみである。過去 5000 年前以降の海水準は、現在とほぼ同じと考えることが出来るので、この間も泥炭層が堆積する環境が継続したことになり、12m 分の地層が何らかの理由で欠如したことになる。地層の欠如は、この間の 6～7 回の隆起に伴う無堆積時間と離水に伴う泥炭層の分解・圧縮・単位堆積重量の増加（地層の短縮）でも説明が可能ではなかろうか（図 9）。予察的な検討では、例えば、1 回あたり 1.0～1.5m 程度の隆起イベントとすると、この値は、低角逆断層型地震の分布の西縁（Igarashi et al., 2001）1) から想定されるプレート境界位置を根拠に巨大地震時の隆起域の予測とも整合的である（図 10）。

2) 一方、内湾浅海域では、デルタフロントの堆積物に示されるように、100～150 年間隔という短期間の間隔で津波地震が発生してきた可能性が明らかになってきた。これらの津波とより長い間隔を持つ津波地震との分離は本当に可能であるか？また、今回の調査では、確かな記録がある歴史時代の津波堆積物、そのものが確認できなかった。次年度以降は、歴史時代の津波堆積物の証拠を見いだすとともに、「連動型」宮城県沖地震に伴う津波や海岸隆起などが、地層にどのように残されたかなどを、調査地を更に広範囲に広げ、またそれらの活動履歴についても引き続き解明する予定である。そしてこれらの結果をサブテーマ 3. 2. 1 の結果とも照合して、今後、「連動型」宮城県沖地震の実態を明らかにし、活動履歴・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。

(e) 引用文献

- 1) Igarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa, Spatial distribution of focal mechanisms for inter- and intraplate earthquakes associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc - A triple-planed deep seismic

zone - , J. Geophys. Res., 106, 2177-2191, 2001.

(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
Haraguchi, T., Fujiwara, O., Shimazaki, K.	Subaqueous Tsunami Deposits from Ohtsuchi Bay of Sanriku Coast, North Eastern Japan	American Geophysical Union Fall Meeting	平成 17 年 12 月 5 日
原口強・鳥居和樹・ 藤原治・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	北淡活断層シンポ ジウム	平成 18 年 1 月 15 日
鳥 居 和 樹 ・ 原 口 強 ・ 吉永佑一 ・ 高田 圭太 ・ 今泉俊文	東北地方三陸海岸、吉里吉里湿 地の津波堆積物	北淡活断層シンポ ジウム	平成 18 年 1 月 15 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 18 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沿岸域のうち、特に岩手県宮古市から宮城県気仙沼市までの地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ことを目的として、以下のような調査を実施する。

平成 17 年度と同様に、ボーリング・ジオスライサーによる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）を対象として行う。さらに、平成 17 年度のデータを補足するために宮古湾岸地区および吉里吉里地区において津波堆積物の追加調査を行う。これらの地域で得られたサンプルを用いて津波堆積物を検出し、その年代測定を行う。また津波の来襲前後で海岸線の上下変動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを判定し、地殻変動が原因と判断された場合は、変動量の定量化を試みる。

太平洋に面した三陸リアス式海岸のうち、津波被害の歴史記録があり、河川からの流入

物が少なく堆積環境の安定したラグーンや小規模な海岸平野を対象として、津波堆積物の検出調査を行う。場所の選定後、堆積物の採取と堆積環境の認定、三次元的な津波堆積物の分布を明らかにするために、ボーリングとジオスライサーによる連続的な試料採取を行う。この際、平成 17 年度の成果を踏まえ、過去 6000 年程度までの地層を対象とした調査を行う。

具体的には下記の 4 地域を予定する。

(場所と内容)

- ① 岩手県宮古市葉の子浜：ボーリング、ジオスライサー、地層解析、年代測定
- ② 岩手県大槌町吉里吉里地区：ボーリング、ジオスライサー、地層解析、年代測定
- ③ 岩手県大船渡市碁石浜：ボーリング、ジオスライサー、地層解析、年代測定
- ④ 宮城県気仙沼市（気仙沼大島、田中浜および小田ノ浜）：ボーリング、地層解析、年代測定