６－１　東海地域とその周辺地域の地震活動（2012年11月～2013年4月）
Seismic Activity in and around the Tokai Area (November 2012 - April 2013)

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）

2012年11月～2013年4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[1~6]．

【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以上の地震はなかった．

【愛知県とその周辺】

今期間，M4以上の地震は以下のとおりであった．

・2013年2月6日愛知県西部（フィリピン海プレート内部の地震）　M4.1

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．

・2012年10月31日～11月6日，および8日，愛知県（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10月31日～11月6日）．

・2012年11月21日，25日，および26日，愛知県（第4図）
新城浅谷，田原高松等のひずみ計で変化あり（ひずみ変化は11月21日～26日）．

・2013年4月22日から23日にかけて愛知県東部（第5図）
浜松春野，浜松佐久間等のひずみ計で変化あり（ひずみ変化は4月19日～23日）．

【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6図～第8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．第6図及び第7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[7]活動推移を見たものである．第8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[8]．

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6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8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（長期的ゆっくりすべり）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年春頃には一時的にほぼ平常な状態になり，2013年に入ってからも同様な状況が見えるが，2013年4月現在，全体的には地震活動指数は高い状態で推移している．

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7図，第8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．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[9]．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9図～第11図）

第9図及び第10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11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，2012年頃から地震活動指数がやや低い～ほぼ平常の状態で推移しているが，2013年4月現在，地震回数積算図（第9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）の活動も，2013年4月現在，地震活動指数はほぼ平常からやや低い状態を示しているが，地震回数積算図（第10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12図，第14図）

第12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14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13図～第14図）

第13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M6.5，2011年8月1日にM6.2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14図右下)，クラスタ除去後の地震回数積算図(第13図右下)からもやや活発になっている様子が見られている．これは，2009年8月11日の地震（M6.5）と2011年8月1日の地震（M6.2）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．2013年4月現在，これらの地震の余震活動の影響はまだ残っており，地震活動指数はやや高い状態を示している．地震回数積算図（第13図右下）にも同様の傾向がみられる．

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．

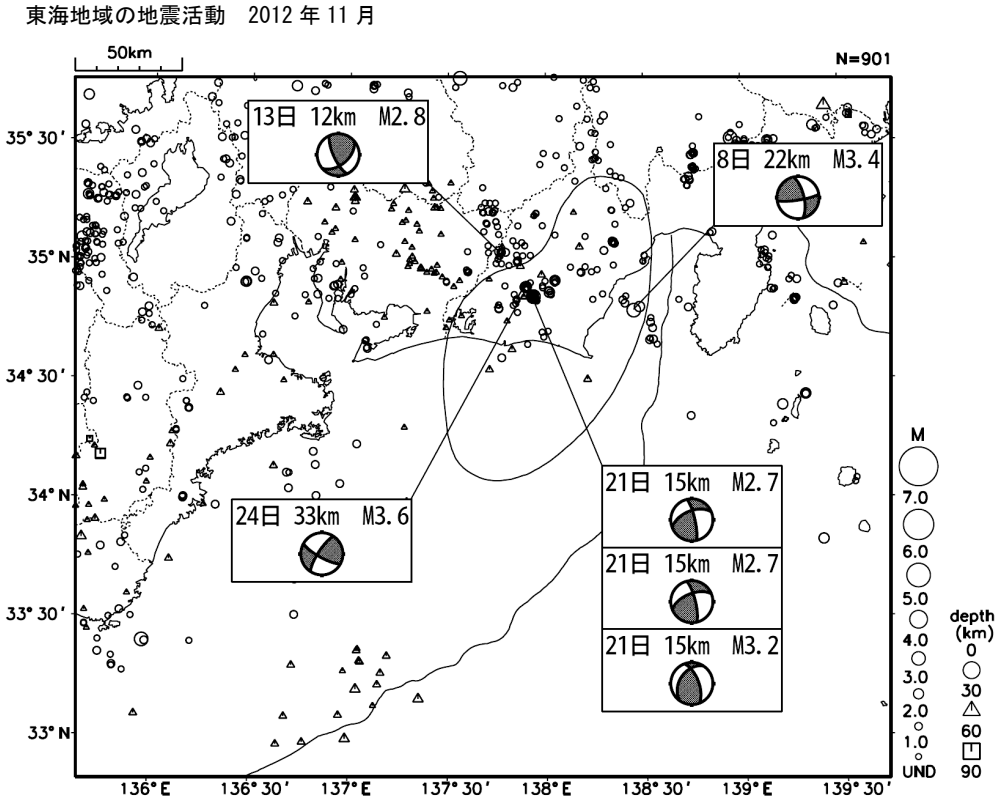
第15図は，Hirose et al. (2008) [7]によるフィリピン海スラブ上面深さの±3kmの地震を抽出し地震活動の推移を見たものである．東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は，2007年中頃あたりからやや活発に見える．

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．

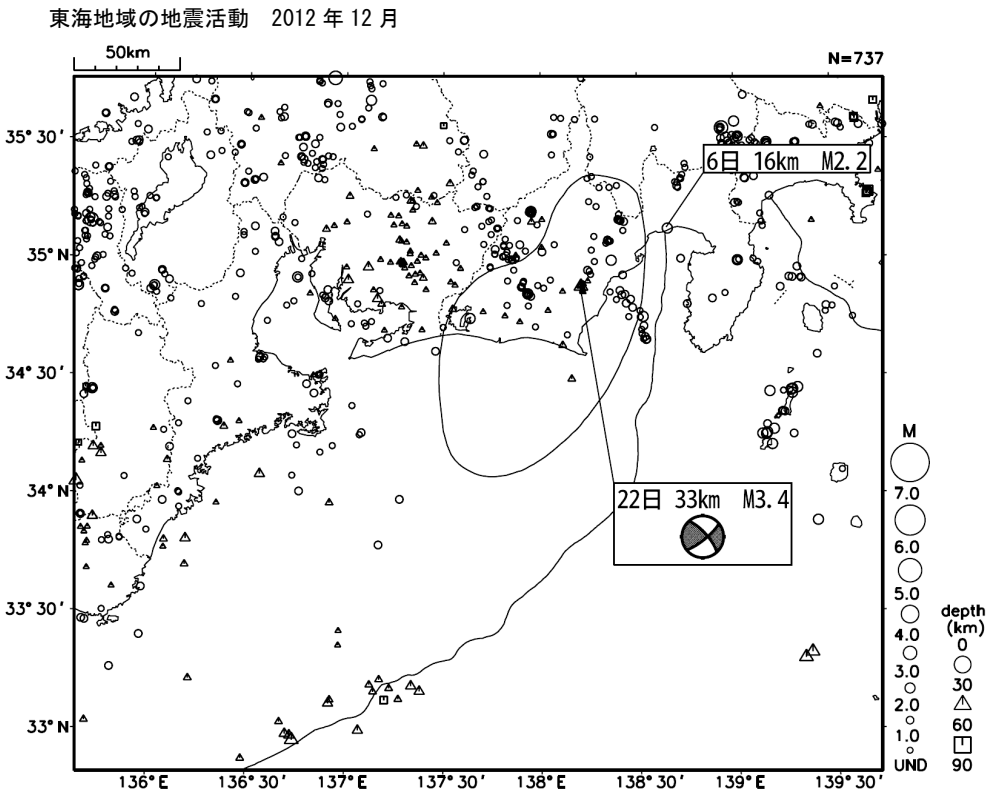
参　考　文　献

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24年11月地震・火山月報(防災編)，24－25(2012).
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24年12月地震・火山月報(防災編)，28－29(2013).
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25年1月地震・火山月報(防災編)，28－29(2013).
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25年2月地震・火山月報(防災編)，32－33(2013).
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25年3月地震・火山月報(防災編)，25－26(2013).
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25年4月地震・火山月報(防災編)，41－42(2013).

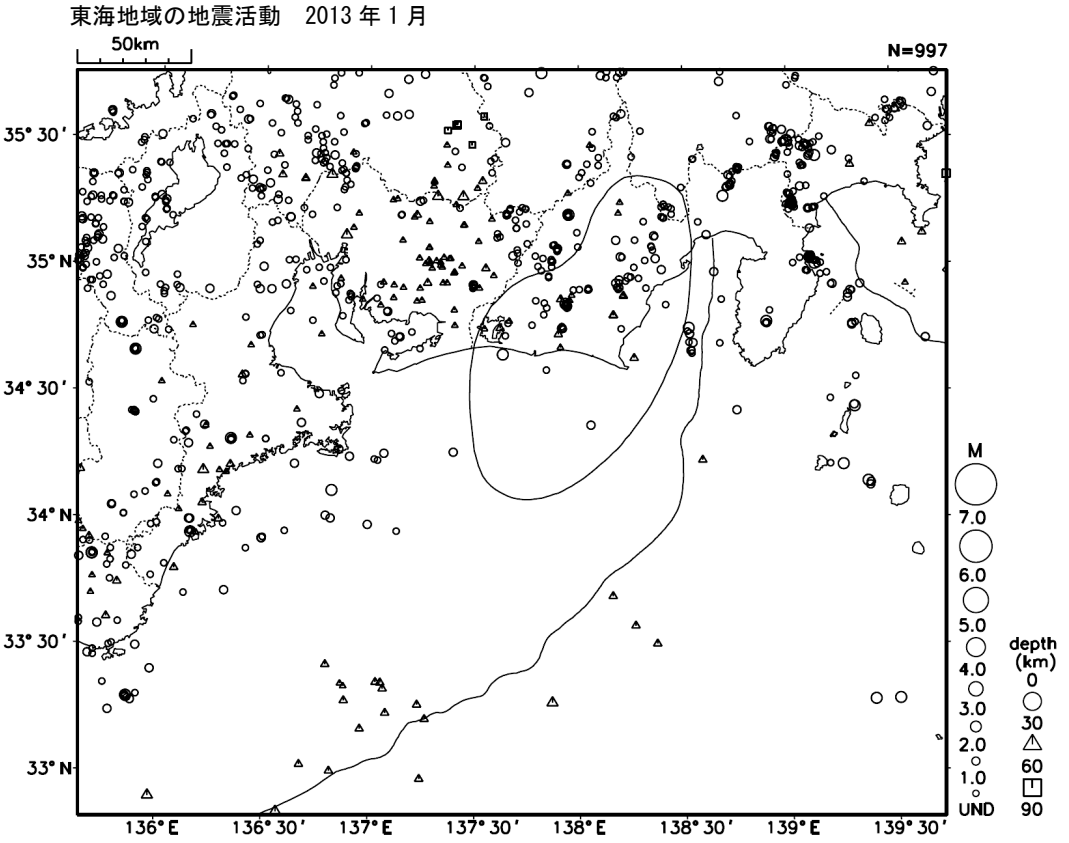
7) Fuyuki Hirose, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa : Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, J. Geophys. Res., 113, doi:10.1029/2007JB005274 (2008).
8) Shozo Matsumura : Focal zone of a future Tokai earthquake inferred from the seismicity pattern around the plate interface, Tectonophysics, **273**, 271-291 (1997).
9) 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).
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324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/hantei20130422/index.html.



