

### 3. 5 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

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 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

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人産業技術総合研究所	主任研究員	遠田 晋次
独立行政法人産業技術総合研究所	特別研究員	近藤 久雄
国立大学法人広島大学文学部	教授	奥村 晃史
財団法人電力中央研究所	主任研究員	三浦 大輔
大阪市立大学	助教授	原口 強
国立大学法人東京大学地震研究所	助教授	都司 嘉宣

(c) 業務の目的

地震活動履歴に関するデータがまだ十分得られていない断層帯北部を中心に、トレンチ調査、ボーリング等の地質学的研究と未発見地震史料の収集等の史料地震学的研究を行う。これらの調査研究結果に基づき、地震活動履歴を重視した断層帯のセグメンテーションを行い、各セグメントから発生する地震の規模と時期、および隣接区間との連動性に関する検討を行う。更に、本研究の成果と他のサブテーマの成果を統合することにより、地震発生の確率評価と強震動予測のための地震シナリオを高度化することを目指す。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成 17 年度：

最近の活動履歴に関する研究調査のレビューとイベント堆積物による活動履歴解明のために青木湖底のボーリング調査を実施した。

2) 平成 18 年度：

なし

3) 平成 19 年度：

糸魚川－静岡構造線活断層帯中部の活動履歴解明のため、松本盆地東縁断層のトレンチ調査（地震イベント検出、3箇所）を実施する。

4) 平成 20 年度：

糸魚川－静岡構造線活断層帯中部の活動履歴解明のため、松本盆地東縁断層または牛伏寺断層のトレンチ調査（地震イベントと横ずれ変位の検出、2箇所）を実施する。

5) 平成 21 年度：

糸魚川－静岡構造線活断層帯中部の活動履歴解明のため、牛伏寺断層または諏訪・岡谷断層群のトレンチ調査（2箇所）と諏訪湖湖底の群列ボーリングを実施する。

#### (e) 平成 17 年度業務目的

糸静線活断層帯から想定される地震規模・頻度予測を高精度化するために、断層帯の詳細な活動履歴を解明することを目的とする。そのために、1) 断層帯北部の神城断層沿いの青木湖において、湖底堆積物のピストンコアリングを実施し、断層沿いの上下変位と地震イベント堆積物の検出を試みる。2) 糸静線断層帯の最近の活動履歴研究をレビューし、地震活動履歴に関する問題点を整理する。

### (2) 平成 17 年度の成果

#### (a) 業務の要約

断層帯北部の神城断層沿いの青木湖において、湖底堆積物の4m×4本のピストンコアリングを実施し、断層沿いの上下変位と地震イベント堆積物の検出を試みた。堆積物の観察および年代測定結果から、断層崖西側で過去約1万年間、東側で約5千年間のシルト-粘土主体の堆積物を採取した。堆積速度は上盤側(東側)で約0.4 mm/yr、下盤側(西側)で約0.8 mm/yrと見積もられる。シルト中には、明瞭な0.5-1.5 cmの細粒砂層が4枚挟在し、1万年間に少なくとも4回の混濁流堆積イベントが認められる。青木湖に注ぎ込む主たる河川は存在しないことから、これらのイベント堆積物は地震等による浅部湖岸斜面の崩壊の可能性が高い。また、堆積速度と現在の断層崖の比高約25 mから、断層鉛直変位速度を1.2 mm/年と見積もった。一方で、最近のトレンチ調査等のデータを見直し、地震活動履歴に関する問題点抽出作業とトレンチ候補地選定作業を進めた。これまでのところ、1) 断層帯北部区間でデータに乏しく早急な補完調査が必要であること、2) 北部逆断層区間と中部横ずれ区間の境界である、松本盆地東縁断層帯と牛伏寺断層との接合部の構造、および活動履歴評価が連動性評価に重要であること、等について検討した。

