

12-4 沿岸海域の活断層－柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の海域延長部の例

Active faults in the coastal zone: an example of the offshore extension of the Yanagase-Sekigahara Fault Zone

産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター 杉山雄一
Yuichi Sugiyama, Active Fault and Earthquake Research Center, AIST

1. はじめに

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯については地震調査委員会の長期評価が2004年1月に公表されている¹⁾。それによると、この断層帯は関ヶ原から湖東を北上して、北国街道の谷（柳ヶ瀬断層谷）に至る。ここで断層は二又に分かれ、北側の分岐（柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部）は越前海岸に達し、南側の分岐（浦底 - 柳ヶ瀬山断層帯）は敦賀半島先端の立石岬の南に達する（第1図）。

敦賀半島先端部には日本原子力発電敦賀発電所があり、原子炉の増設申請のため、本断層帯の海域延長部をはじめ、若狭湾から越前沖の活断層の調査が行われている。その結果は2004年3月に公表されている²⁾。また、海上保安庁海洋情報部は、2003年度に加賀 - 福井沖の海底活断層調査を実施し、その成果は同じく2004年3月に公表されている³⁾。

これらの2004年3月以降に公表された沿岸海域の活断層調査データを見直すと共に、2011年度と2012年度の文部科学省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の若狭湾～越前・加賀沖海域への延長部の調査を行った。以下に、その主な結果を紹介する。

2. 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部の越前 - 加賀沖延長

本断層帯主部の北端は、これまで鮎川付近の陸上の西上がりの鮎川断層群の北端とされていた¹⁾が、越前海岸の前面に東上がりの顕著な活断層が確認された（第2, 3, 4図）。この断層は福井港沖の南北方向の活断層・活背斜³⁾に連続する（第2, 5, 6図）。更に、最も西側の分岐は陸棚～陸棚斜面を横断して北北西に伸び、マツダシ東方の南北性背斜³⁾の西側へ連続する（第2, 7図）。越前海岸沿いでは、鮎川断層群と同様の西上がりのバックスラストを伴う（第3図）。福井港～東尋坊沖の北北西走向部分には背斜を伴わず（第6図）、横ずれ成分の卓越が示唆される。

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部は、マツダシ、大グリなどからなる越前堆列の北東 - 南西方向の活断層・背斜と会合するところまで伸びている。音波探査断面から推定される同断層帯主部の北端は、地震調査委員会の長期評価¹⁾の北端よりも29kmほど北になる。

3. マツダシ、大グリ等（越前堆列）の北東 - 南西走向の逆断層・背斜構造

マツダシの背斜の南東側には、上部更新～完新統を累積的に変位・変形させる北西側上がりの逆断層や撓曲が確認された（第8, 9図）。大グリでは、既存データの再検討の結果、背斜の南東側には顕著な変形や断層は認められず、山本ほか（2000）⁵⁾の指摘のように、大グリの高まりの北～北東方に南東側上がりの撓曲ゾーンが確認された。越前堆列は、鮮新世以降に北西傾斜の逆断層によって形成されたと考えられ、マツダシ、ゲンタツ瀬の地下にある断層は現在も活動している。一方、大グリでは、北西傾斜の逆断層に代わって南東傾斜の逆断層が新たに形成されている可能性が示唆される。

4. マツダシ南方及び北方の正断層群

越前堆列の南方と北方には、海洋情報部（2004）³⁾の指摘のように、正断層が確認された（第10図）。最も傾斜が緩い部分では、海底下の深さ数10～100mの平均傾斜は50度程度である。断層の走向は北北西-南南東ないし北西-南東であり、マツダシ南方の最も長い断層は約11kmにわたって追跡される。これらの断層は一部で地塁・地溝構造をなし、横ずれ断層によく認められるV字状や小地溝状の断面形態を示す。断層による変位は海底にまで達しているところがあり、完新世にも活動していると推定される。

これらの正断層の形成機構は今後の研究課題であるが、分布の特徴は次のように整理される。マツダシ南方の正断層群はマツダシとゲンタツ瀬の逆断層と背斜のステップ部に位置する。マツダシの背斜はこのステップに向かって急激にプランジしており、南西への隆起量の急減を示唆する。一方、大グリ北方の最も顕著な正断層は、大グリ北東の南東側上がり の撓曲構造の西端に位置する。また、マツダシから延びる北西側上がり の逆断層と背斜の東端に当たる。

5. 浦底-柳ヶ瀬山断層帯の敦賀湾・若狭湾への延長

本断層帯については、日本原子力発電による調査結果²⁾を再検討した結果、左横ずれを主体とする浦底断層とウツロギ峠・池河内・柳ヶ瀬山断層が北西-南東方向に連なる（第1図）。前者の南東部、後者の北西部は、各々、東上がり、西上がり の南北方向の逆断層に移化している。断層帯の北端は、2004年の長期評価よりも7kmないし10km北西に延びる。

