

3. 研究報告

3.1 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究 研究報告

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

「東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
海洋科学技術センター 固体地球統合フロンティア研究システム プレート挙動解析研究領域	領域長	金田義行	kaneday@jamstec.go.jp
	グループリーダー	小平秀一	kodaira@jamstec.go.jp
	研究員	尾鼻浩一郎	obanak@jamstec.go.jp

(c) 業務の目的

東南海・南海地震の想定震源域において人工震源を用いた広角反射・屈折法調査と反射法調査を実施し、想定震源域におけるプレート形状等の把握を目指す。

広角反射・屈折法調査は、想定震源域の境界領域や、想定されるアスペリティ及びその周辺域を調査対象として、既存の測線を考慮し、トラフ軸に垂直な海陸を統合した測線やトラフ軸に平行な測線において実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域間の地震波速度構造の把握を目指す。

また、反射法調査は、既存の反射法調査の測線とあわせて面的な情報が得られるよう未実施の領域で行い、分岐断層の分布とその形状、海山などのプレート境界浅部の形状や地震波の反射強度分布の把握を目指す。なお、東南海地震と南海地震の境界域では稠密反射法調査を実施し、詳細な空間的不均質構造評価を行い、プレート境界域からの分岐断層の発達機構の解明を目指す。加えて地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行うため、短期的な機動的な地震観測を実施する。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成15年度

東南海・南海地震の想定震源域において広角反射・屈折法調査をトラフ軸に平行な測線で実施し、既往の探査結果と併せてトラフ軸に沿った東西方向の大構造の変化を把握する。また、昭和南海地震の際のアスペリティがあると考えられている土佐沖において短期型自己浮上式海底地震計による機動的な地震観測を開始する。

2) 平成 16 年度

東南海地震と南海地震の境界域において稠密反射法調査を実施し、詳細な空間的不均質構造評価を行い、プレート境界域からの分岐断層の発達機構の解明を目指す。また、前年度に設置した短期型自己浮上式海底地震計の回収を行い、地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行う。

3) 平成 17 年度

四国沖を中心に既存の反射法調査の測線を考慮して広域 2 次元反射法調査を実施し、分岐断層の分布とその形状、海山などのプレート境界浅部の形状や地震波の反射強度分布の把握を目指す。特に、東南海地震と南海地震の境界領域である紀伊半島沖においては、稠密反射法調査を実施し、詳細な空間的不均質構造評価を行い、プレート境界域からの分岐断層の発達機構の解明を目指す。

また、前年度に紀伊半島東部海域に設置した短期型自己浮上式海底地震計の回収及び解析を行い、地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行う。

なお、3 年度目にあたるため、本調査研究で実施された調査の中間的なとりまとめを行う。

4) 平成 18 年度

昭和南海地震の際のアスペリティがあると考えられている土佐沖の深部プレート境界域を対象とした広角反射・屈折法による海陸統合構造調査を実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域の間の地震波速度構造の把握を目指す。

5) 平成 19 年度

昭和東南海地震の際のアスペリティがあると考えられている紀伊半島沖東部の深部プレート境界域を対象とした広角反射・屈折法による海陸統合構造調査を実施し、プレート境界面の巨視的な形状などの大構造の把握や、想定震源域と陸域の間の地震波速度構造の把握を目指す。

(e) 平成 15 年度業務目的

東南海・南海地震の想定震源域において、海洋科学技術センター所有の観測船を用いて広角反射・屈折法調査をトラフ軸に平行な測線で実施し、既往の探査結果と併せてトラフ軸に沿った東西方向の大構造の変化を把握する。また、地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行うため、昭和南海地震の際のアスペリティがあると考えられている土佐沖において短期型自己浮上式海底地震計による機動的な地震観測を開始する。

(2) 平成 15 年度の成果

(a) 業務の要約

1) 広角反射・屈折法調査

南海トラフで発生する巨大地震破壊域の広がりを規定する地下構造要因を明らかにするため、地震探査により巨大地震破壊域での地下構造のイメージングを行う。今年度は南海地震、東南海地震破壊域境界を横断しトラフ軸に平行な三本の測線で観測を実施し、セグメント境界を規定する構造のイメージングを目指した。

2) 機動的地震観測

地震活動とプレート境界域の地殻構造の対比により、地震発生帯における応力場評価を行うため、自己浮上式海底地震計による短期的な機動的地震観測を実施する。今年度は昭和南海地震の破壊域と想定される高知県沖において、平成 16 年 3 月に自己浮上型海底地震計 30 台を設置し機動的地震観測を開始した。この観測は平成 16 年 5 月下旬まで行う予定である。

(b) 業務の実施方法

1) 広角反射・屈折法調査

南海トラフではマグニチュード 8 クラスの海溝型巨大地震が繰り返し発生しており、地震学的研究や歴史資料からその繰り返し周期やセグメント化が世界で最も良く調べられている地震発生帯の一つである。最近の海洋科学技術センターの一連の研究により、1944 年東南海地震、1946 年南海地震のすべり分布は沈み込むプレート上の海山や海嶺によって規定されていることが明らかになってきた。

一方、歴史地震などの研究から南海地震、東南海地震は多くの場合対をなして発生しており、その境界は常に潮岬沖付近であることが知られているが[例えば Ando, 1975; Tanioka and Satake, 2001a, 2001b]、その境界が何によって規定されているかは未だ明らかにされていない。この付近では日本列島下まで沈み込んだフィリピン海プレートに屈曲あるいは裂け目がある可能性も示唆されており[例えば Cummins et al., 2002]、沈み込むプレートに存在していた何らかの構造不連続が、二つの巨大地震発生域の境界を作っている仮説が提案できる。そこで今年度の調査ではこの仮説を検証するため、トラフ軸から紀伊半島にかけて、トラフ軸に平行な測線を取り、屈折法地震探査により沈み込むプレート内の構造不連続のイメージングを目指した。

調査は 2004 年 1 月 11 日から 2 月 12 日にかけて実施した。調査実施詳細は表 1 に示す。使用した船舶は海洋科学技術センターの海洋調査船「かいよう」であり、地震探査に際しては「かいよう」搭載の地震探査システムを用いた。システム構成、データ取得パラメータは表 2 に示す。探査測線はトラフに平行な 3 本であり(表 3、図 1)、NT0401 上には約 7km 毎に 22 台、NT0402 及び NT0403 上には約 5km 毎に各々 39 台の地震計を設置した。冬季の航海であったため気象、海況条件が厳しく数日おきに荒天待機を余儀なくされたが、夜間作業も含め船長、乗組員、観測技術員の努力により調査予定期間内に全ての調査を終了した。

航海中及び航海終了後に観測した記録をショットリストに従って編集し SEG-Y フォーマット

トデータに編集した。図 2, 3 に現在までにプロットが終わった NT0401, NT0402 の記録例を示す。編集したデータは測位データと共に CD 及び DVD に保存された。現在 first arrival tomography によって最も海側の測線の解析が進められている。

2) 機動的地震観測

高知県沖の南海トラフ海域は、昭和南海地震の際の破壊域とされている。津波波形から求められた滑り量分布 [Tanioka and Satake, 2001] によると、大きな滑りを起こしたのは沿岸近くのプレート境界面で、地震発生帯の下限付近と推定されているが、南海トラフのトラフ軸近くでも比較的大きな滑りを伴った領域が存在するようである(図 4)。また MCS 反射法地震探査により、この地域には DSR と呼ばれる強い反射面が局所的に存在する事が指摘されている [Park et al., 2002]。1946 年の昭和南海地震の滑り量分布と DSR の確認された場所を比較してみると(図 4)、昭和南海地震の際の破壊は、DSR の存在する領域まで及んでいないようである。この様に、プレート間巨大地震の破壊と地殻構造の空間的不均質には、互いに関連が有る様に思われる。

近年、東南海・南海地震の想定震源域においては活発な構造探査が行われ、構造の多様性が地震発生に大きく寄与している可能性が指摘されている。しかしながら、構造探査によって得られる地殻構造は、測線上に限られる。それに対して、海底地震計を用いた自然地震観測では、広域の地震活動を面的に捉える事が可能である。地震活動と地殻構造を比較する事によって、地殻構造が地下の応力場に与える影響を空間的に評価する事が本研究の目的である。

東南海・南海地震想定震源域の地震活動は、陸上の地震観測網でも検知されている(図 4)。しかし、東南海・南海地震想定震源域の殆どは海域のため、詳細な震源分布、特に深さ方向の震源決定精度については十分ではないと考えられる。地震活動と地殻構造との対比を行い、東南海・南海地震想定震源域における地下の応力場評価を行うためには、地震活動の空間的特徴(震源分布、震源メカニズム等)を詳細に把握する事が必要である。そこで、本調査では自己浮上式海底地震計による短期的な機動的な地震観測を実施し、東南海・南海地震の想定震源域における地震活動の詳細を把握することを目指す。今年度は、高知県沖の昭和南海地震の震源域における地震活動の把握を目的とした観測を開始した。

