

6－1 東海地域とその周辺地域の地震活動（2011 年 6 月～ 10 月） Seismic Activity in and around the Tokai Area (June - October 2011)

気象庁
Japan Meteorological Agency

1. 東海地域とその周辺地域の地震活動（第 1 図，第 2 図）

2011 年 6 月～ 10 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^{1～5)}．

【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．

- ・ 7 月 19 日に駿河湾で M4.0 の地震が発生し最大震度 3 を観測した．
- ・ 8 月 1 日に駿河湾で M6.2 の地震が発生し最大震度 5 弱を観測した（※ 1 参照）．
- ・ 8 月 12 日に遠州灘で M5.2 の地震が発生し最大震度 2 を観測した（※ 2 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．

- ・ 2011 年 6 月 8 日，愛知県西部
- ・ 2011 年 7 月 23 日～ 8 月 1 日，愛知県から長野県南部（第 3 図）
浜松佐久間，新城浅谷等のひずみ計で変化あり（ひずみ変化は 7 月 26 日～ 31 日）．
- ・ 2011 年 8 月 12 日，愛知県西部
- ・ 2011 年 8 月 21 日～ 22 日，愛知西部（第 3 図）
新城浅谷等のひずみ計で変化あり（ひずみ変化は 8 月 20 日～ 22 日）．
- ・ 2011 年 10 月 11 日，長野県南部

【伊豆】

伊豆半島東部で 7 月 17 日から 18 日にかけて，9 月 18 日から 23 日にかけて活発な地震活動が観測された（※ 3 参照）．

2. 静岡県中西部の地震活動の推移（第 4 図～第 6 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⁶⁾ 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⁷⁾．

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 11 月現在、地震活動指数は再び高い状態である。

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ていた。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た⁸⁾。現在、この余震活動の影響はほぼ見られなくなっており、余震域を含めた領域で見ても地震活動はほぼ平常な状態となっている。

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る余震」、「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 7 図～第 9 図）

第 7 図及び第 8 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 9 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。

愛知県の地殻内の微小地震（マグニチュード 1.1 以上）の活動は、2011 年 11 月現在、地震活動指数はやや高い状態を示しているが、地震回数積算図（第 7 図右下）からは顕著な変化は見られない。また、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 11 月現在、地震活動指数はほぼ平常な状態を示しており、地震回数積算図（第 8 図右下）からも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 10 図、第 12 図）

第 10 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 12 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る。

5. 駿河湾の地震活動 (第 11 図～第 12 図)

第 11 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。また、2011 年 8 月 1 日に M6.2 の地震が発生した (本巻※ 1)。2010 年頃から地震活動指数は高い状態を示しており (第 12 図右下)、クラスタ除去後の地震回数積算図 (第 11 図右下) 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 年中頃にはほぼ平常な状態に推移していた⁸⁾。現在、この余震活動の影響はほぼ見られなくなっている。2011 年 11 月現在、地震活動指数は再びやや高い状態を示しているが、地震回数積算図 (第 11 図右下) からは顕著な変化は見られない。

6. プレート境界とその周辺の地震活動 (第 13 図～第 14 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 13 図は、Hirose et al. (2008)⁶⁾ によるフィリピン海スラブ上面深さの $\pm 3\text{km}$ 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。

第 14 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やスラブ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 14 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)⁹⁾ 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 23 年 6 月地震・火山月報(防災編), 39 – 40 (2011).
- 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 23 年 7 月地震・火山月報(防災編), 38 – 39 (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 8 月地震・火山月報(防災編), 38 (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 9 月地震・火山月報(防災編),

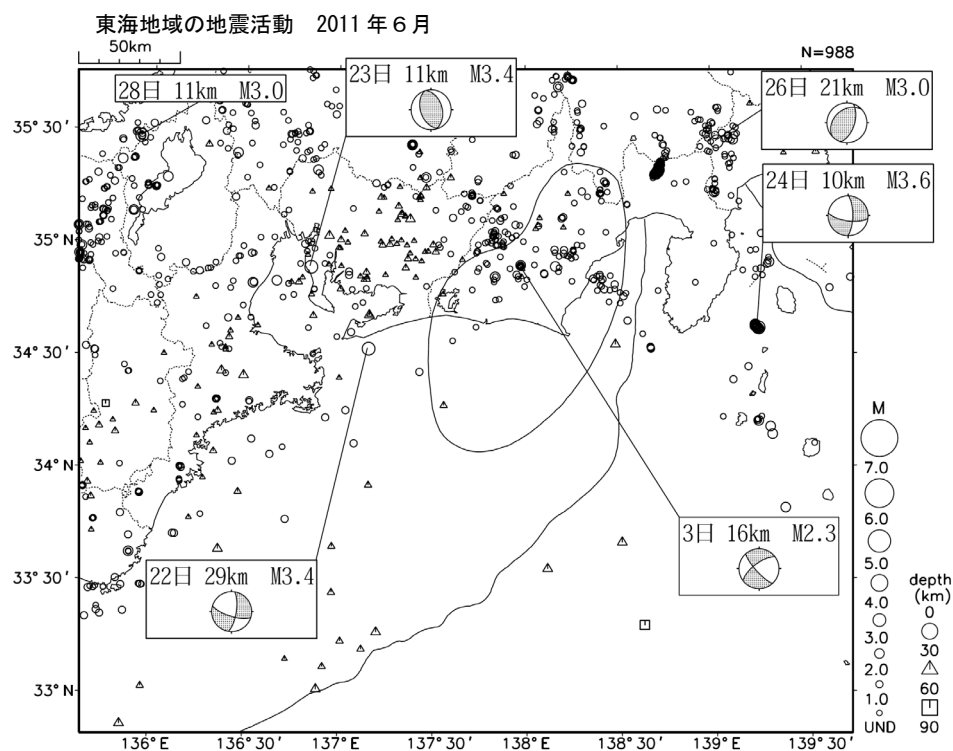
印刷中.

- 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 10 月地震・火山月報（防災編），印刷中.
- 6) 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) .
- 7) Shozo Matsumura : Focal zone of a future Tokai earthquake inferred from the seismicity pattern around the plate interface, Tectonophysics, 273, 271-291 (1997) .
- 8) 気象庁：東海地域とその周辺地域の地震活動(2010 年 11 月～2011 年 5 月), 地震予知連絡会会報, 86, 402-419 (2011) .
- 9) 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) .
- 10) 気象庁：第 307 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料，気象庁ホームページ，
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/hantei20111121/index.html>.