本断層帯については、日本原子力発電の調査²⁾及び産総研・東海大の2011年度の調査⁴⁾によって、過去の活動に関するデータが得られている（第11図）。それらによると、約7300年前の鬼界アカホヤ火山灰の降下以降に2回、mオーダーの地表変位を伴う断層活動が発生した可能性がある。

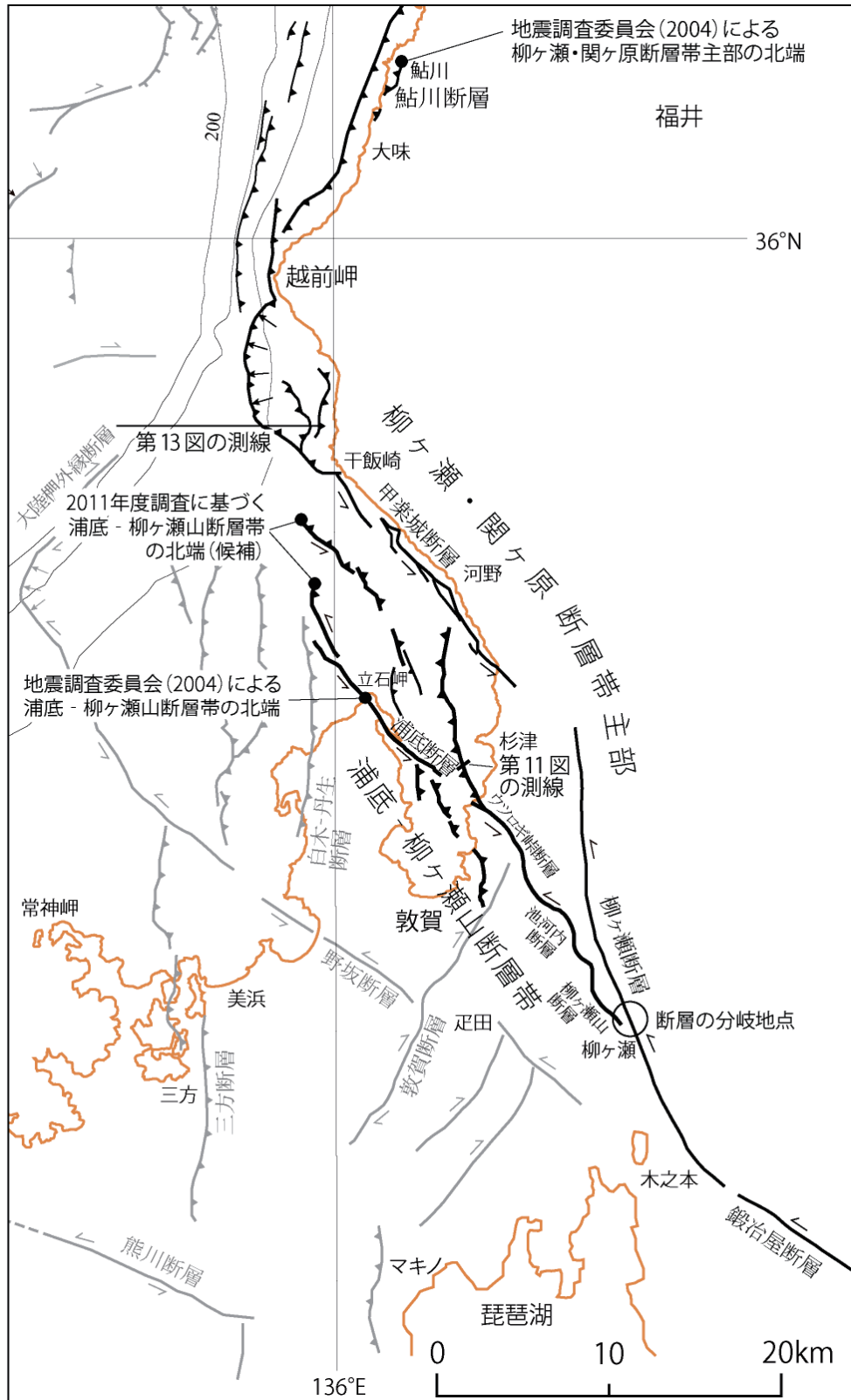
6. 沿岸海域の活断層に関する課題（所感）

沿岸海域の活断層調査は遅れていると言われるが、原子力発電所等の重要施設の立地地域周辺では膨大な活断層情報が得られている。調査が遅れていることは事実であるが、既に得られているデータの活用が遅れていることが大きな問題と感じる。また、沿岸海域の場合、海底地形に加えて、海水準変動にレスポンスした堆積・侵食過程（第12図）や、広域・ローカル双方の地質構造発達史を踏まえた音波探査記録の検討（第13図）が不可欠である。