#### (b) 業務の成果

##### 1) 青木湖湖底ピストンコアリング調査

断層帯北部の神城断層沿いの青木湖(図1)において、湖底堆積物のピストンコアリングを実施し、断層沿いの上下変位と地震イベント堆積物の検出を試みた。

試料採取と現地での作業は平成17年10月下旬に実施し、詳細な観察や年代測定は11月以降に行った。コアリング位置については、井内・他(1987)・井内(2002)の音波探査調査結果をもとに、断層崖東側と西側でそれぞれ2箇所、計4箇所選定した(図2)。コア採取長はそれぞれ約4mである。採取にあたっては、フロート台船(広さ約6m四方)に三又およびウインチを搭載し、ワイヤーによりピストンコアラを湖底に降下させるピストンコアリング方式で実施した(図3、写真1)。採取したコア試料は現地にてインナーチューブから押し出し機によりトレーに移し換えられ、ビニールで包装し、コア箱に収納した。その後、コア倉庫にて半割し、記載と年代測定を実施した。

湖底から採取されたいずれのコア試料も、全体を通じて暗褐および暗灰褐色

の不明瞭な平行葉理が発達するシルトからなる。炭素同位体年代測定が可能な有機質な部分も所々に見られ、植物片が濃集する部分も数カ所認められる。また、時折明灰色および褐灰色の数 mm 厚程度のテフラやその二次堆積物と思われる火山灰質な薄層を挟む。さらに断層上盤側（東側）のコアには、0.5-1.5 cm の細粒砂の薄層が No. 1 に 2 枚、No. 2 に 4 枚認められた。砂層はすべて、やや塊状で上部に弱く級化する内部構造を示す。タービダイトのブーマシーケンスの最下部 Ta 相とみられ、湖底にまで達する混濁流による堆積物とみられる。また、断層崖に近い No. 3 には 2 箇所に変位数 mm 程度の小断層が見られた（写真 2）。