※ 1：6－2 2011 年 8 月 1 日の駿河湾の地震（M6.2）について（気象庁）

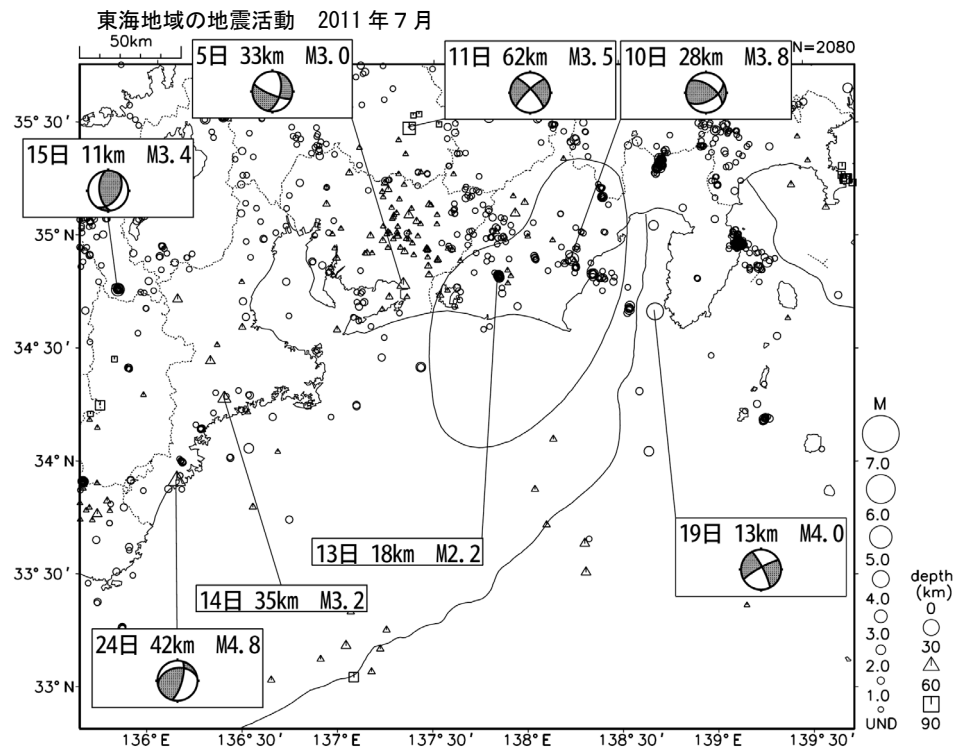
※ 2：4－1 関東・中部地方とその周辺の地震活動（2011 年 6 月～10 月）（気象庁）

※ 3：5－1 2011 年 7 月，9 月の伊豆東部の地震活動について（気象庁）



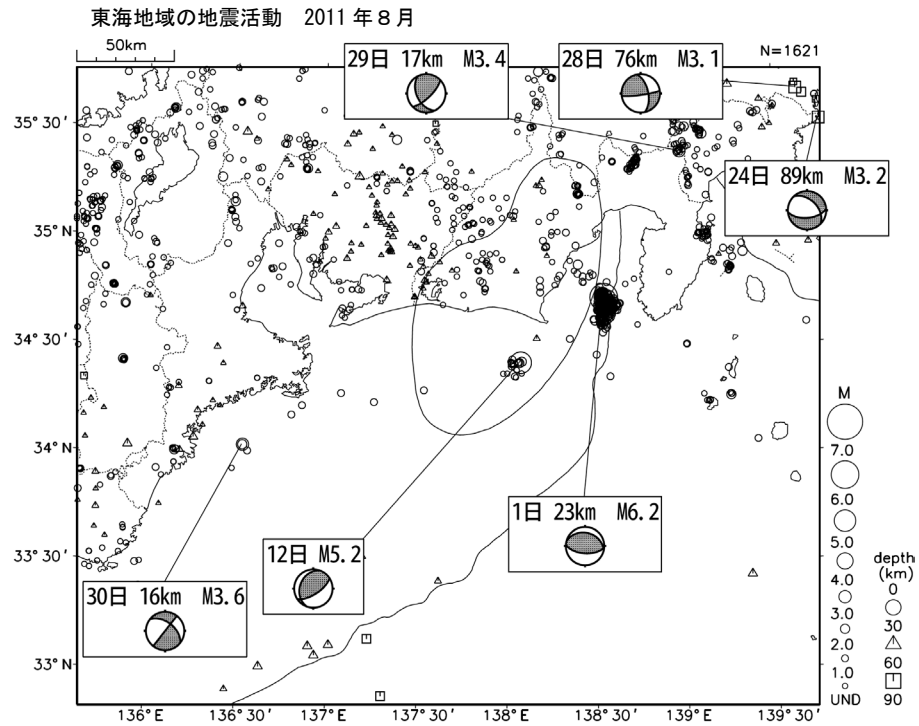
第 1 図 (a) 東海地域で発生した地震の月別震央分布 (2011 年 6 月)

Fig.1 (a) Monthly epicenter distribution in the Tokai Districts (June 2011).

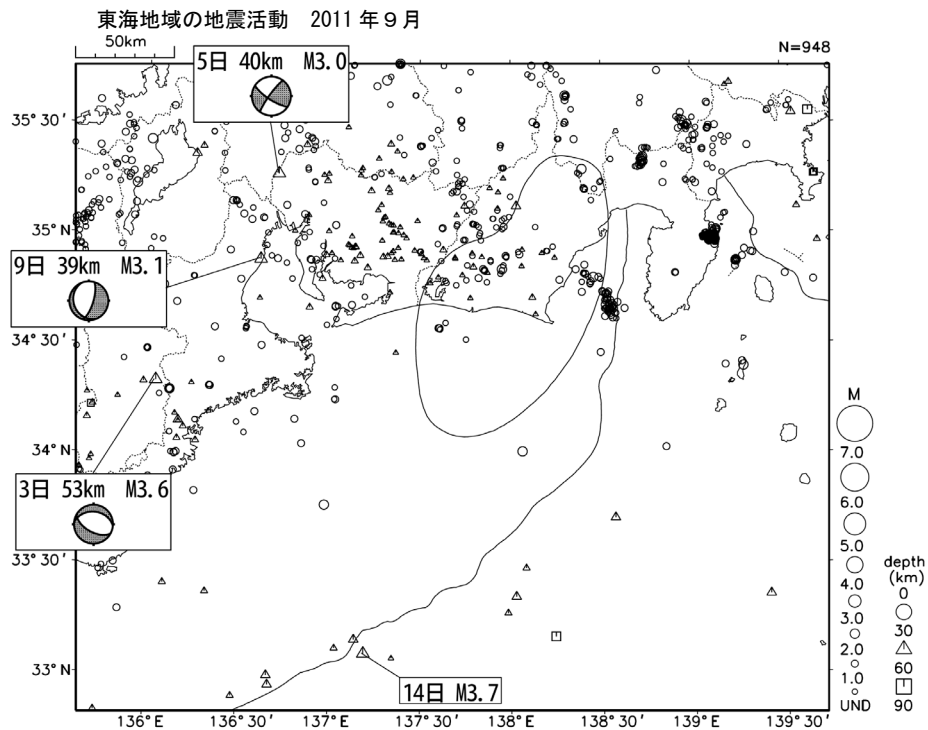


第 1 図 (b) つづき (2011 年 7 月)