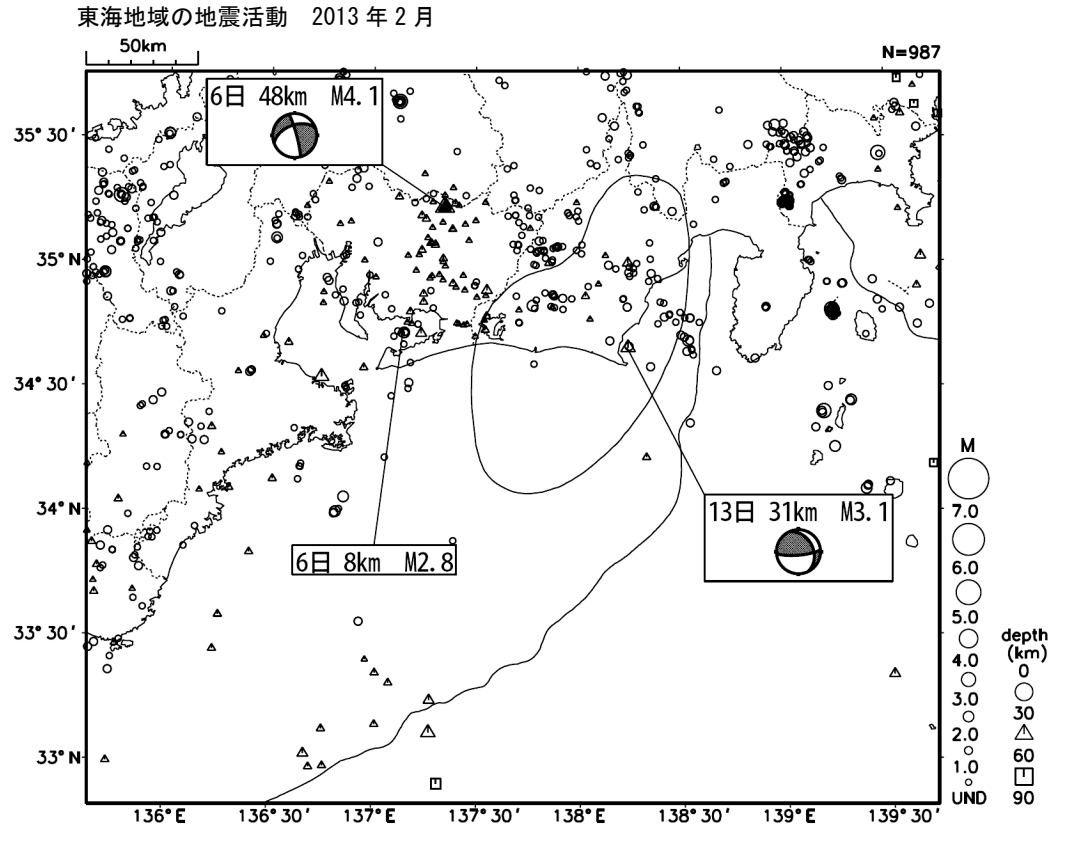
第1図(a)　東海地域で発生した地震の月別震央分布（2012年11月）
Fig.1 (a) Monthly epicenter distribution in the Tokai Districts (November 2012).



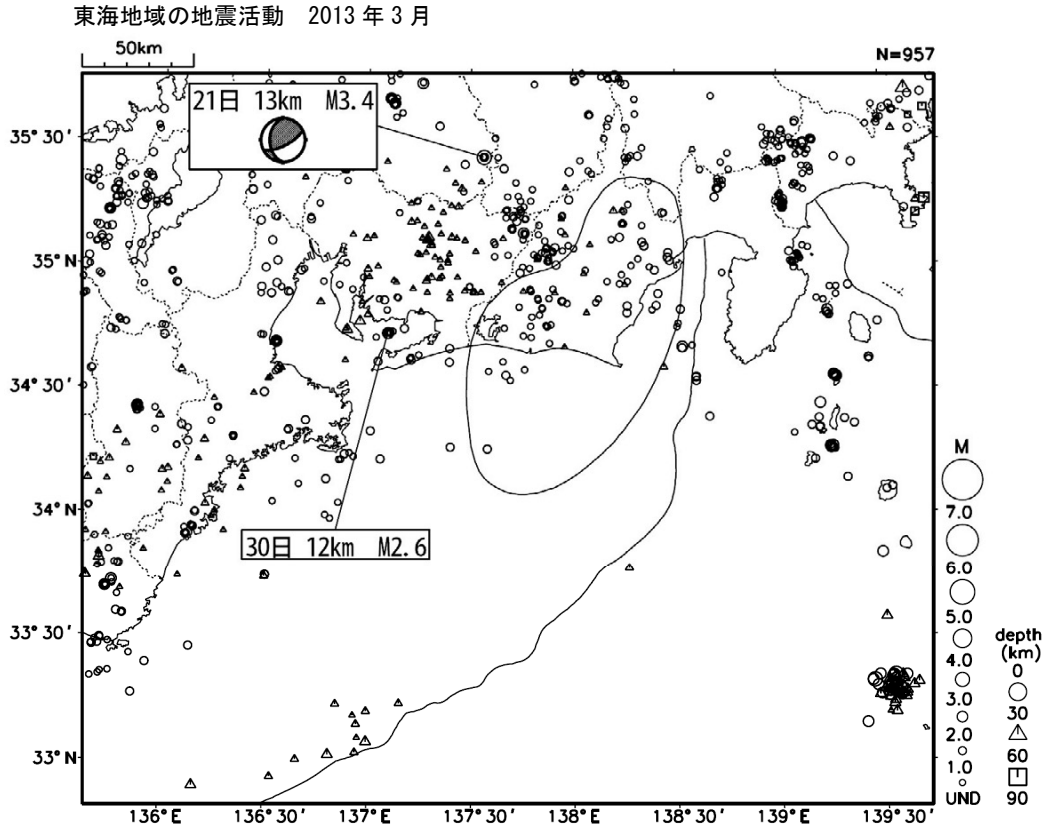
第1図(b)　つづき（2012年12月）
Fig.1(b) Continued (December 2012).



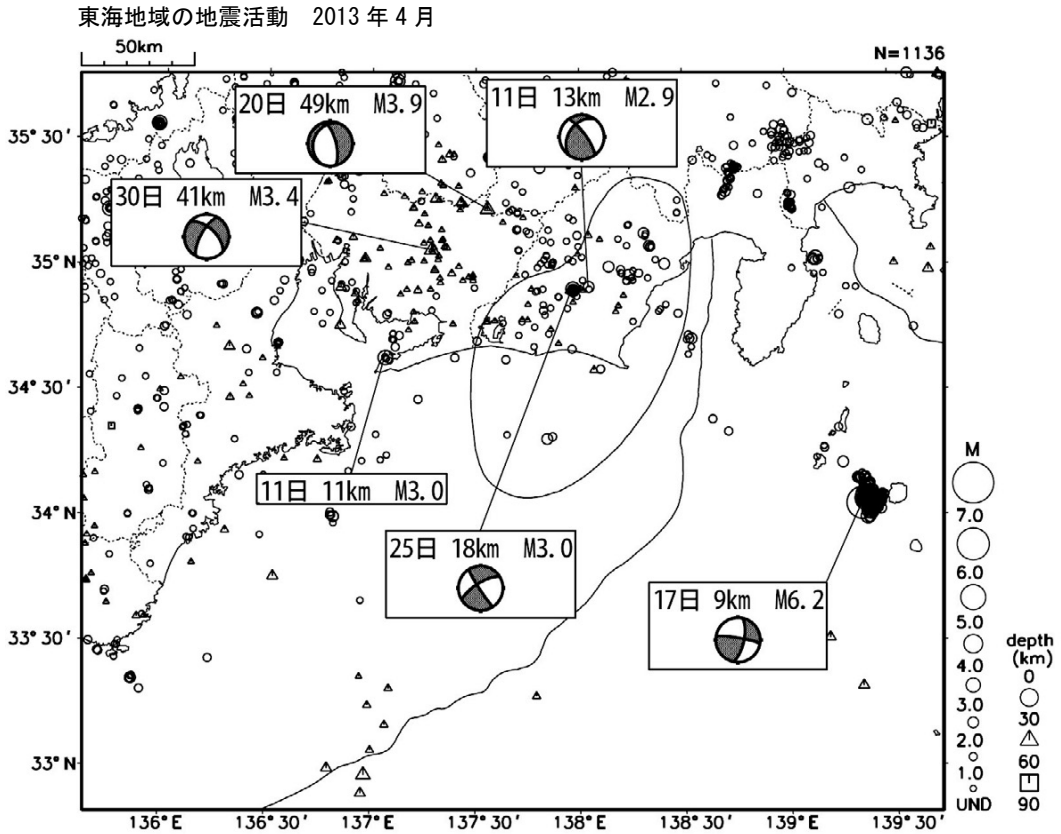
第1図(c)　つづき（2013年1月）
Fig.1 (c) Continued (January 2013).



