

6 - 1 東海地域とその周辺地域の地震活動 (2010年11月～2011年5月) Seismic Activity in and around the Tokai Area (November 2010 - May 2011)

気象庁 地震予知情報課
Earthquake Prediction Information Division, JMA

1. 東海地域とその周辺地域の地震活動 (第1図, 第2図)

2010年11月～2011年5月の東海地域とその周辺地域の月別震央分布を第1図に、主な地震の発震機構解（下半球等積投影）を第2図に示す。詳細は、地震・火山月報（防災編）を参照^{1～7)}。

【静岡県とその周辺】

今期間、想定震源域内とその周辺で発生したM4以上の地震は以下のとおりであった。

- ・3月15日に静岡県東部でM6.4の地震が発生し最大震度6強を観測した。M4以上の余震を3回観測した（本巻※1参照）。

【愛知県とその周辺】

今期間、M4以上の地震は観測されなかった。

以下の期間で深部低周波地震（低周波微動）活動が観測された。

- ・2010年11月11日～11月30日、愛知県から長野県南部（第3図）浜松佐久間、掛川富部等のひずみ計で変化あり（ひずみ変化は11月13日～22日頃）。
- ・2010年12月31日、愛知県西部
- ・2011年4月21日～22日、愛知県西部

【伊豆】

伊豆半島東方沖では顕著な地震活動はなかった。

2. 静岡県中西部の地震活動の推移（第4図～第7図）

想定東海地震は、陸側のプレートと沈み込むフィリピン海プレートの境界で発生する地震である。しかし、東海地方およびその周辺ではプレート境界で発生する地震がほとんど観測されていないため、地震活動の推移を監視する上では地殻内の地震とフィリピン海プレート内の地震に分類して議論するのが最善の策であると考えられる。第4図及び第5図は、静岡県中西部（図中の矩形領域）のマグニチュード1.1以上の地震について、地殻内の地震とフィリピン海プレート内の地震に分類して⁸⁾活動推移を見たものである。第6図は、それらの地震活動指数^{注1)}の変化を示すグラフである。この領域は、固着域と考えられている⁹⁾。

静岡県中西部の地殻内の微小地震（マグニチュード1.1以上）（第4図）のクラスタ除去^{注2)}後の地震回数積算図（右下図）では、2000年半ばまでは傾きが急でやや活発、その後2005年半ばまでは傾きが緩やかでやや低調、2005年半ば以降はやや活発、という傾向が見られる。この傾向は、地震活動指数のグラフでも見られる（第6図右上）。この地震活動変化は、2000年秋頃に始まり

2005年夏頃まで継続した長期的スロースリップ（長期的ゆっくり滑り）の進行・停滞に対応しているように見える。2007年後半以降はさらに活発な傾向が見られていた。2010年春頃からは一時的にほぼ平常な状態に推移していたが、2011年6月現在、地震活動指数は再びやや高い状態である。

一方、静岡県中西部のフィリピン海プレート内の微小地震（マグニチュード1.1以上）の活動（第5図、第6図右上から2番目）については、2009年後半からやや活発になっている様子が見られる。しかし、これは2009年8月11日に発生した駿河湾の地震（M6.5）の余震活動が適切にデクラスタされていないためであると考えられる。駿河湾の地震（M6.5）の余震域を除いて同様に解析すると、地震活動はほぼ平常な状態で推移していることがわかる（第7図）。

注1) 地震活動指数とは、定常ポアソン過程を仮定し、デクラスタした地震回数を指数化したもので、指数が高いほど活発であることを示す。本稿の静岡県中西部の場合、基準にした期間は1997年から2001年（5年間）で、30日と90日と180日の時間窓を30日ずつずらして計算した。指数0～8の9段階の出現確率（%）はそれぞれ1, 4, 10, 15, 40, 15, 10, 4, 1である。

注2) 地震は時間空間的に群（クラスタ：cluster）をなして起きることが多くある。「本震とその後に起きた余震」、「群発地震」などが典型的なクラスタで、余震活動等の影響を取り除いて、つまり本震と余震をすべてまとめてひとつの地震と見なして地震活動全体の推移を見ることを「クラスタ除去（デクラスタ）」と言う。本稿の静岡県中西部の場合、相互の震央間の距離が3km以内で、相互の発生時間差が7日以内の地震のペアを順々に作っていき、全ての地震群がひとつのクラスタに属しているとして扱う。そして、その中の最大の地震をクラスタに含まれる地震の代表とし、地震が1つ発生したとする。

3. 愛知県の地殻内及びフィリピン海プレート内の地震活動（第8図～第10図）

第8図及び第9図は、愛知県の地殻内及びフィリピン海プレート内の地震活動推移を見たものである。また、第10図は愛知県の地殻内とフィリピン海プレート内の地震活動指数の変化を示したグラフである。

愛知県の地殻内およびフィリピン海プレート内の微小地震（マグニチュード1.1以上）の活動は、2011年6月現在、地震活動指数はやや高い状態を示しているものの地震回数積算図（第8, 9図右下）からは顕著な変化は見られない。

4. 浜名湖付近のフィリピン海プレート内の地震活動（第11図、第13図）

第11図は、浜名湖付近のフィリピン海プレート内の微小地震活動（マグニチュード1.1以上）を見たものであり、第13図は地震活動指数の変化を見たものである。

【全域（W + E）】2000年初め頃から地震活動がやや静穏となっている。

【西側領域（W）】地震活動は、2006年以降やや静穏である。

【東側領域（E）】地震活動は、2000年以降やや静穏であったが2007年半ば以降回復した。その後、2008年半ば以降は再びやや静穏である。

5. 駿河湾の地震活動（第12図～第14図）

第12図は、駿河湾の地震活動推移（マグニチュード1.4以上）を見たものである。対象領域内

では2009年8月11日にM6.5の地震が発生し、その後活発な余震活動が観測された。2010年頃から地震活動指数は高い状態を示しており(第13図右下)、クラスタ除去後の地震回数積算図(第12図右下)からもやや活発になっている様子が見られていた。これは、2009年8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)の余震活動が適切にデクラスタされていないためであると考えられる。駿河湾の地震(M6.5)の余震域を除いて同様に解析すると、地震活動は2010年中頃からやや活発な状態で推移していたが、2011年6月現在はほぼ平常な状態に推移していることがわかる(第14図)。

6. プレート境界とその周辺の地震活動(第15図～第16図)

先に東海地方およびその周辺ではプレート境界で発生する地震がほとんど観測されていないことを述べた。しかし、想定東海地震は陸側のプレートと沈み込むフィリピン海プレートの境界で発生する地震であることから、プレート境界の地震活動を把握することは重要である。この目的のため、震源の深さと発震機構解からプレート境界で発生した地震の抽出を試みた。

第15図は、hirose et al. (2008)⁸⁾によるフィリピン海スラブ上面深さの±3kmの地震を抽出し地震活動の推移を見たものである。東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は、2007年中頃あたりからやや活発に見える。なお、第15図の上図に吹き出しで発震機構解を示した地震がふたつあるが、これらは想定東海地震の発震機構解と類似しておらず、プレート境界で発生した地震ではないと言える。

第16図は、想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震を抽出したものである。プレート境界で発生したと疑われる地震の他、その震源の深さから考えて明らかに地殻内で発生したと推定される地震も含まれている。地震回数積算図(第16図下図)からは2009年以降に抽出された地震が増えているように見えるが、これは小さな地震も含めて調査を始めたためであり見かけ上のものである。なお、発震機構解については気象庁カタログを用いているが、Nakamura et al. (2008)¹⁰⁾の3次元速度構造で震源とメカニズム解を再精査し、いくつかの地震は候補から削除されている。

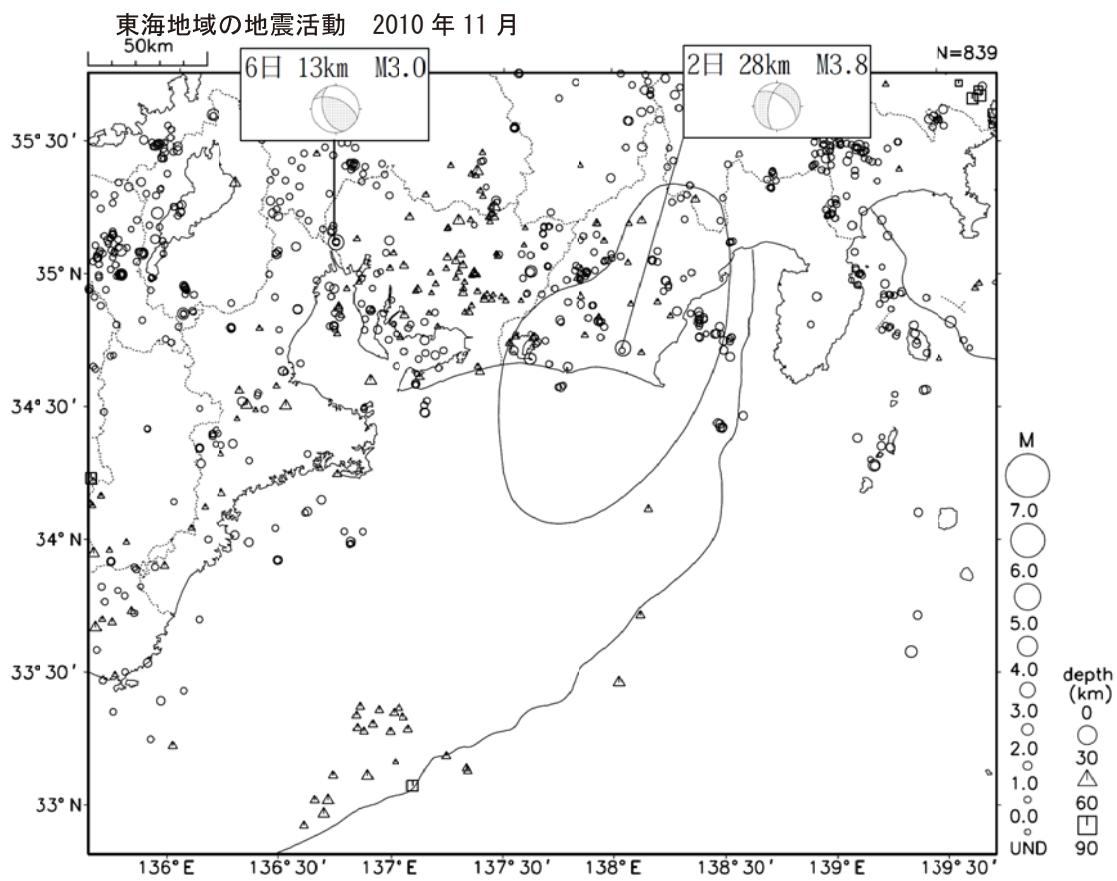
参考文献

- 1) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成22年11月地震・火山月報(防災編)，18-19(2010).
- 2) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成22年12月地震・火山月報(防災編)，14-15(2011).
- 3) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成23年1月地震・火山月報(防災編)，17-18(2011).
- 4) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成23年2月地震・火山月報(防災編)，20-21(2011).
- 5) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成23年3月地震・火山月報(防災編)，XX-XX(2011).
- 6) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成23年4月地震・火山月報(防災編)，XX-XX(2011).
- 7) 気象庁：東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動、平成23年5月地震・火山月報(防災編)，印刷中.
- 8) Fuyuki Hirose, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa : Three-dimensional seismic velocity