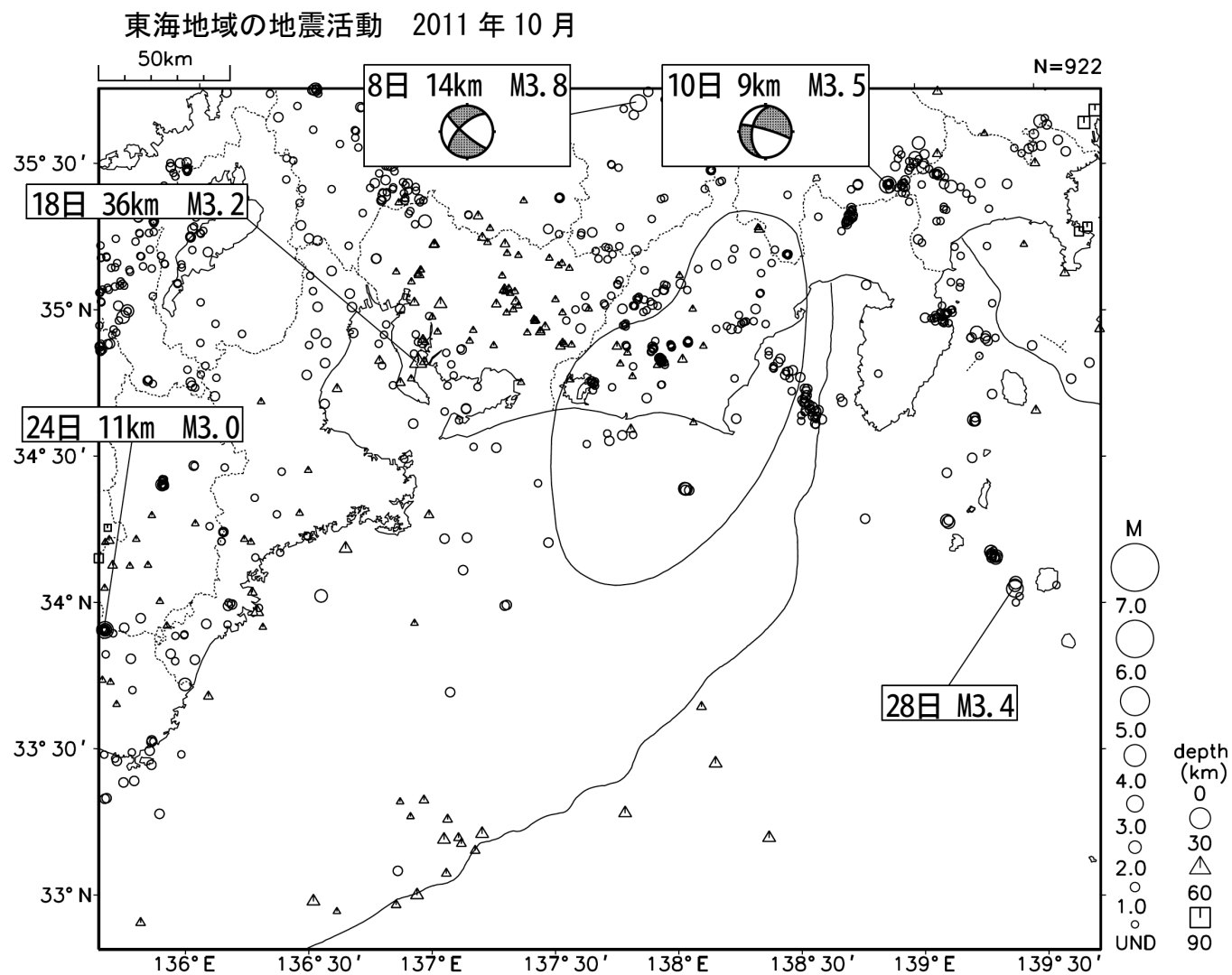
Fig.1(b) Continued (July 2011).



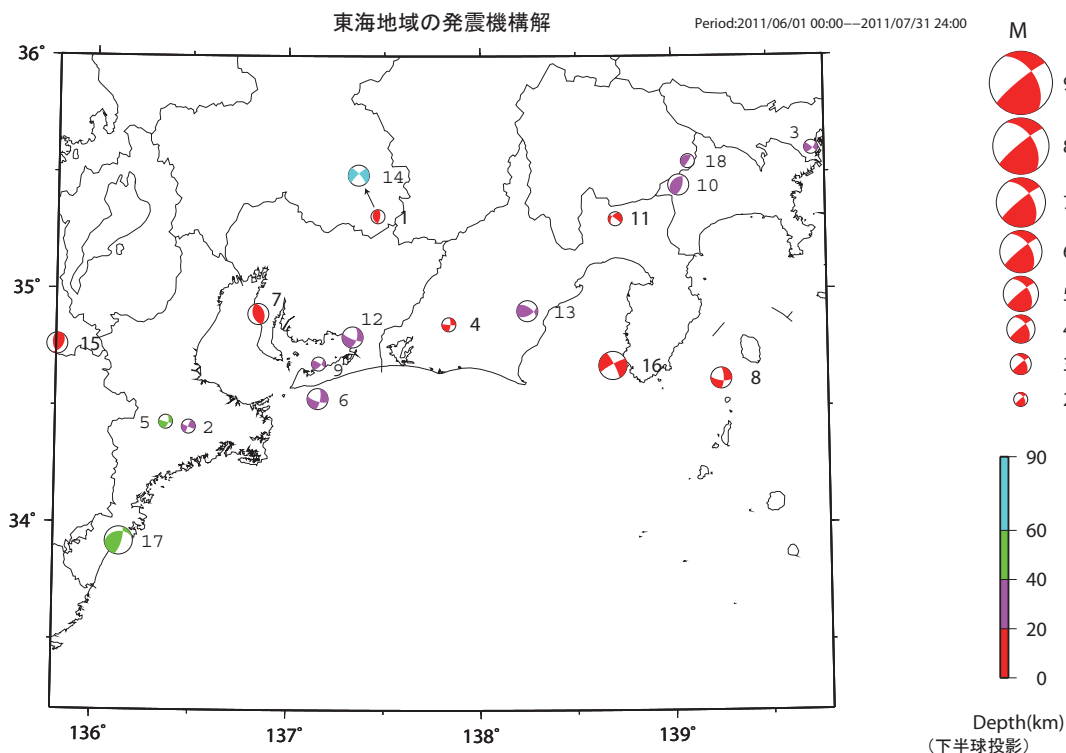
第1図(c) つづき (2011 年 8 月)
Fig.1 (c) Continued (August 2011).



第1図(d) つづき (2011 年 9 月)
Fig.1 (d) Continued (September 2011).

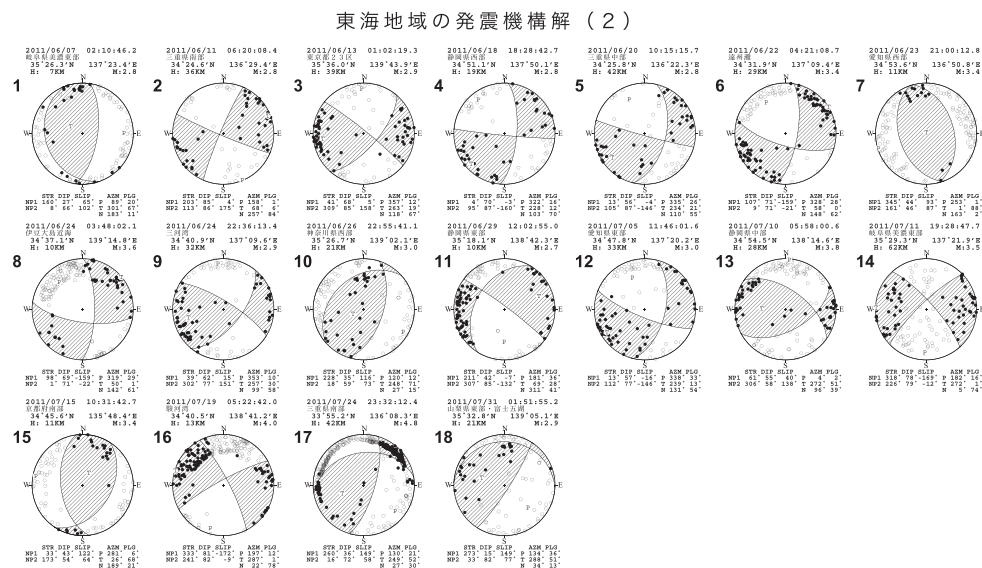


第1図(e) つづき (2011年10月)
Fig.1 (e) Continued (October 2011).