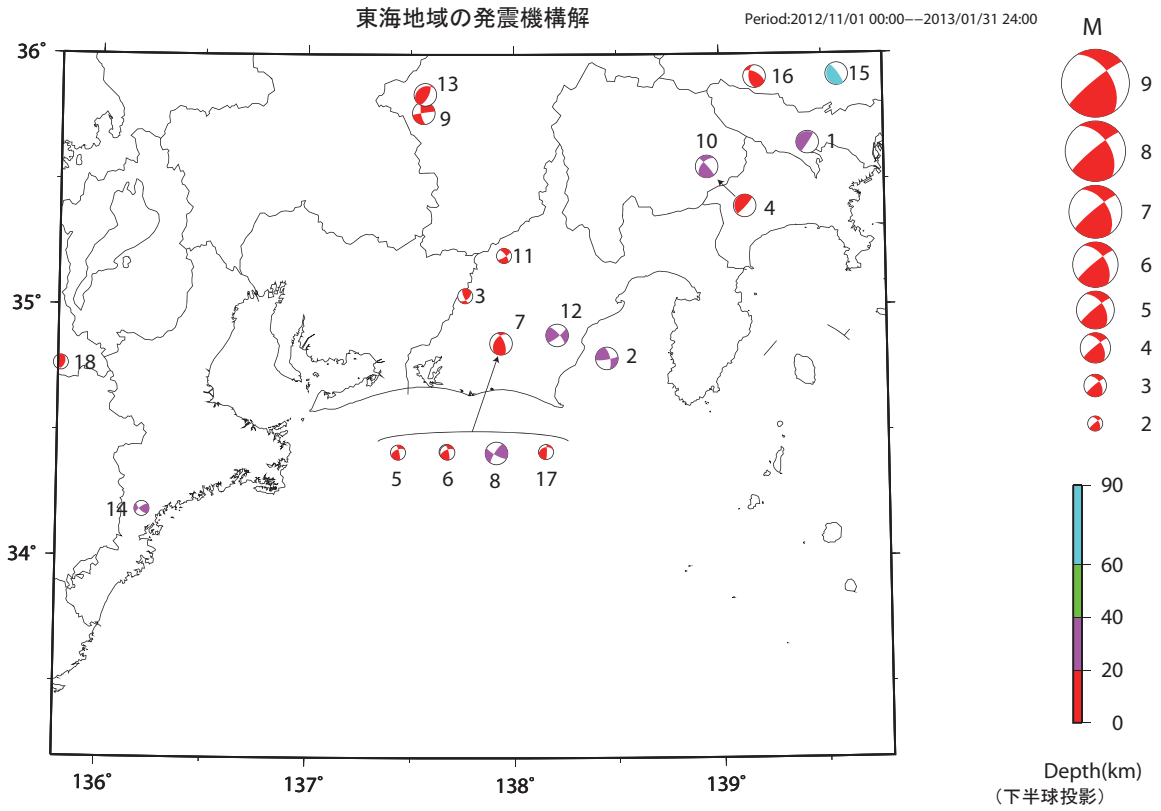
第1図(d)　つづき（2013年2月）
Fig.1 (d) Continued (February 2013).



第1図(e)　つづき（2013年3月）
Fig.1 (e) Continued (March 2013).

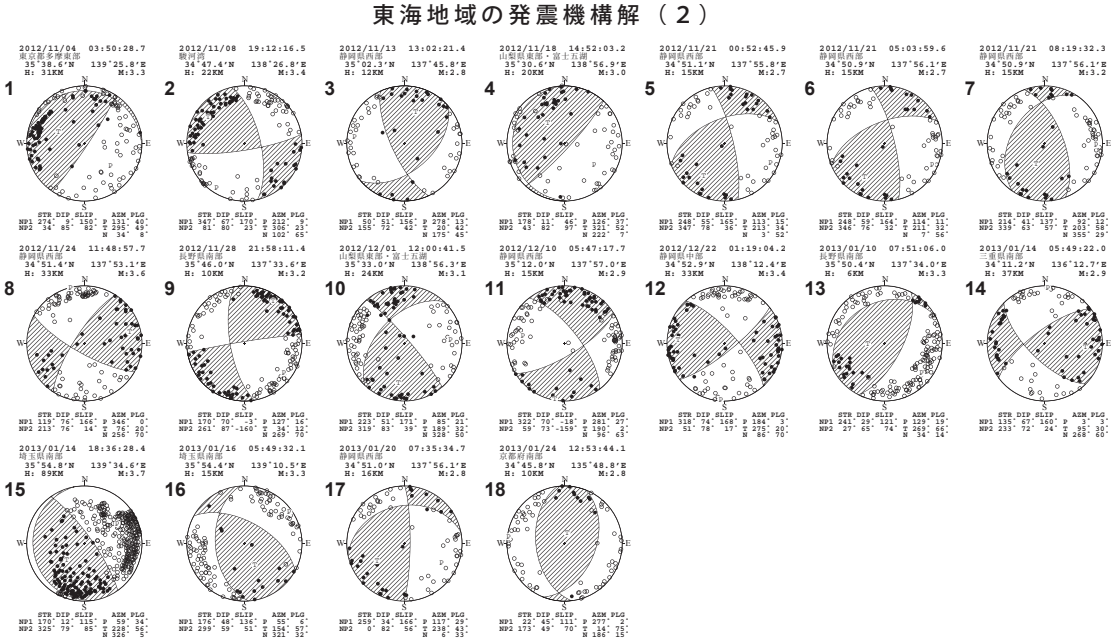


第1図(f)　つづき（2013年4月）
Fig.1 (f) Continued (April 2013).



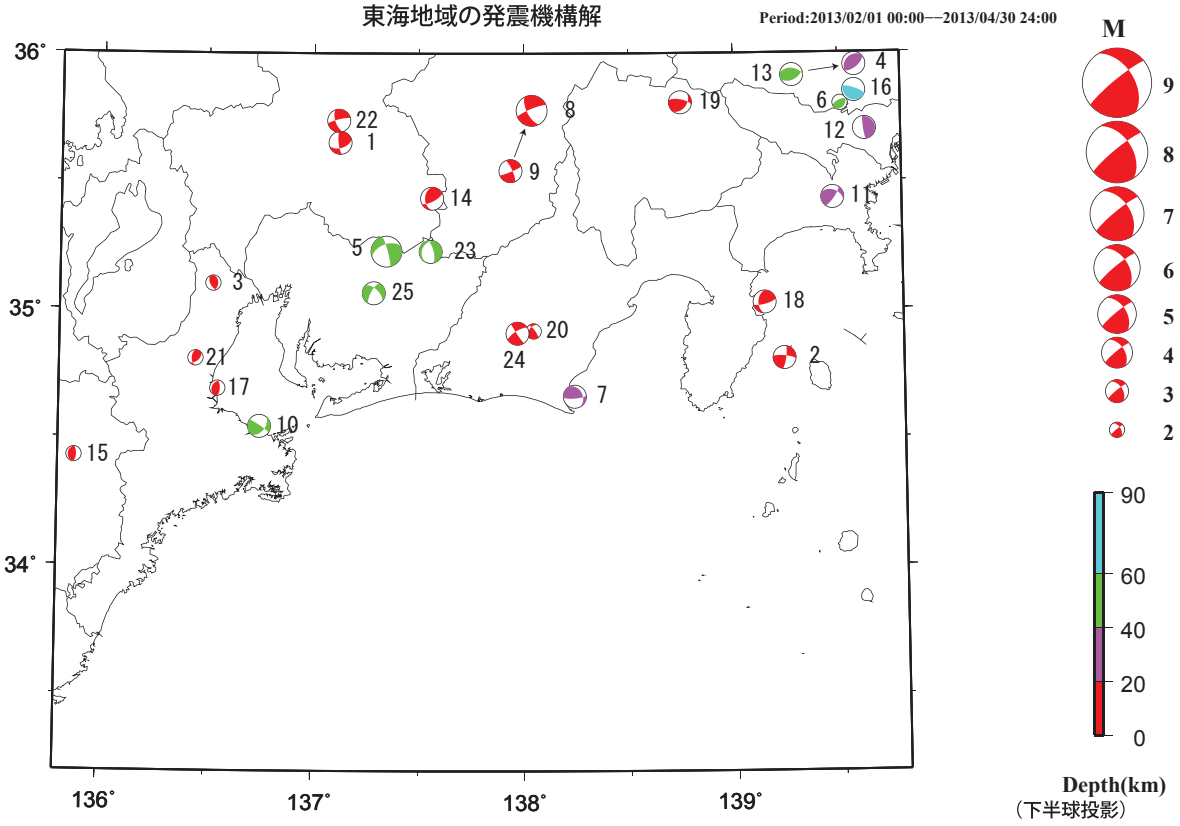
第2図(a)　東海で発生した主な地震の発震機構解（2012年11月～2013年1月）

Fig.2 (a) Focal mechanism solutions for major earthquakes in the Tokai Districts (November 2012 – January 2013).