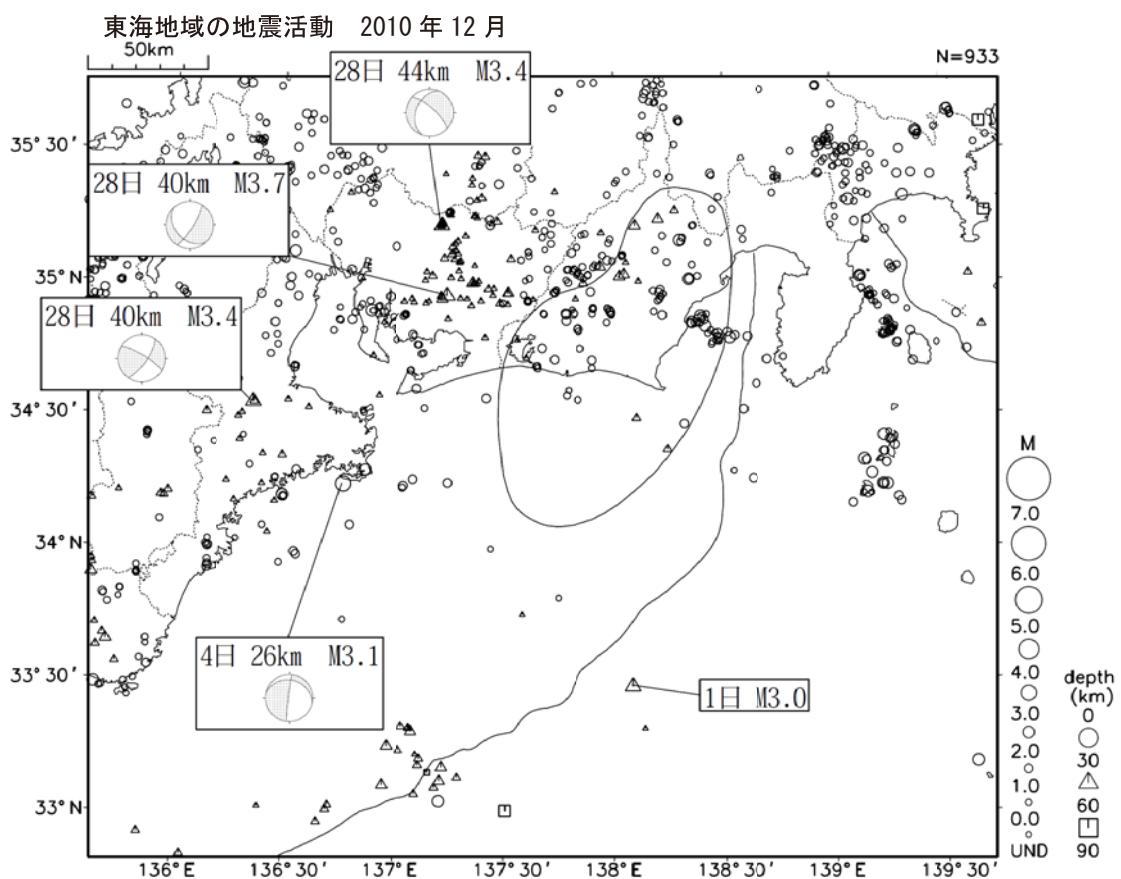
structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, J. Geophys. Res., 113, doi:10.1029/2007JB005274 (2008).

- 9) Shozo Matsumura : Focal zone of a future Tokai earthquake inferred from the seismicity pattern around the plate interface, Tectonophysics, 273, 271-291 (1997).
- 10) Masaki Nakamura, Yasuhiro Yoshida, Dapeng Zhao, Hiroyuki Takayama, Koichiro Obana, Hiroshi Katao, Junzo Kasahara, Toshihiko Kanazawa, Shuichi Kodaira, Toshinori Sato, Hajime Shiobara, Masanao Shinohara, Hideki Shimamura, Narumi Takahashi, Ayako Nakanishi, Ryota Hino, Yoshio Murai, Kimihiro Mochizuki : Three-dimensional P- and S-Wave Velocity Structures beneath Japan, Phys. Earth Planet. Inter., 168, 49-70 (2008).
- 11) 気象庁：第302回地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会気象庁資料，気象庁ホームページ，<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/hantei20110627/index.html>.

※1：「2011年3月15日静岡県東部の地震について」（気象庁）

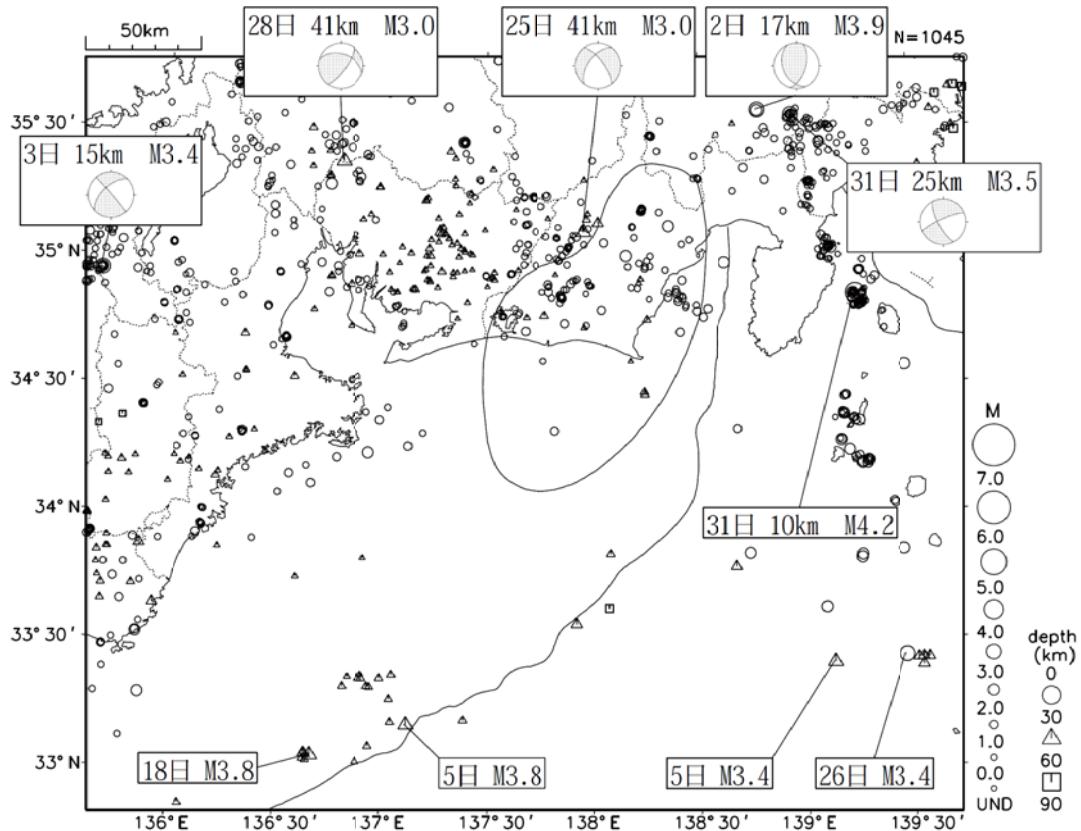


第1図(a) 東海地域で発生した地震の月別震央分布(2010年11月)
Fig.1 (a) Monthly epicenter distribution in the Tokai Districts (November 2010).



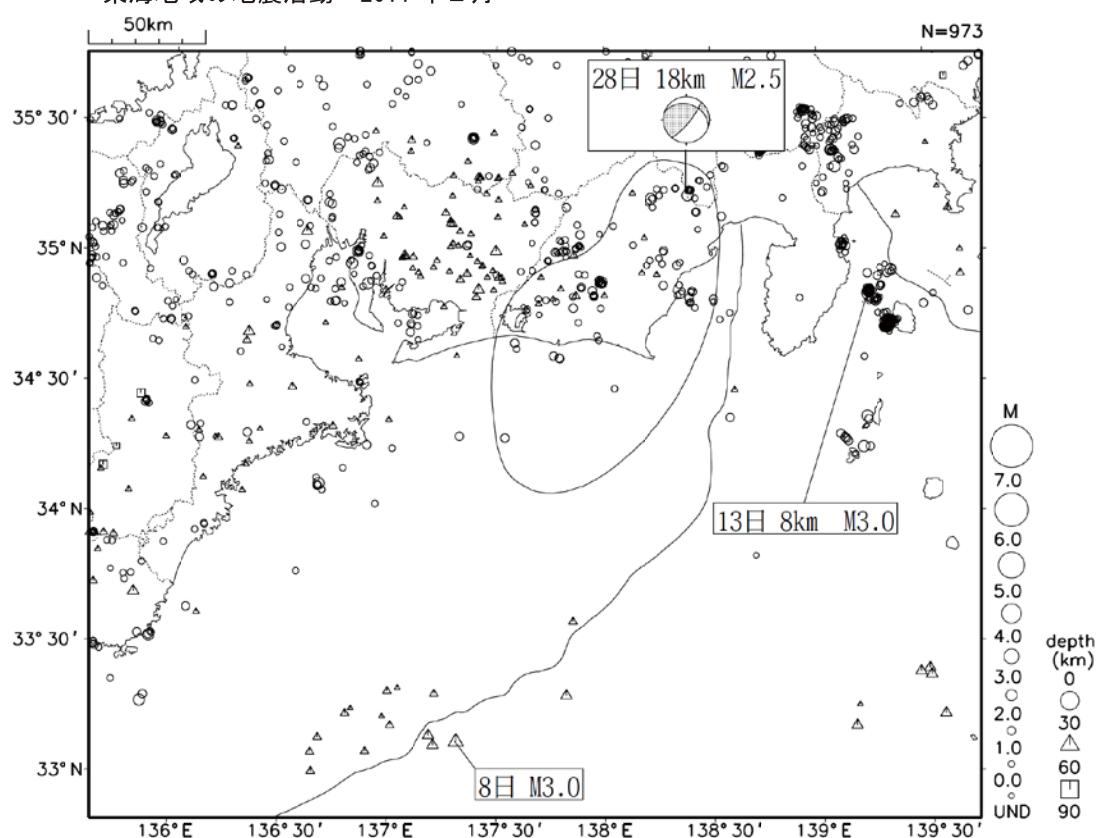
第1図(b) つづき (2010年12月)
Fig.1 (b) Continued (December 2010).

東海地域の地震活動 2011年1月



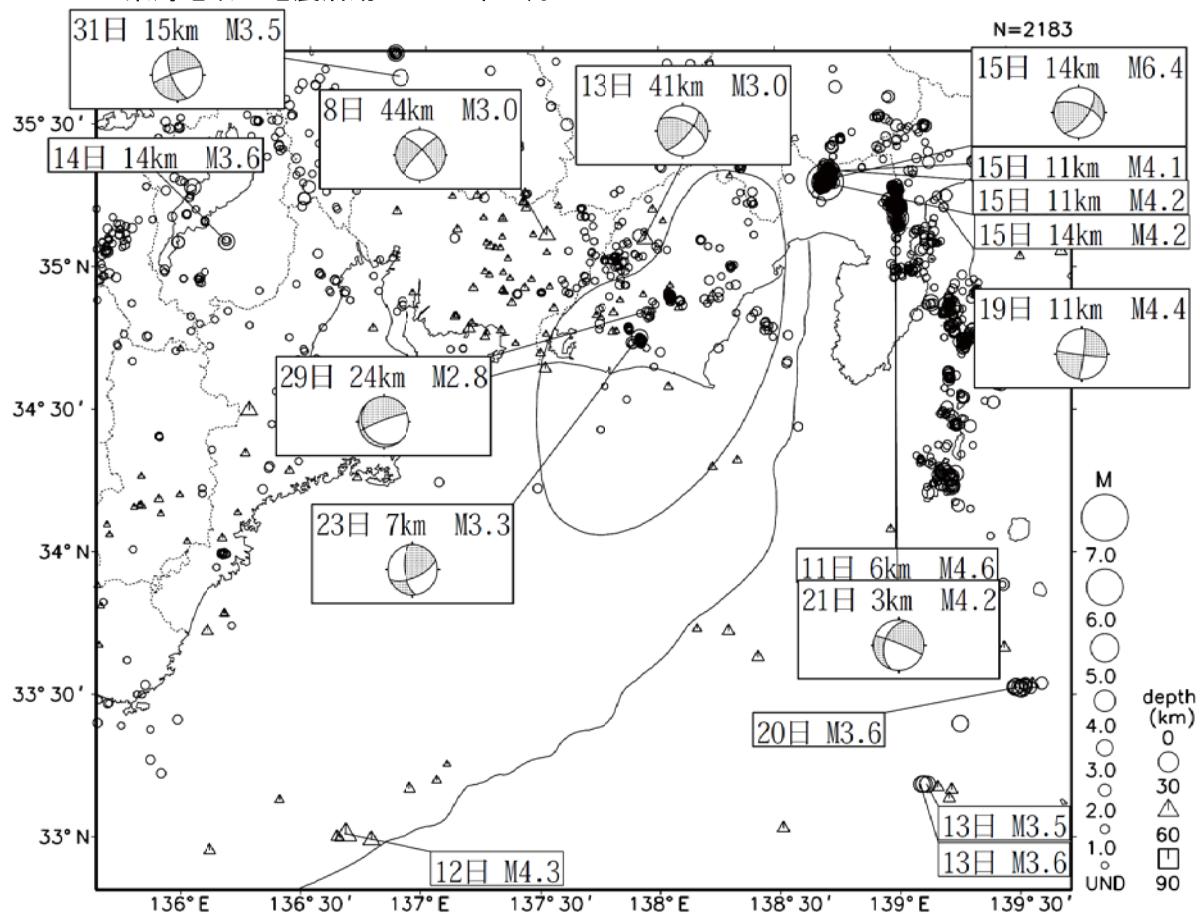
第1図(c) つづき (2011年1月)
Fig.1(c) Continued (January 2011).