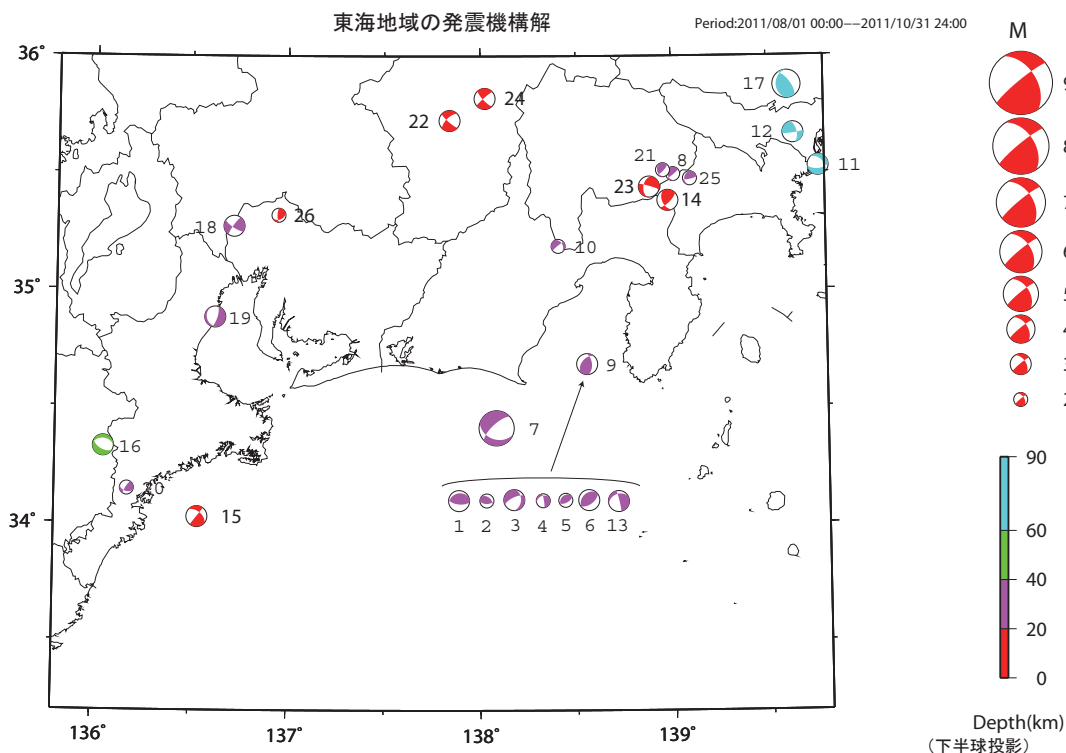
第2図 (a) 東海で発生した主な地震の発震機構解 (2011年6月～7月)

Fig.2 (a) Focal mechanism solutions for major earthquakes in the Tokai Districts (June – July 2011).

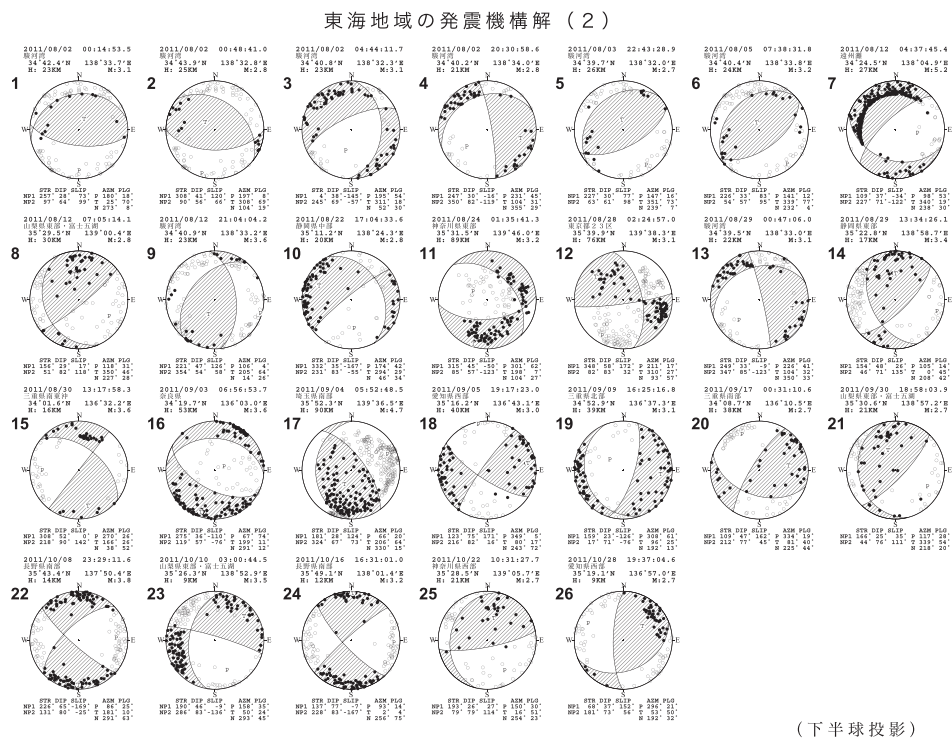


第2図 (b) つづき (2011年6月～7月)

Fig.2 (b) Continued (June – July 2011).



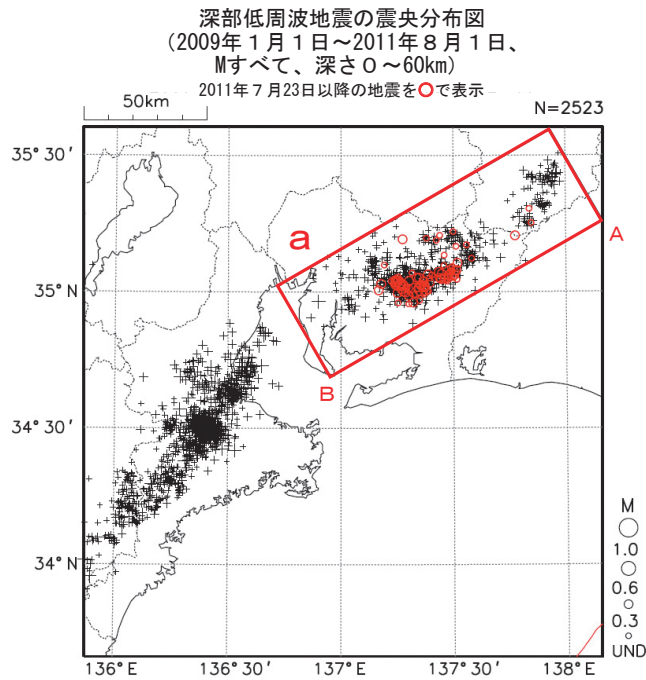
第2図(c) つづき (2011年8月～10月)
Fig.2 (c) Continued (August – October 2011).



※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。

第2図(d) つづき (2011年8月～10月)
Fig.2 (d) Continued (August – October 2011).

