

7. プレートの構造と地震活動

日本海東縁に新生プレート境界が存在し、北海道と東北日本は北アメリカプレートに乗っているという説が1983年のはじめ頃から提唱され（中村，1983；小林，1983），1983年日本海中部地震（M7.7）の発生後その議論は急激に高まった。さらに，1993年北海道南西沖地震（M7.8）の発生を機に，北海道と東北日本を乗せるプレートはオホーツクプレートであるという説も提唱されている（瀬野，1993）。従来，日本列島およびその周辺ではユーラシアプレート，太平洋プレート，フィリピン海プレートのプレート相互運動により大地震が繰り返し発生していると考えられていたが，もうひとつのプレート（北アメリカプレートまたはオホーツクプレート）をも考慮する必要がありそうである（図 I-7-1 参照）。

日本列島付近で発生する大地震は，これらのプレートの相対運動の直接の表れか（プレート境界地震），プレート相互作用に伴いプレート内に蓄積された応力の解放作用（プレート内地震）によるものである。プレート境界地震，すなわち，プレート境界に沿って発生する大地震の震源域は，適当な期間でみると互いに重ならないように分布している（図 I-7-1 参照）。

北海道大学，東北大学，弘前大学の高感度微小地震観測網のデータを併合処理した結果，北海道および東北日本弧の全域にわたる広大な地域で高精度の震源決定が可能になり，二重深発地震面の上面，下面の等深線が得られた（図 I-7-2 参照）。この地域下に沈み込んでいる太平洋プレートの形状がより明瞭にイメージできるようになり，プレート境界地震や深発地震の発生機構を理解するための基本的な情報を与えている。微小地震観測データからは，高精度の震源分布だけでなく，地下構造に関する詳細な情報も得られる。モホ面，コンラッド面の深さ分布（図 I-4-2，図 I-4-4 参照），3次元地震波速度構造（図 I-4-3，図 I-4-5，図 I-4-6 参照），3次元地震波減衰構造（図 I-4-7 参照），太平洋プレート上部境界面位置（図 II-1-11 参照）及びプレート内部の地震波速度構造などがかなり詳しくわかるようになってきた。これまでの研究により推定された東北日本の地殻・上部マントルの東西鉛直断面および地震発生様式を図 I-7-3 に模式的に示す。

陸側プレート内に発生する内陸地震の発生機構の研究のためにも，高精度の震源決定は不可欠である。特に震源の深さ分布は，地殻内の応力分布を推定する上で基本的な情報である。東北地方内陸に発生する地震は，その深さの下限が15km程度であり，この深さは必ずしもコンラッド面とは一致していないことが明らかになった。さらに詳しくみると，東北地方中央部においては，1896年陸羽地震（M7.2），1970年秋田県南東部地震（M6.2）が発生した地域では，浅発微小地震の震源の深さ分布の下限は15km程度まで達しているが，活火山の下では局所的に浅くなっている（図 I-7-4，図 I-7-5 参照）。

内陸浅発地震の深さの下限は，脆性破壊を起こし得る深さの下限を示しており，それは主として地殻内の温度分布で規定されていると考えられる。すなわち，脆性破壊-流動変形の境界面が東北地方ではおよそ15kmにあると推定される。また，活火山の下で，震源の深さの下限が局所的に浅くなるのは，深部から上昇してきたマグマにより，温められたためと理解される。ところが，北海道および東北地方の火山の近傍では通常の内陸浅発地震の深さ（15km以浅）よりも有意に深い（25km以深）地震が発生している。流動変形を起こし，通常，地震を発生させないと

思われる深さ範囲で起こっているわけである。波形記録例（図 I-7-6 参照）からわかるように、これらの深い地震は、通常の深さに発生する内陸浅発地震よりも P 波、S 波とも極端に低い卓越周波数をもつ「低周波微小地震」である。低周波微小地震は火山の近傍に多く発生しており（図 I-7-7, 図 I-7-8 参照）、その発生機構は地下のマグマ活動と密接に関連していると考えられる。

プレート境界地震である太平洋下の浅発地震、沈み込む太平洋プレート内に発生する稍深発地震、陸側プレート内の内陸浅発地震、および低周波微小地震が、広域にわたって同期するかのよう同じ期間にその活動度が低下することがある（図 I-7-9 参照）。プレート沈み込みに伴うテクトニック・ストレスの時間変化を反映している可能性を示唆するものである。

[長谷川 昭]

参 考 文 献

- 1) Hasegawa, A. et al. : Earthq. Predict. Res., 3 (1985), 607-626.
- 2) Hasegawa, A. et al. : J. Geophys. Res., in press, (1994).
- 3) Hasegawa, A. and A. Yamamoto : Tectonophysics, 233 (1994), 233-252.
- 4) 小林洋二 : 月刊地球, 5 (1983), 510-518.
- 5) 中村一明 : 地震研究所彙報, 58 (1983), 711-722.
- 6) 瀬野徹三 : 科学, 63 (1993), 711-719.
- 7) 鈴木貞臣 : 火山, 37 (1992), 9-20.