この観測では、高知県沖の海域において、南海トラフのトラフ軸から沿岸部にかけて 30 台の自己浮上型海底地震計を平均 20km 間隔で設置した。これにより、海域における地震検知能力の向上と、震源決定精度を高める事を目指す。設置作業は、海洋科学技術センターの海洋調査船「かいよう」によって、平成 16 年 3 月 8 日から 3 月 15 日にかけて行われた。

海底地震計の設置は、海洋調査船「かいよう」からの自由落下方式で行った。全ての海底地震計の着底位置は、「かいよう」装備の SSBL 音響航法装置によって決定された。決定された位置を表 4 に示す。設置海域の水深は、深いところで約 4900m、浅い場所で約 800m である。今回使用した海底地震計には固有周期 4.5Hz の短周期型地震計 3 成分に加えて、ハイドロフォンが装備されている。これらのセンサーによって得られた記録は、サンプリング周波数 100Hz で連続収録され、ハードディスクに保存される。これらの海底地震計の回収は平成 16 年 5 月に予定されている。

(c) 業務の成果

1) 広角反射・屈折法調査

- a) 紀伊半島沖にてトラフ軸に平行な 3 本の測線で海洋調査船「かいよう」を用いた屈折法地震探査を実施した。
- b) 記録された信号は各地震計ごと SEG-Y データに編集し、CD 及び DVD に保存された。
- c) 収集した記録からはおおむね良好な信号が確認され、現在構造イメージングの処理・解析中である。

2) 機動的な地震観測

- a) 高知県沖の南海トラフトラフ軸から沿岸部にかけての海域において、地震活動を詳細に把握し地殻構造と対比を行うために、自己浮上型海底地震計 30 台によって構成される機動的な地震観測網を構築し、地震観測を開始した。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 広角反射・屈折法調査

平成 16 年 1 月 11 日から 2 月 12 日にかけて、紀伊半島沖でトラフに平行な 3 本の測線で屈折法地震探査データを取得し、データの編集を終了した。観測された信号は良好であり、現在処理・解析が進行中である。

今後は、Tomography により地震波速度構造イメージング、Migration 及び Reflection travel time mapping による反射強度イメージングを行い、南海・東南海地震セグメント境界を規定する構造要因を明らかにする。

2) 機動的な地震観測

今年度は、平成 16 年 3 月に高知県沖南海トラフ海域に自己浮上型海底地震計 30 台の設置を行い、観測を開始した。観測期間は約 2 ヶ月半を予定しており、平成 16 年 5 月にこれら 30 台の海底地震計の回収を行う。回収後は、データ処理並びに解析を進め、高知県沖南海トラフ海域での地震活動の空間的特徴を把握するとともに地殻構造との対比を行う。これにより、地震活動と地殻構造の関連を明らかにし、応力場評価を行う。データ解析に際しては、室戸沖に設置されているケーブル式海底地震計（図 1）のデータも活用していく予定である。

また、平成 16 年中には、昭和東南海地震の際のアスペリティがあると考えられている紀伊半島沖東部海域において、地震活動とプレート境界域や地殻の構造との対比を行うことを目的とした、短期型自己浮上式海底地震計による機動的な地震観測を開始する。

(e) 引用文献

1) 広角反射・屈折法調査

- a) Ando, M., Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai Trough, Tectonophysics, 27, 119-140, 1975.
- b) Tanioka, Y. and K. Satake, Coseismic slip distribution of the 1946 Nankai earthquake

and aseismic slips caused by the earthquake, *Earth Planets Space*, 53, 235-241, 2001a.

- c) Tanioka, Y. and K. Satake, Detailed coseismic slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake estimated from tsunami waveforms, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1075-1078, 2001b
- d) Cummins, P. R., T. Baba, S. Kodaira, Y. Kaneda, The 1946 Nankai earthquake and segmentation of the Nankai Trough, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 132, 75-87, 2002.

2) 機動的地震観測

- a) Tanioka, Y. and K. Satake, Coseismic slip distribution of the 1946 Nankai earthquake and aseismic slips caused by the earthquake, *Earth Planets Space*, Vol. 53, No. 4, pp. 235-241, 2001.
- b) Park, J.O., T. Tsuru, N. Takahashi, T. Hori, S. Kodaira, A. Nakanishi, S. Miura, and Y. Kaneda, A deep strong reflector in the Nankai accretionary wedge from multichannel seismic data: Implications for underplating and interseismic shear stress release, *J. Geophys. Res.*, Vol. 107 (B4), doi: 10.1029/2001JB000262, 2002.

表1 調査実績

1月11日	横須賀新港出港
1月12日	調査海域着 東大長期型地震計設置 NT0401 測線西側から地震計設置
1月13日～14日	荒天のため尾鷲沖で待機
1月15日	NT0401 地震計設置、位置決め
1月16日	NT0401 位置決め、エアガン発振、 荒天の為中断
1月17日	荒天待機
1月18日～19日	荒天の為 NT0401 測線エアガン発振できず NT0402 地震計設置 位置決め
1月20日	NT0402 位置決め NT0401 エアガン発振（16日の続き）NT0401 地震計回収
1月21日	NT0401 地震計回収
1月22日	荒天待機
1月23日	OBS53 再設置 位置決め
1月24日	NT0401 地震計回収
1月25日	荒天待機
1月26日	和歌山港入港 Leg1 終了
1月27日	和歌山港出港 Leg2 開始
1月28日	NT0401 地震計回収 NT0402 エアガン発振
1月29日	NT0402 エアガン発振 地震計回収
1月30日～31日	NT0402 地震計回収
2月1日	NT0402 地震計回収、その後 NT0403 地震計設置
2月2日	NT0403 位置決め、その後荒天待機
2月3日	NT0403 位置決め、その後荒天待機
2月4日	NT0403 位置決め、その後荒天待機
2月5日～6日	荒天待機
2月7日	NT0403 エアガン発振
2月8日	NT0403 エアガン発振 地震計回収
2月9日～10日	NT0403 地震計回収
2月11日	調査終了 調査海域発
2月12日	海洋科学技術センター着岸

表2 データ取得システム、パラメータ

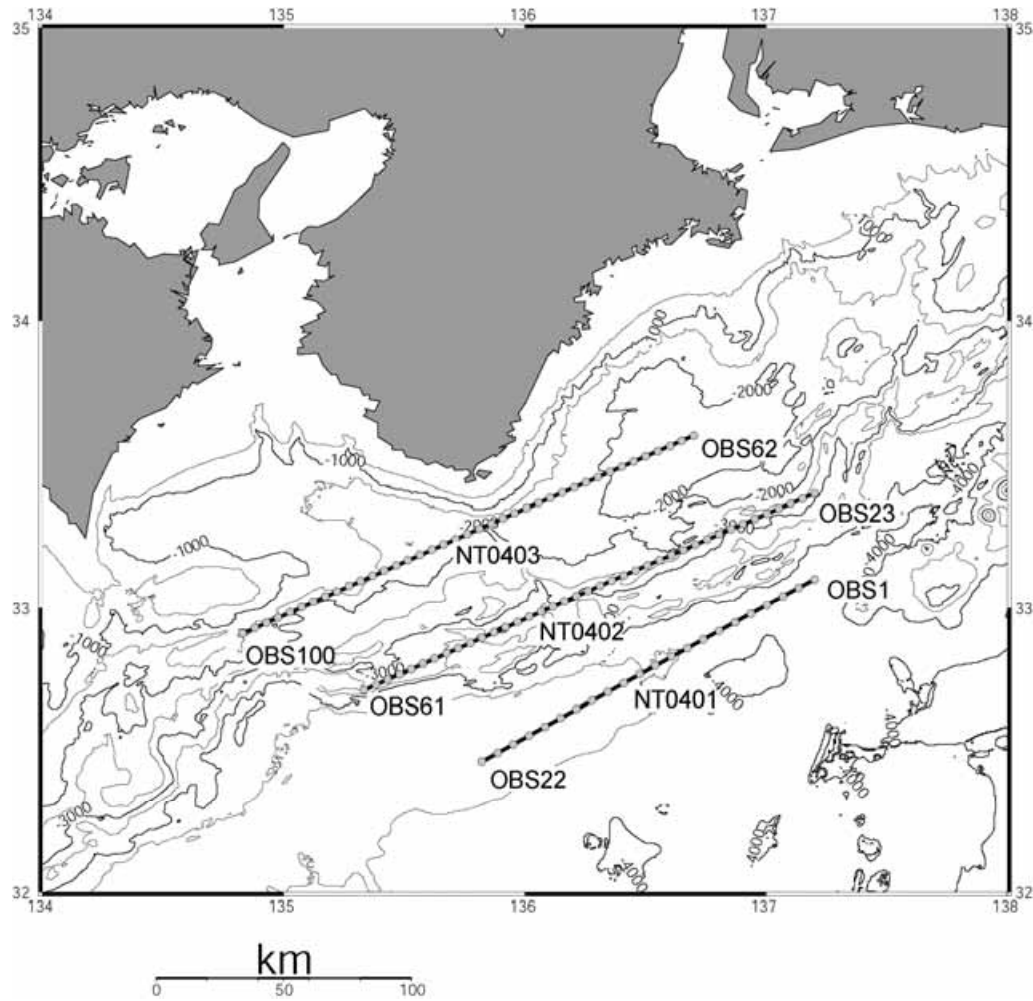
Source	Total volume	12,000 cu. inch
	Pressure	2000 psi
		8 x Bolt 1500 LL
Shot	Interval	200 m
	Depth	10 m
Recording	Sensor	3-comp.
	Geophone	4.5 Hz
	Mark Product	L22D
	Hydrophone	
	Sampling	100 Hz
Navigation	Differential GPS, Concept SPECTRA	
OBS positioning	SSBL	
Data length	75 s (after SEG-Y conversion)	