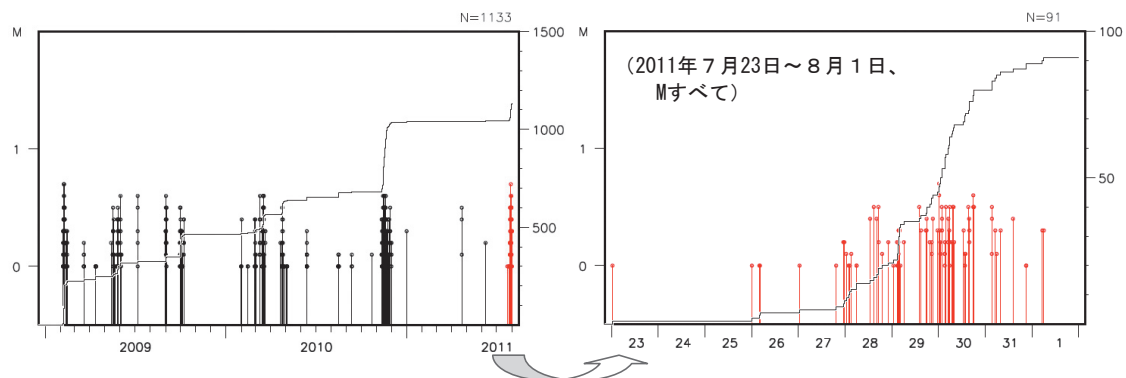
7月23日～8月1日 長野県南部～愛知県の深部低周波地震活動



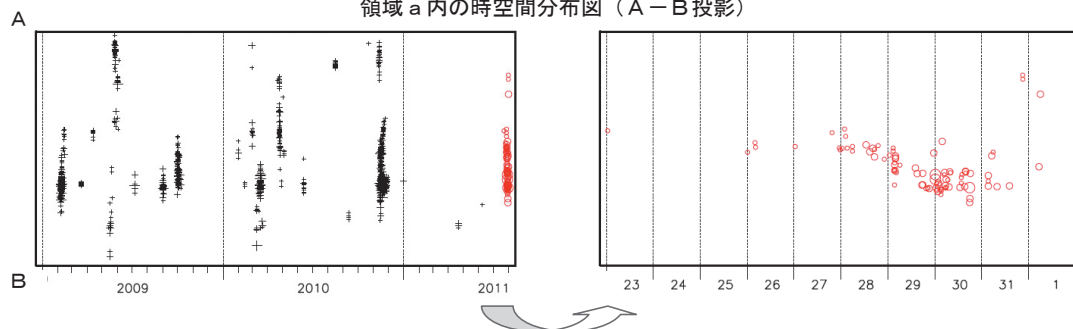
2011年7月23日から8月1日まで、長野県南部から愛知県にかけての領域で深部低周波地震活動が観測された。今回の活動は、西方向に移動した。

今回の活動領域（長野県南部～愛知県）でまとまった深部低周波地震が観測されたのは、2010年11月に観測された活動以来である。

領域 a 内の地震活動経過図及び回数積算図



領域 a 内の時空間分布図（A－B 投影）



第3図(a) 2011年7月と8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 July and August 2011.

2011/07/15 00:00 - 2011/08/06 00:00

DP 1.0E-07 strain
30 m/1hour
10 count/hour

期間① 期間②

豊田神殿

豊橋多米

蒲郡清田

浜松佐久間

川根本町東藤川

新城浅谷

新城浅谷雨

低周波地震回数

読取値(降水の影響も含む)
期間① 07/26-29
期間② 07/30-31

26 nstrain

11 nstrain 36 nstrain

-20 nstrain -30 nstrain

-32 nstrain

15 nstrain 23 nstrain

25 nstrain

32 nstrain

10 nstrain -9 nstrain

20 nstrain 16 nstrain

-21nstrain -21nstrain

-8 nstrain

-10 nstrain 18 nstrain

-15 nstrain 20 nstrain

28 nstrain -8 nstrain

25 nstrain -12 nstrain

15 nstrain -15 nstrain

14 nstrain -16 nstrain

35 nstrain

26 nstrain

※ 川根本町東藤川は静岡県整備
豊田神殿、豊橋多米は産業技術総合研究所整備

第 3 図 (b) つづき
Fig.3(b) Continued.

□ 体積歪観測点
 ◇ 多成分歪観測点
 ○ 深部低周波地震震央(7/26~7/29)

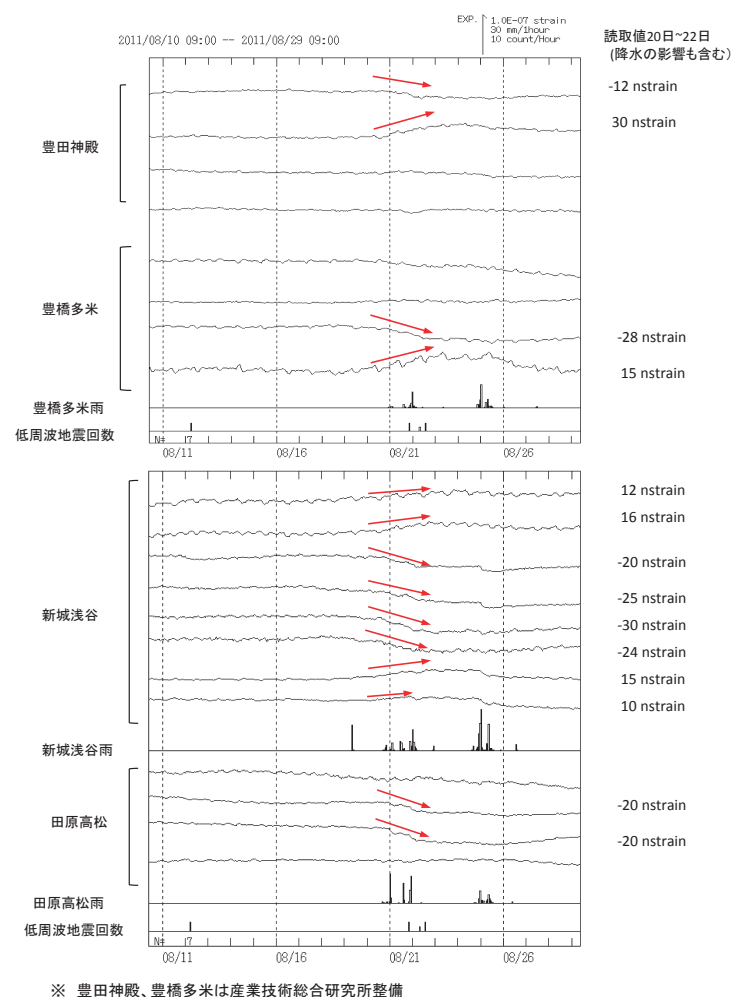
短期的ゆっくりすべりの候補領域
 7/26~29: Mw 5.3

すべり領域の推定に使用した観測点
 豊橋多米、浜松佐久間、川根本町東家部川、
 新城浅谷

[illegible]

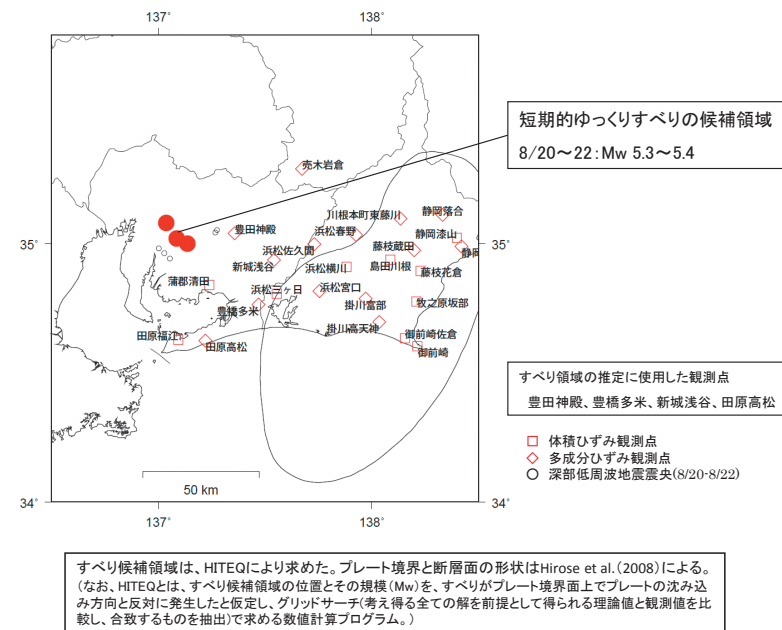
第3図(c) つづき
Fig.3(c) Continued.