東海地域の地震活動 2011年2月



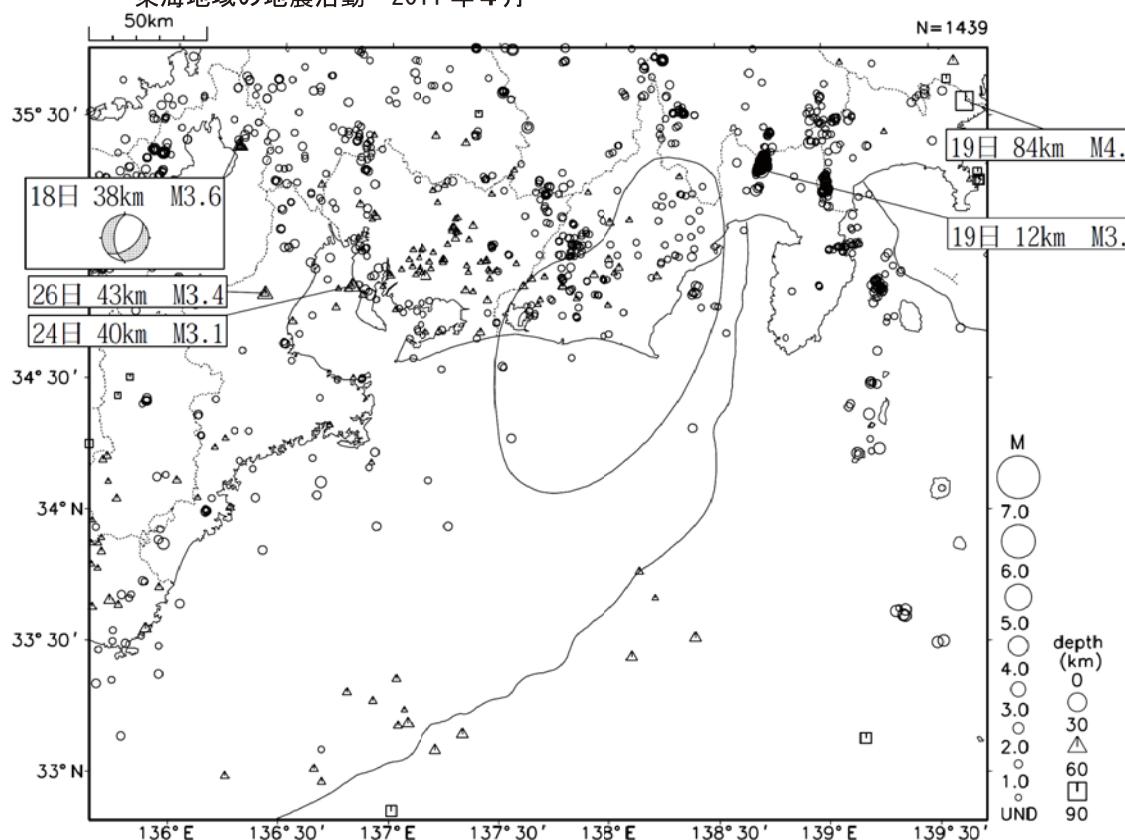
第1図(d) つづき (2011年2月)
Fig.1 (d) Continued (February 2011).

東海地域の地震活動 2011年3月

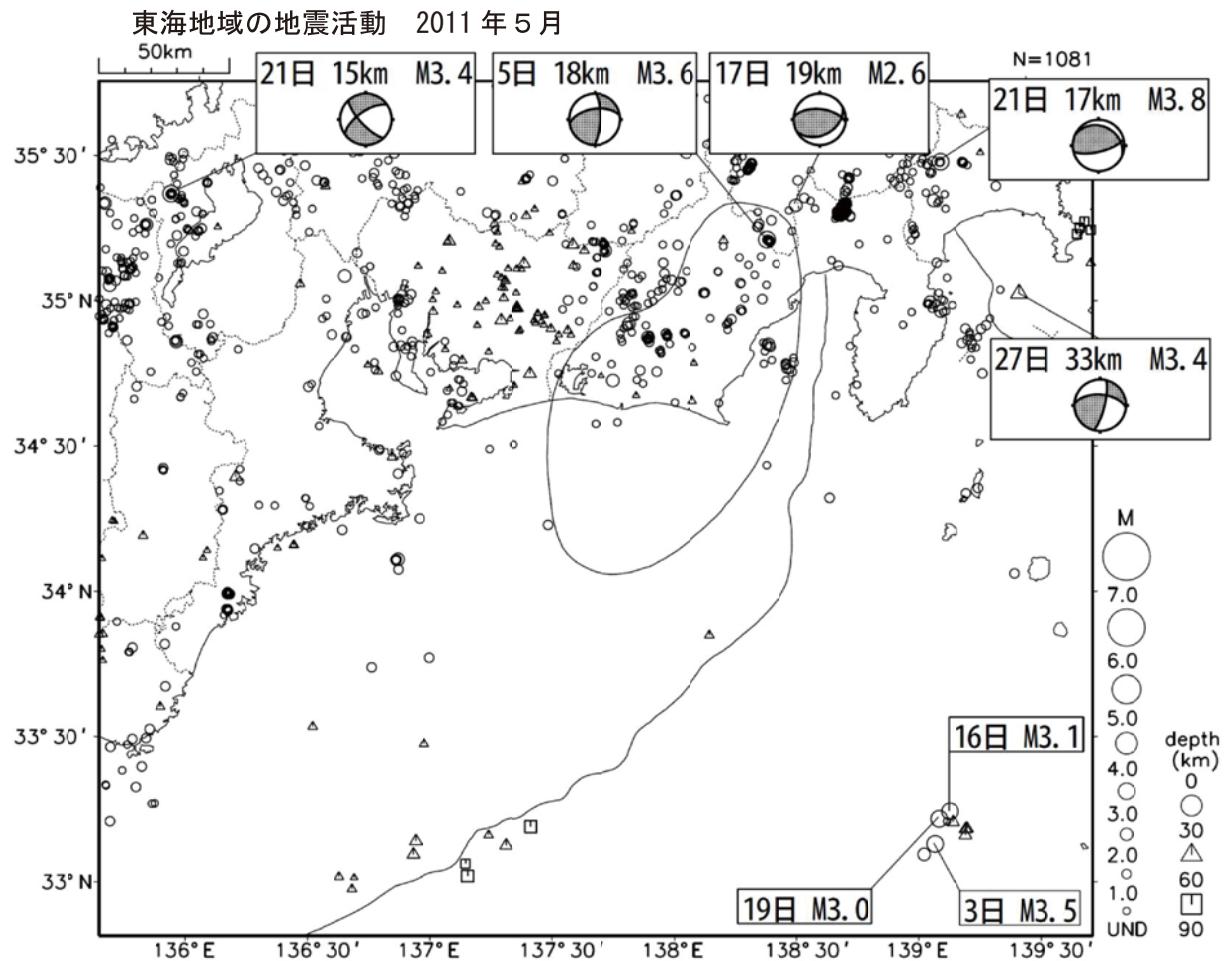


第1図(e) つづき (2011年3月)
Fig.1 (e) Continued (March 2011).

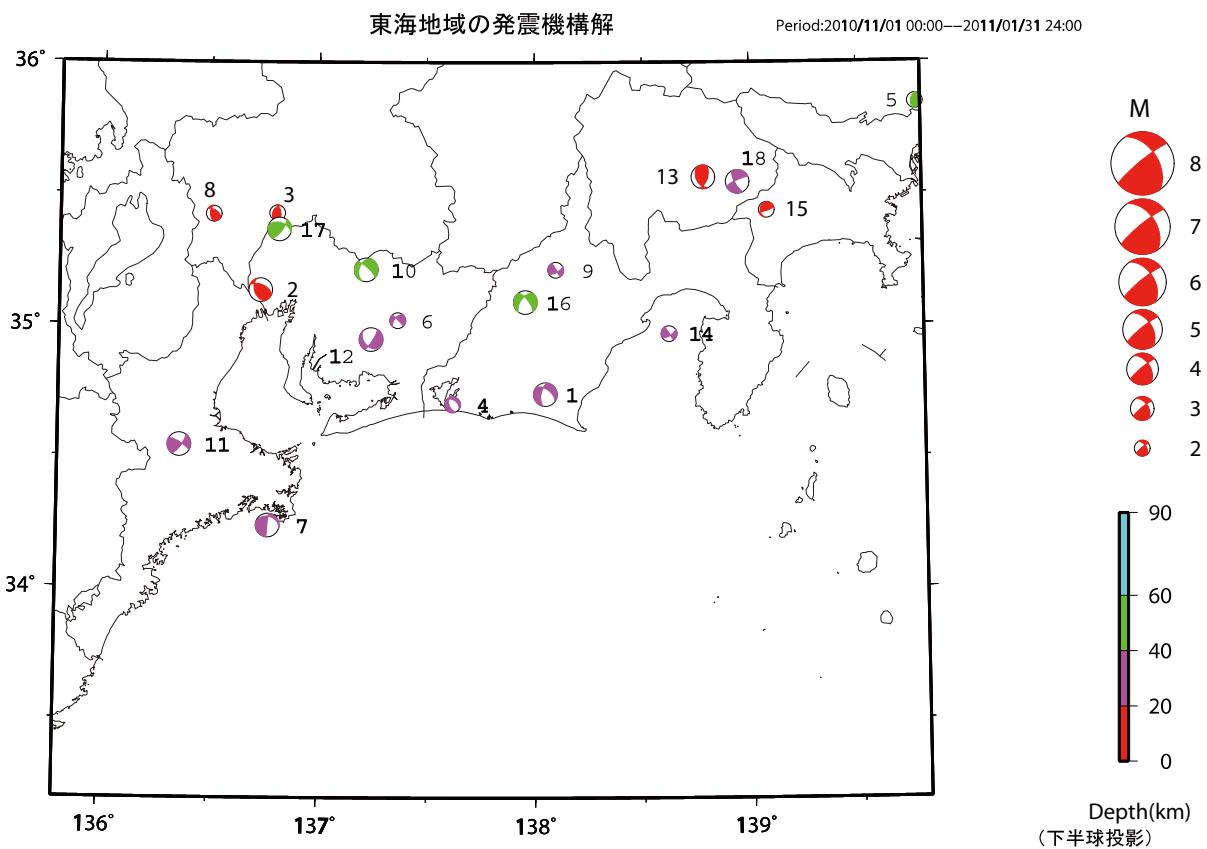
東海地域の地震活動 2011年4月



第1図(f) つづき (2011年4月)
Fig.1 (f) Continued (April 2011).

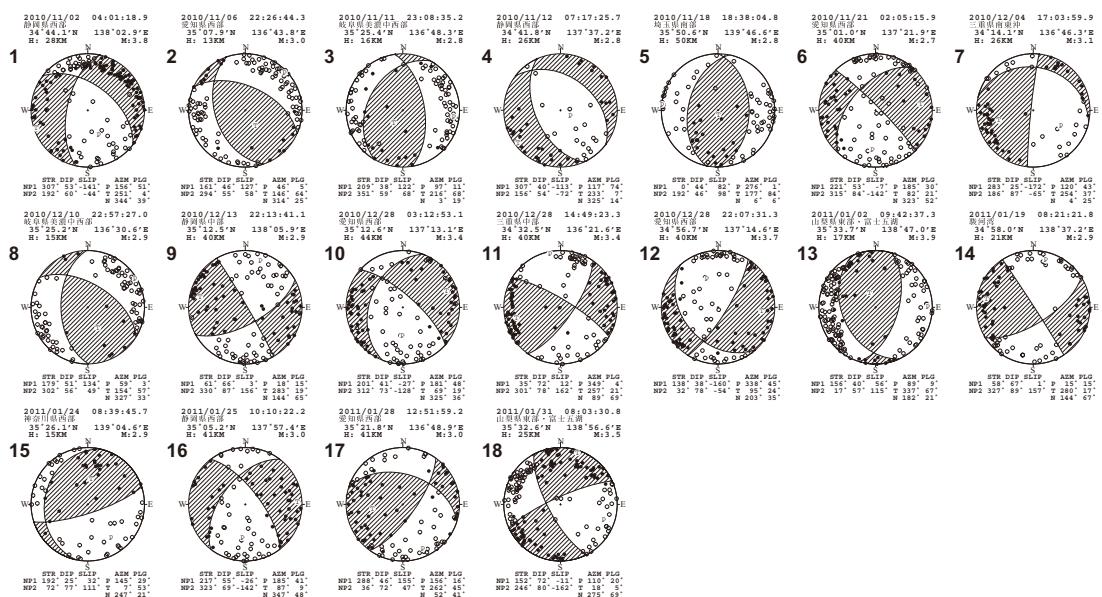


第1図(g) つづき (2011年5月)
Fig.1 (g) Continued (May 2011).