表3 地震計設置位置

SITE	N	E	Gun depth	Depth
1	33.10065	137.20651	10	4231
2	33.07061	137.14064	10	4242
3	33.04061	137.07565	10	4281
4	33.01029	137.00847	10	4303
5	32.97981	136.94216	10	4334
6	32.94955	136.87663	10	4442
7	32.91953	136.80982	10	4425
8	32.88922	136.74384	10	4442
9	32.85945	136.67909	10	4514
10	32.82902	136.61215	10	4531
11	32.79829	136.54628	10	4505
12	32.76836	136.48181	10	4522
13	32.73831	136.41508	10	4541
14	32.70737	136.35044	10	4560
15	32.67716	136.28403	10	4586
16	32.64574	136.21873	10	4608
17	32.61552	136.15248	10	4614
18	32.58442	136.08592	10	4629
19	32.55497	136.02209	10	4642
20	32.52354	135.95553	10	4660
21	32.49356	135.89064	10	4681
22	32.46224	135.82530	10	4696
23	33.39836	137.20361	10	2874
24	33.38165	137.15459	10	2651
25	33.36378	137.10422	10	2567
26	33.34653	137.05518	10	2645
27	33.32889	137.00497	10	2767
28	33.31171	136.95592	10	2767
29	33.29382	136.90603	10	3003
30	33.27590	136.85711	10	3045
31	33.25755	136.80807	10	2900
32	33.23972	136.75747	10	2765
33	33.22198	136.70924	10	2522
34	33.20410	136.66000	10	2573
35	33.18586	136.61011	10	2334
36	33.16789	136.56113	10	2363

37	33.14951	136.51235	10	2413
38	33.13177	136.46337	10	2124
39	33.11359	136.41411	10	2418
40	33.09560	136.36456	10	2675
41	33.07805	136.31678	10	2678
42	33.06022	136.26728	10	3199
43	33.04181	136.21756	10	3052
44	33.02349	136.16926	10	2889
45	33.00527	136.12043	10	3231
46	32.98716	136.07197	10	3489
47	32.96935	136.02311	10	3323
48	32.95041	135.97319	10	3052
49	32.93153	135.92511	10	3034
50	32.91450	135.87605	10	3101
51	32.89651	135.82576	10	3451
52	32.87825	135.77800	10	3608
53	32.86044	135.72992	10	3650
54	32.84261	135.67891	10	3570
55	32.82347	135.63136	10	3320
56	32.80524	135.58217	10	3314
57	32.78756	135.53543	10	3092
58	32.76866	135.48645	10	3078
59	32.75076	135.43706	10	3201
60	32.73245	135.38785	10	3133
61	32.71396	135.33981	10	3277
62	33.60024	136.69972	10	2081
63	33.58258	136.64920	10	2079
64	33.56448	136.60063	10	2083
65	33.54625	136.55109	10	2078
66	33.52845	136.50267	10	2071
67	33.51039	136.45314	10	2057
68	33.49261	136.40414	10	2040
69	33.47440	136.35457	10	2036
70	33.45619	136.30620	10	1924
71	33.43857	136.25555	10	1908
72	33.42094	136.20711	10	1834
73	33.40377	136.15662	10	1700
74	33.38571	136.10710	10	1610

75	33.36775	136.05831	10	1747
76	33.34936	136.00938	10	1848
77	33.33089	135.95923	10	1751
78	33.31312	135.91001	10	1710
79	33.29509	135.86101	10	1743
80	33.27703	135.81086	10	1742
81	33.25880	135.76272	10	1789
82	33.24105	135.71428	10	1801
83	33.22277	135.66609	10	1736
84	33.20430	135.61720	10	1606
85	33.18623	135.56843	10	1560
86	33.16789	135.51835	10	1619
87	33.14985	135.46954	10	1752
88	33.13121	135.42022	10	1696
89	33.11317	135.37124	10	1543
90	33.09485	135.32230	10	1411
91	33.07660	135.27328	10	1352
92	33.05867	135.22554	10	1498
93	33.04037	135.17594	10	1817
94	33.02122	135.12904	10	2021
95	33.00283	135.07824	10	2004
96	32.98497	135.02928	10	1856
97	32.96630	134.98032	10	1884
98	32.94845	134.93262	10	1747
99	32.92998	134.88525	10	1727
100	32.91145	134.83507	10	1487
旧 53	32.86006	135.72815	10	3663