8月20日から22日頃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

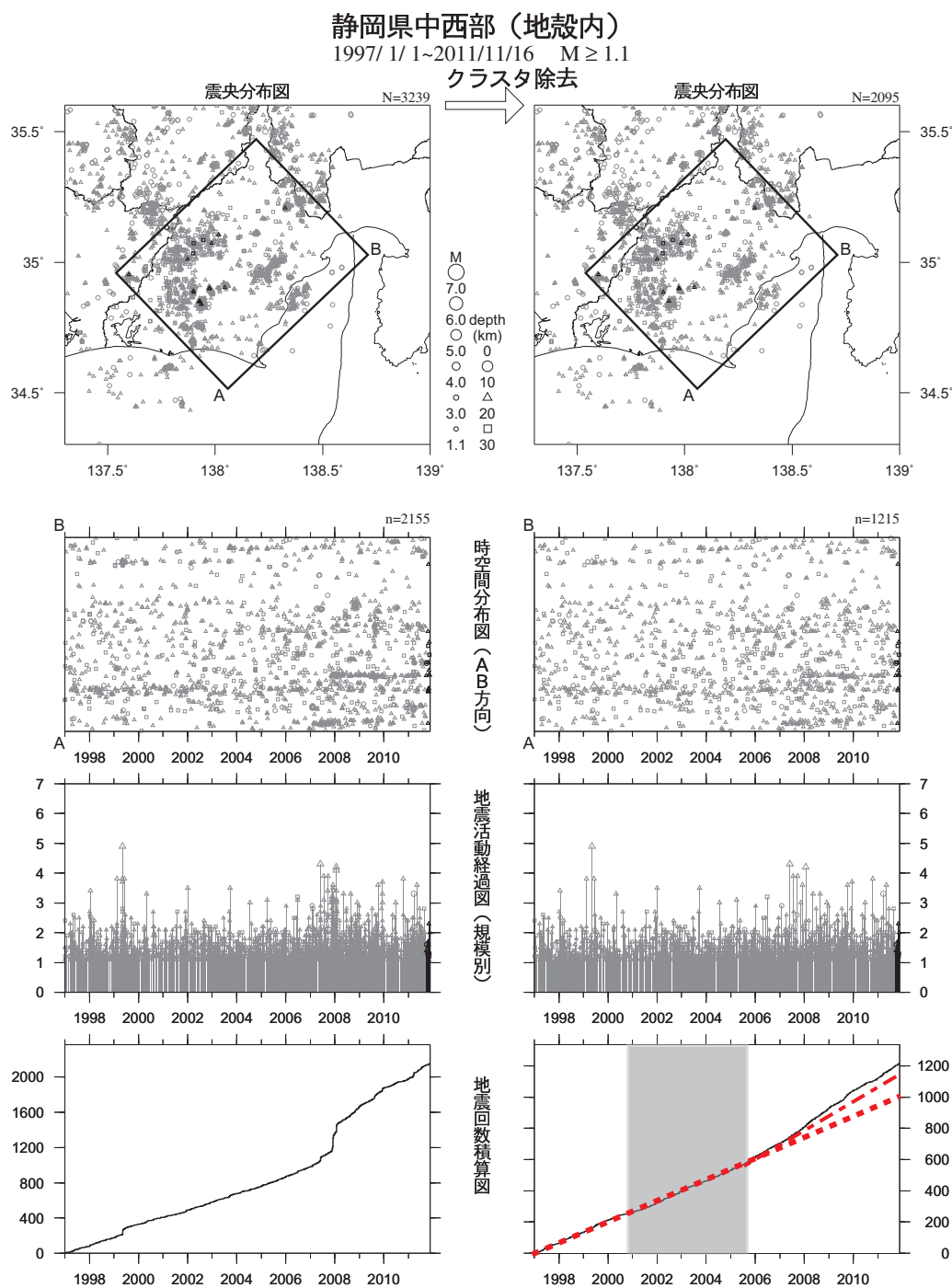


第3図(d) つづき
Fig.3(d) Continued.

8月20日~22日頃のひずみ変化から推定されるすべり領域



第3図(e) つづき
Fig.3(e) Continued.