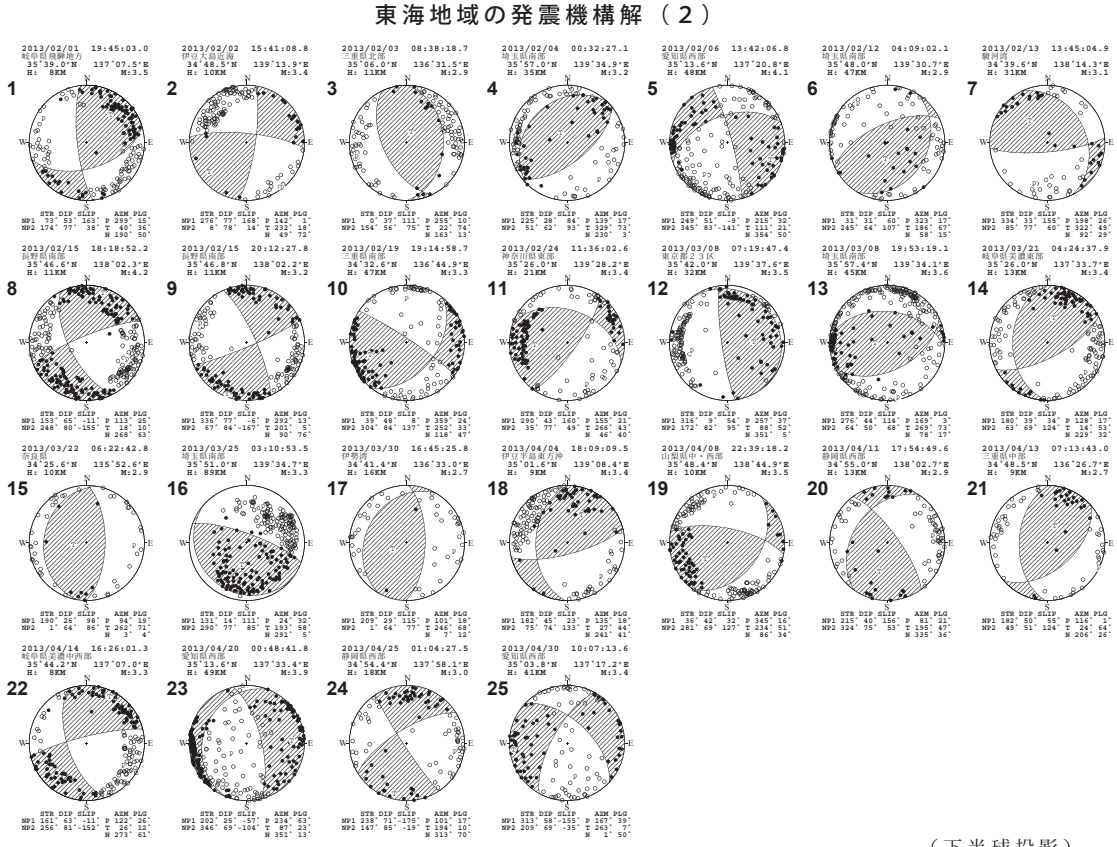


第2図(b)　つづき（2012年11月～2013年1月）

Fig.2 (b) Continued (November 2012 – January 2013).

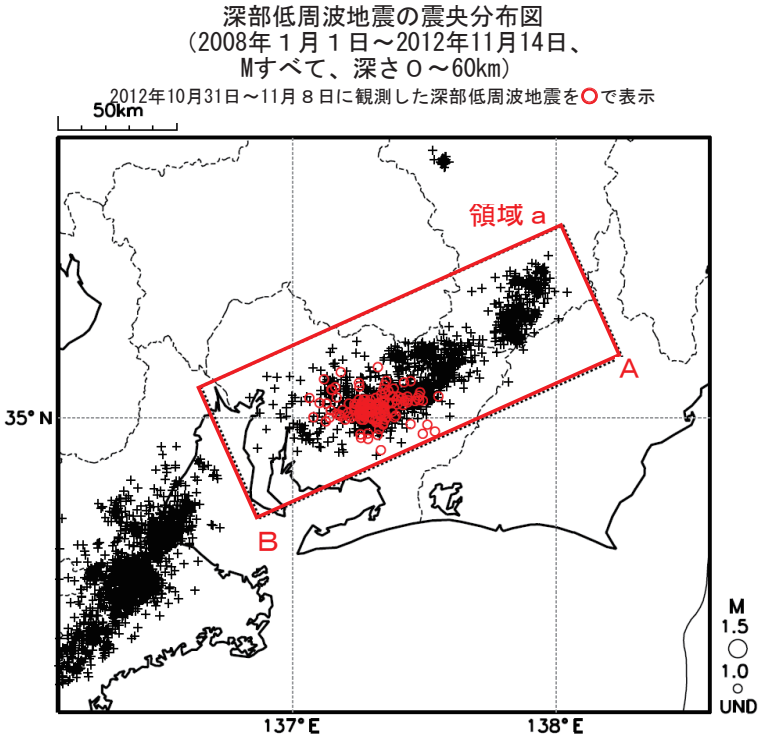


第2図(c)　つづき　（2013年2月～4月）
Fig.2 (c) Continued (February – April 2013).



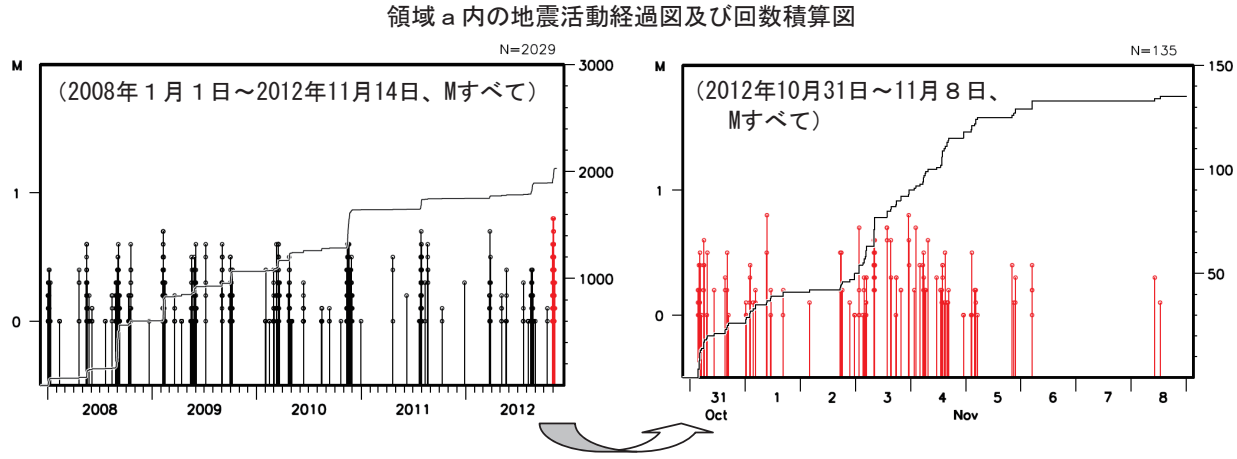
第2図(d)　つづき　（2013年2月～4月）
Fig.2 (d) Continued (February – April 2013).