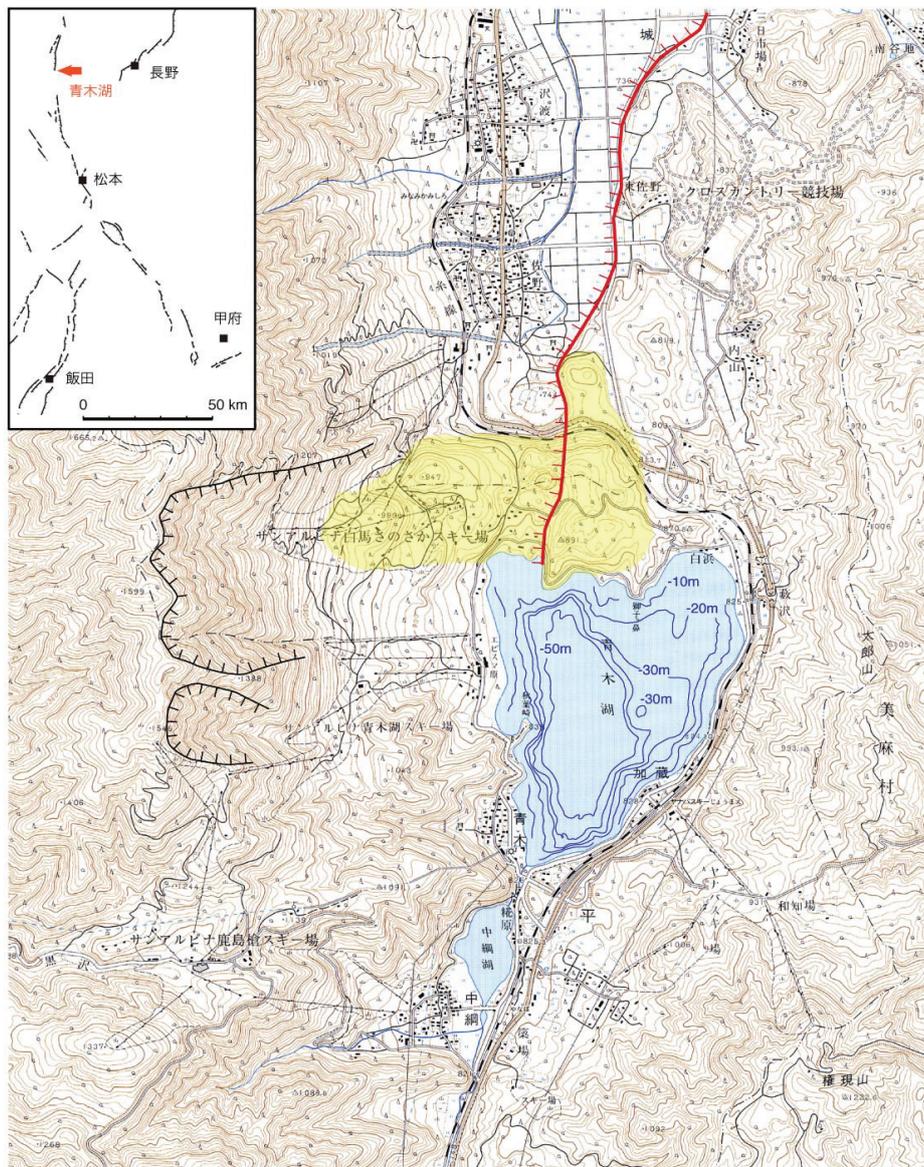


図 1 青木湖周辺の地形（国土地理院 1/25000 地形図と井内・他、1987 の湖底地形による）  
赤線は神城断層の位置（下川・他、1995）、黒ケバは崩落崖、黄色塗りは佐野坂丘陵をなす崩壊堆積物をそれぞれ示す。青木湖湖底内のコンターは湖岸からの深さを示す。