謝辞：日本原子力発電株式会社には音波探査記録を開示して頂いた。ここに深く謝意を表す。

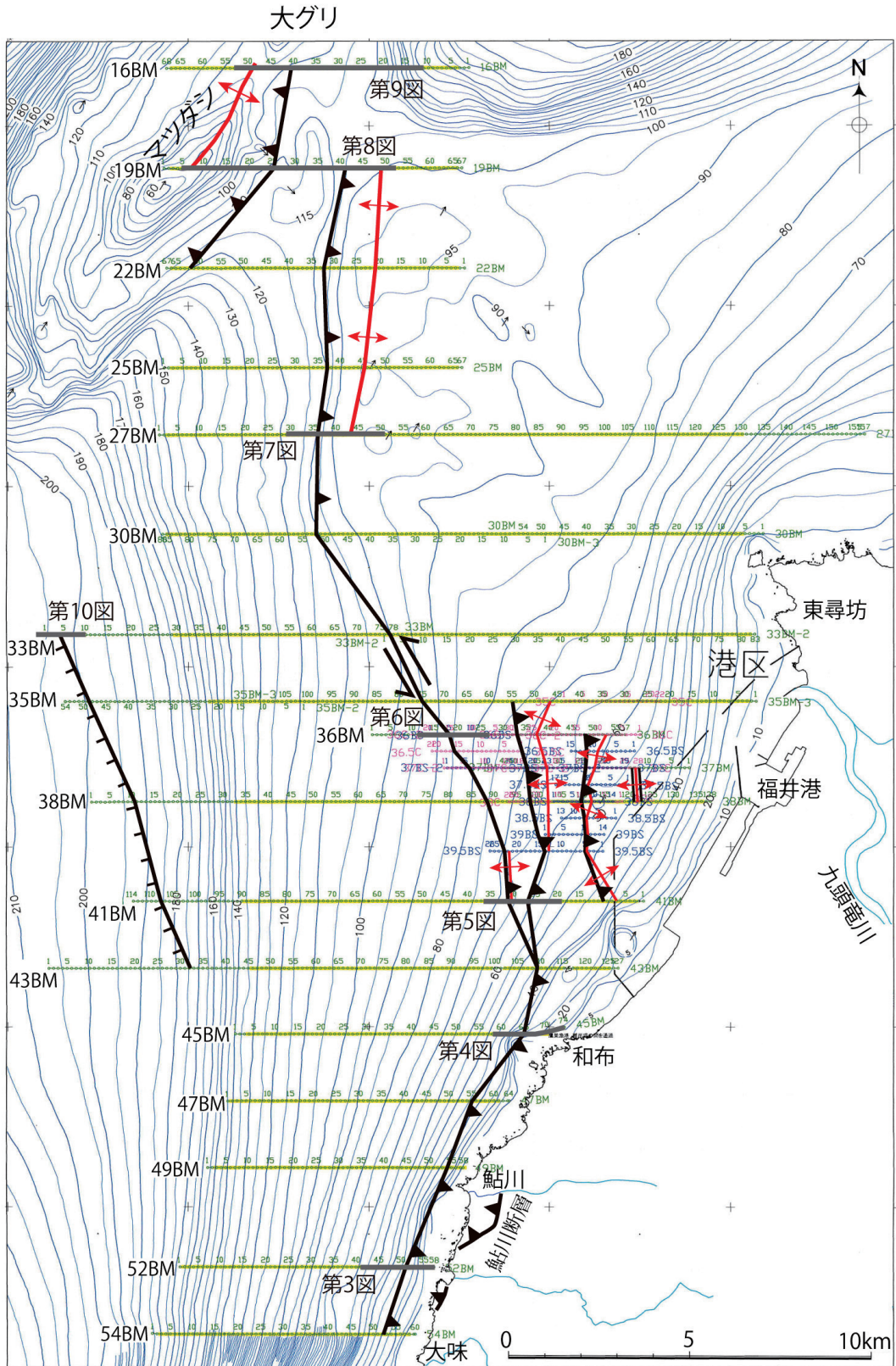
参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価について。
- 2) 日本原子力発電（2008）敦賀発電所3号及び4号炉の安全審査に係る追加調査報告書。
- 3) 海上保安庁海洋情報部（2004）沿岸海域海底活断層調査「加賀一福井沖」資料整理作業報告書。
- 4) 産業技術総合研究所・東海大学（2012）平成23年度沿岸海域における活断層調査「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底-柳ヶ瀬山断層帯（海域部）」成果報告書。
- 5) 山本博文・上嶋正人・岸本清行（2000）20万分の1ゲンタツ瀬海底地質図。地質調査所。