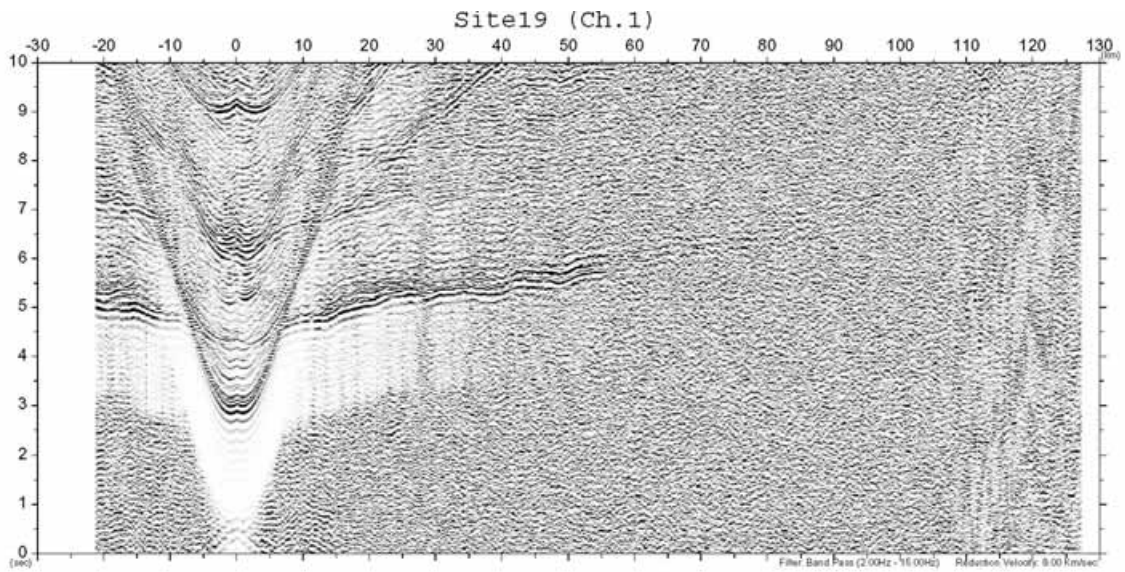
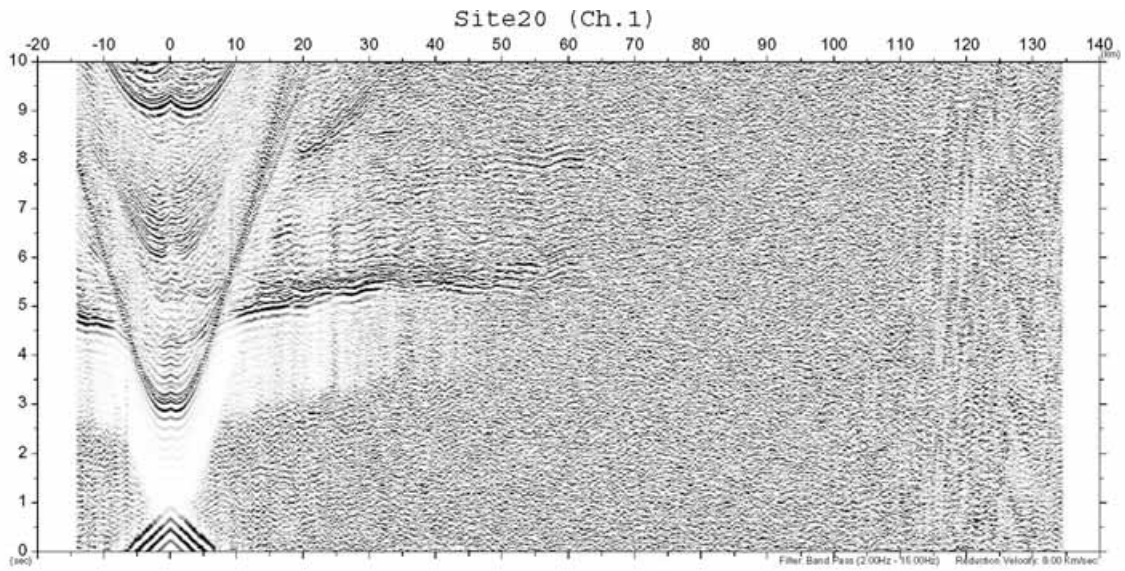
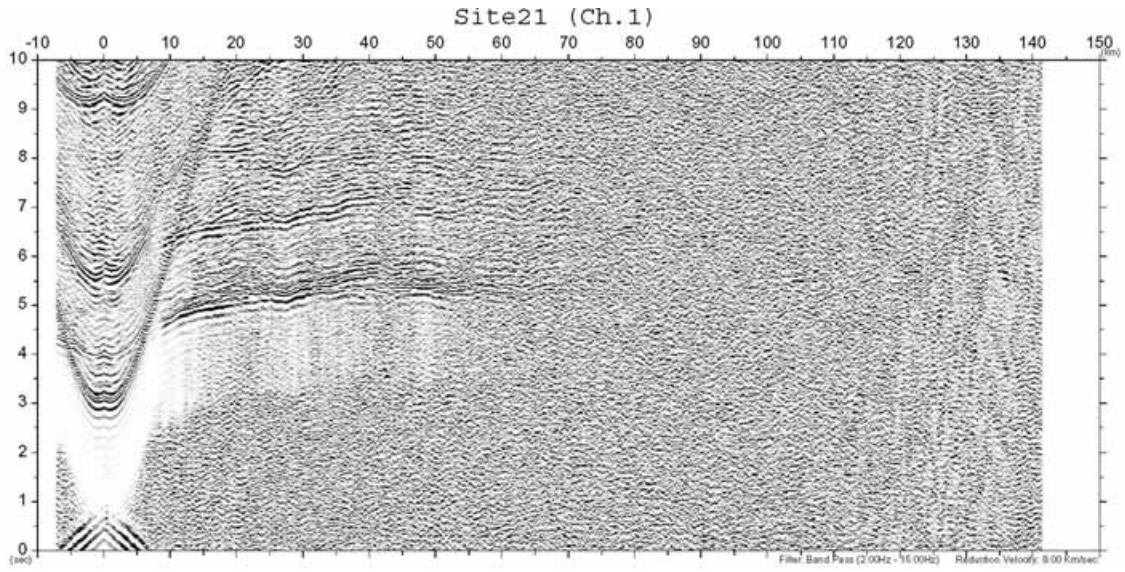
調査測線および地震計設置点

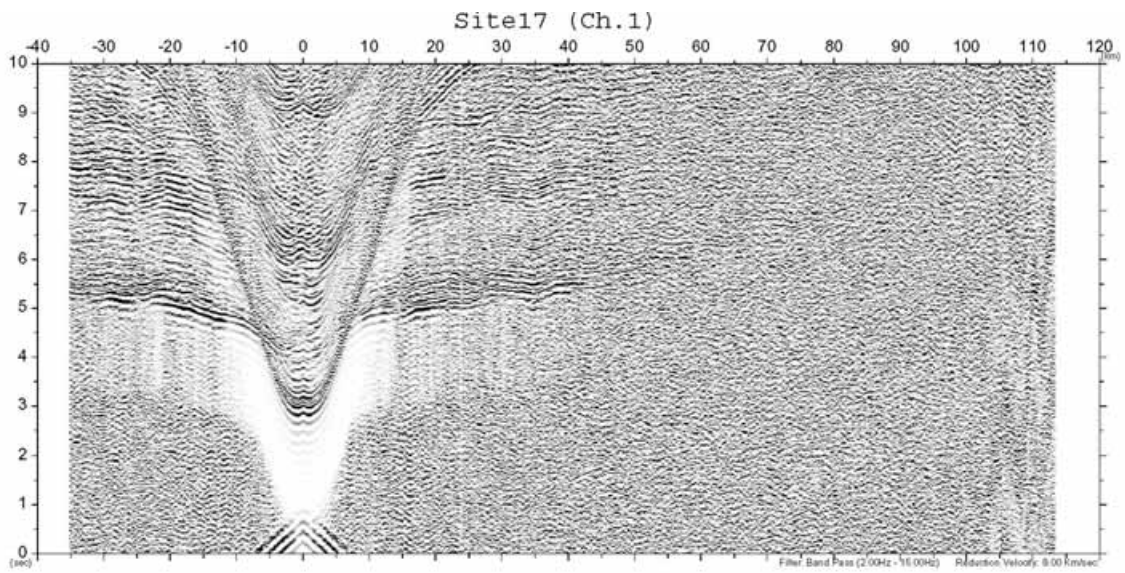
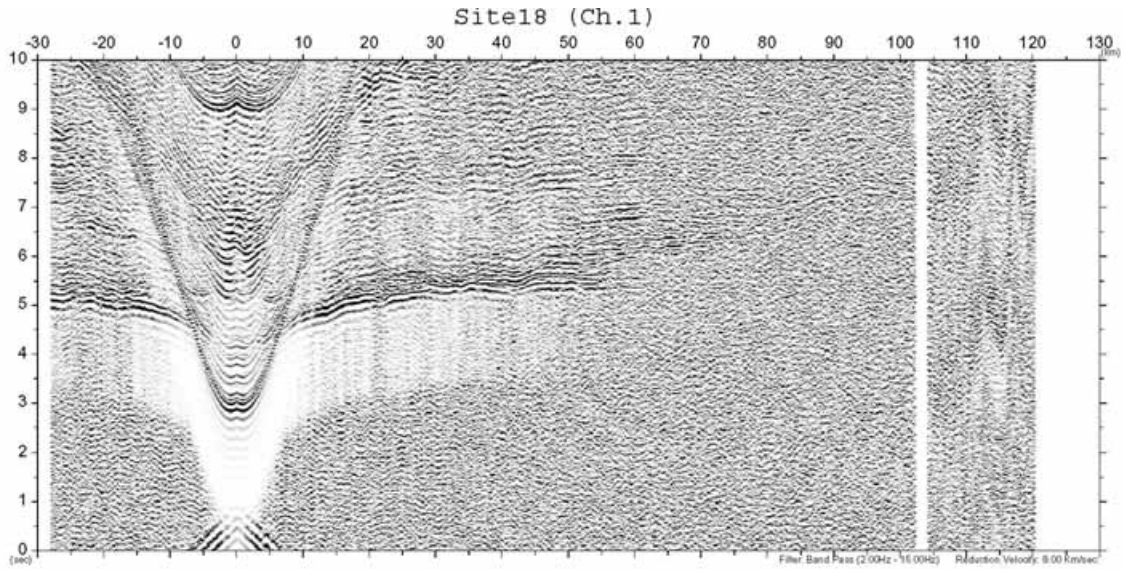
NT0401	Time		Lat.	Log.	Depth
First shot	1/16	1h 3m 43.120s	32.461565	135.823865	4710.0
Shot shooting	1/16	10h 59m 28.873s	32.854130	136.668466	4513.0
Start shooting	1/20	1h 14m 32.266s	32.854585	136.670710	4513.0
Last shot	1/20	7h 32m 32.894s	33.103459	137.213806	4229.0