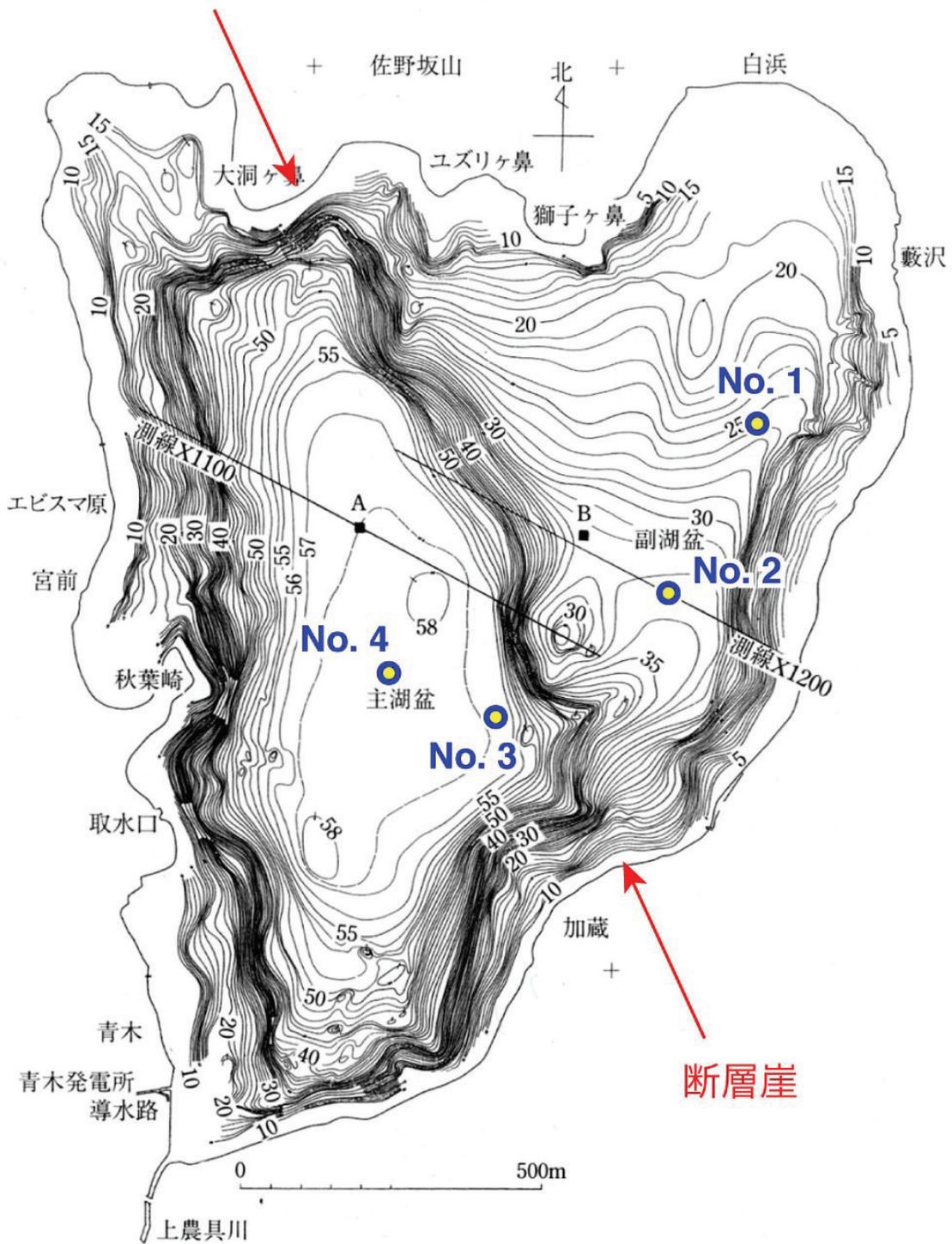


図2 ピストンコアリング位置図 (湖底地形は井内・他、1987 による)