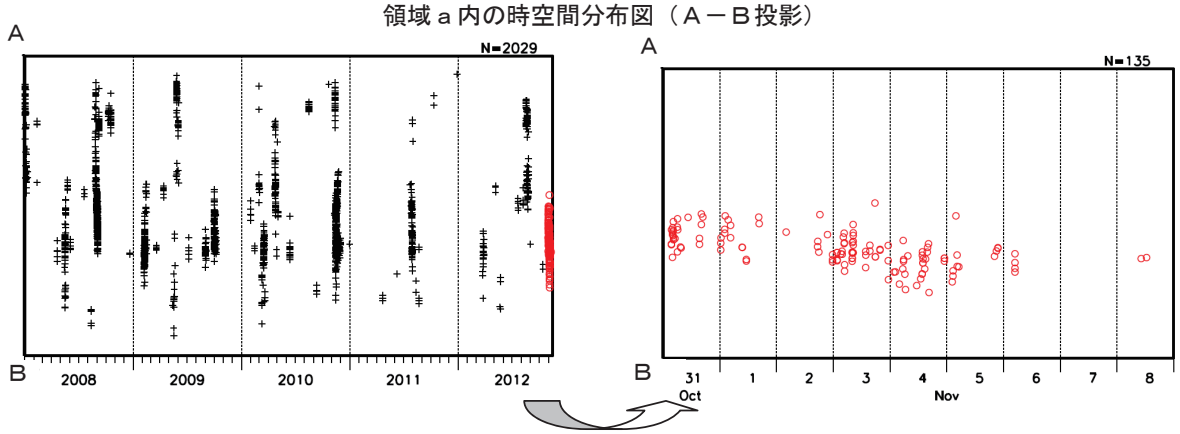
10 月 31 日以降の愛知県の深部低周波地震活動



2012年10月31日から11月６日にかけてと11月８日に、愛知県で深部低周波地震活動を観測した。

今回の活動領域（愛知県）でまとまった深部低周波地震を観測した最近の活動は、2012年３月に観測した活動である。

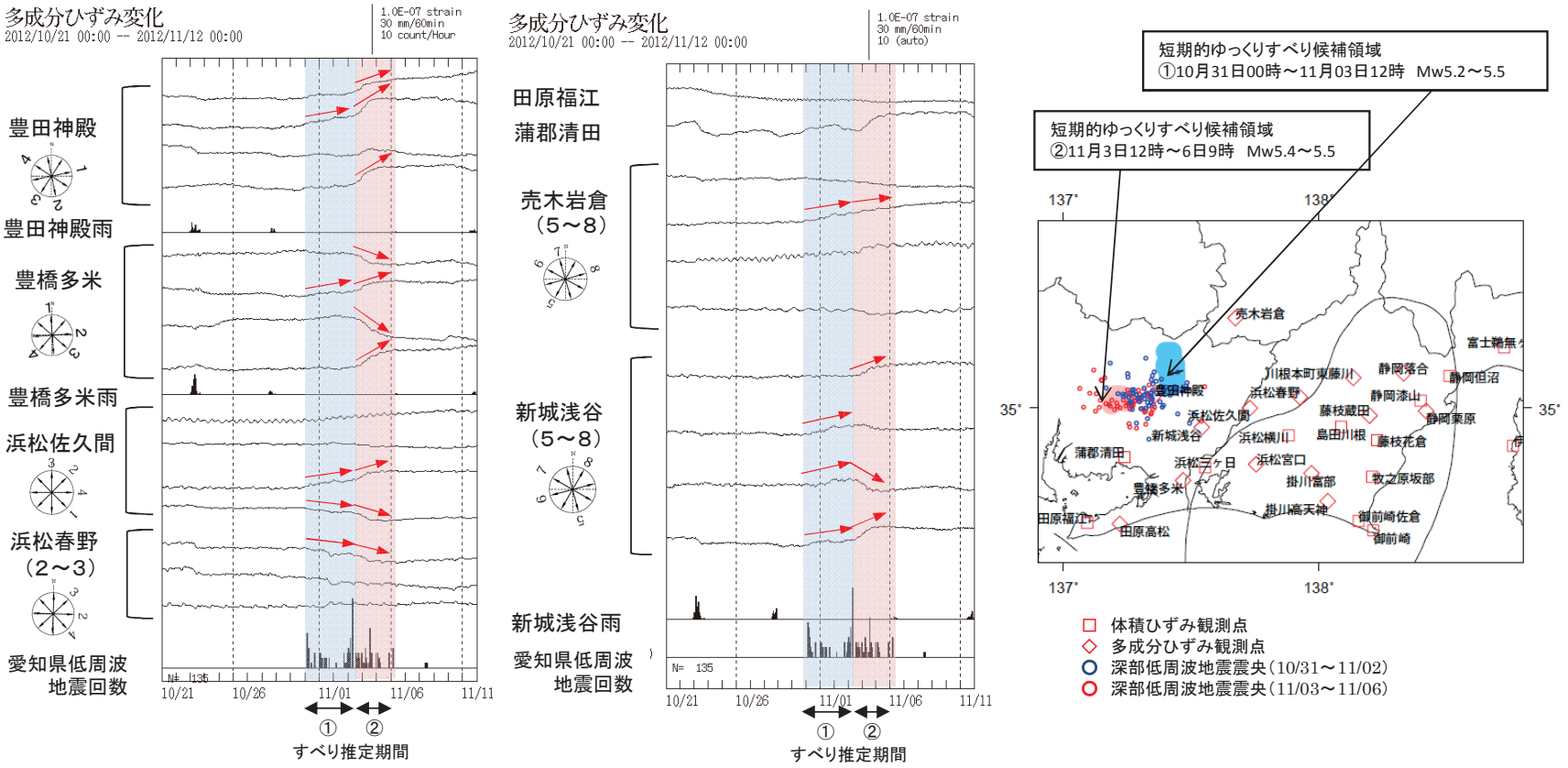




第3図(a)　2012年11月（10月31日から）に愛知県で観測された深部低周波地震活動と短期的スロースリップ

Fig.3(a) Activity of low frequency earthquakes and a short-term slow slip event in Aichi Prefecture on November 2012.

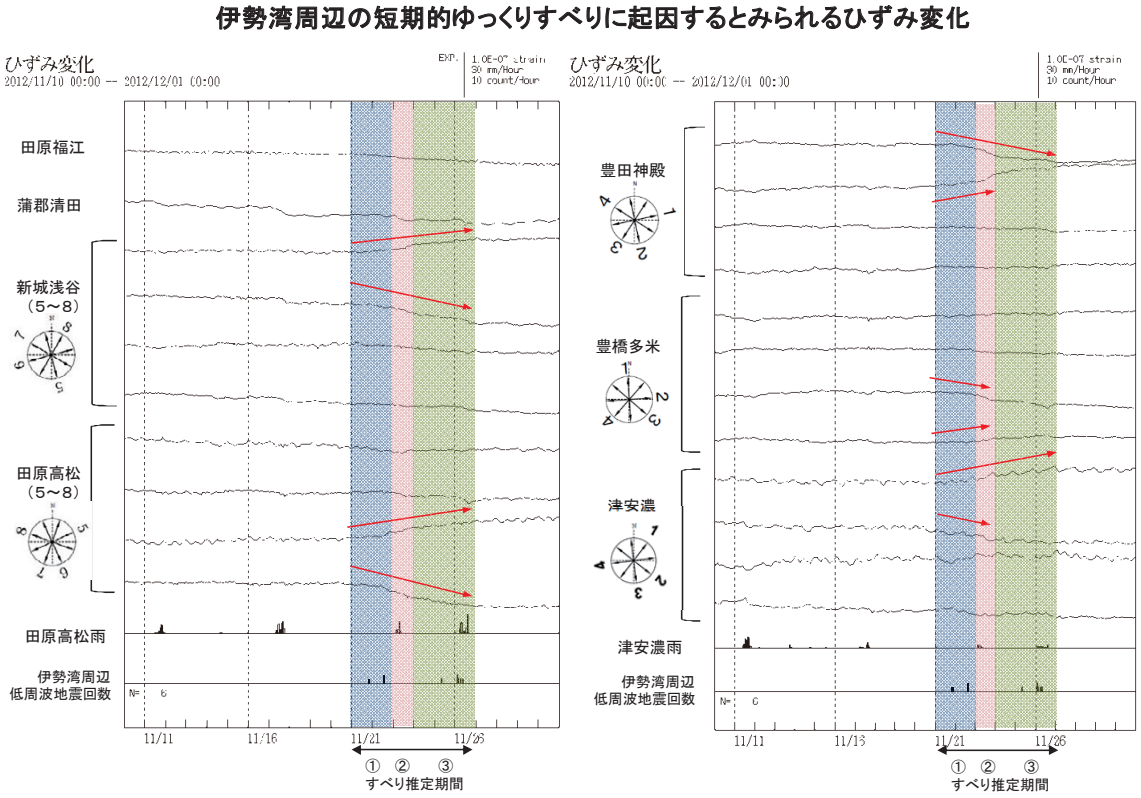
愛知県における深部低周波地震活動（10月31日～11月6日）に伴うひずみ変化



浜松春野は、静岡県のひずみ計である。
豊田神殿、豊橋多米は産業技術総合研究所のひずみ計である。

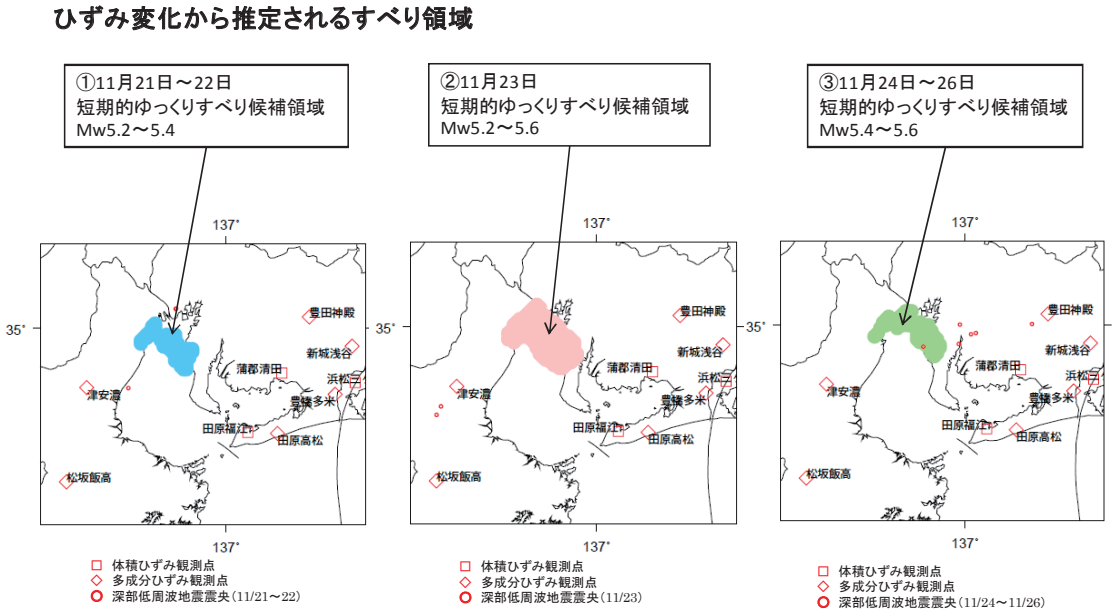
すべり候補領域は、HITEQにより求めた。プレート境界と断層面の形状はHirose et al.（2008）による。
（なお、HITEQとは、すべり候補領域の位置とその規模（Mw）を、すべりがプレート境界面上でプレートの沈み込み方向と反対に発生したと仮定し、グリッドサーチ(考え得る全ての解を前提として得られる理論値と観測値を比較し、合致するものを抽出)で求める数値計算プログラム。）

第3図(b)　つづき
Fig.3(b) Continued.



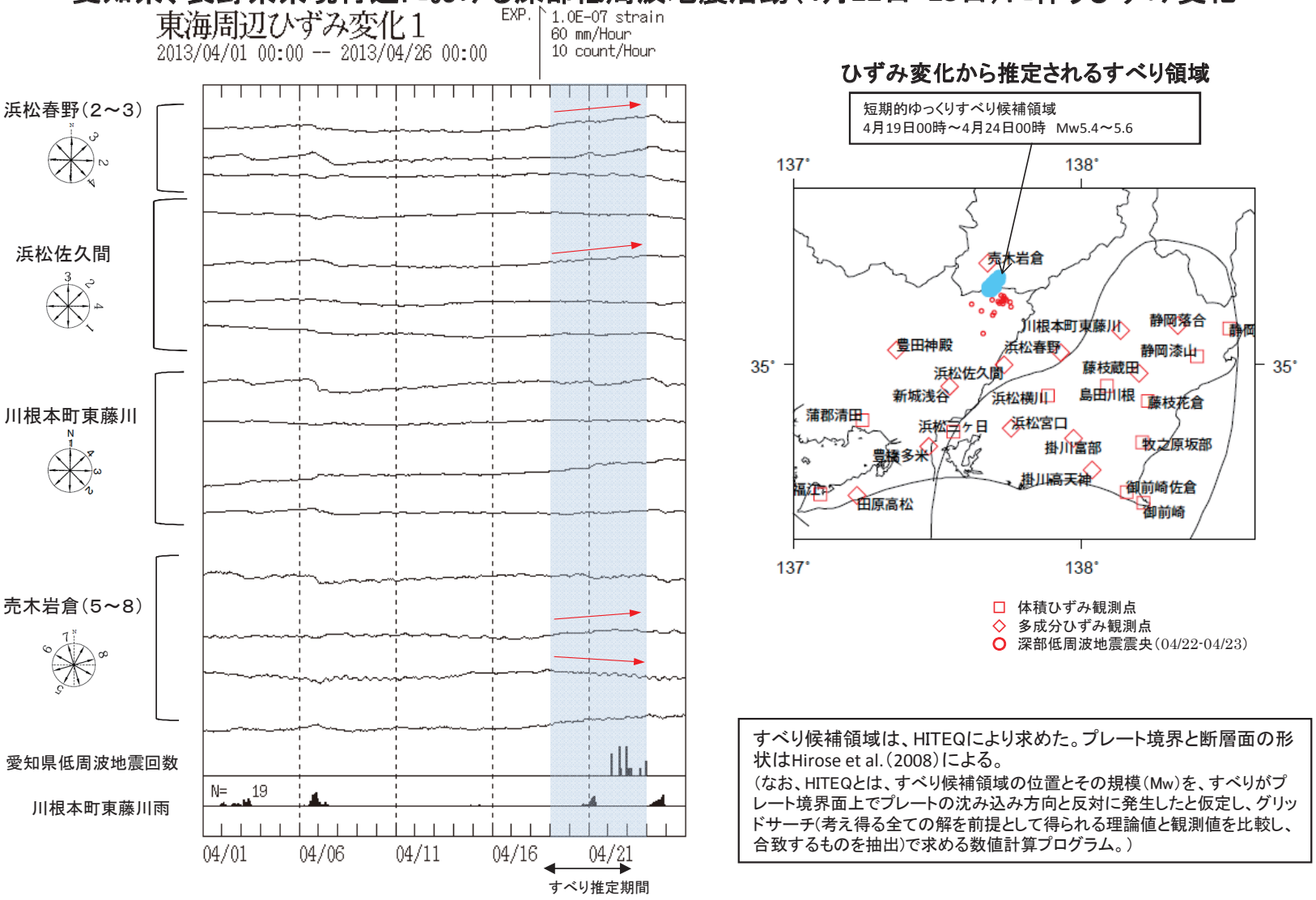
豊田神殿、豊橋多米、津安濃は産業技術総合研究所のひずみ計である。

第4図(a)　2012年11月に伊勢湾付近で観測された短期的スロースリップ
Fig.4(a) A short-term slow slip event in Aichi Prefecture (Ise Bay) on November 2012.