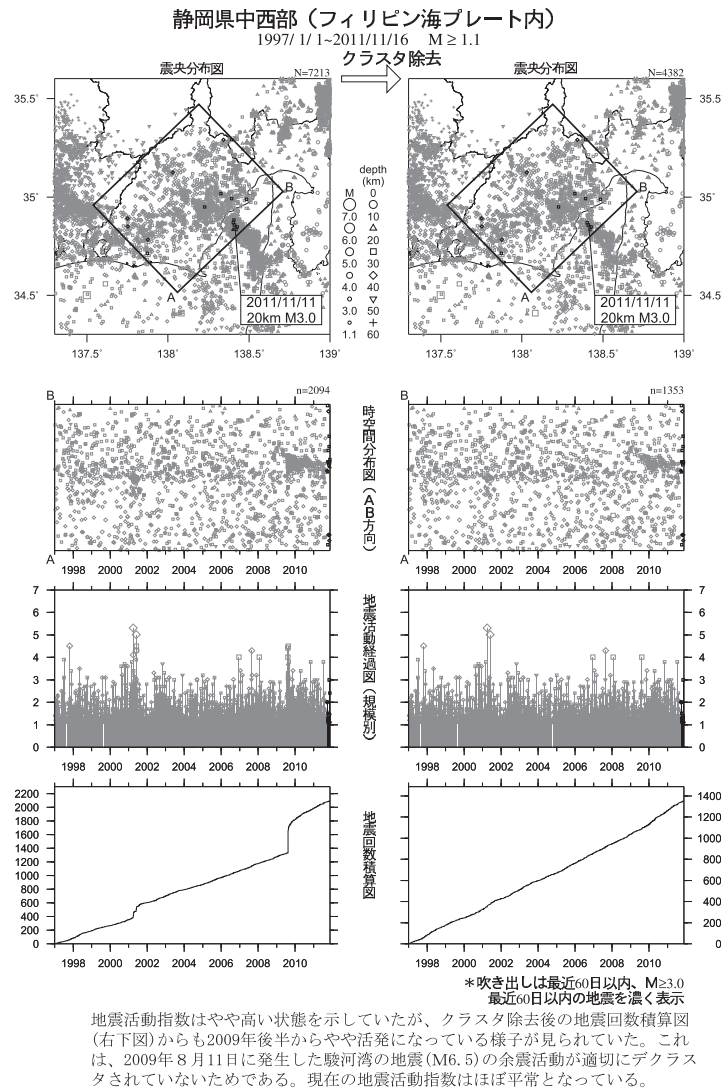


最近60日以内の地震を濃く表示

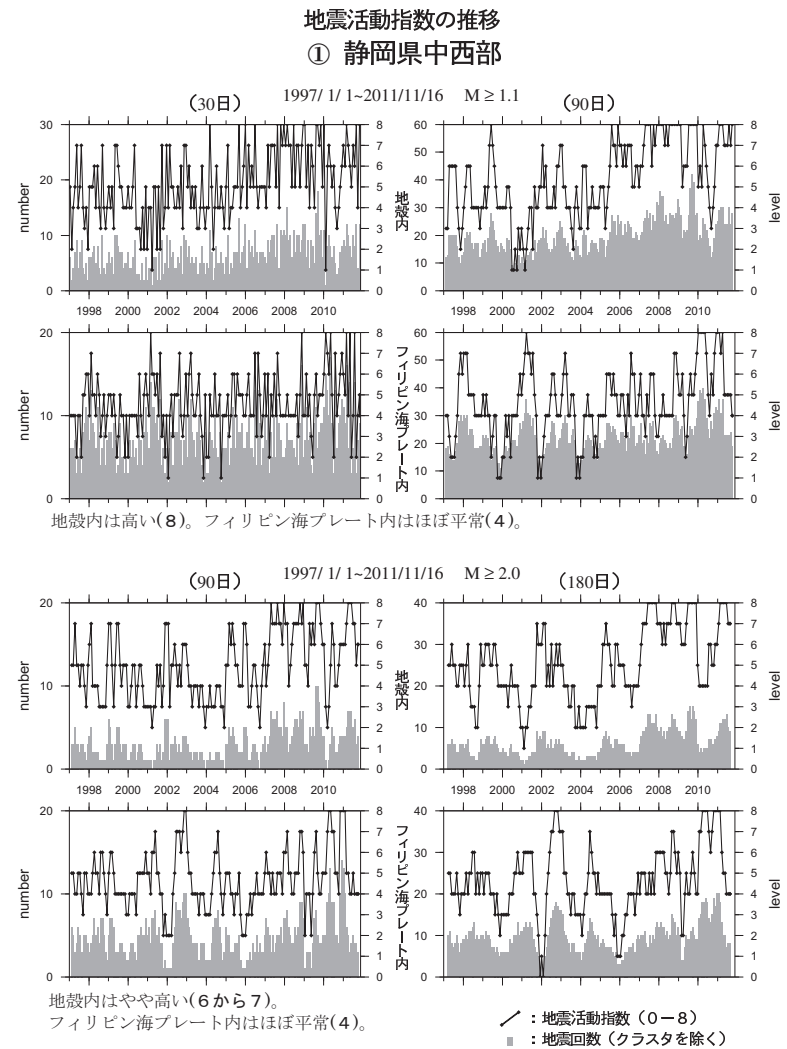
クラスタ除去後の地震回数積算図（右下図）を見ると、2000年半ばまでは傾きが急でやや活発、その後2005年半ばまでは傾きが緩やかでやや低調、2005年半ば以降はやや活発、という傾向が見られる。この地震活動変化は、概ね長期的スロースリップの進行（右下図網掛け領域）・停滞の時期に対応している。2007年後半以降はさらに活発な傾向が見られていた。2010年の春頃からは一時的にほぼ平常な状態に推移していたが、現在の地震活動指数は再び高い状態である。

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307回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾より抜粋）

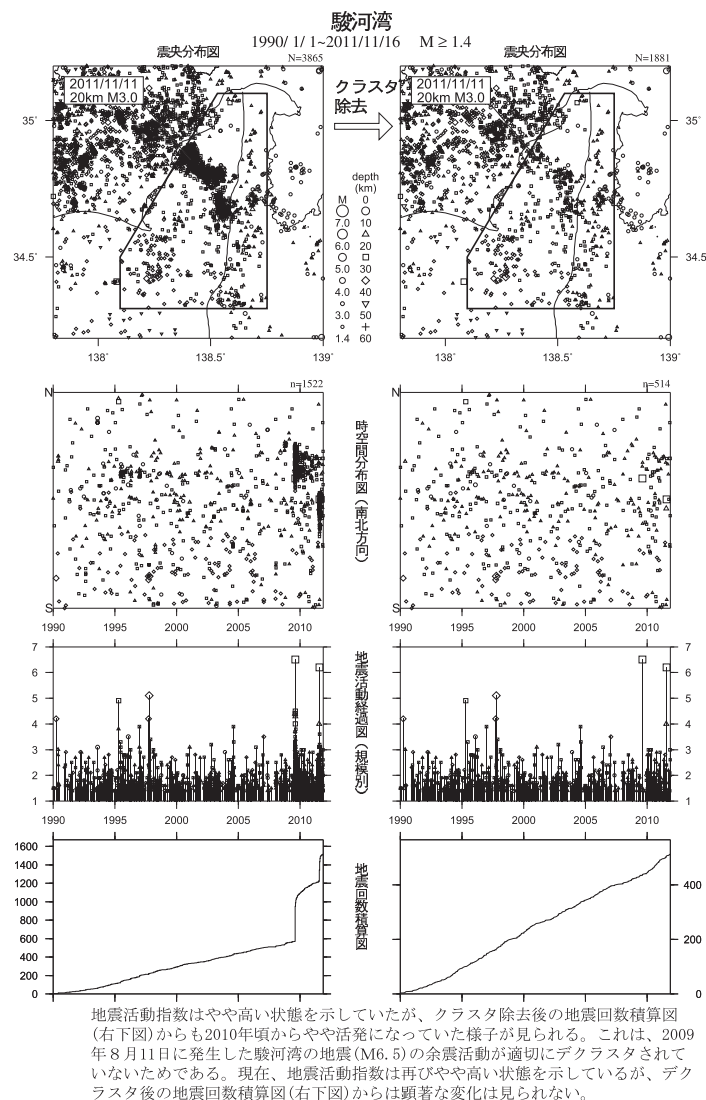
Fig.4 Seismic activity in the crust in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997(M $\geq$ 1.1). This area is estimated to be the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.



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 307 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾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.

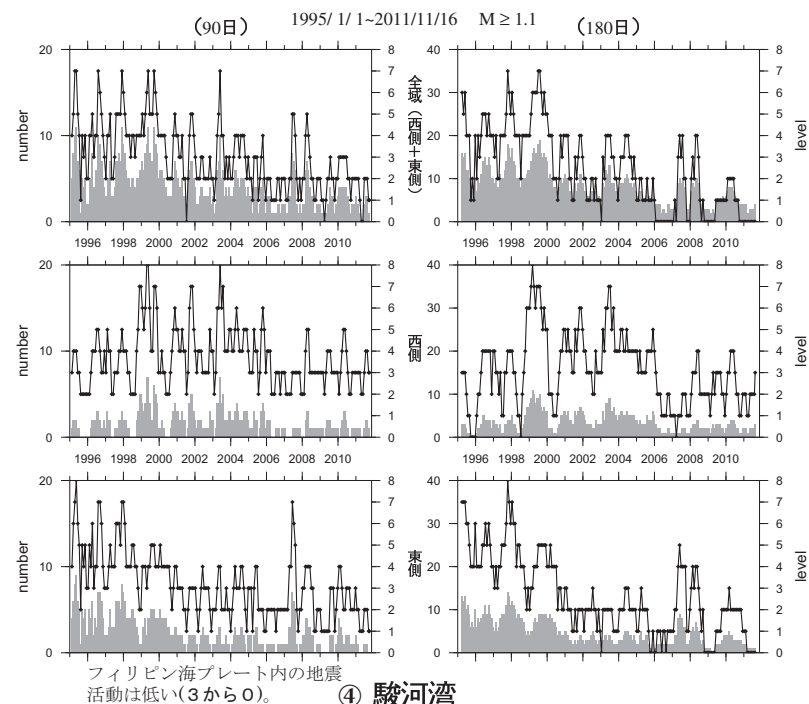


第6図 静岡県中西部の地震活動指数の推移(1997 年以降, 第 307 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾より抜粋) [指数算出の単位期間は 30 日, 90 日, 180 日であり, 全て 30 日ごとに指数をプロットしている。]
Fig.6 Time series of seismic activity levels in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].