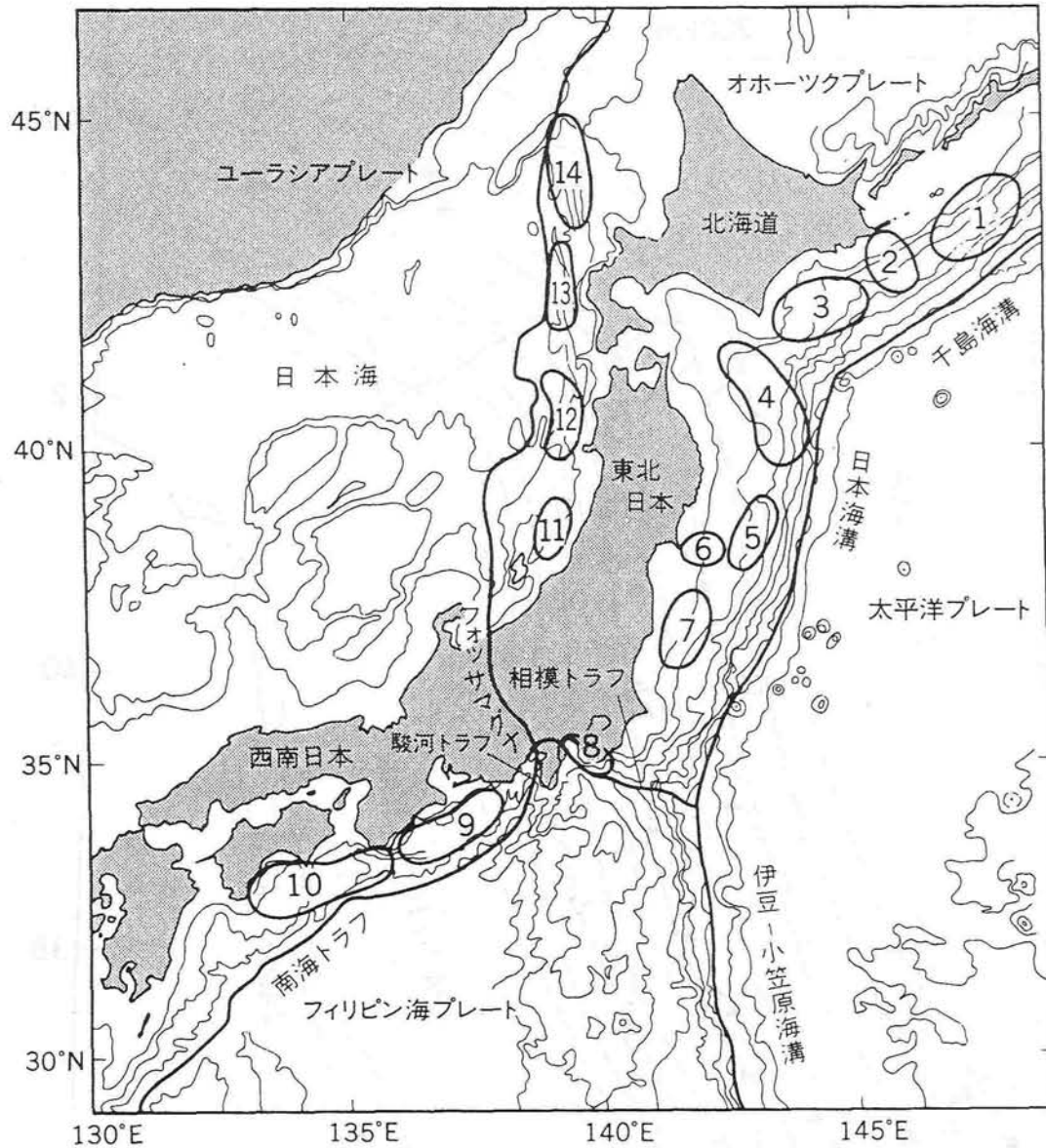


図 I-7-1 日本列島およびその周辺のプレート境界。過去100年間に発生したプレート境界型大地震の震源域を1~14の実線で囲んだ領域で示す：1. 1969年千島地震 (M7.8), 2. 1973年根室半島沖地震 (M7.4), 3. 1952年十勝沖地震 (M8.2), 4. 1968年十勝沖地震 (M7.9), 5. 1897年宮城沖地震 (M7.7), 6. 1978年宮城県沖地震 (M7.4), 7. 1938年塩屋沖地震 (M7.3~7.5), 8. 1923年関東地震 (M7.9), 9. 1944年東南海地震 (M7.9), 10. 1946年南海地震 (M8.2), 11. 1964年新潟地震 (M7.5), 12. 1983年日本海中部地震 (M7.7), 13. 1993年北海道南西沖地震 (M7.8), 14. 1940年積丹半島沖地震 (M7.5) (瀬野, 1993)。