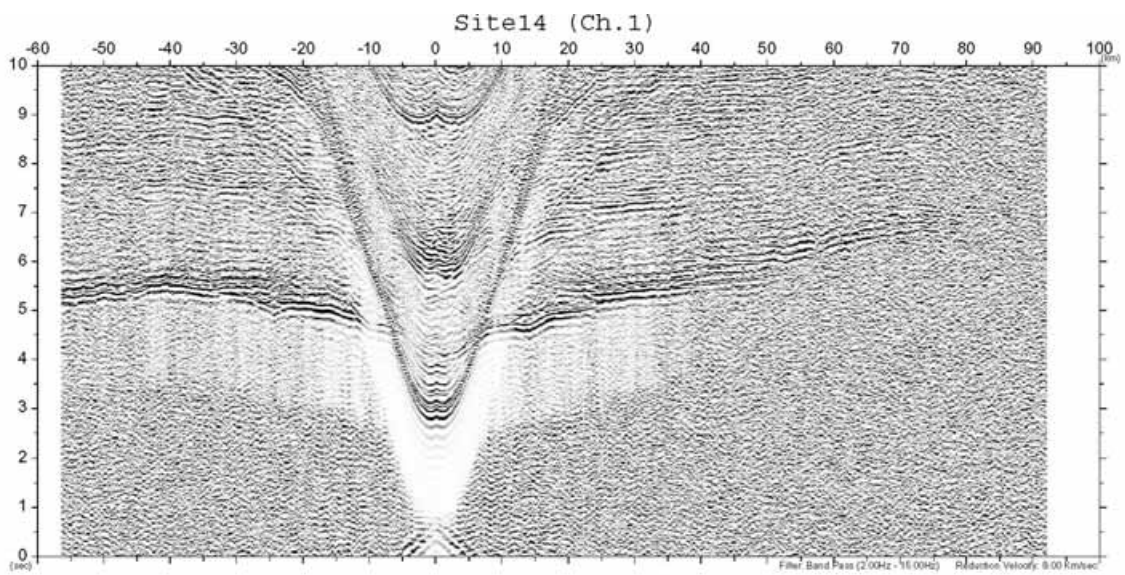
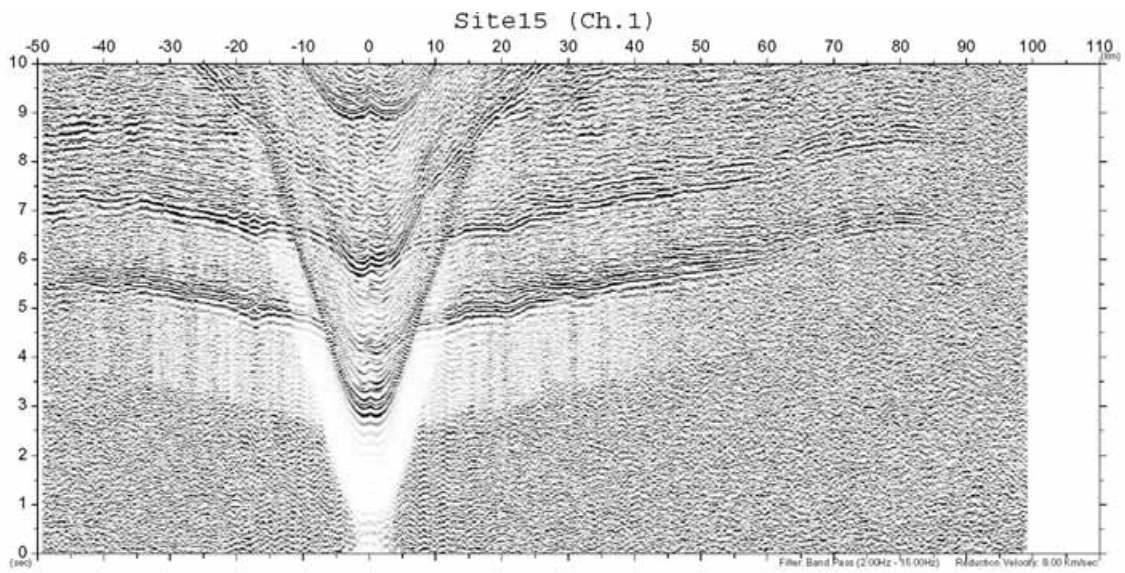
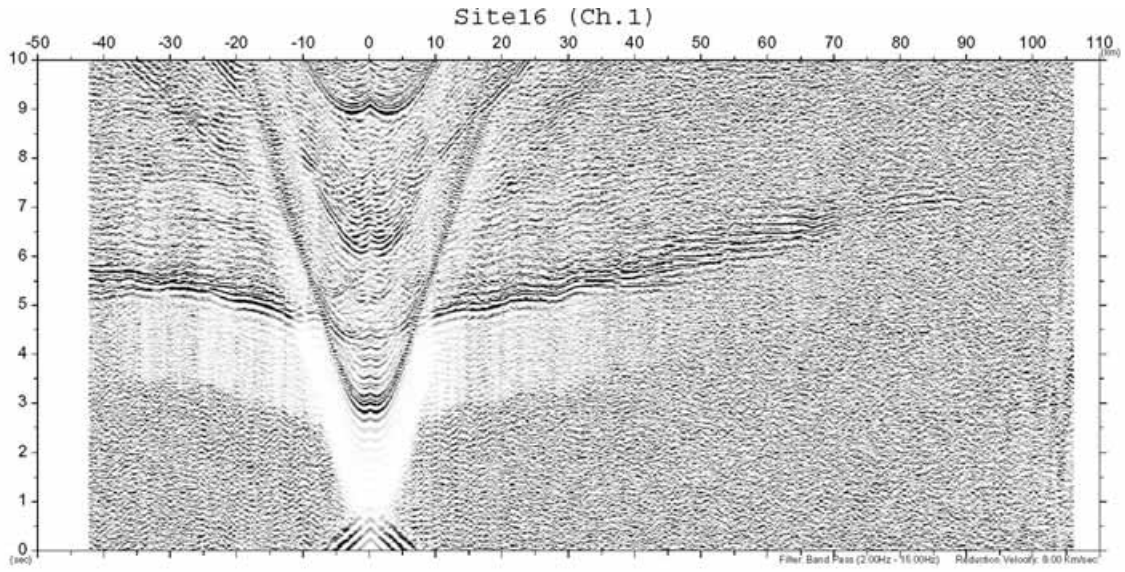
NT0402	Time		Lat.	Log.	Depth
First shot	1/28	11h 2m 51.786s	32.713759	135.338146	3262.0
Last shot	1/29	8h 7m 23.596s	33.399572	137.207002	2910.0