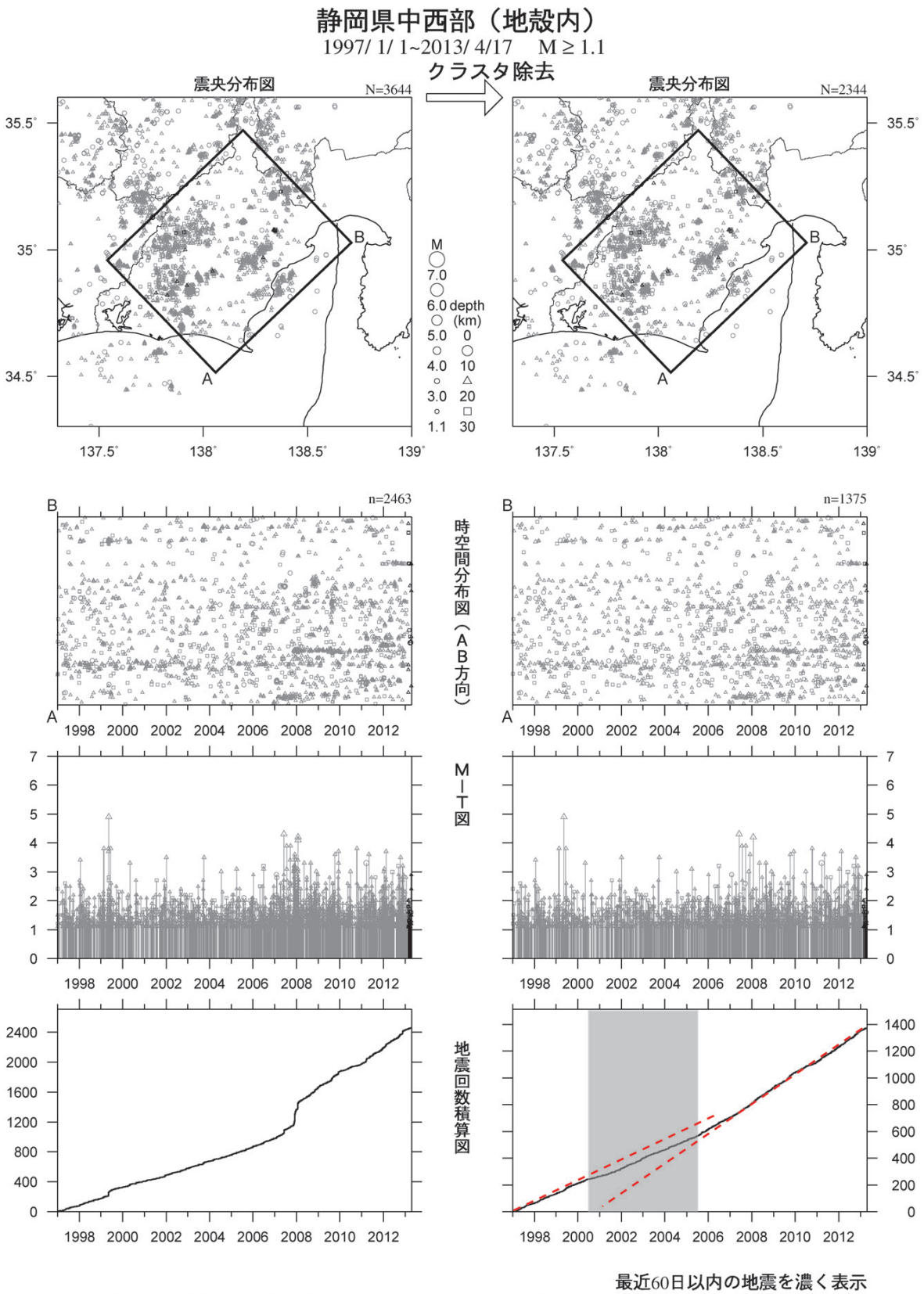


すべり候補領域は、HITEQにより求めた。プレート境界と断層面の形状はHirose et al.（2008）による。（なお、HITEQとは、すべり候補領域の位置とその規模（Mw）を、すべりがプレート境界面上でプレートの沈み込み方向と反対に発生したと仮定し、グリッドサーチ(考え得る全ての解を前提として得られる理論値と観測値を比較し、合致するものを抽出)で求める数値計算プログラム。）

第4図(b)　　つづき
Fig.4(b) Continued.



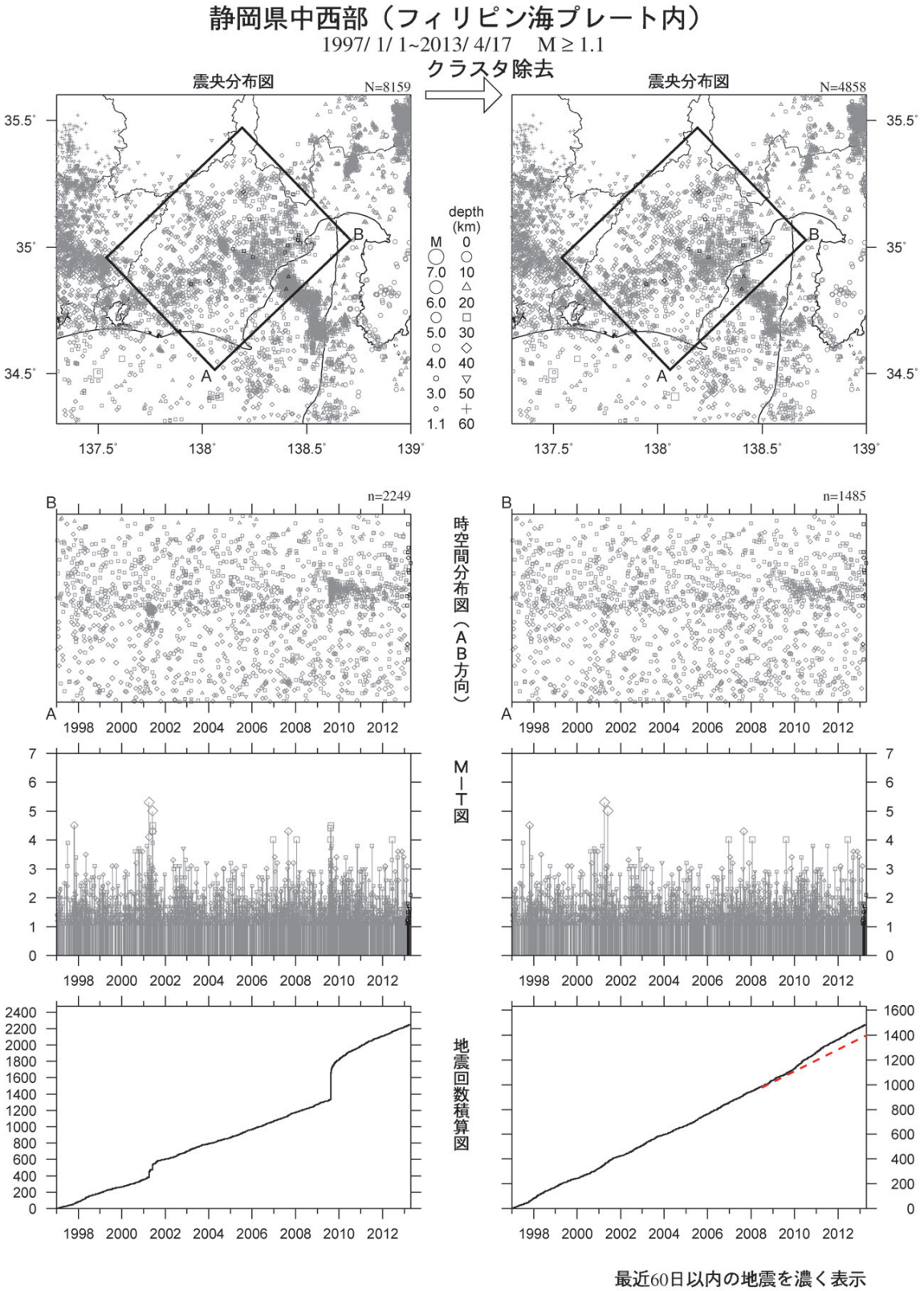
第5図　2013年4月に愛知県・長野県県境付近で観測された短期的スロースリップ
Fig.5 A short-term slow slip event in southern part of Nagano Prefecture and Aichi Prefecture on April 2013.



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る。

第6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324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.6　Seismic activity in the crust in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 (M≧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.