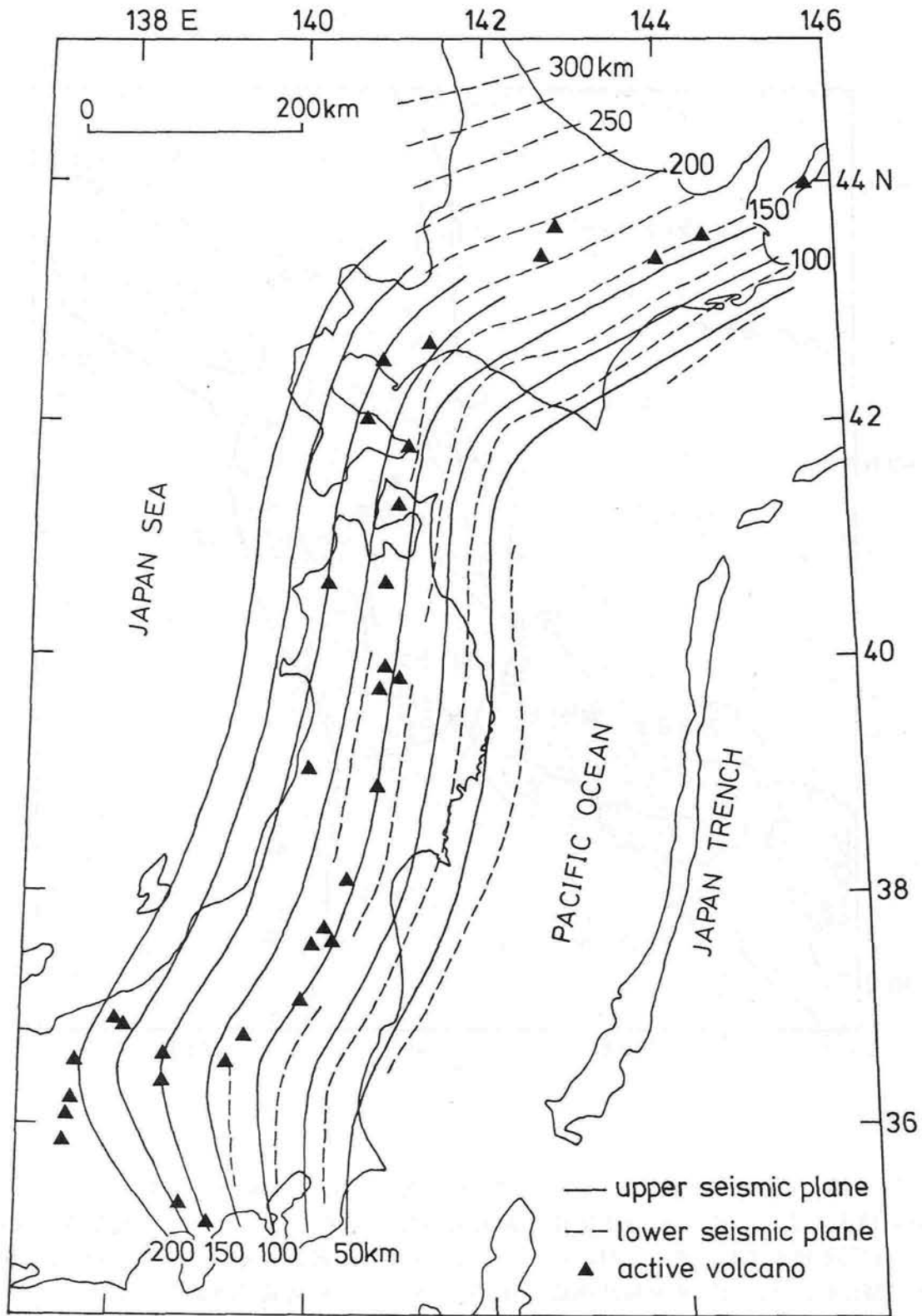


図1-7-2 北海道～東北地方下の深発地震面の深さ分布。二重深発地震面の上面および下面までの深さを、それぞれ実線および破線のコンターで示す。▲印は活火山の位置を示している。上面および下面の地震面とも、その等深線が海溝軸にほぼ平行であることがわかる (Hasegawa et al., 1985)。

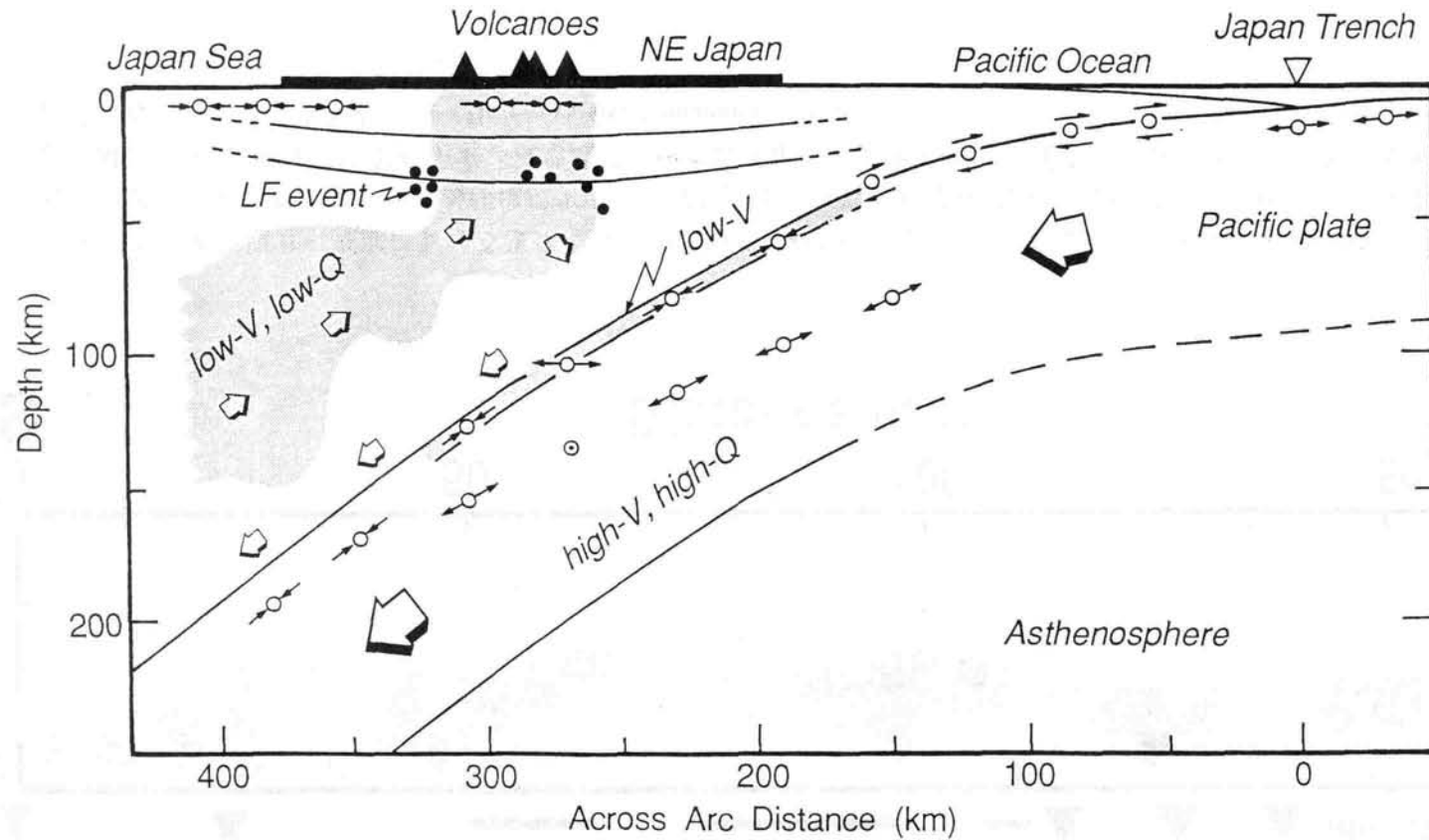


図1-7-3 東北日本の地殻・上部マントルの東西鉛直断面模式図 (Hasegawa et al., 1994)。陸域下に沈み込む厚さ約90kmの太平洋プレートは2層構造をしている。上側の薄い層内では、地震波速度が遅く、火山フロント直下を除くとダウン・ディップ・コンプレッション型の発震機構の稍深発地震が発生する。一方、厚い下層内では、地震波速度が速く、地震波減衰も小さい。この層の真中付近ではダウン・ディップ・イクステンション型の稍深発地震が発生している。太平洋下では、プレート境界面に沿う低角逆断層型の地震と海溝付近のプレート内部の正断層型の地震が発生する。マントルウェッジ内では、沈み込む太平洋プレートとほぼ平行に、傾斜した地震波低速度域が分布し、それは活火山直下に達する。低周波微小地震は、この低速度域の周辺部のモホ面近傍の深さで発生している。内陸の浅発地震は、深さ15km以浅で発生し、逆断層型の発震機構を示す。