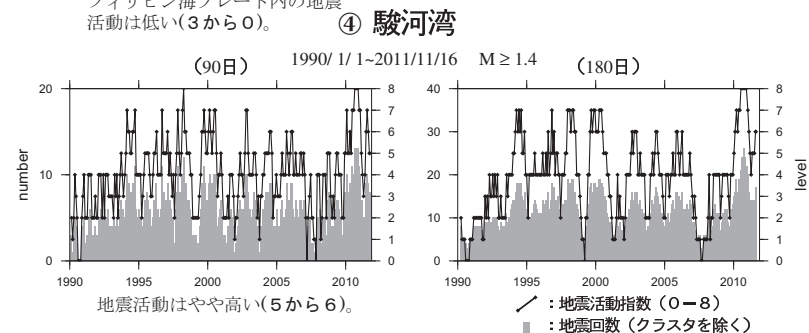


第 11 図 駿河湾の地震活動 (M1.4 以上, 1990 年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第 307 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾より抜粋)
Fig. 11 Seismic activity in Suruga Bay since 1990 ($M \geq 1.4$). This area includes the Suruga Trough where the Philippine Sea Plate is expected to start subducting. The figures on the right show declustered earthquake activities.

地震活動指数の推移 ③ 浜名湖周辺 (フィリピン海プレート内)



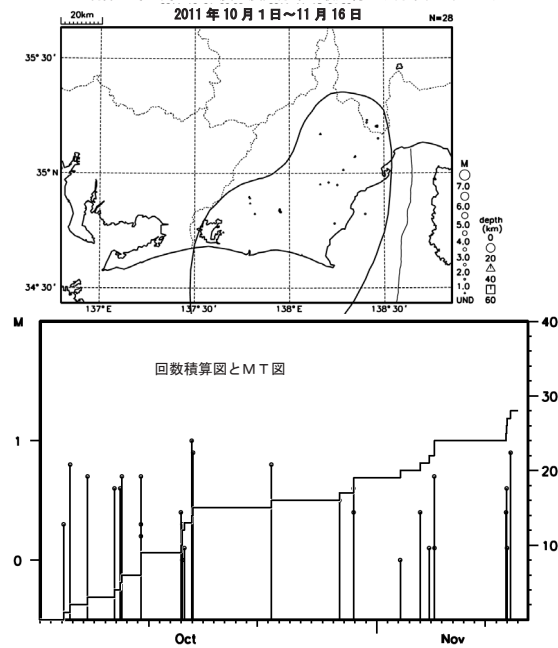
フィリピン海プレート内の地震活動は低い(3から0)。



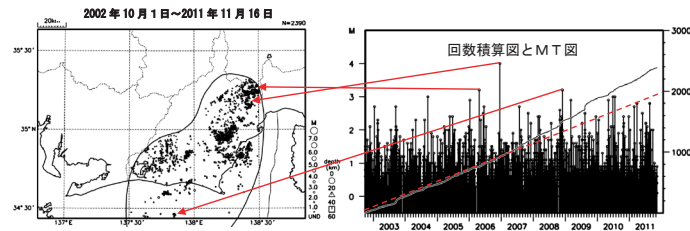
地震活動はやや高い(5から6)。

第 12 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 307 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾より抜粋) [指数算出の単位期間は 90 日と 180 日であり, 全て 30 日ごとに指数をプロットしている。]
Fig. 12 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].

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±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)



プレート境界とその周辺の地震の震央分布(2002年10月以降、Mすべて)

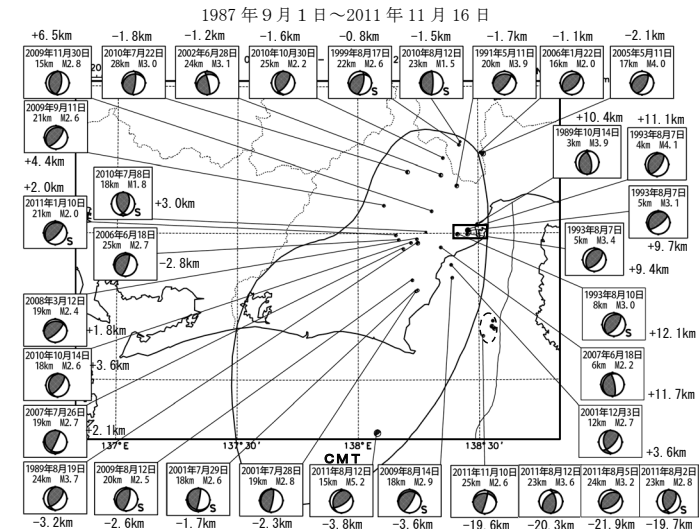


2002年10月以降(Mすべて)で見ると、東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は、2007年中頃あたりからやや活発に見える。なお、2009年8月11日以降は、駿河湾の地震(M6.5)の余震活動の一部を抽出している。M3を超える地震については、その震央を矢印で示しているが、これらの地震の発震機構解は想定東海地震のものと類似の型ではない。

第13図 プレート境界とその周辺の地震活動(第307回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾より抜粋)

Fig. 13 Seismic activity around the plate boundary.

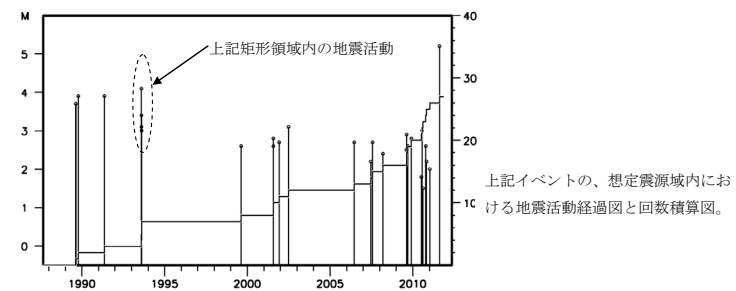
想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震



吹き出しの傍に書かれた値は、Hirose et al. (2008)によるプレート境界からの鉛直方向の距離。+はプレート境界より浅く、-は深いことを示す。

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、明らかに地殻内またはスラブ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、震源球右下降りにSの表示があるものは、発震機構解に十分な精度がない。



上記イベントの、想定震源域内における地震活動経過図と回数積算図。

第14図 想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震(第307回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹⁰⁾より抜粋)

Fig. 14 Earthquakes whose focal mechanisms were similar to that of the anticipated Tokai earthquake.