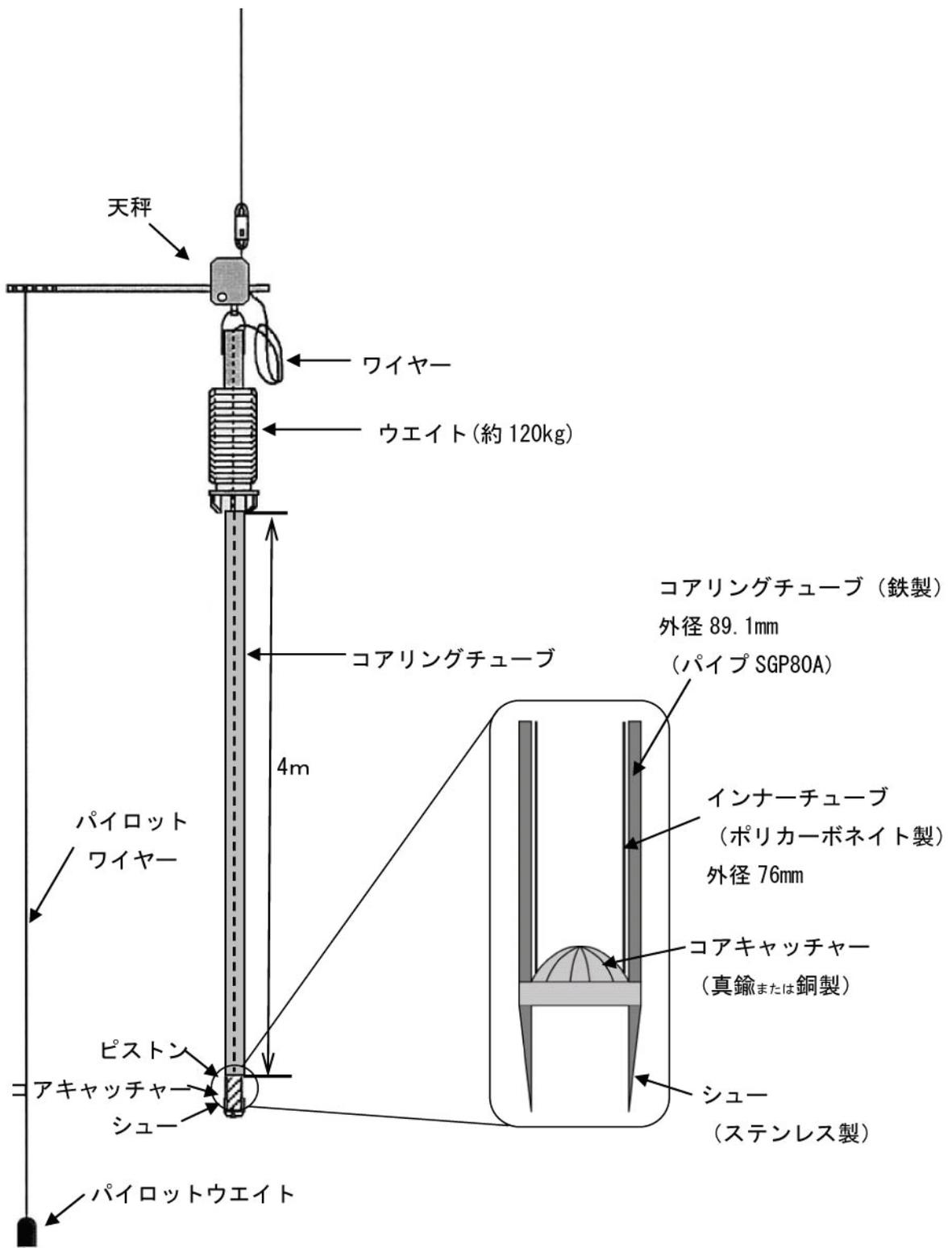


図 3 ピストンコアラー構造図



写真1 フロート台船による青木湖でのピストンコアリング状況



写真2 ピストンコア内にみられる小断層（左）と植物片濃集層（右）

全 17 試料の炭素同位体年代測定の結果、上盤側で約 1 万年、下盤側で約 5 千年まで遡られることがわかった（表 1）。それぞれ、堆積速度は上盤側で平均約 0.4 mm/yr、下盤側で約 0.8 mm/yr と見積もられる（図 4、図 5）。堆積物が全般にシルト主体であり、青木湖に注ぎ込む主たる河川は存在しないことから、底層流や浮遊沈濁過程により安定的に堆積したことは間違いない。したがって、挟在する砂層は通常の堆積作用とは明らかに異なる営力の表れである。砂層の堆積年代は各年代測定部分間の堆積速度から推定することができる。No. 1 にみられる 2 枚の砂層はその年代から、No. 2 の 2 枚目、3 枚目の砂層に対比される可能性が高い。これらの砂層は断層上盤側（東側）のみに認められることから、湖の東岸から流れ込んだ堆積物であると考えられる。なお、No. 3 には 2 箇所明瞭な植物片の濃集層が確認される。これらも洪水等により斜面から運ばれてきた植物片が湖面を浮遊したものである可能性が高い。得られた年代も砂層堆積年代とそれほどかけ離れたものではない。

砂層の起源が地震に直接もしくは間接的に起因するかどうかの判断は困難である。また、神城断層以外の近傍の断層による地震動の影響も排除できない。しかし、コアから得られた砂層堆積イベントは 1 万年以降少なくとも 4 回で、奥村・他（1998）による神城断層の活動履歴とそれほど矛盾しない。堆積速度による内挿を行うと、堆積イベントは下位より、約 9000 年前、6700～6800 年前、4300～4600 年前、約 1800 年前となる。平均繰り返し間隔は約 2300 年となる。ただし、一部の糸静線の最新活動時期と考えられる西暦 762 年や 841 年の歴史地震や、1714 年小谷地震、1858 年大町地震などを示唆するようなイベント堆積物は認められない。おそらく、これらの地震を認識できるほど表層付近の分解能はないと思われる。最新活動について堆積物からは判断が難しい。

表 1 青木湖湖底堆積物コア試料の放射性炭素年代測定結果

Sample No.	Lab. No.	Core No.	Depth (m)	Material	Method	<sup>14</sup> C age (1σ)	δ <sup>13</sup> C	Cal y.B.P (1σ)
AK0402	Beta-213980	4	0.59-0.64	organic sediment	AMS	1330 ± 40	-27.4	1250 - 1290