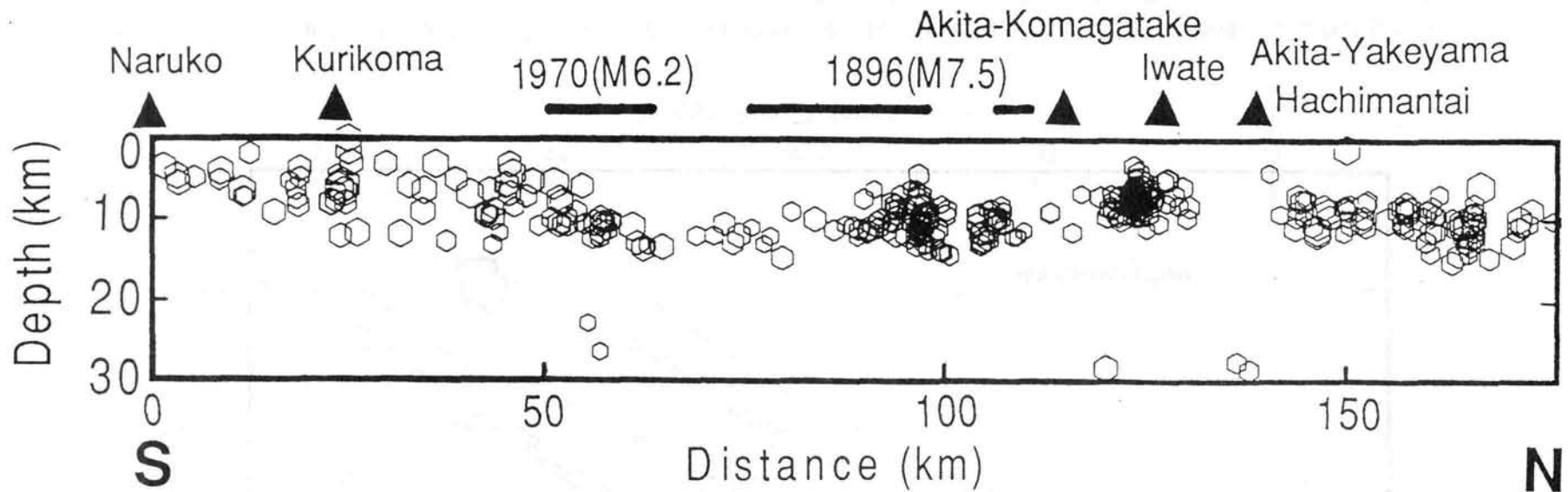


図1-7-4 東北地方中央部における浅発地震の南北鉛直断面図。火山フロントに沿う幅60kmの範囲に震源決定された地震を投影した。図上部の▲印は活火山の位置を、太実線は1896年陸羽地震 (M7.2), 1970年秋田県南東部地震 (M6.2) の震源域の位置を示す。浅発地震の深さの下限が、火山の下では浅く、大きな地震が発生した地域では深くなっていることがわかる (Hasegawa and Yamamoto, 1994)。

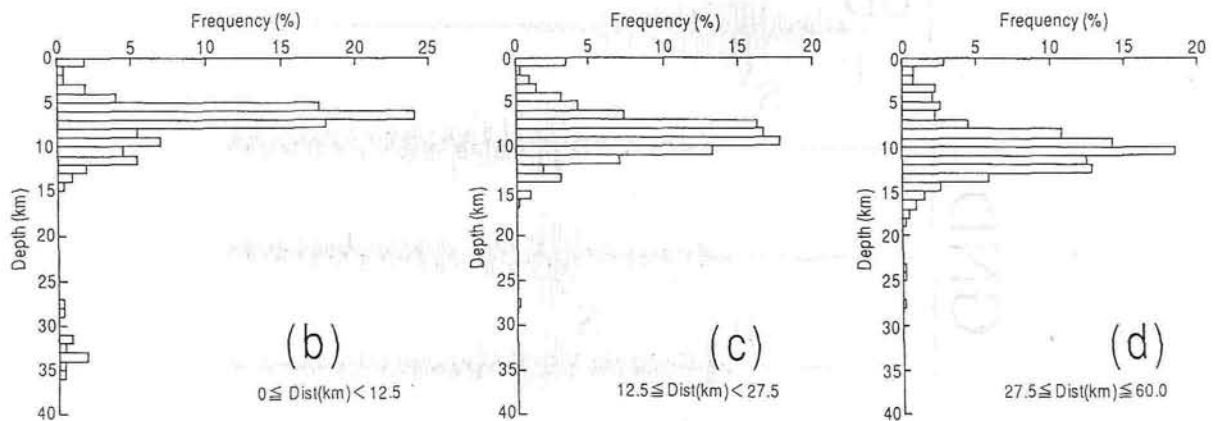
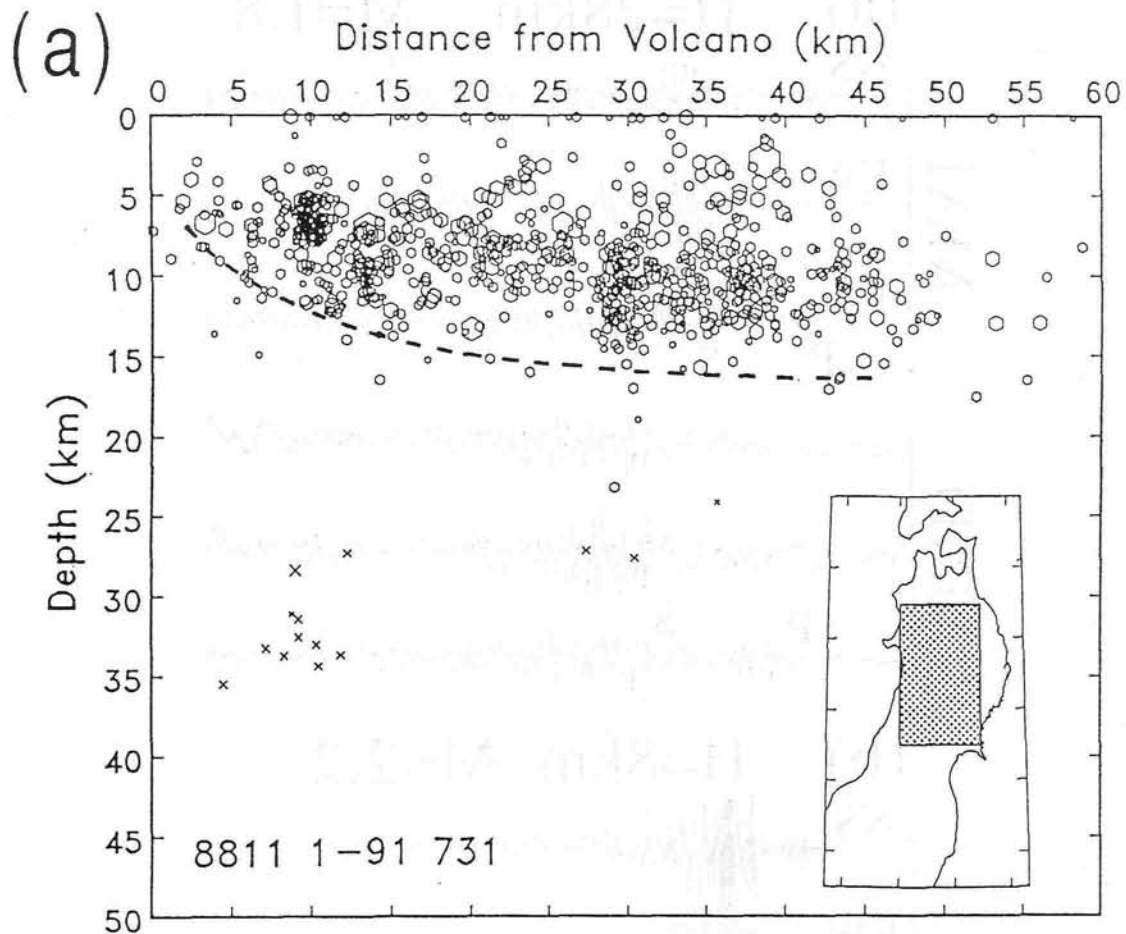