第2図(a) 東海で発生した主な地震の発震機構解 (2010年11月～2011年1月)
Fig.2 (a) Focal mechanism solutions for major earthquakes in the Tokai Districts (November 2010 – January 2011).

東海地域の発震機構解 (2)



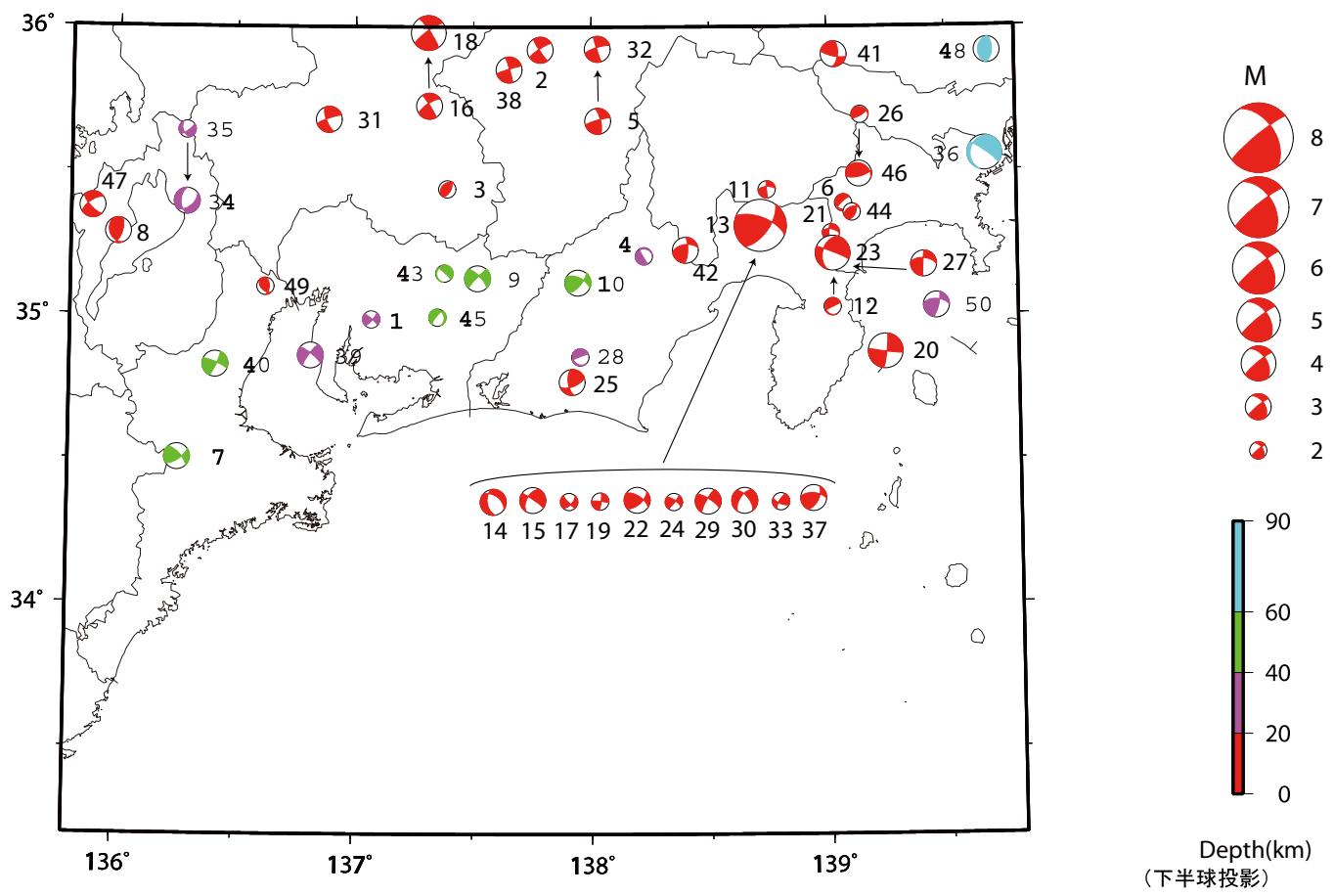
※各震源球の上部には震源要素、下部には発震機構解の断層パラメータが併記されている。

(下半球投影)

第2図(b) つづき (2010年11月～2011年1月)
Fig.2 (b) Continued (November 2010 – January 2011).

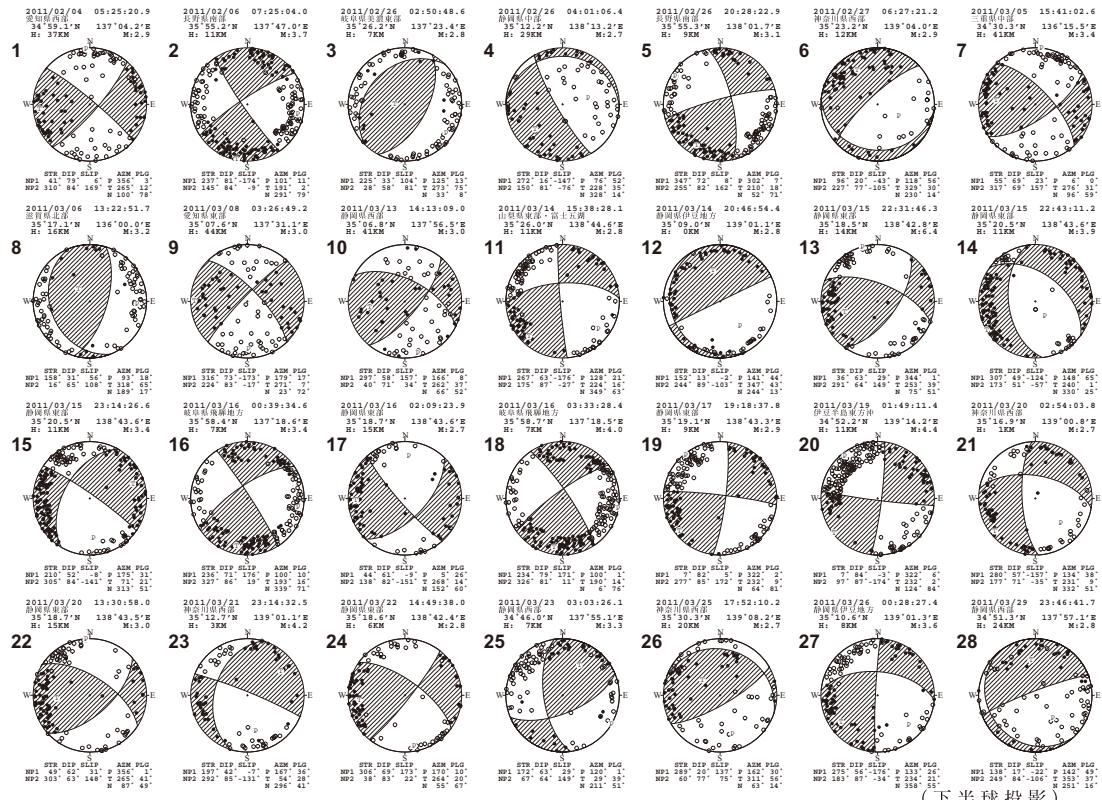
東海地域の発震機構解

Period:2011/02/01 00:00—2011/05/31 24:00



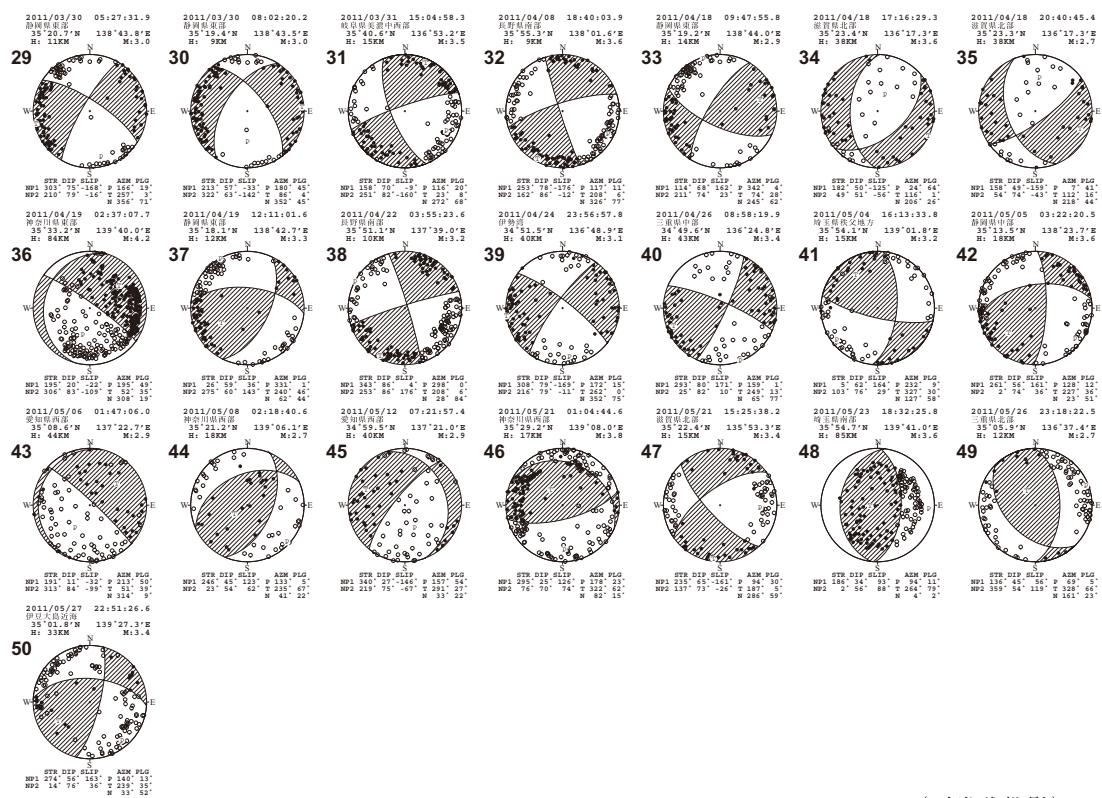
第2図(c) つづき (2011年2月～5月)
Fig.2 (c) Continued (February – May 2011).