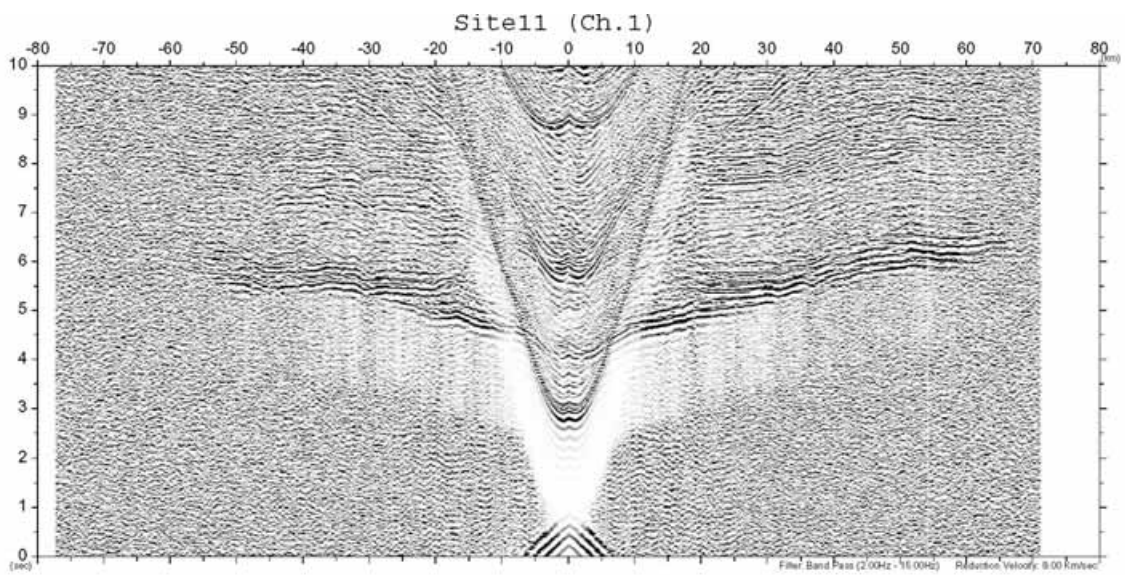
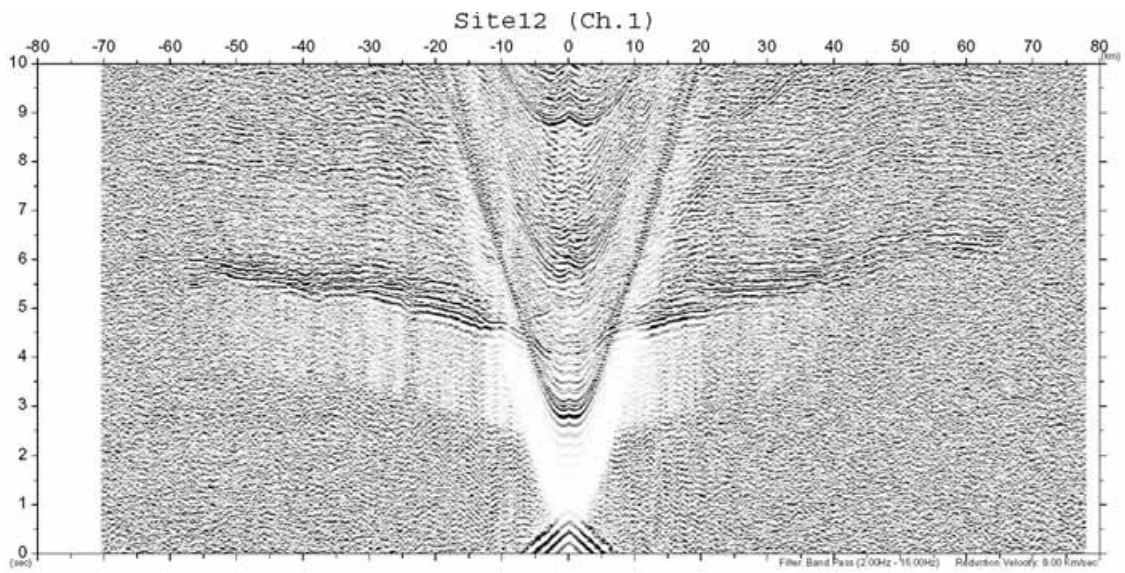
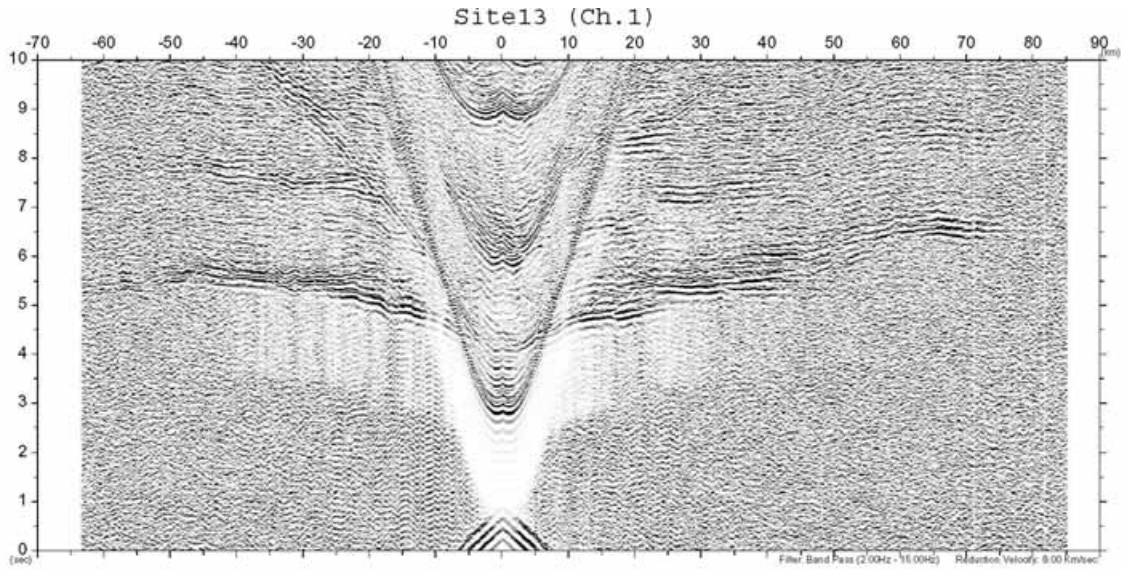
NT0403	Time		Lat.	Log.	Depth
First shot	2/7	13h 49m 42.616s	32.907286	134.823829	1554.0
Last shot	2/8	11h 11m 30.195s	33.600967	136.702129	2076.0

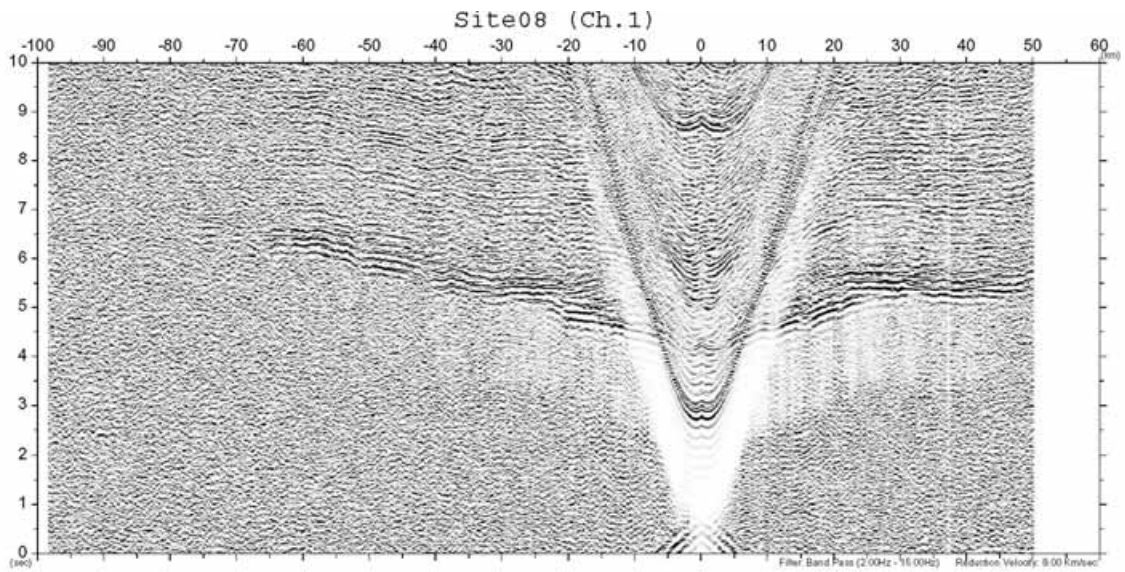
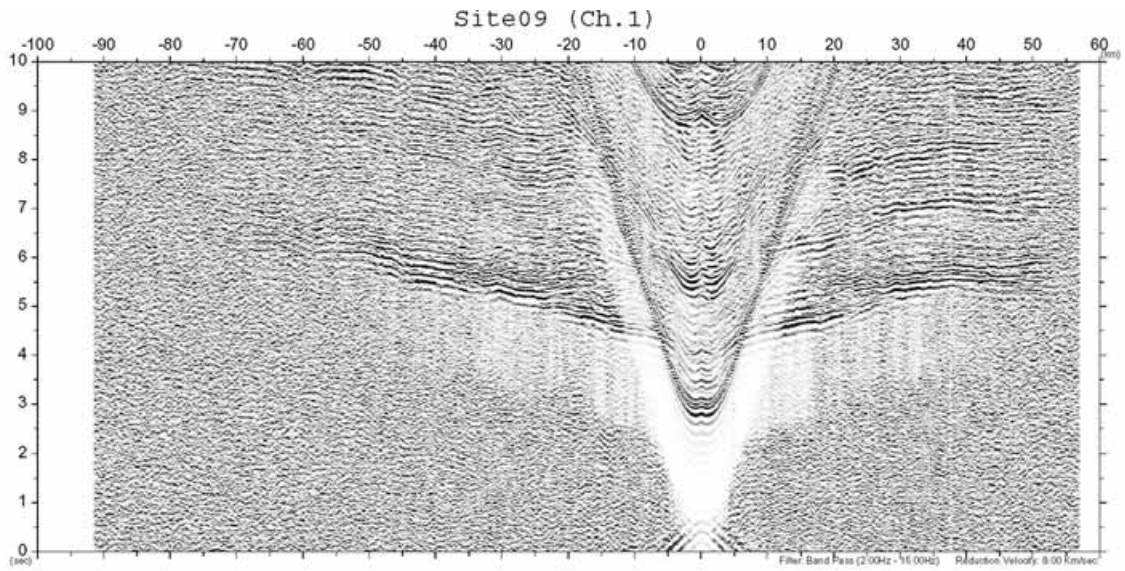
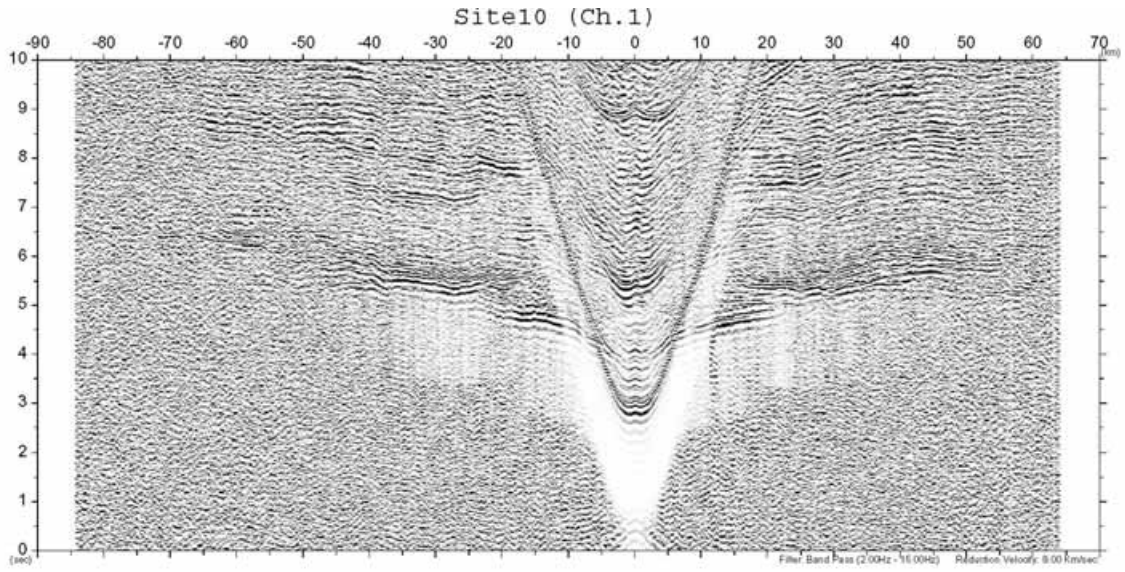
図1 調査測線図