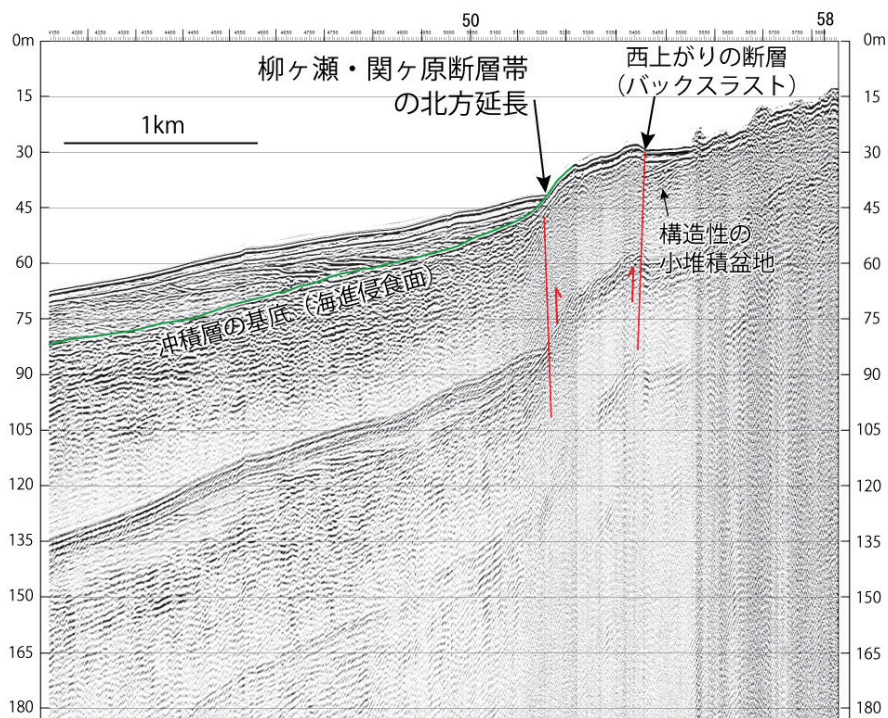


第1図 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の位置と構成断層.

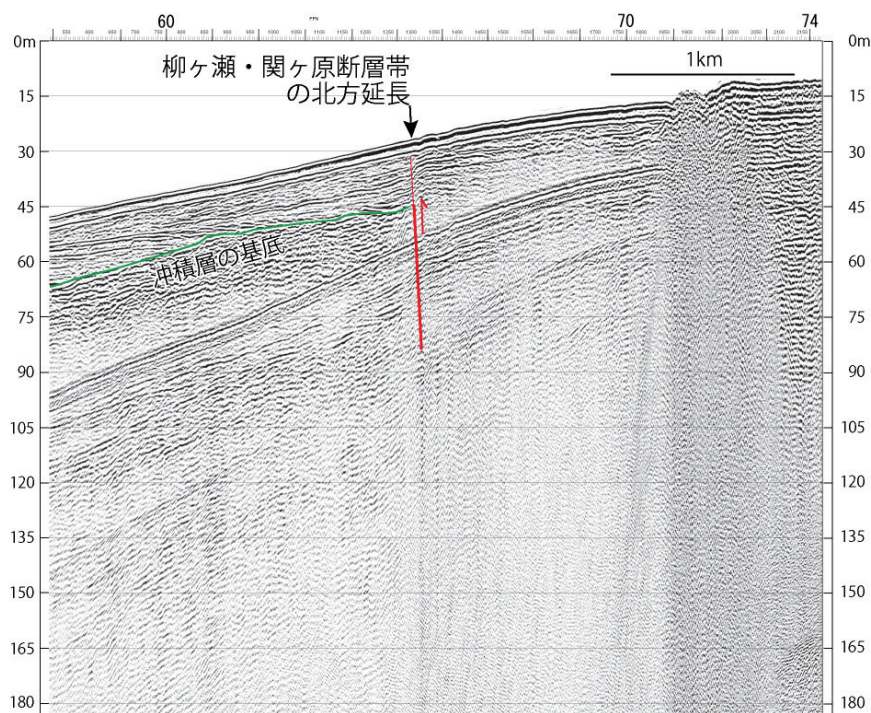
Fig. 1 Location and constituent faults of the Yanagase-Sekigahara Fault Zone.



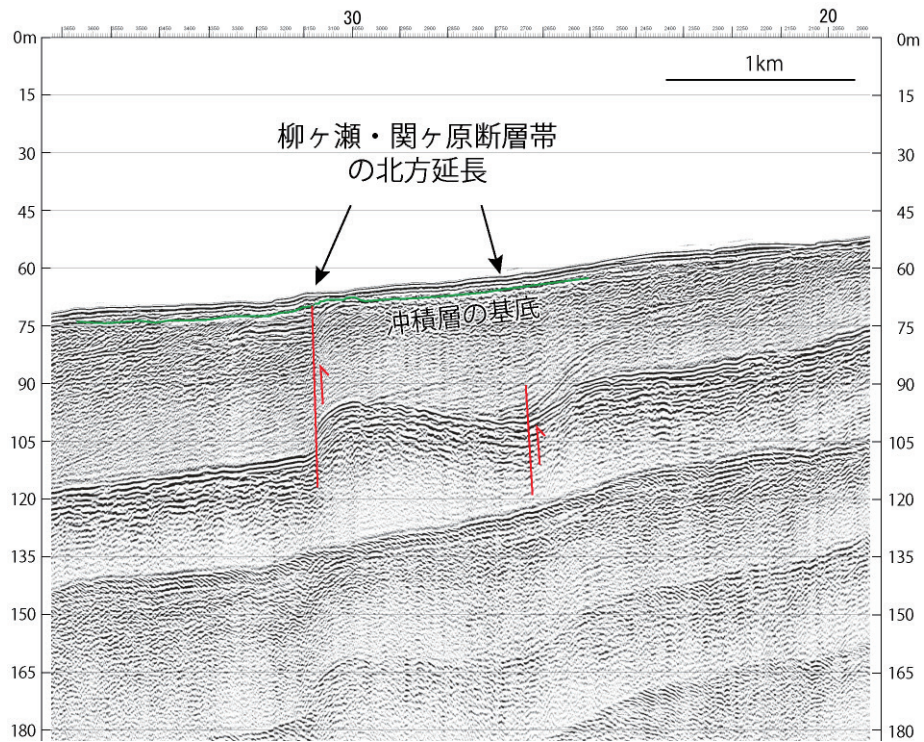
第2図 音波探査の測線と確認された主な断層・背斜.
 Fig. 2 Seismic reflection profiling lines and identified main faults and anticlines.