図 1-7-5 (a) 東北地方中央部（挿入図の範囲）における浅発地震の深さ分布。各地震から最も近い火山までの水平距離を横軸にとって示してある。×印は低周波微小地震、六角印は通常の地震を示す。

(b) ~ (d) 火山からの水平距離 0 ~ 12.5 km, 12.5 ~ 27.5 km, 27.5 ~ 60 km の範囲の浅発地震の深さ別頻度分布。地震は (a) 図と同じ。異常な活動である低周波微小地震 (×印) を除くと、地震発生層の深さの下限が、火山から離れるに従って深くなるのがわかる (Hasegawa and Yamamoto, 1994)。

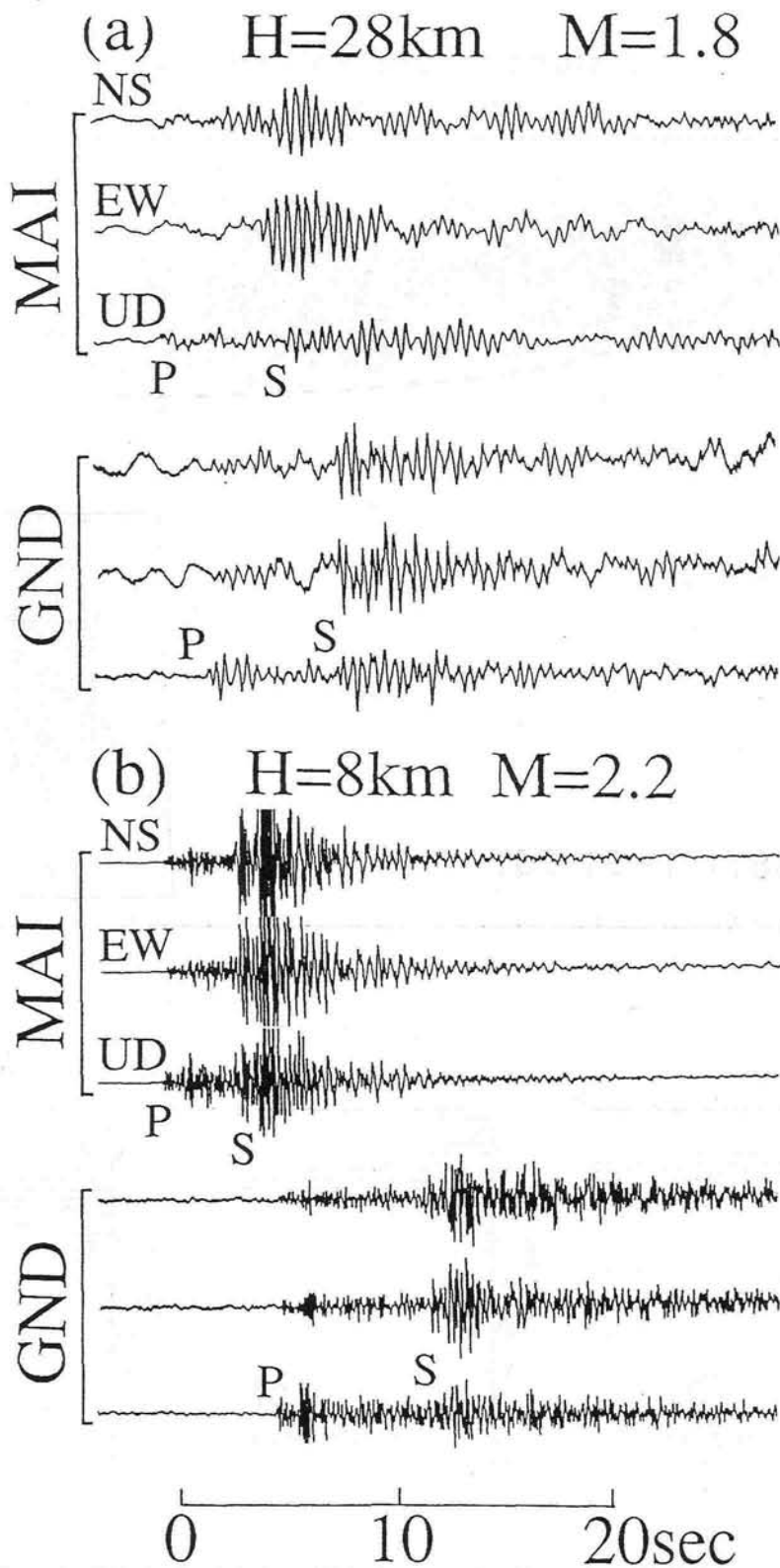


図1-7-6 (a) 低周波微小地震の3成分記録例。この地震 ($M1.8$) は、福島県南西部燧ヶ岳直下の深さ28kmに発生した。

(b) 上記(a)の地震とほぼ同じ震央で通常の深さ(8km)に発生した地震 ($M2.2$) の3成分記録。両者を比較すると、(a)の地震がP波、S波とも極めて低い卓越周波数をもつ地震であることがわかる (Hasegawa and Yamamoto, 1994)。