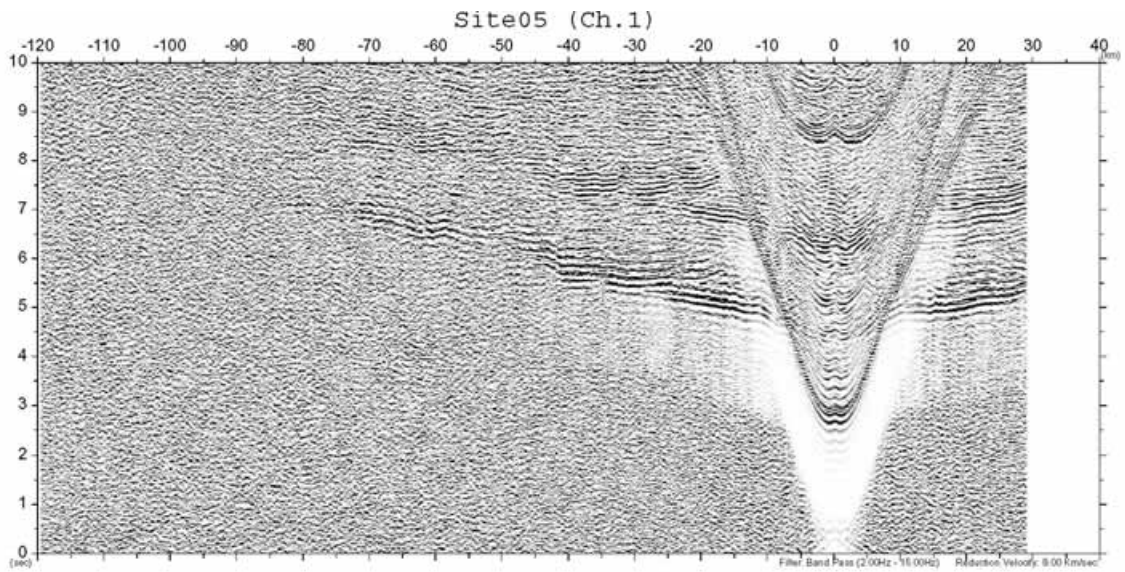
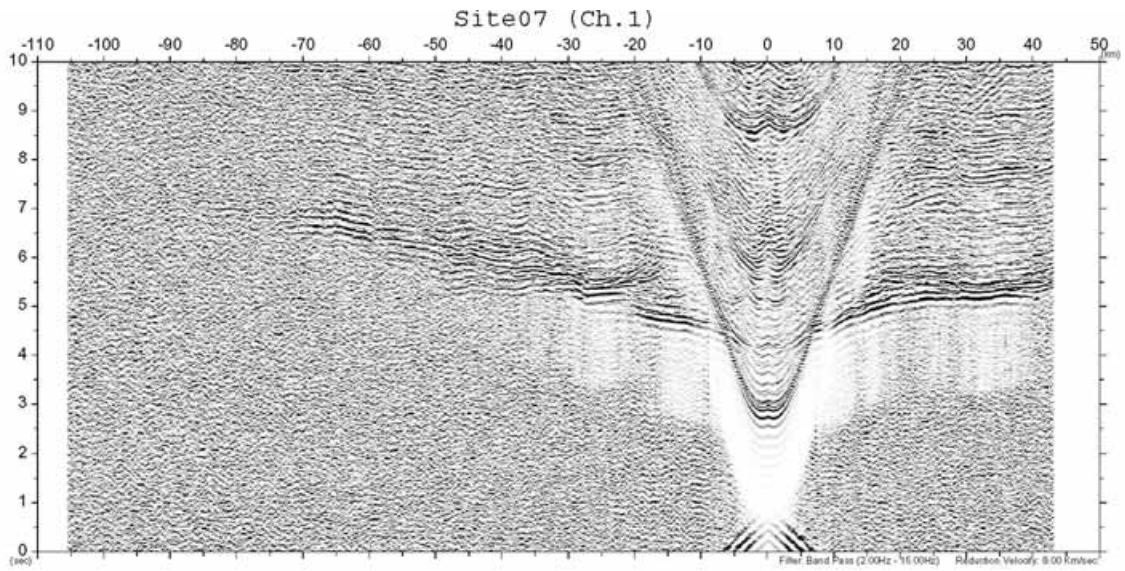
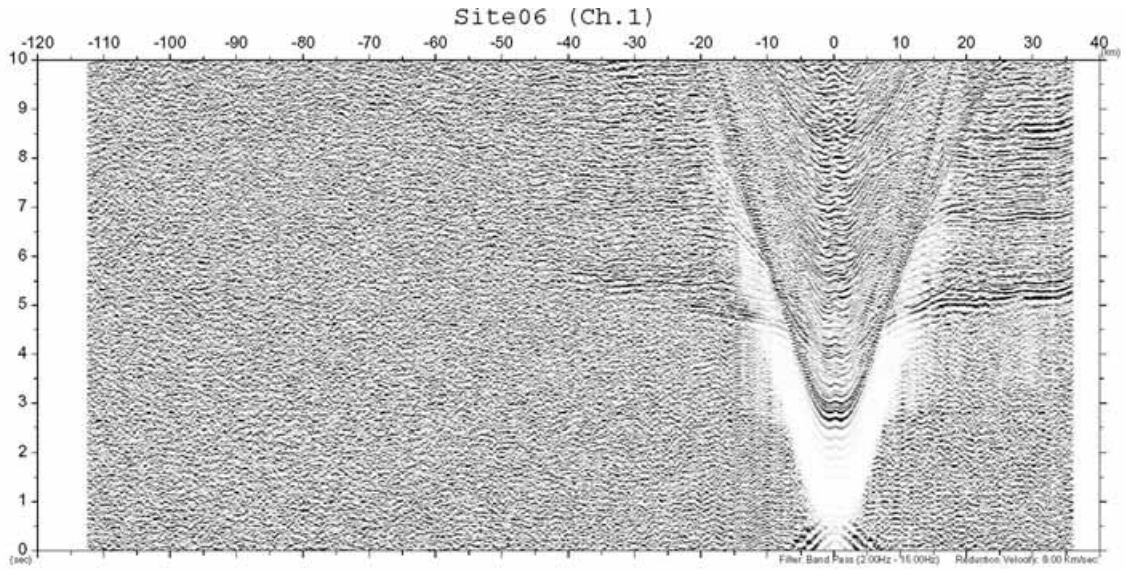