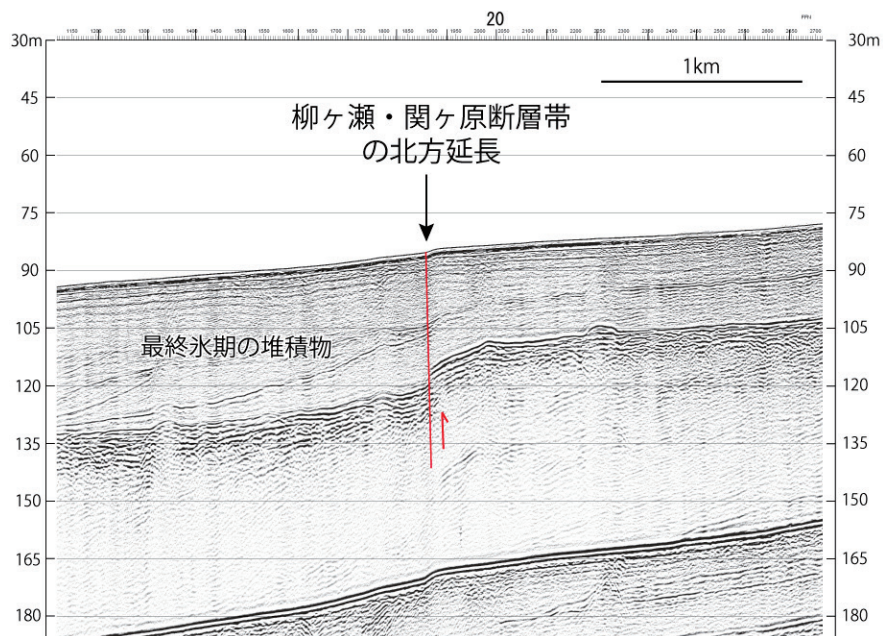
第3図 測線 52BM の音波探査記録. 測線の位置は第2図参照.
 Fig. 3 Seismic reflection profile of Line 52BM. See Fig. 2 for the line location.



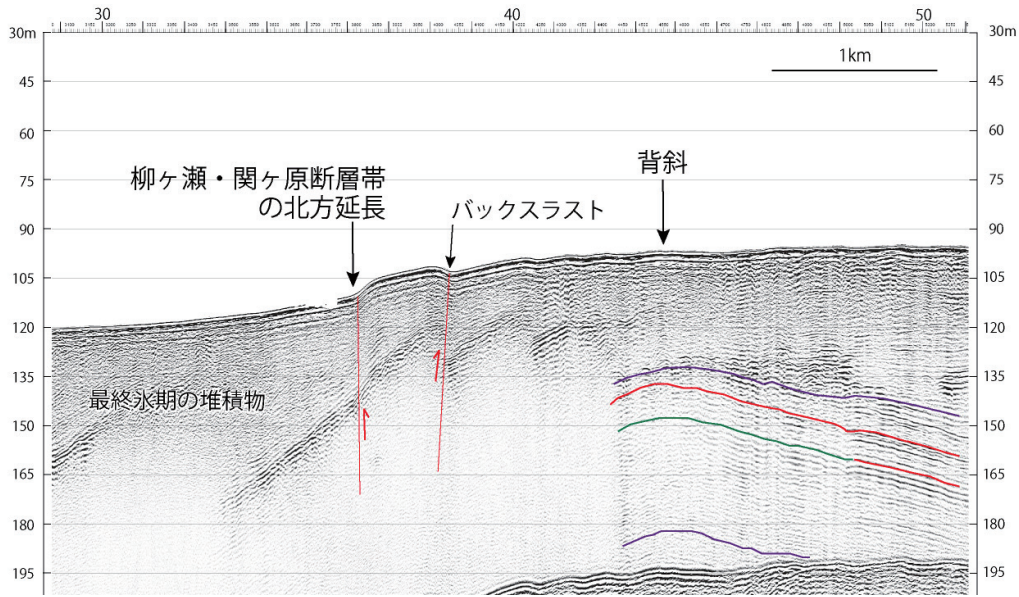
第4図 測線 45BM の音波探査記録. 測線の位置は第2図参照.
 Fig. 4 Seismic reflection profile of Line 45BM. See Fig. 2 for the line location.