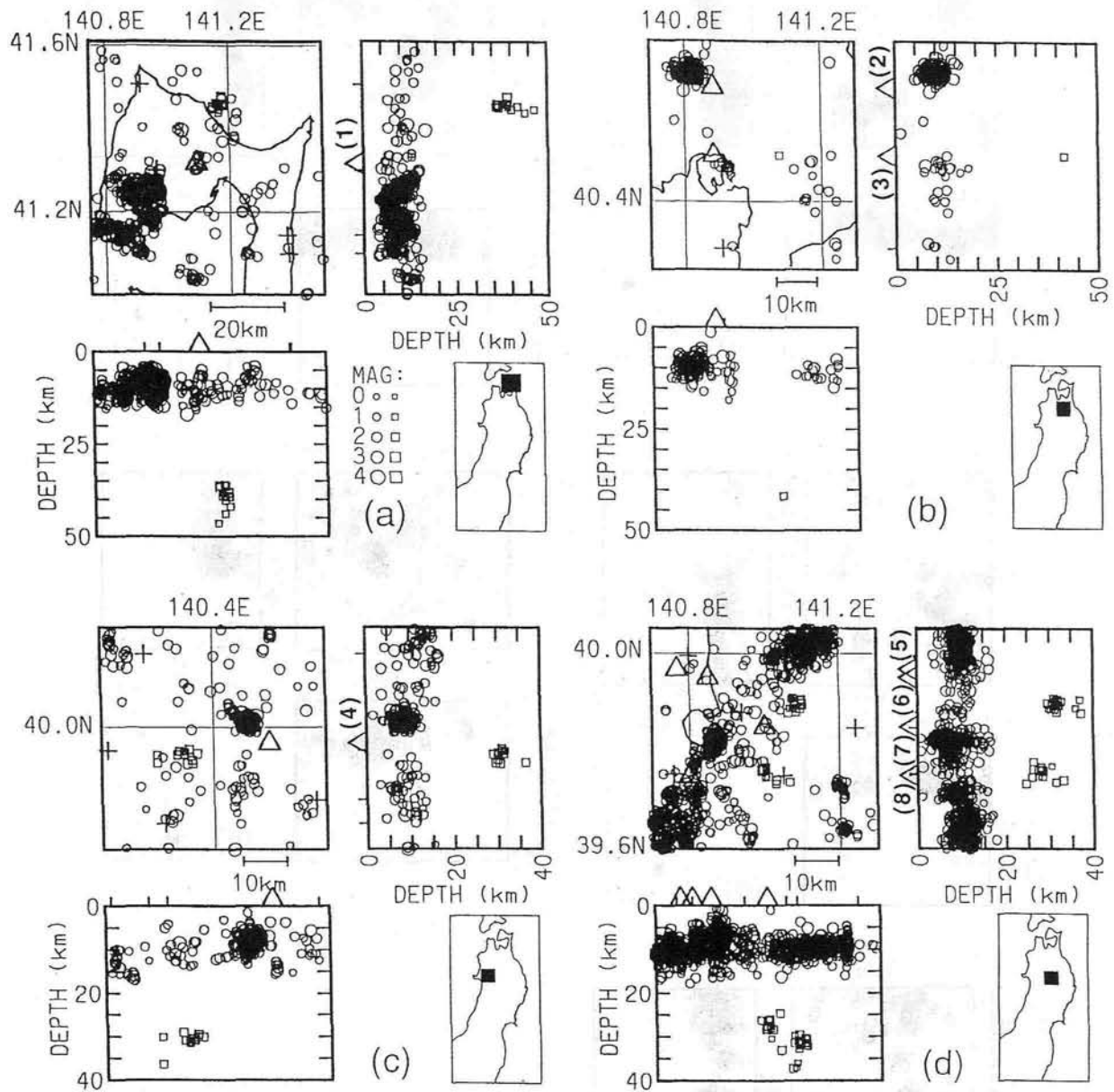


図 1-7-7 低周波微小地震と通常の浅発地震の震源分布。低周波微小地震を□印，通常の地震を○印で示す。各図は挿入図で黒で示した領域の地震の震央分布および東西，南北鉛直断面をあらわしている。番号をつけた△印は火山の位置を示す。低周波微小地震（□印）は，通常の地震（○印）とは離れて異常に深いところで発生していることがわかる（Hasegawa and Yamamoto, 1994）。