東海地域の発震機構解 (2)



※各震源域の上部には震源要素、下部には発震機構解の断層パラメータが併記されている。

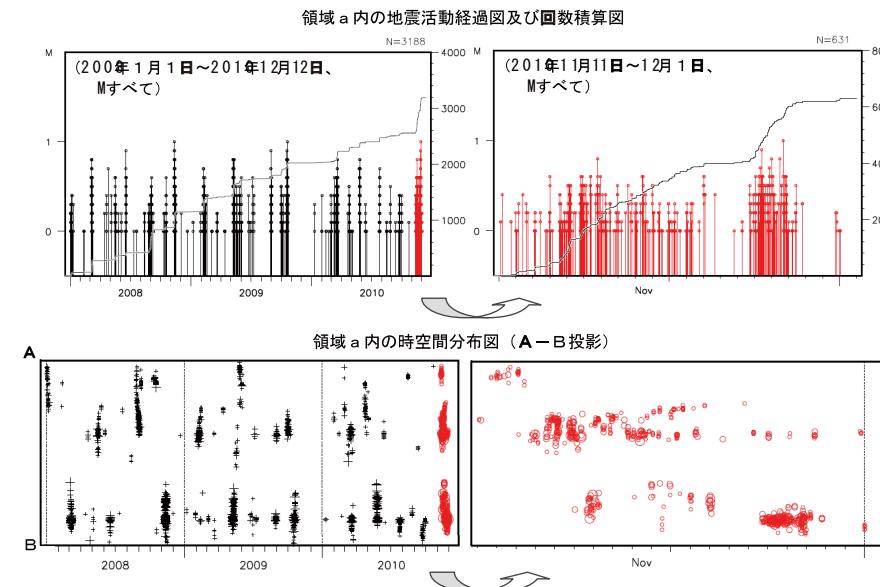
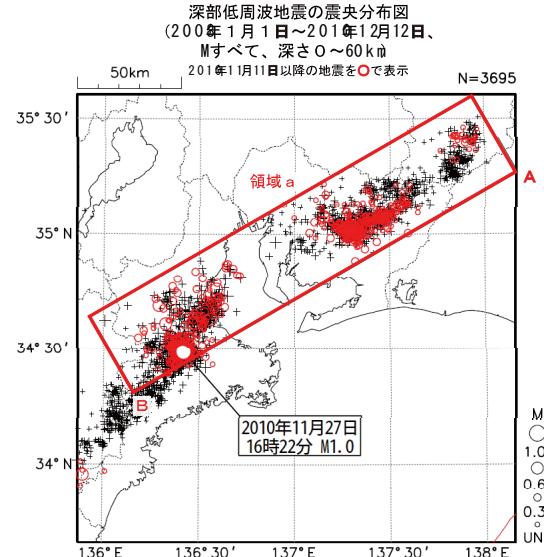
東海地域の発震機構解 (3)



※各震源域の上部には震源要素、下部には発震機構解の断層パラメータが併記されている。

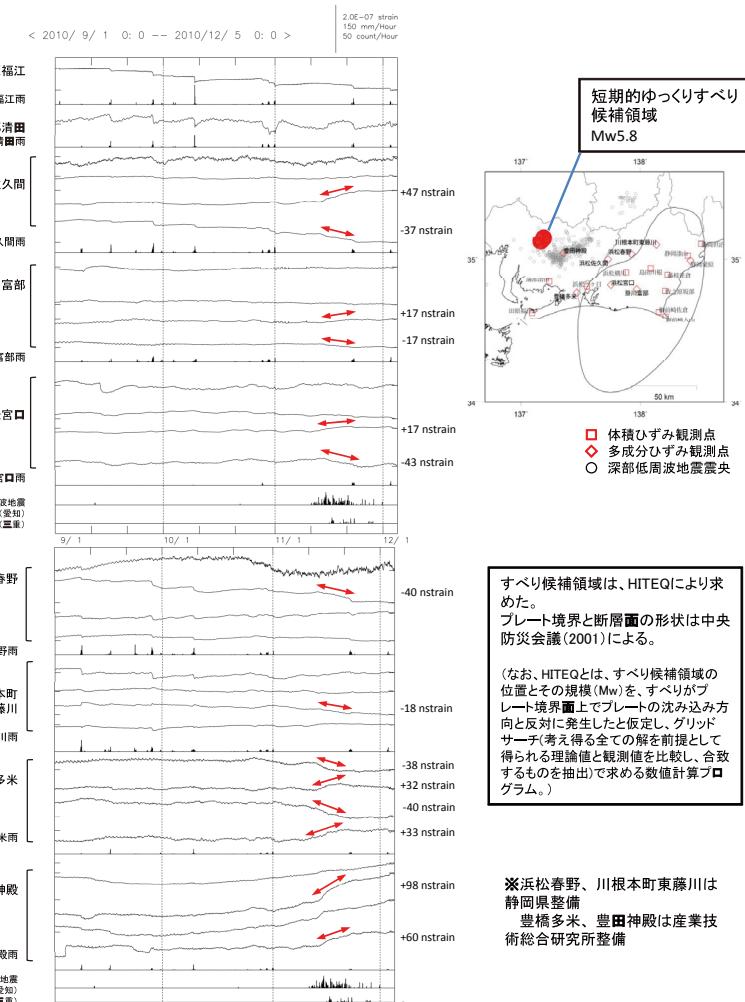
第2図(d) つづき (2011年2月～5月)
Fig.2 (d) Continued (February - May 2011).

11月11日から12月1日までの 長野県南部から三重県南部の深部低周波地震活動

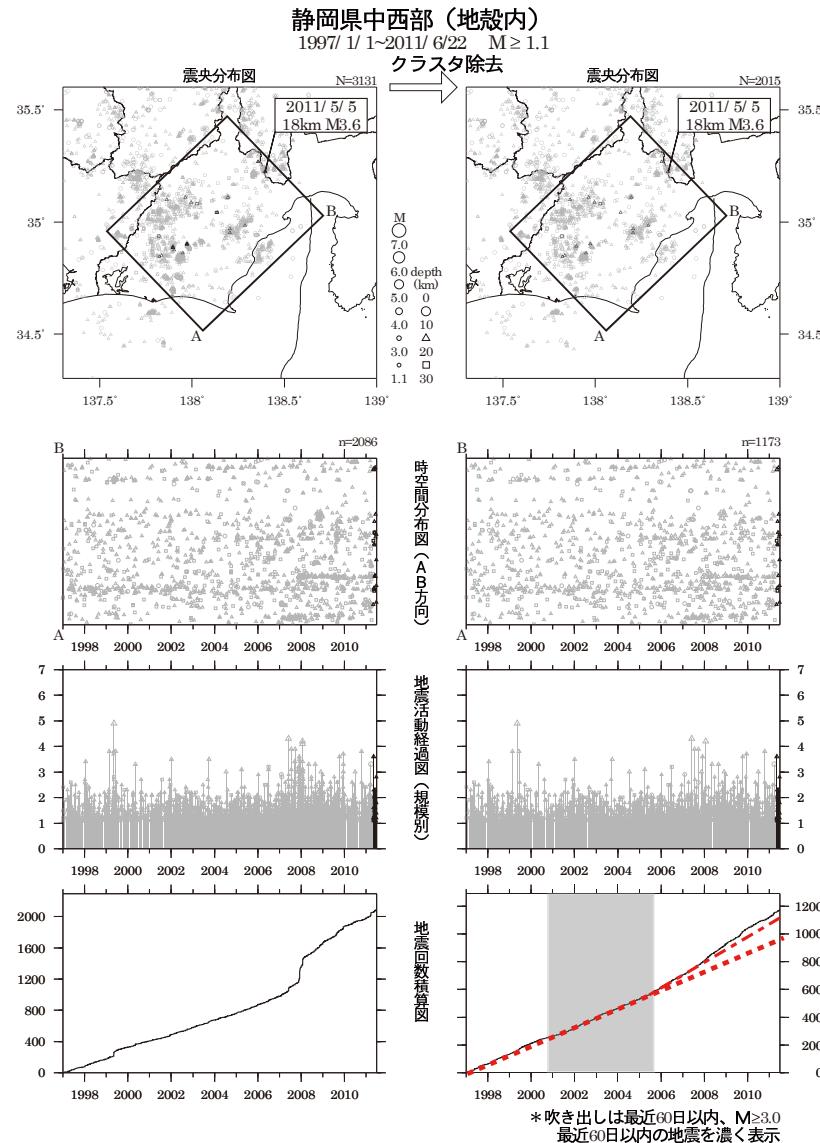


第3図(a) 2010年11月に愛知県から長野県南部で観測された深部低周波地震活動と短期的スロースリップ
Fig.3(a) Activity of low frequency earthquakes and a short-term slow slip event in Aichi Prefecture and southern part of Nagano Prefecture on November 2010.

11月13日から22日頃にかけての愛知県における 深部低周波地震活動に伴うひずみ変化

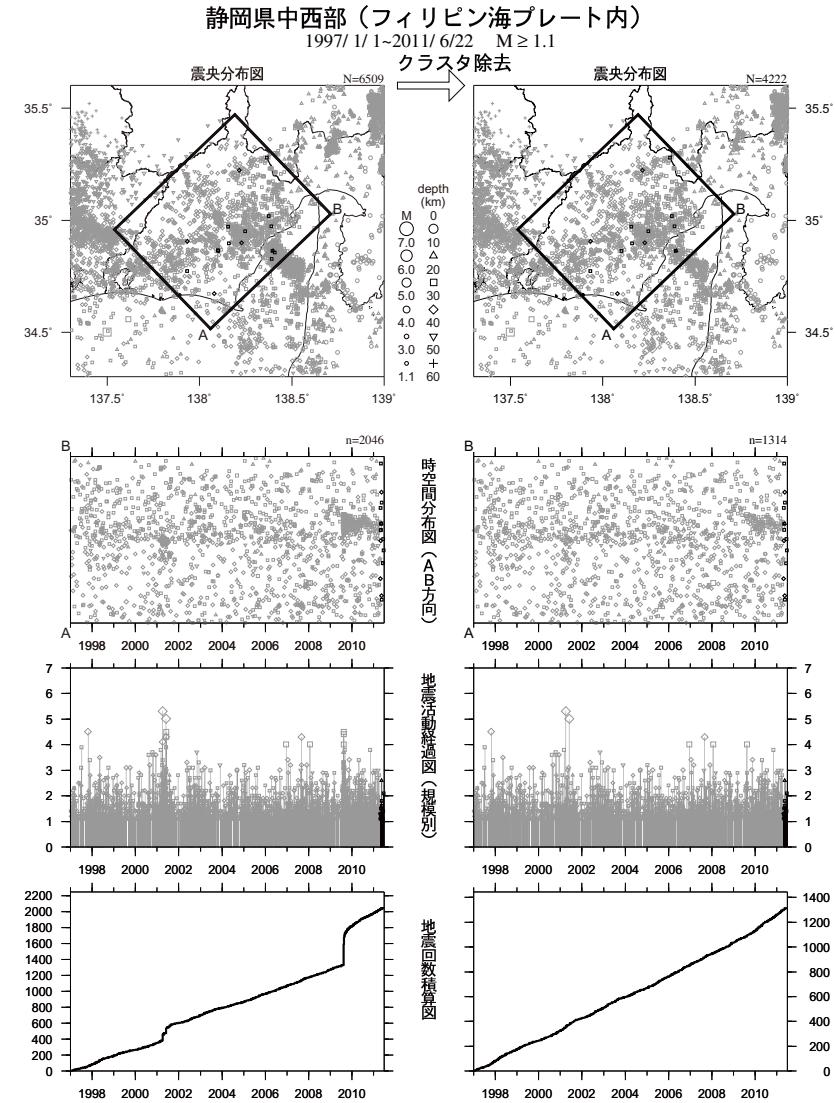


第3図(b) つづき
Fig.3(b) Continued.



第4図 静岡県中西部の地殻内の地震活動（M1.1以上、1997年以降、右側の図はクラスタ除去したもの、第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋）

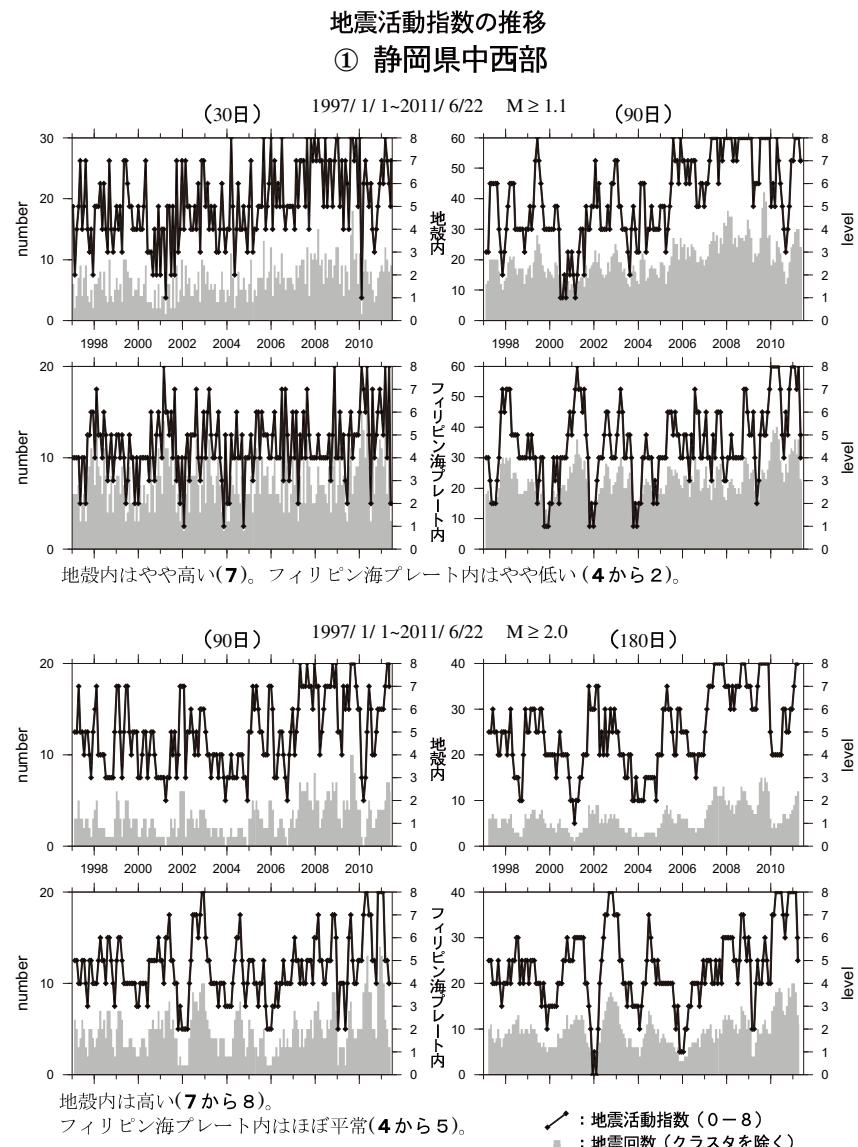
Fig.4 Seismic activity in the crust in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 (M \geq 1.1). This area is estimated to be the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.