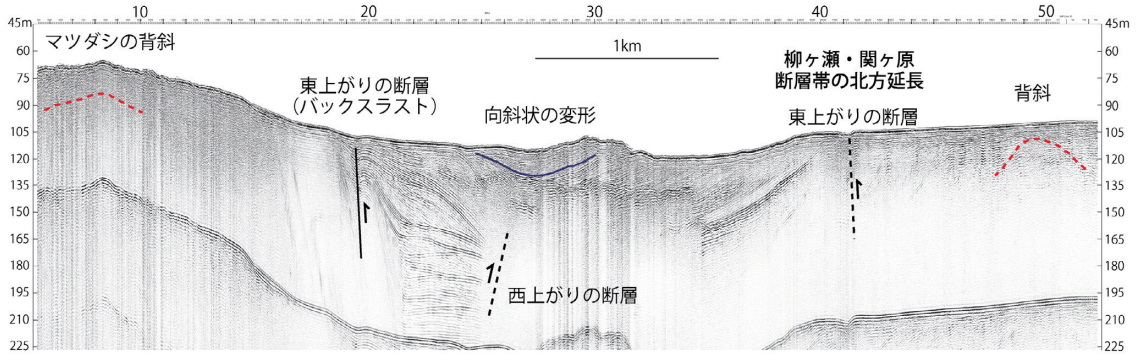
第 5 図 測線 41BM の音波探査記録. 測線の位置は第 2 図参照.
 Fig. 5 Seismic reflection profile of Line 41BM. See Fig. 2 for the line location.



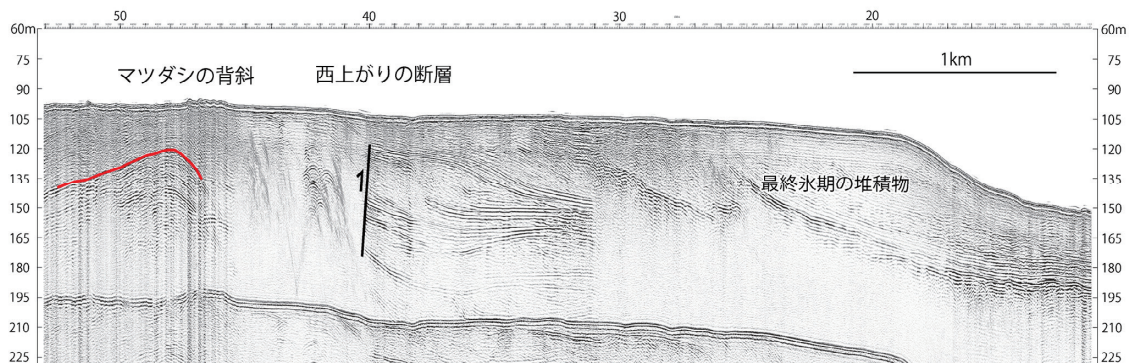
第 6 図 測線 36BM の音波探査記録. 測線の位置は第 2 図参照.
 Fig. 6 Seismic reflection profile of Line 36BM. See Fig. 2 for the line location.



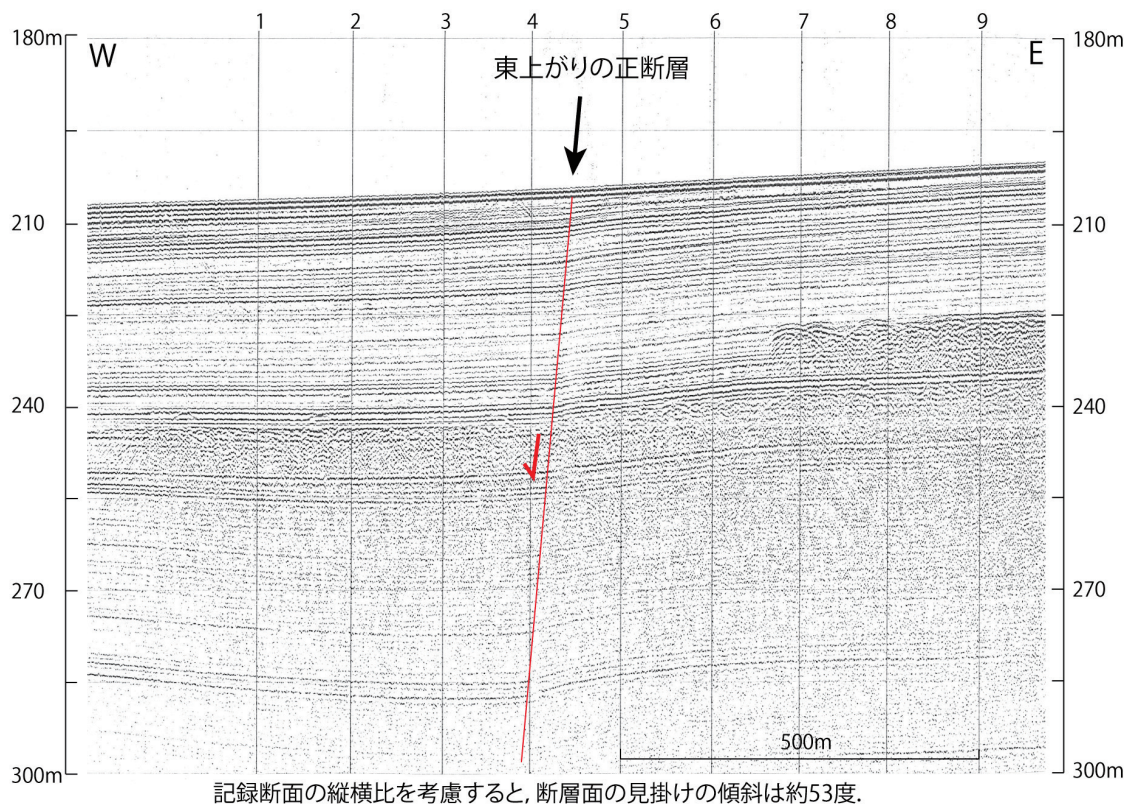
第7図 測線27BMの音波探査記録. 測線の位置は第2図参照.
 Fig. 7 Seismic reflection profile of Line 27BM. See Fig. 2 for the line location.