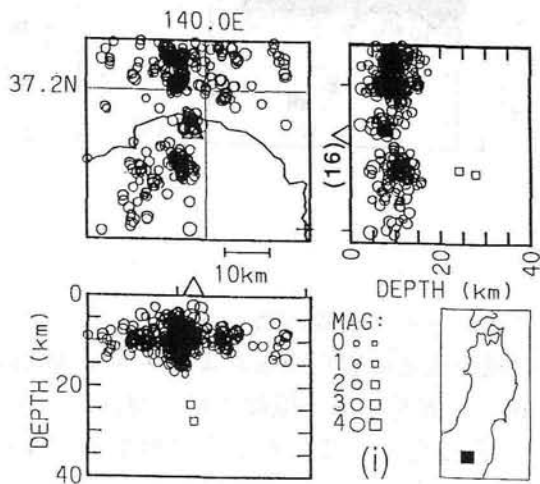
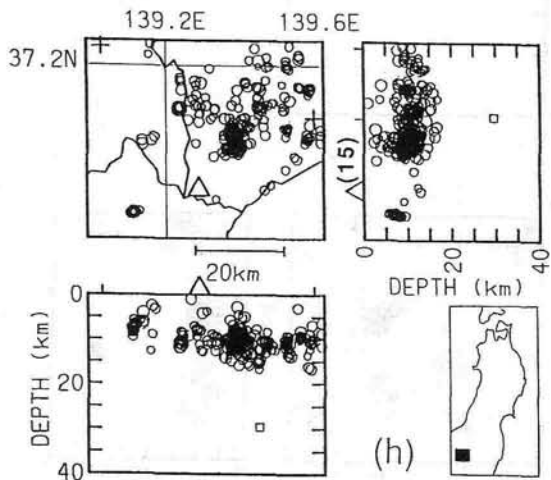
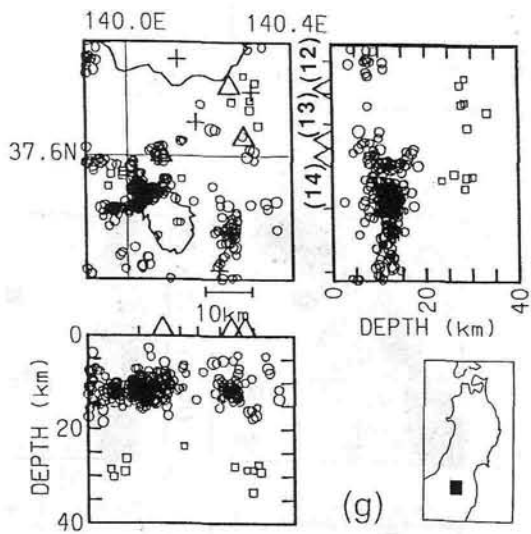
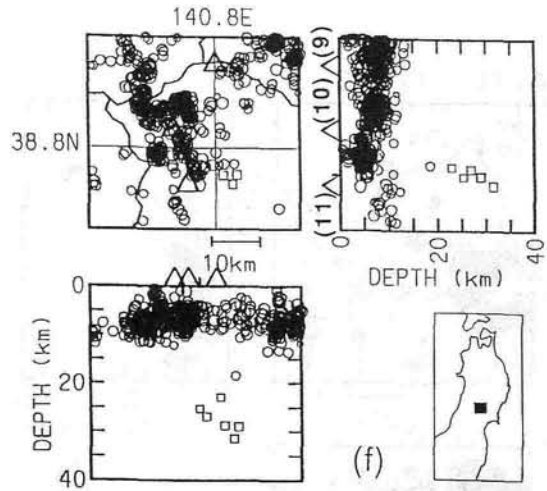
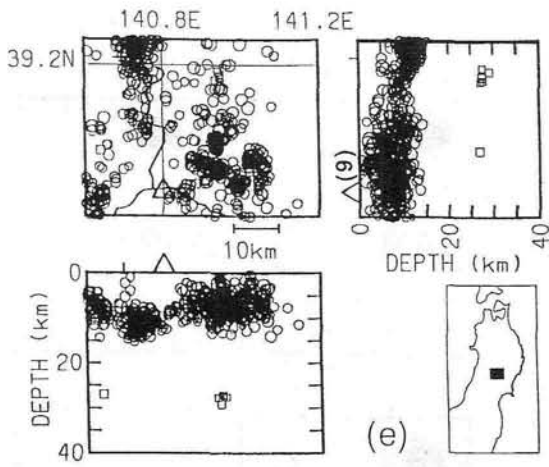


図 I-7-7 つづき

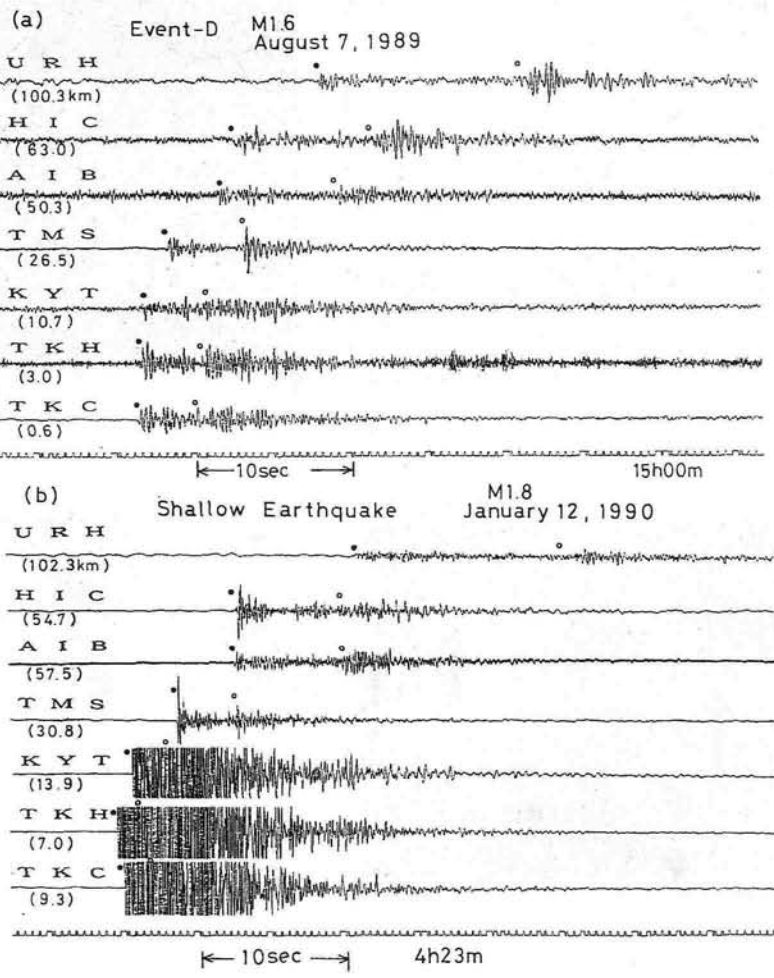
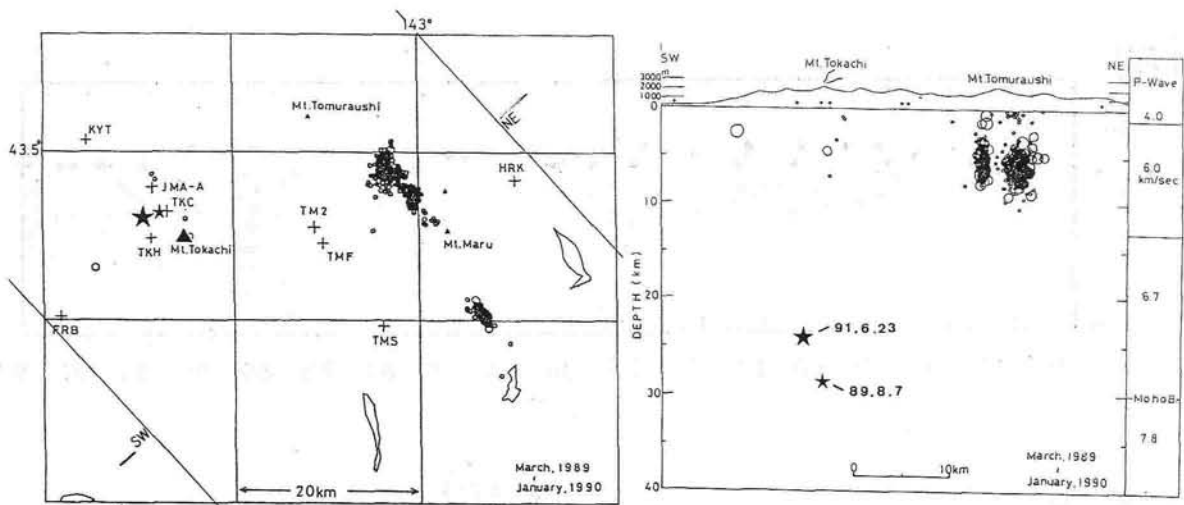