AK0406	Beta-213981	4	1.86-1.91	organic sediment	AMS	2050 ± 40	-26.5	1930 - 2010
AK0410	Beta-213982	4	2.64-2.70	organic sediment	AMS	2580 ± 40	-26.5	2730 - 2750
AK0415	Beta-213983	4	3.92-3.98	organic sediment	AMS	3850 ± 40	-28.4	4170 - 4350
AK0301	Beta-213975	3	0.18-0.24	organic sediment	AMS	820 ± 40	-23.8	690 - 760
AK0303	Beta-213976	3	0.78-0.85	organic sediment	AMS	1880 ± 40	-25.8	1800 - 1870
AK0305	Beta-213977	3	1.72-1.77	organic sediment	AMS	2440 ± 40	-26.3	2360 - 2710
AK0309	Beta-213978	3	2.93-2.93	wood	AMS	3600 ± 40	-27.3	3850 - 3960
AK0311	Beta-213979	3	3.92-3.97	organic sediment	β	5120 ± 60	-22.9	5760 - 5920
AK0203	Beta-213971	2	0.80-0.85	organic sediment	AMS	2050 ± 40	-27.0	1960 - 2050
AK0205	Beta-213972	2	1.71-1.76	organic sediment	AMS	3470 ± 40	-26.9	3680 - 3820
AK0208	Beta-213973	2	2.60-2.64	organic sediment	AMS	5780 ± 40	-24.7	6510 - 6650
AK0210	Beta-213974	2	3.74-3.79	organic sediment	AMS	8130 ± 50	-25.5	9010 - 9120
AK0103	Beta-213967	1	0.90-0.95	organic sediment	AMS	2540 ± 40	-26.3	2540 - 2740
AK0105	Beta-213968	1	1.85-1.89	organic sediment	β	5780 ± 60	-21.2	6490 - 6660
AK0108	Beta-213969	1	2.60-2.65	organic sediment	AMS	6820 ± 50	-26.2	7610 - 7680
AK0110	Beta-213970	1	3.93-3.97	organic sediment	AMS	9480 ± 50	-25.6	10670 - 10750