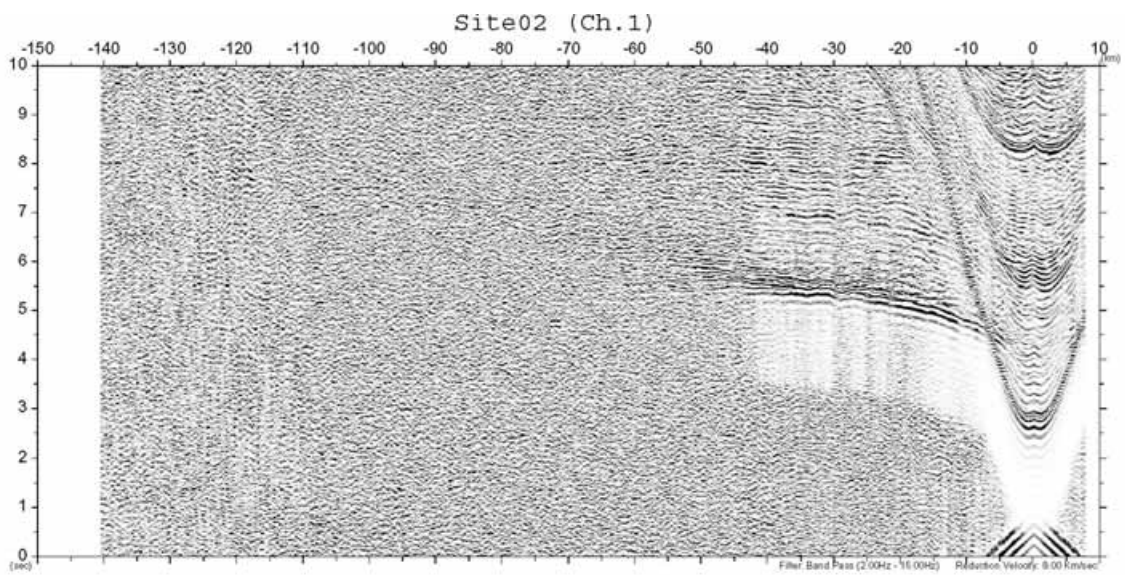
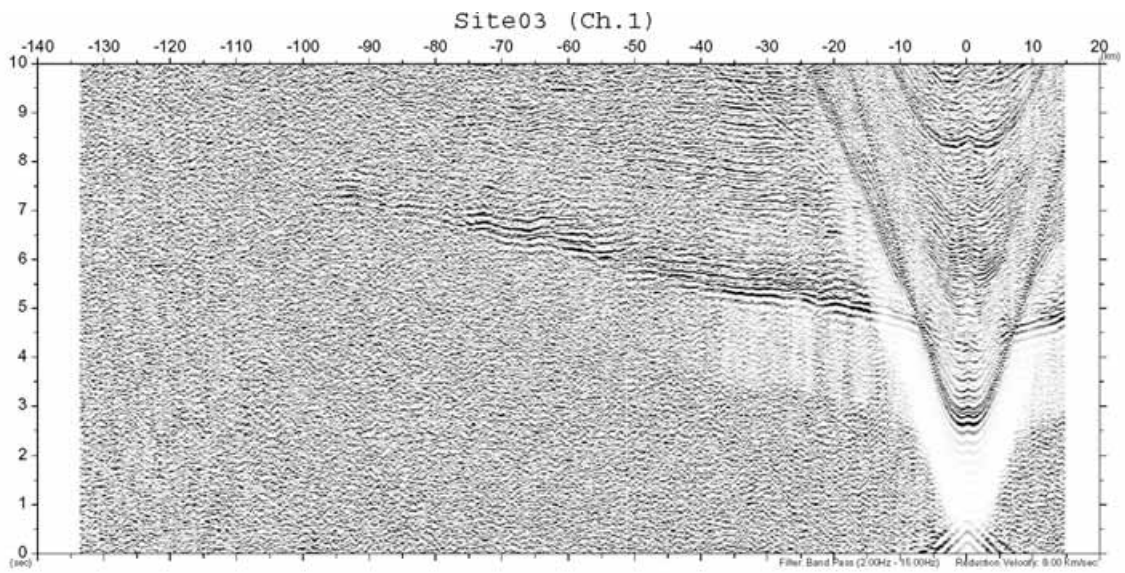
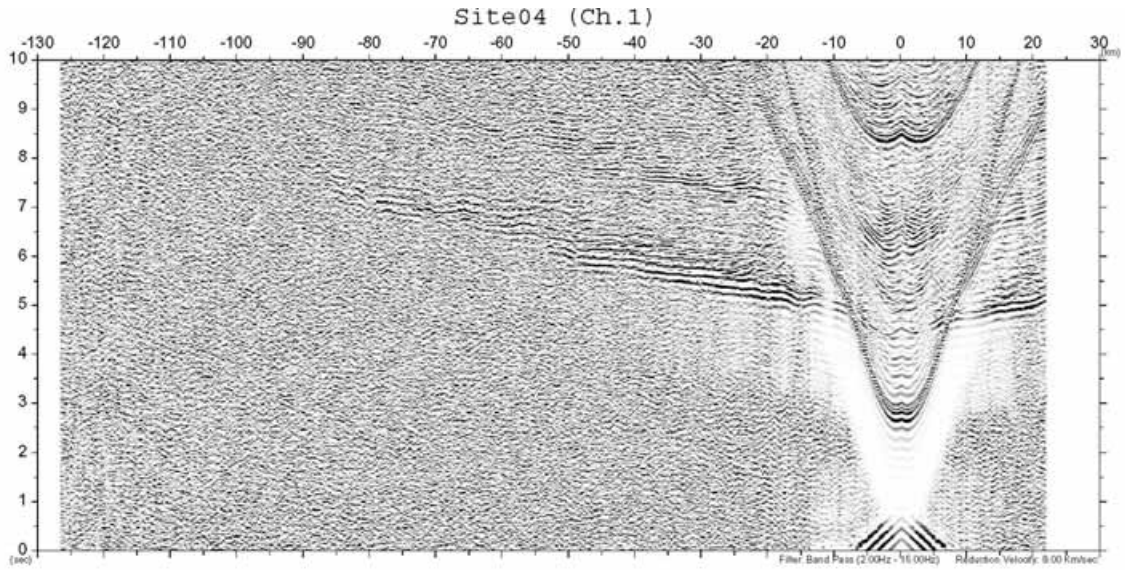












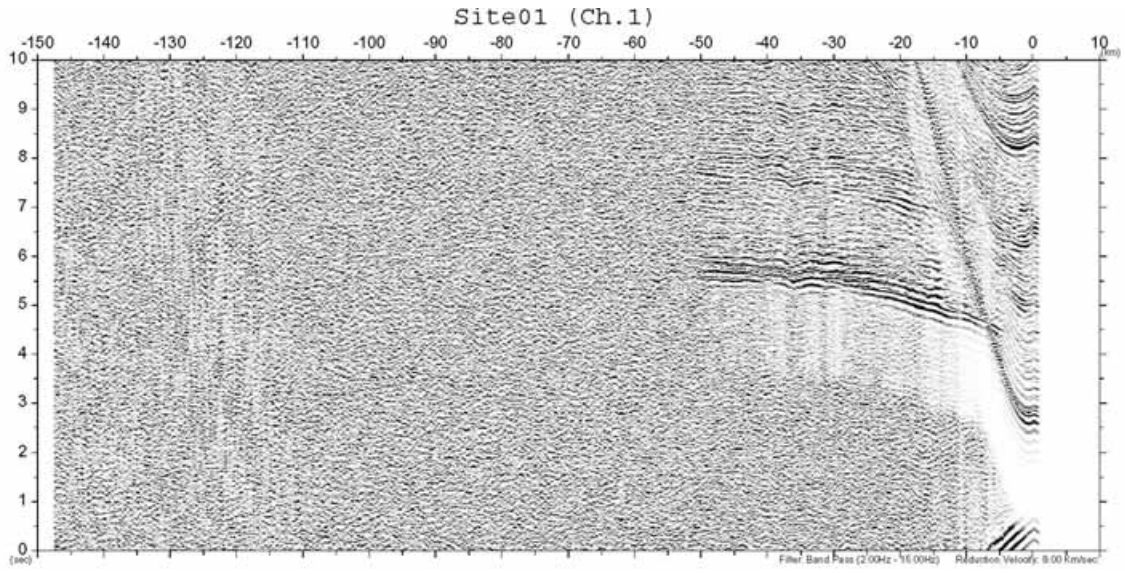


図2 NT0401 記録例