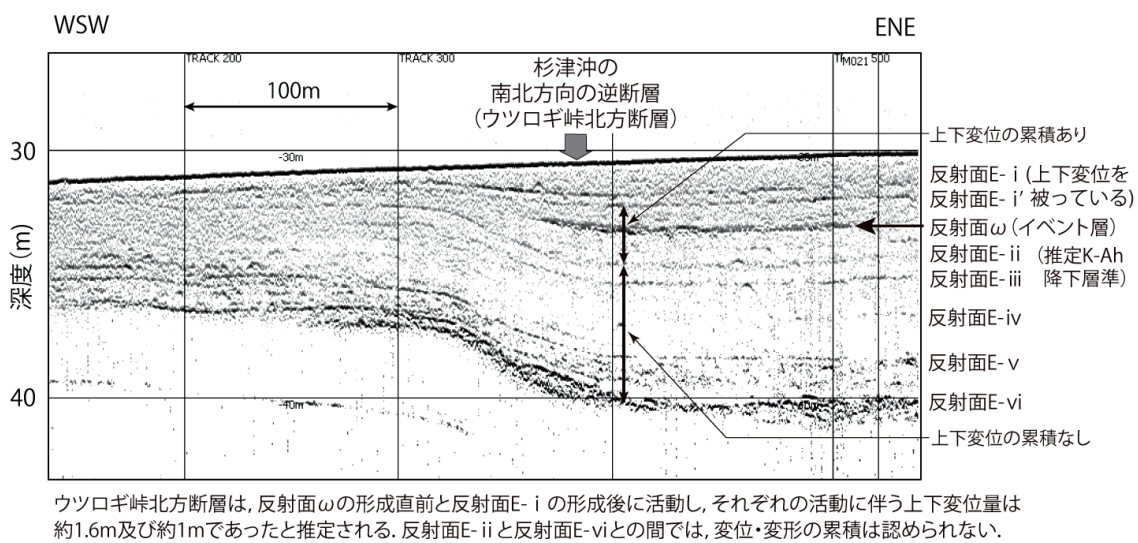
第8図 測線19BMの音波探査記録. 測線の位置は第2図参照.
 Fig. 8 Seismic reflection profile of Line 19BM. See Fig. 2 for the line location.



第9図 測線16BMの音波探査記録. 測線の位置は第2図参照.
 Fig. 9 Seismic reflection profile of Line 16BM. See Fig. 2 for the line location.