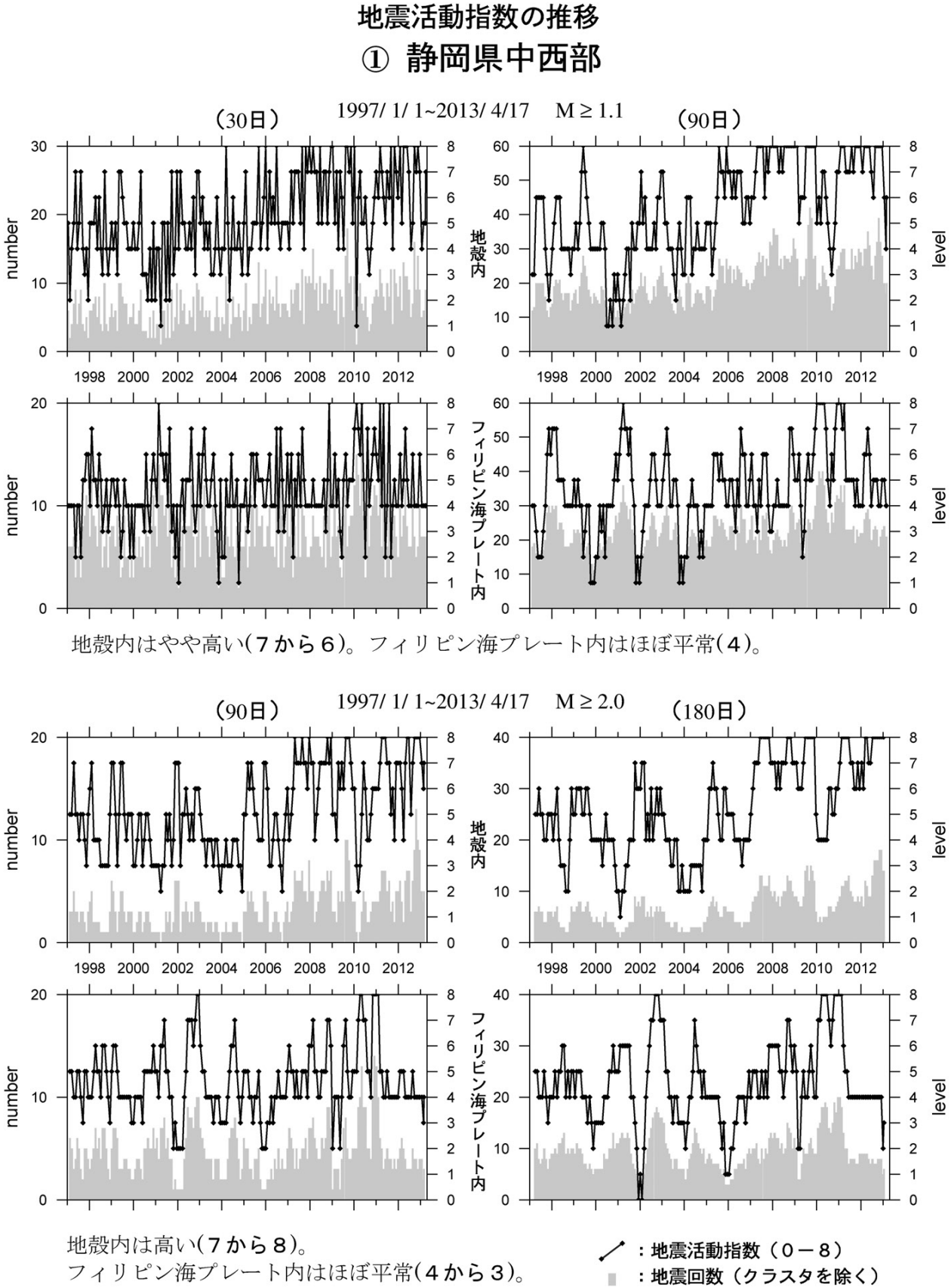


2009年末から2011年始めまで、地震活動指数はやや高い状態を示しており、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)からも同様の傾向が見られていた。これは、2009年８月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)の余震活動が適切にデクラスタされていないためである。現在の地震活動指数はほぼ平常程度で推移しており、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)にも顕著な変化は見られない。

気象庁作成

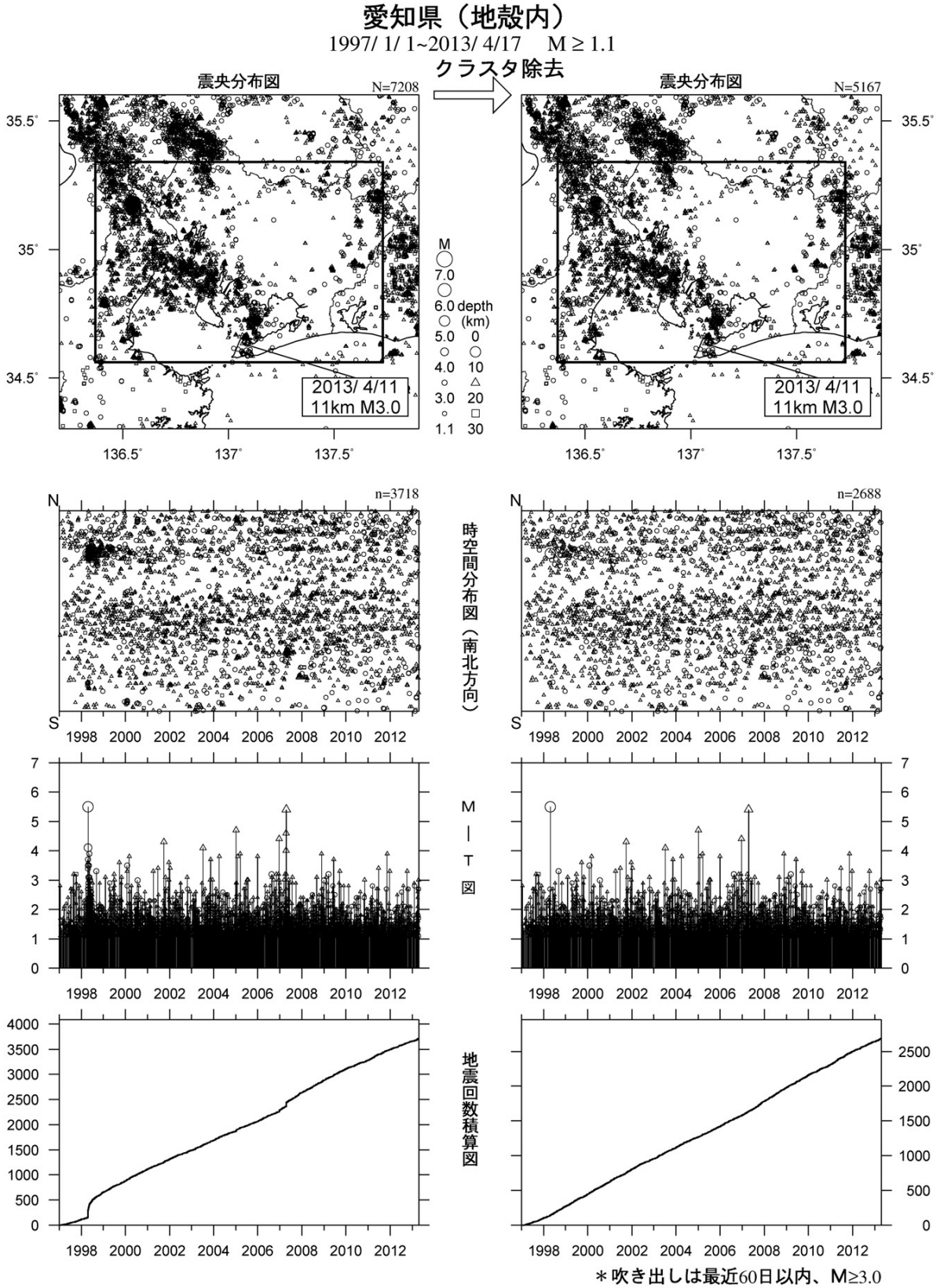
第7図　静岡県中西部のフィリピン海プレート内の地震活動（M1.1以上，1997年以降，右側の図はクラスタ除去したもの，第324回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料[11]より抜粋）

Fig.7　Seismic activity in the Philippine Sea slab in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 (M≧1.1). The figures on the right show declustered earthquake activities.



第8図　静岡県中西部の地震活動指数の推移（1997年以降，第324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．]

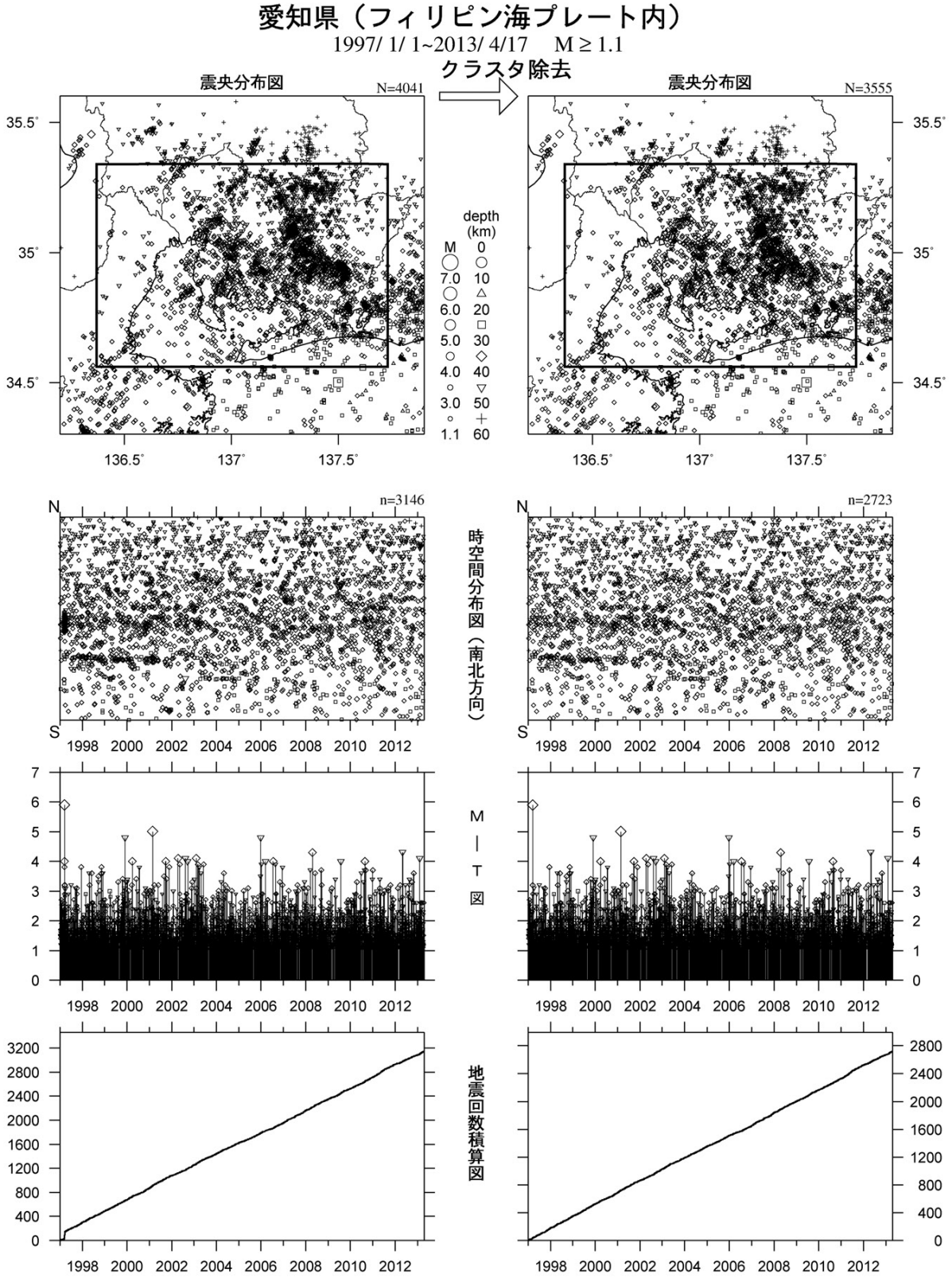
Fig.8　Time series of seismic activity levels in Midwestern Shizuoka Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].