図 I - 7 - 8 北海道の十勝岳の直下でも低周波地震が観測されている。1988~1989年の十勝岳の小噴火活動時に展開された臨時観測により，上図左の震央分布と右の震源投影図（星印）に見るようにモホ面近傍に発生する低周波地震が観測された。このとき，丸山北西方および南東に顕著な群発地震活動があり，その震源もプロットされている。群発地震（浅い）と1989.8.7の低周波地震の波形の比較を下図に示してある。この地震の波形の特徴を手がかりに，気象庁十勝岳A点の記録より，1985年11月より1991年9月まで検出した結果，この期間では2個の低周波地震が発生しているだけである（鈴木，1992）。

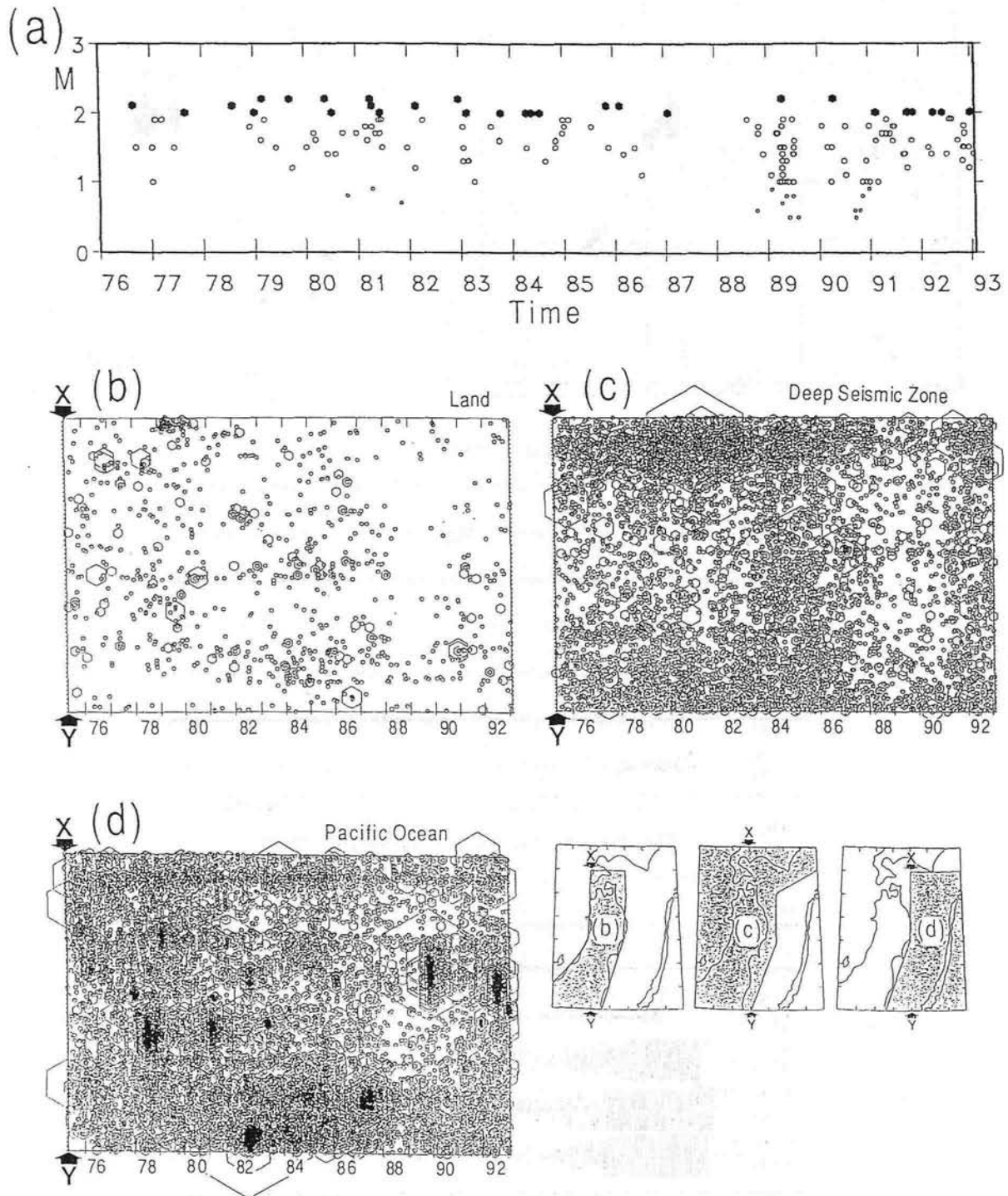


図1-7-9 1976年以降の東北地方における地震活動の推移。(a)モホ面近傍に発生する低周波微小地震のM-T(マグニチュード-時間)分布。M2以上の地震を黒丸で示す。(b)内陸部(挿入図の(b)の領域)に発生する浅発地震,(c)深発地震面に沿って発生する地震(挿入図の(c)の領域),(d)太平洋下に発生する浅発地震(挿入図の(d)の領域)の時空間分布(M3以上)。縦軸は、それぞれ挿入図のXY方向を示す。低周波微小地震、内陸浅発地震、稍深発地震、太平洋下の浅発地震が広域にわたって時間的にはほぼ同期した活動の経過を示した。これは特に1988年~1990年の活動度の低下に、顕著にあらわれている(Hasegawa and Yamamoto, 1994)。