活動指数はやや高い状態を示していたが、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)からも2009年後半からやや活発になっている様子が見られていた。これは、2009年8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)の余震活動が適切にデクラスタされていないためである。現在の中期活動指数はほぼ平常となっている。

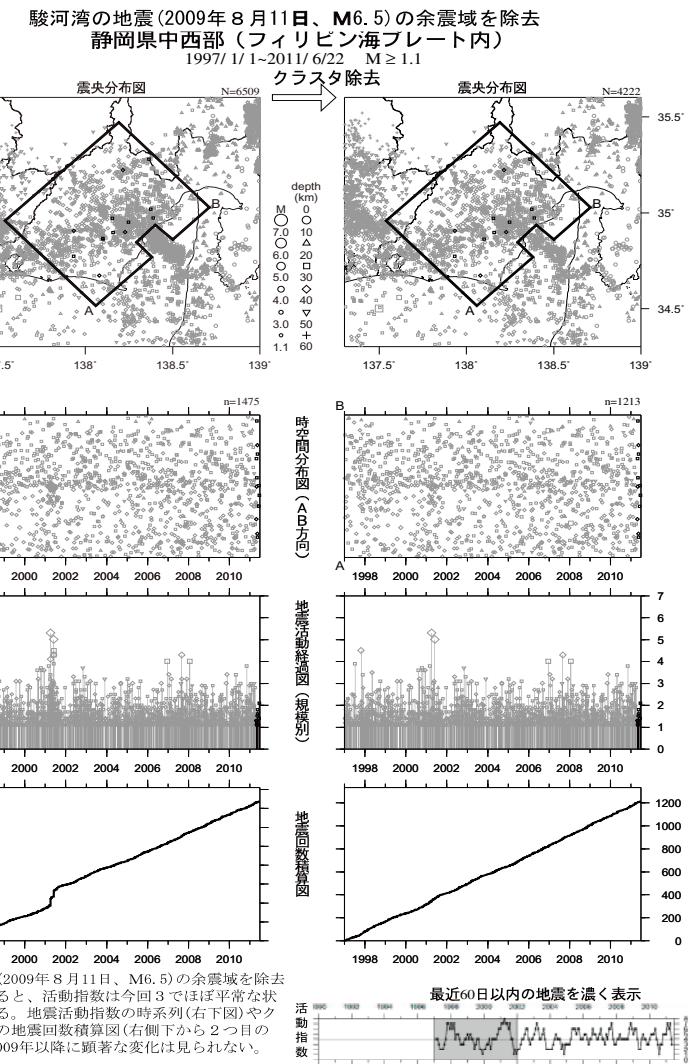
第5図 静岡県中西部のフィリピン海プレート内の地震活動（M1.1以上、1997年以降、右側の図はクラスタ除去したもの、第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋）

Fig.5 Seismic activity in the Philippine Sea slab in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 (M \geq 1.1). The figures on the right show declustered earthquake activities.



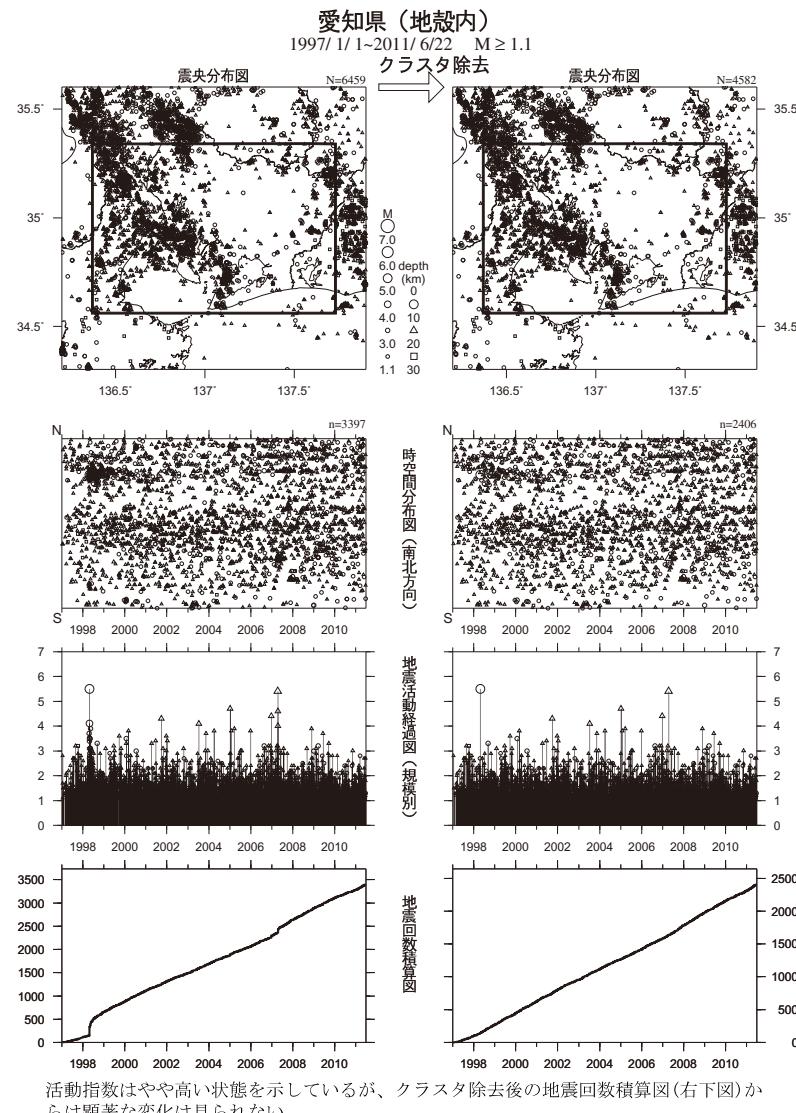
第6図 静岡県中西部の地震活動指標の推移（1997年以降、第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋）[指標算出の単位期間は30日、90日、180日であり、全て30日ごとに指標をプロットしている。]

Fig.6 Time series of seismic activity levels in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].

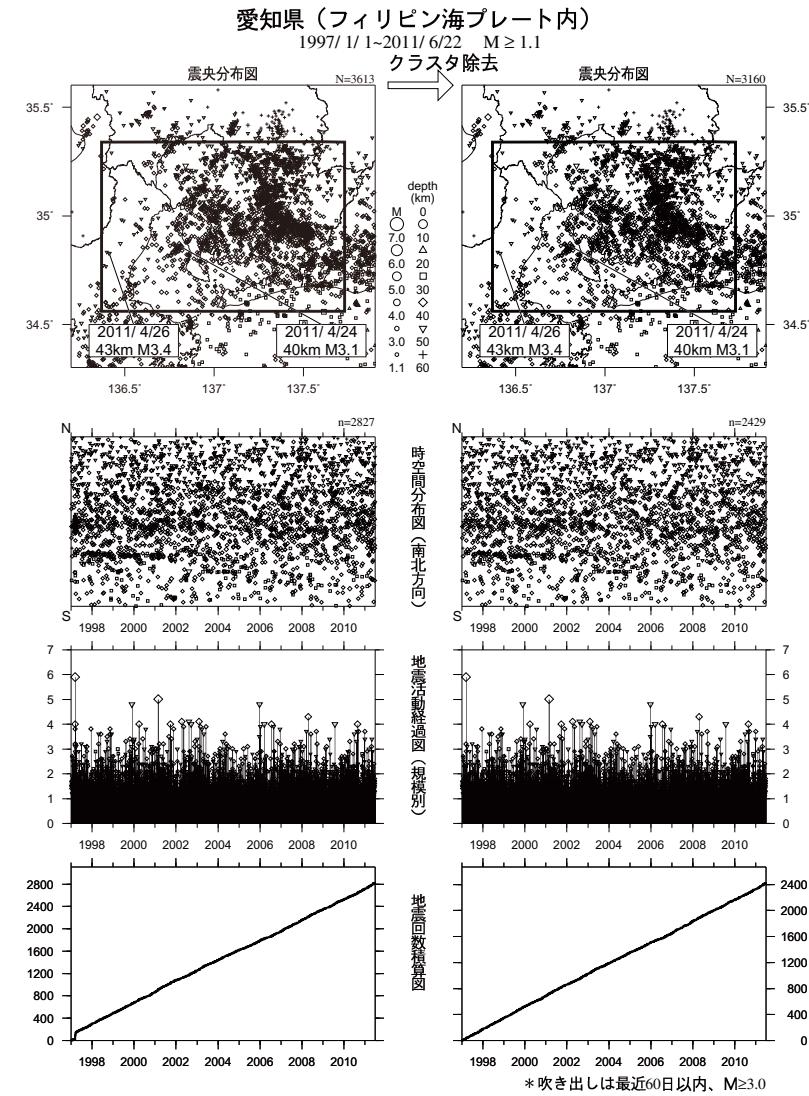


第7図 駿河湾の地震(2009年8月11日、M6.5)の余震域を除去した静岡県中西部のフィリピン海プレート内の地震活動(M1.1以上、1997年以降、右側の図はクラスター除去したもの)と活動指標の推移(第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

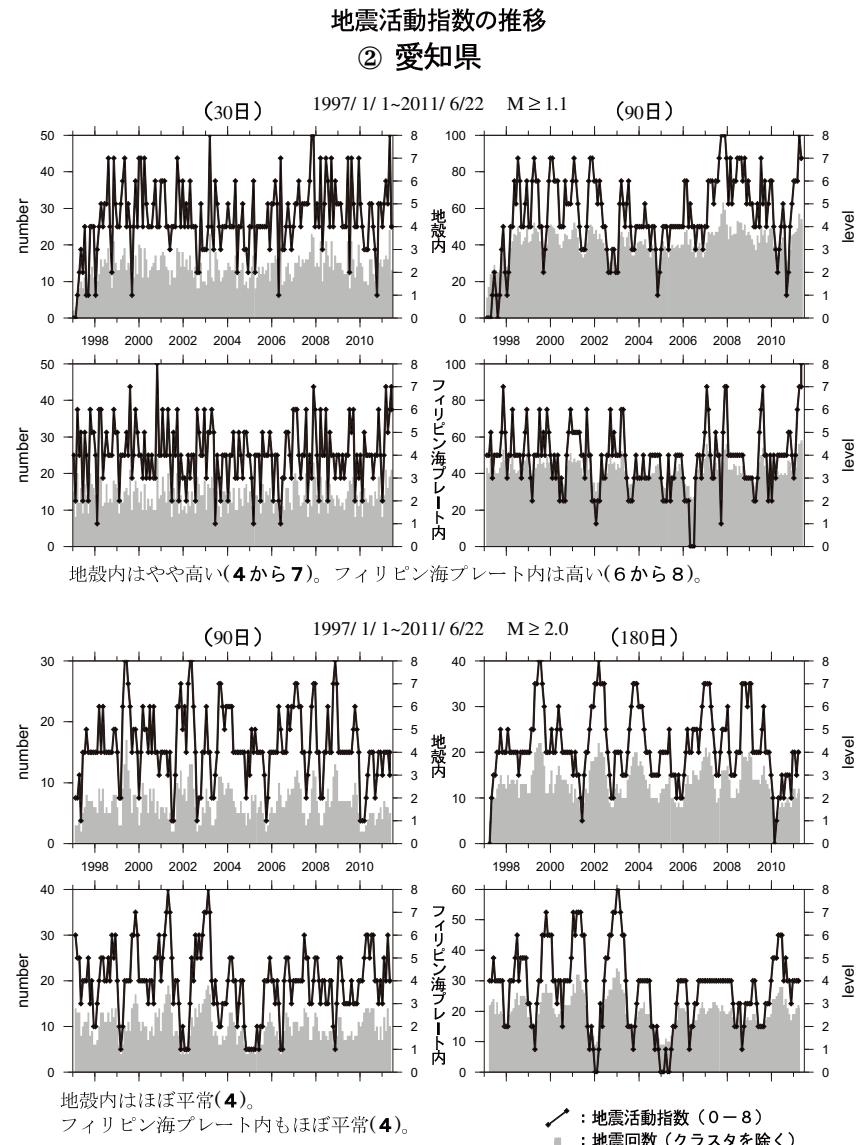
Fig.7 Seismic activity and time series of seismic activity levels in the Philippine Sea slab in Midwestern Shizuoka Prefecture, excluding the focal area of the Suruga-bay earthquake (August 11, 2009, M6.5), since 1997 ($M \geq 1.1$). The figures on the right show declustered earthquake activities.