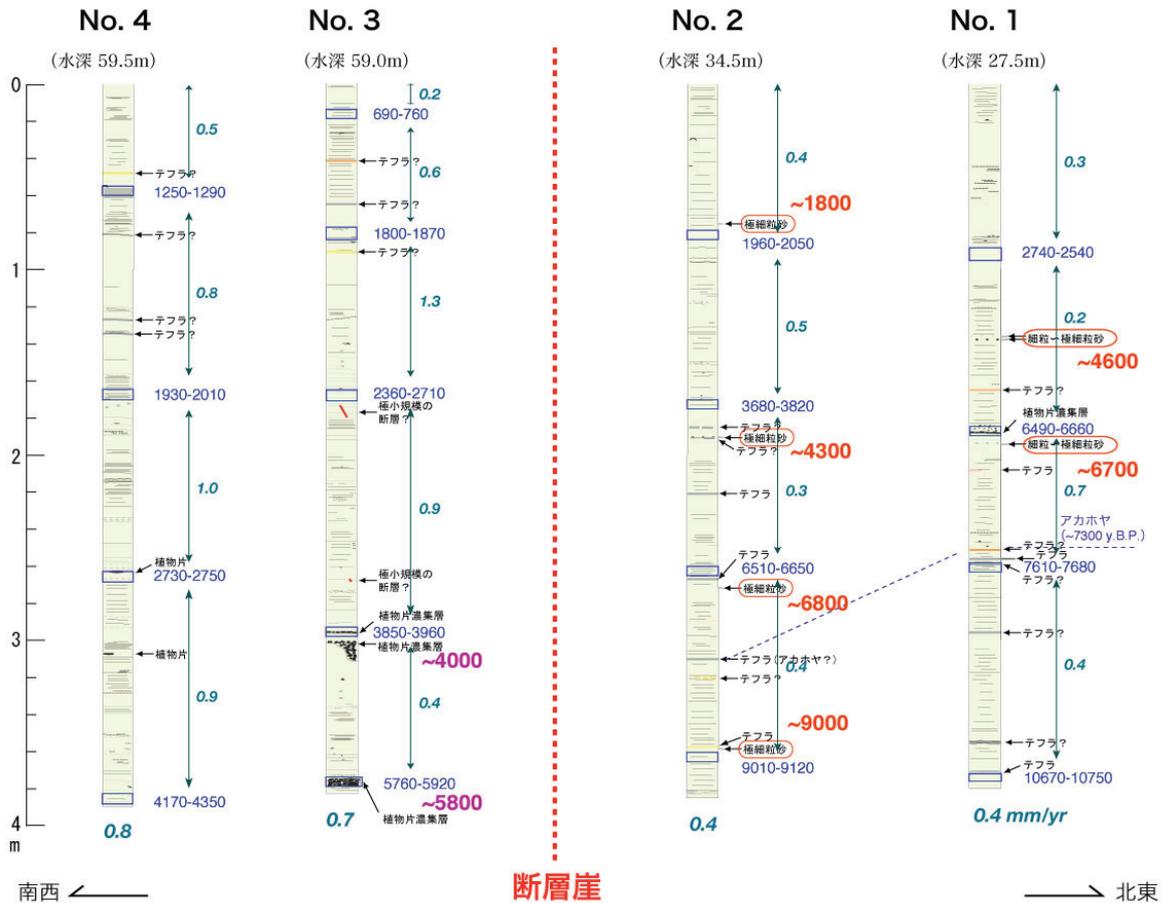


図4 ピストンコア地質柱状図

青字は<sup>14</sup>C年代測定結果(暦年較正 y. B. P.)、緑字は各矢印間の堆積速度(mm/yr)、赤字は砂層推定堆積時期(暦年較正 y. B. P.)、紫字は植物片濃集層堆積時期(暦年較正 y. B. P.)をそれぞれ示す。年代測定データの詳細は表1を参照。

主断層崖沿いの垂直変位速度については、コア試料のみから直接見積もることはできない。しかし、湖底地形をみる限り、断層崖は堆積物によって埋没されていない。断層運動による沈降速度は堆積速度よりも十分に速い。すなわち、断層上盤側副盆と下盤側主盆の堆積速度差 0.4 mm/yr は断層垂直変位速度の下限值とみることもできる。さらに、青木湖が約3万年前に誕生したと仮定すると(井内ほか、1987)、主湖盆と副湖盆の比高約25 mから、約0.8 mm/yrの変位速度が与えられる。これに堆積速度差0.4 mm/yrを加えた1.2 mm/yrが断層運動による垂直変位速度と見積もることもできる。仮に活動間隔を2300年とすると地震時に約3 mの断層崖が生じることになる。