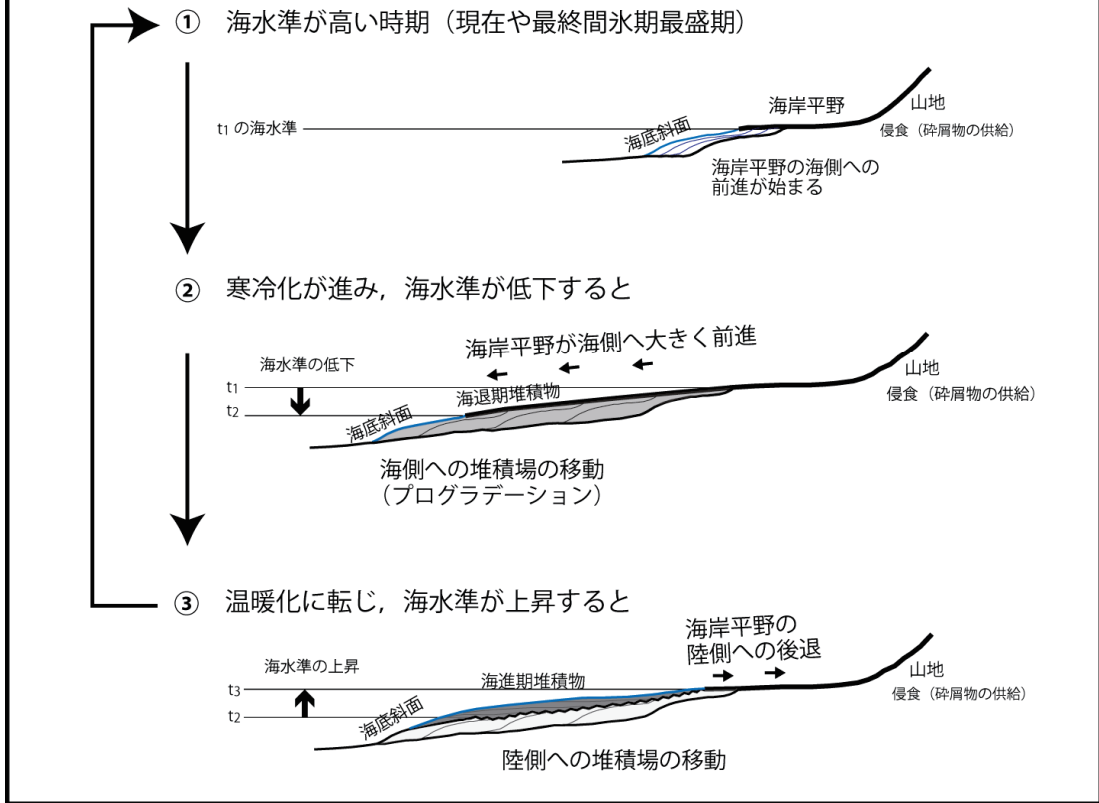


第 10 図 測線 33BM の音波探査記録. 測線の位置は第 2 図参照.
 Fig. 10 Seismic reflection profile of Line 33BM. See Fig. 2 for the line location.



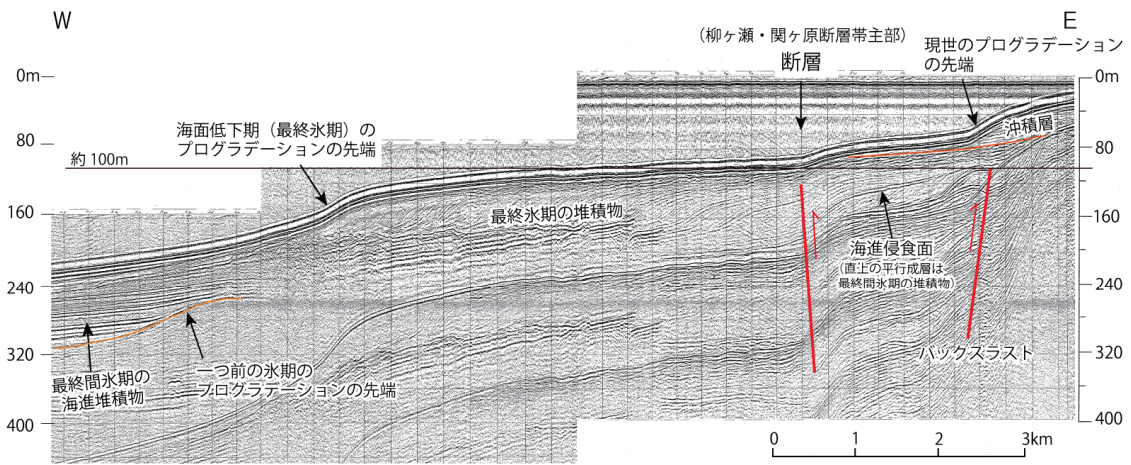
第 11 図 敦賀市杉津沖の高分解能音波探査記録⁴⁾. 測線の位置は第 1 図参照.
 Fig. 11 High-resolution seismic reflection profile off Suitu, Tsuruga City⁴⁾.
 See Fig. 1 for the line location.

海水準の変化と地層の堆積, 海岸平野と海底斜面の形成・移動模式図



第 12 図 海水準の変化と地層の堆積, 海岸平野と海底斜面の形成・移動模式図.

Fig. 12 Schematic illustration of the sedimentation and formation/migration of the coastal plain and shelf break in response to the eustatic sea level change.



この反射断面では, 海底に 3 つの崖が見られる。中央の崖は, 最終氷期の堆積物・最終間氷期の堆積物・海進侵食面の総てを変位させている。東側と西側の崖は, 前進堆積作用 (プログラデーション) により形成された崖で, 海底下に分布する地層に変位・変形は認められない。一つ前の氷期のプログラデーションの先端は最終氷期の同先端より 130m ほど深い位置にあり, 最終間氷期の厚い海進堆積物に覆われる。これは断層下盤側の著しい沈降を示唆する。

第 13 図 干飯崎付近の音波探査記録. 日本原電 AW14E 測線の一部. 測線の位置は第 1 図参照.

Fig. 13 Seismic profile off Cape Karei. Line AW14E of JAPC. See Fig. 1 for the line location.