第8図 愛知県の地殻内の地震活動 (M1.1以上, 1997年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)
Fig.8 Seismic activity in the crust in Aichi Prefecture since 1997 (M \geq 1.1). This area is estimated to be unlocked and is adjacent to the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.

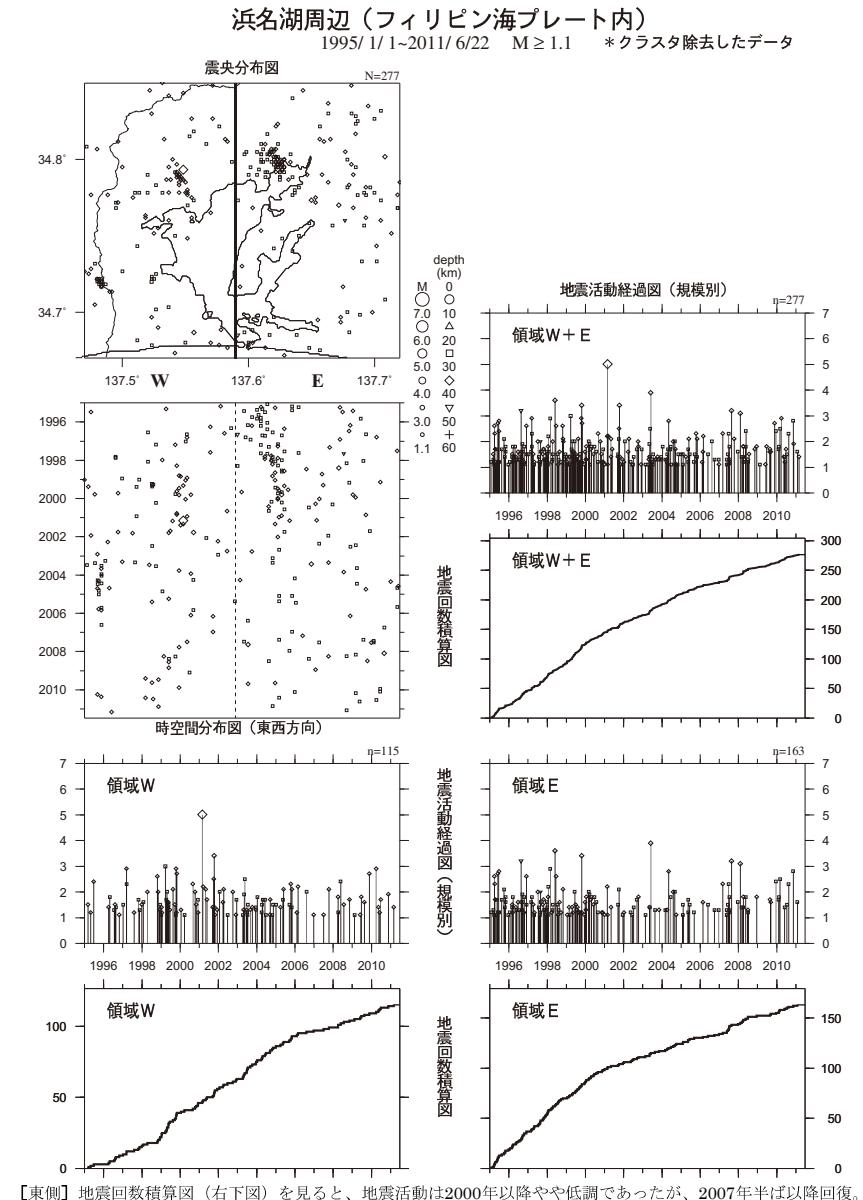


第9図 愛知県のフィリピン海プレート内の地震活動 (M1.1以上, 1997年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)
Fig.9 Seismic activity in the Philippine Sea slab in Aichi Prefecture since 1997 (M \geq 1.1). This area is estimated to be unlocked and is adjacent to the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.



第10図 愛知県の地震活動指標の推移（1997年以降、第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋）[指標算出の単位期間は30日、90日、180日であり、全て30日ごとに指標をプロットしている。]

Fig.10 Time series of seismic activity levels in Aichi Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days.]

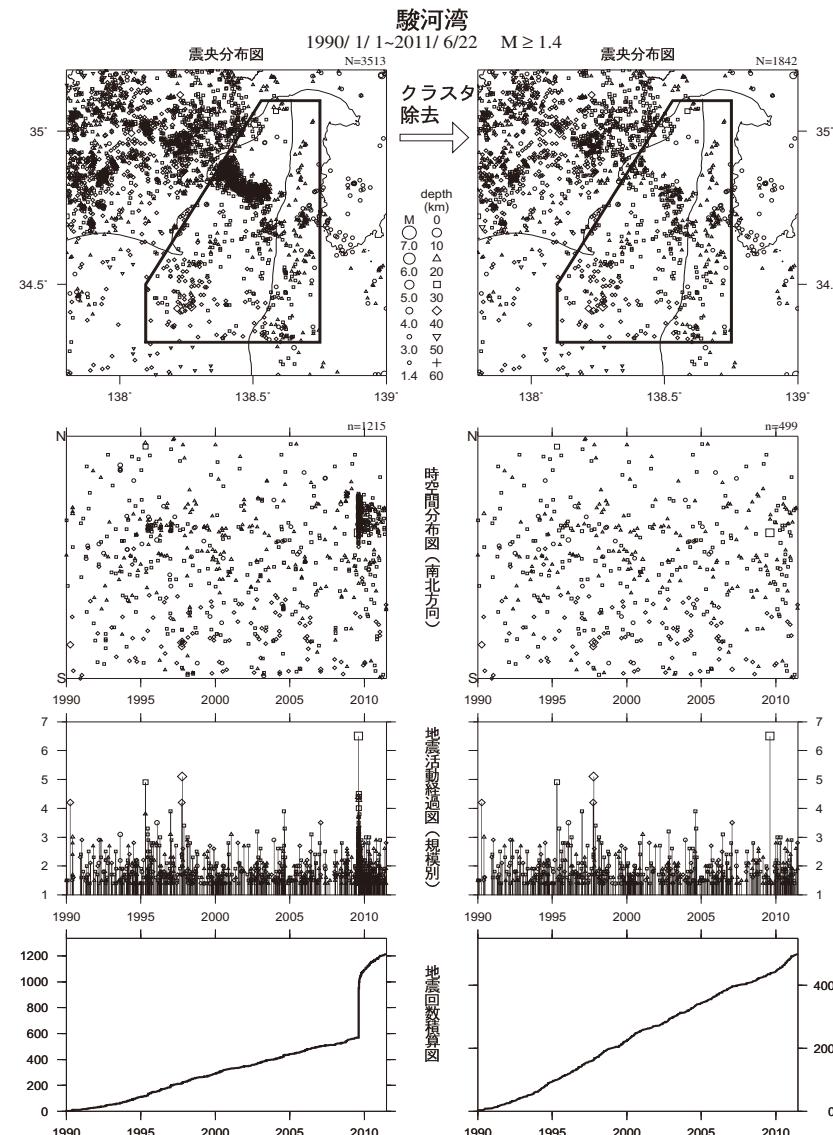


【東側】地震回数積算図（右下図）を見ると、地震活動は2000年以後やや低調であったが、2007年半ば以降回復。
その後、2008年半ば以降は再びやや低調。

【西側】地震回数積算図（左下図）を見ると、2006年以後やや低調。

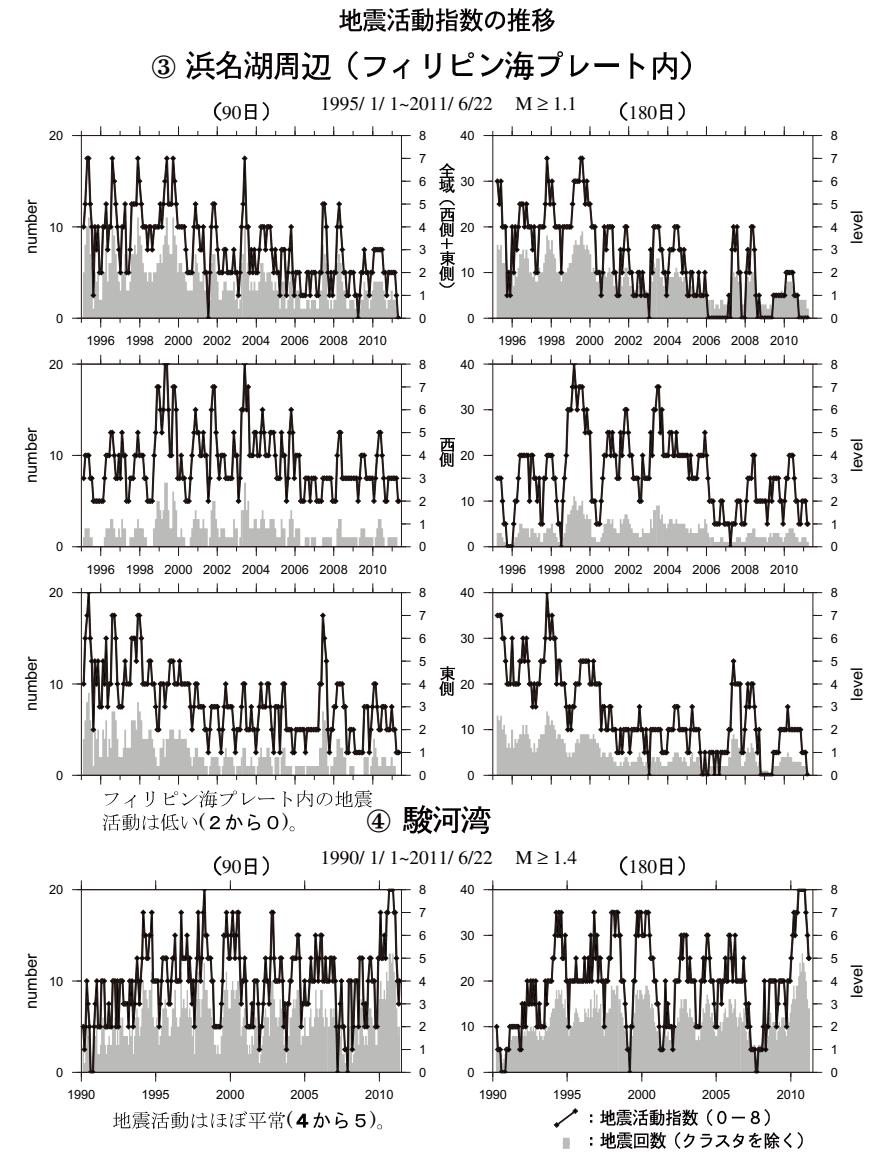
第11図 浜名湖付近のフィリピン海プレート内の地震活動（クラスタを除く、第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋）

Fig.11 Declustered earthquake activity in the Philippine Sea slab in Hamanako region.