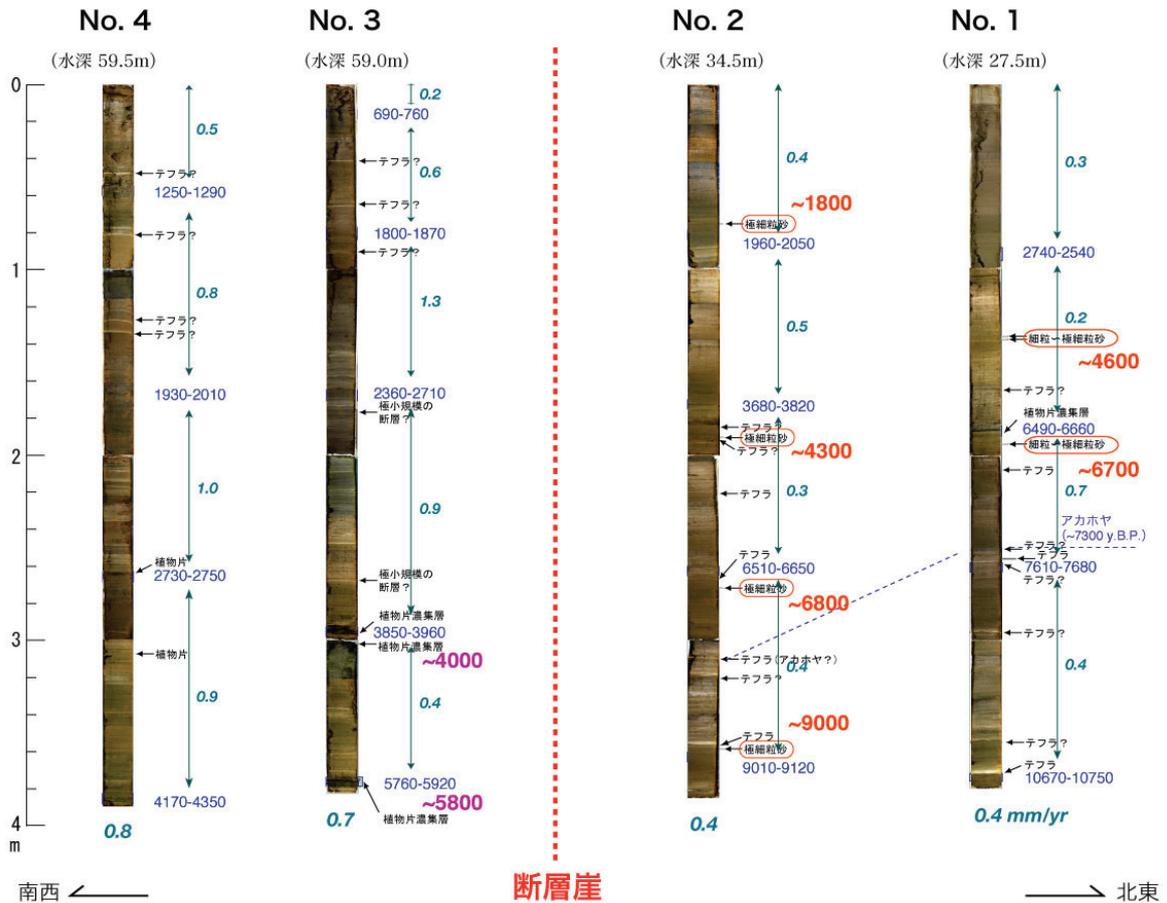


図5 ピストンコア地質写真柱状図

青字は 14C 年代測定結果 (暦年較正 y. B. P.)、緑字は各矢印間の堆積速度 (mm/yr)、赤字は砂層推定堆積時期 (暦年較正 y. B. P.)、紫字は植物片濃集層堆積時期 (暦年較正 y. B. P.) をそれぞれ示す。

2) 糸静線断層帯の最近の活動履歴研究のレビューとトレンチ調査候補地の選定 電力中央研究所 (宮腰・他、2004 など) を中心に実施された最近のトレンチ調査等のデータを収集し、地震活動履歴に関する整理作業を進めている。また、候補地選定のための簡単な予備踏査も実施した。

これまでのところ、1) 断層帯北部区間でデータに乏しく早急な補完調査が必要であること、2) 北部区間の木崎湖南岸で堆積物・断層崖ともに保存状態が良くトレンチ候補地となりうること、3) 北部逆断層区間と中部横ずれ区間の境界である、松本盆地東縁断層帯と牛伏寺断層との接合部の構造、および活動履歴が運動性評価に重要であること、4) 中部区間と南部区間の境界、下葛木周辺でのトレンチ候補地が存在すること、等について検討中である。そのうちのいくつかを平成 19 年度以降の調査項目としたい。

(d) 結論ならびに今後の課題

神城断層延長部が通過すると考えられる青木湖においてピストンコアリング調査を実施

し、過去1万年間に4回の混濁流による砂層堆積イベントを検出した。また、湖底堆積物の堆積速度と現在の断層崖の比高約25 mから、断層鉛直変位速度を1.2 mm/年と見積もった。青木湖に注ぎ込む主たる河川は存在しないことから、砂層堆積イベントは地震等による浅部湖岸斜面の崩壊の可能性が高い。しかし、洪水等、他の要因や、近傍の他の断層（地震）による影響も排除できず、トレンチ調査に比べて地震イベントの信頼性に欠ける。あくまで地震イベントの可能性のある時期として、参考程度にとどめるべきであろう。今後、北部区間でのトレンチ調査を行い断層運動の直接的な証拠を得る必要がある。

(e) 引用文献

- 1) 井内美郎：仁科三湖の地形と堆積物から見た糸-静岡線の活動像、塚原弘昭編「地震と防災」第5章，信濃毎日新聞社，pp. 89-106，2002.
- 2) 井内美郎・山崎晴雄・下川浩一：長野県青木湖の音波探査結果（予報）、第四紀学会講演要旨集、No. 17、pp. 116-117、1987.
- 3) 宮腰勝義・上田圭一・幡谷竜太・阿部信太郎・三浦大助・濱田崇臣・青柳恭平・井上大栄：地震規模評価のための活断層調査法・活動性評価法、電力中央研究所報告総合報告，U46，pp. 1-189、2004.
- 4) 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・東郷正美・澤 祥・水野清秀・苅谷愛彦・斉藤英二：糸魚川-静岡構造線活断層京北部の最近の活動 -神城断層・松本盆地東縁断層トレンチ発掘調査-、地震2、Vol. 50、35-51、1998.
- 5) 下川浩一・水野清秀・井村隆介・奥村晃史・杉山雄一・山崎晴雄：糸魚川-静岡構造線活断層系ストリップマップ、地質調査所、1995.

(3) 平成18年度業務計画案

本サブテーマは業務計画なし