第12図 駿河湾の地震活動 ($M \geq 1.4$ 以上, 1990年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

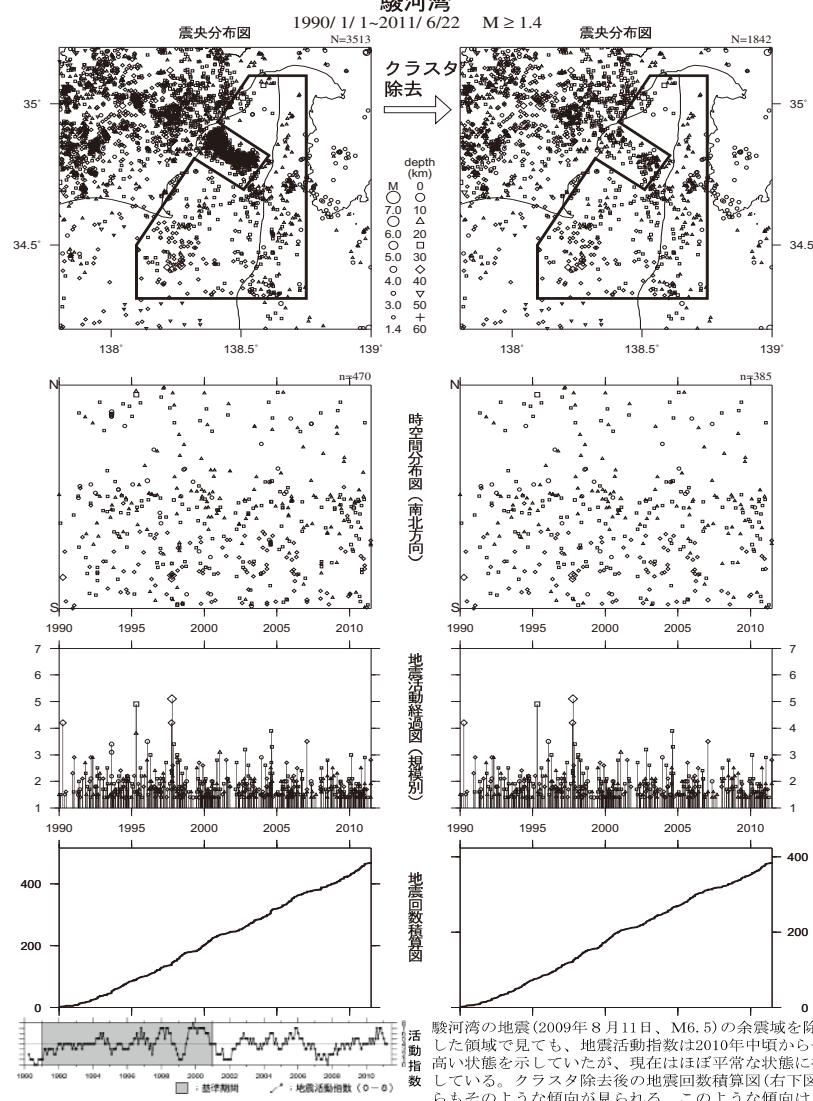
Fig.12 Seismic activity in Suruga Bay since 1990 ($M \geq 1.4$). This area includes the Suruga Trough where the Philippine Sea Plate is expected to start subducting. The figures on the right show declustered earthquake activities.



第13図 浜名湖及び駿河湾の地震活動指数の推移 (浜名湖は1995年以降, 駿河湾は1990年以降, 第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋) [指標算出の単位期間は90日と180日であり, 全て30日ごとに指標をプロットしている。]

Fig.13 Time series of seismic activity levels in Hamanako and Suruga Bay since 1995 and 1990, respectively [The time windows for calculating levels are 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].

駿河湾の地震(2009年8月11日、M6.5)の余震域を除去

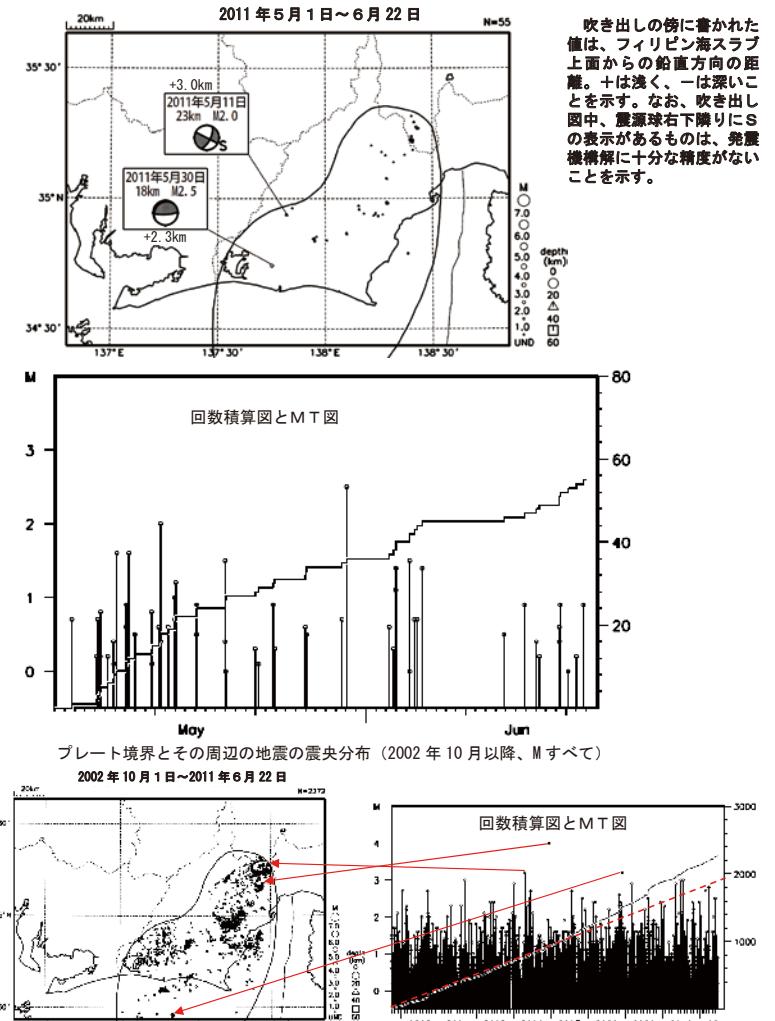


第14図 駿河湾の地震(2009年8月11日、M6.5)の余震域を除去した駿河湾の地震活動($M \geq 1.4$ 以上、1990年以降、右側の図はクラスター除去したもの)と活動指標の推移(第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.14 Seismic activity and time series of seismic activity levels in Suruga Bay, excluding the focal area of the Suruga-bay earthquake (August 11, 2009, M6.5), since 1990 ($M \geq 1.4$). The figures on the right show declustered earthquake activities.

プレート境界とその周辺の地震活動(最近の活動状況)

(Hirose et al. (2008)によるフィリピン海スラブ上面深さの土3kmの地震を抽出)
プレート境界とその周辺の地震の震央分布(最近約1ヶ月半、Mすべて)

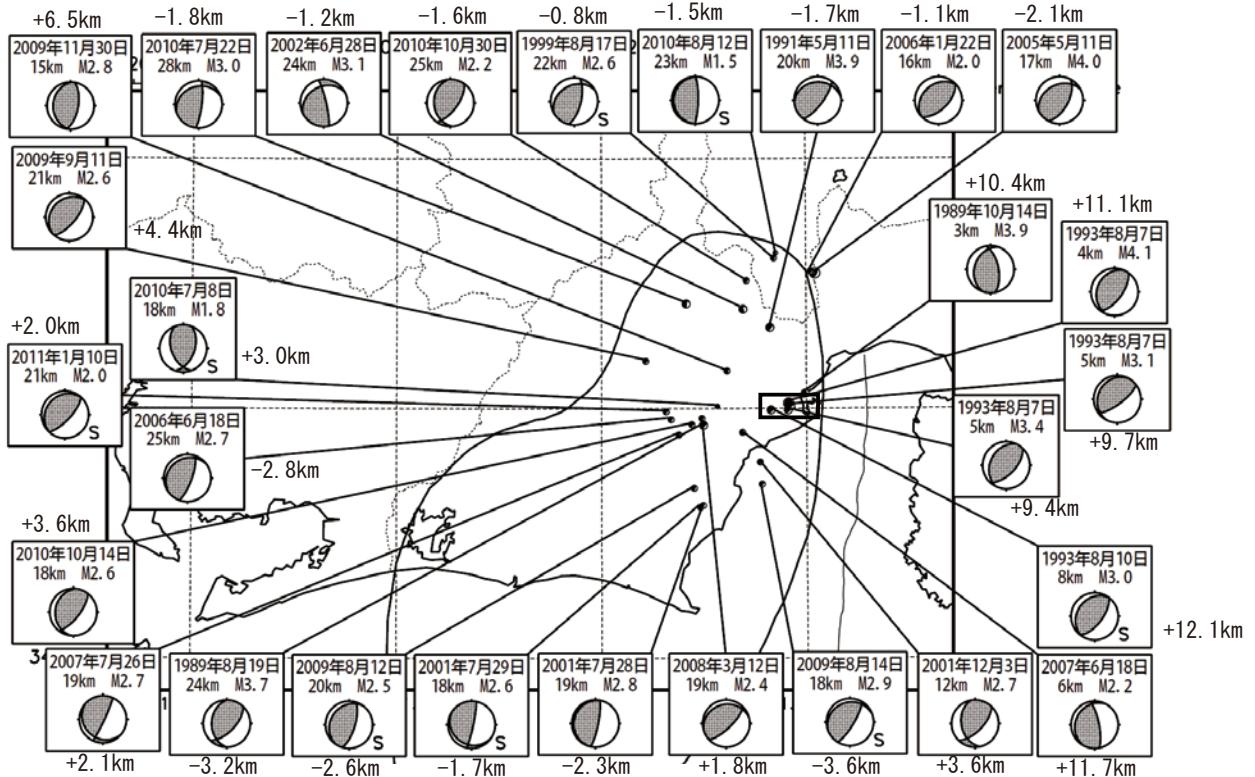


第15図 プレート境界とその周辺の地震活動(第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.15 Seismic activity around the plate boundary.

想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震

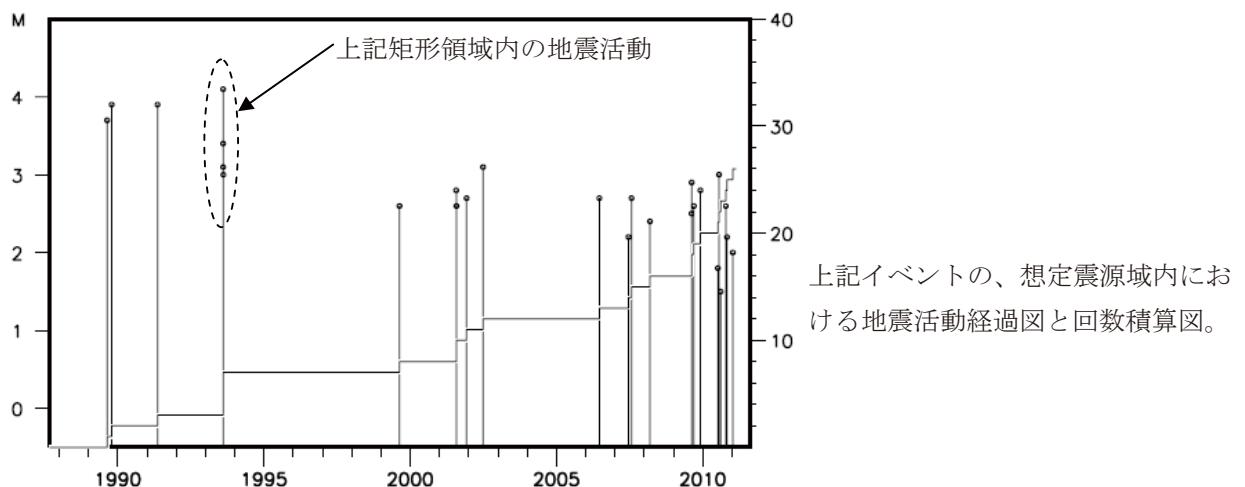
1987年9月1日～2011年6月22日



想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震を抽出した。抽出条件は、P軸の傾斜角が45度以下、かつP軸の方位角が65度以上145度以下、かつT軸の傾斜角が45度以上、かつN軸の傾斜角が30度以下とした。

プレート境界で発生したと疑われる地震の他、明らかに地殻内で発生したと推定される地震も含まれている。また、2009年までに発生した地震については、Nakamura et al. (2008)の3次元速度構造で震源とメカニズム解を再精査し、いくつかの地震は候補から削除されている。

なお、吹き出し図中、震源球右下隣りにSの表示があるものは、発震機構解に十分な精度がない。



第16図 想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震（第302回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋）

Fig.16 Earthquakes whose focal mechanisms were similar to that of the anticipated Tokai earthquake.