地震活動指数はほぼ平常であり、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)からは顕著な変化は見られない。

第9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324回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料[11]より抜粋）

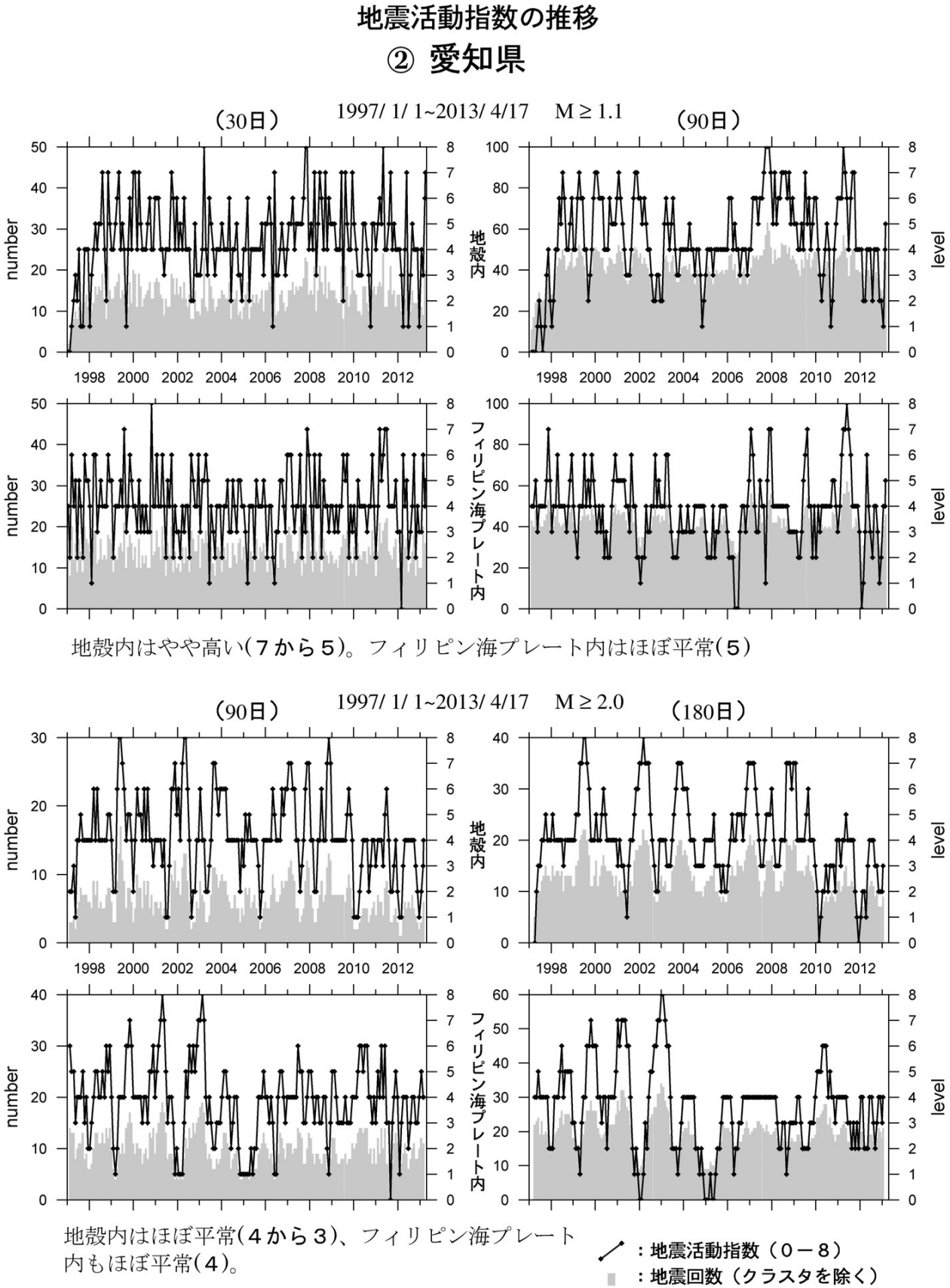
Fig.9　Seismic activity in the crust in Aichi Prefecture since 1997 (M≧1.1). This area is estimated to be unlocked and is adjacent to the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.



地震活動指数はほぼ平常で、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)にも特段の変化は見られない。

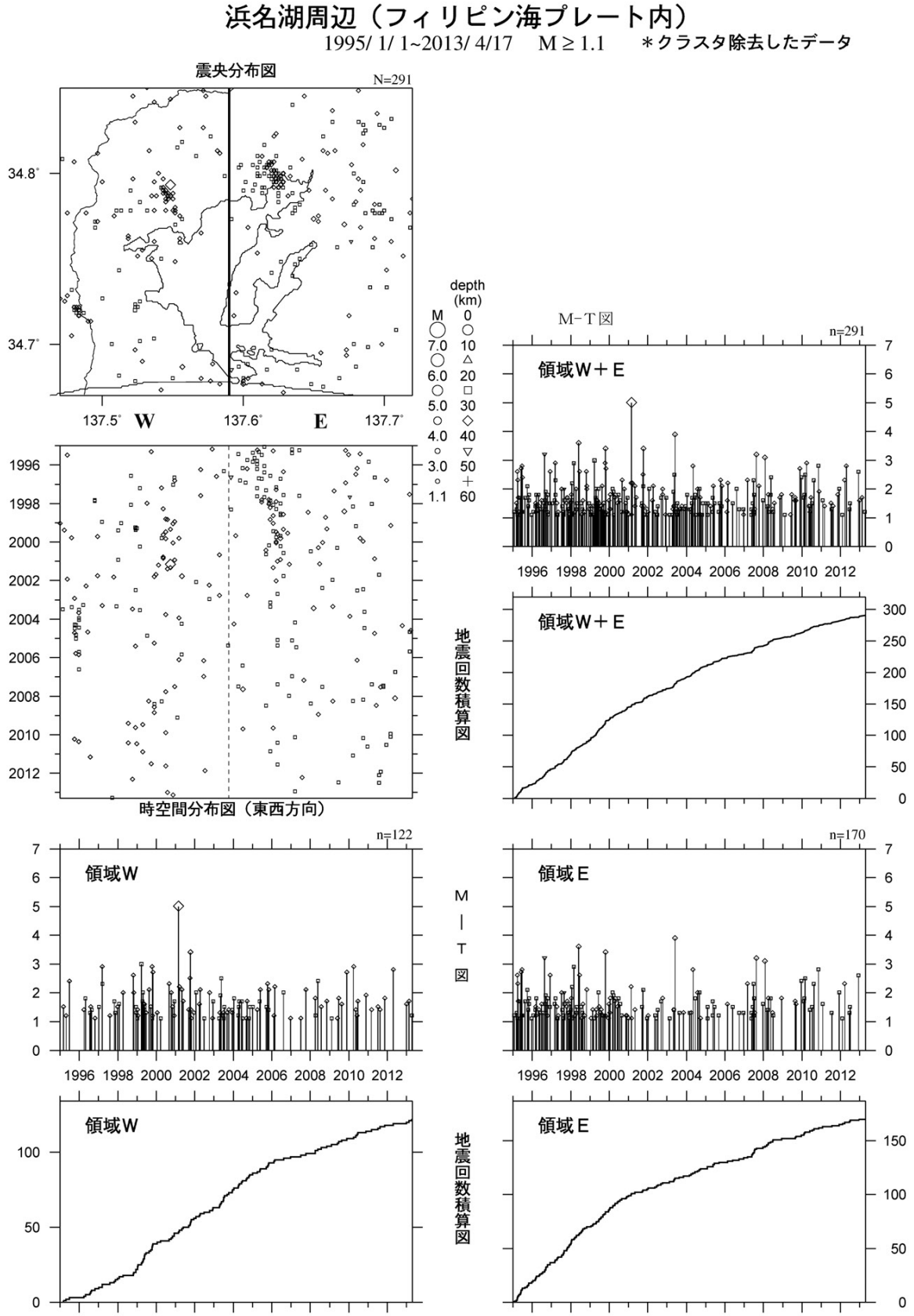
第10図　愛知県のフィリピン海プレート内の地震活動（M1.1以上，1997年以降，右側の図はクラスタ除去したもの，第324回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料[11]より抜粋）

Fig.10　Seismic activity in the Philippine Sea slab in Aichi Prefecture since 1997 (M≧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11図　愛知県の地震活動指数の推移（1997年以降，第324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．]

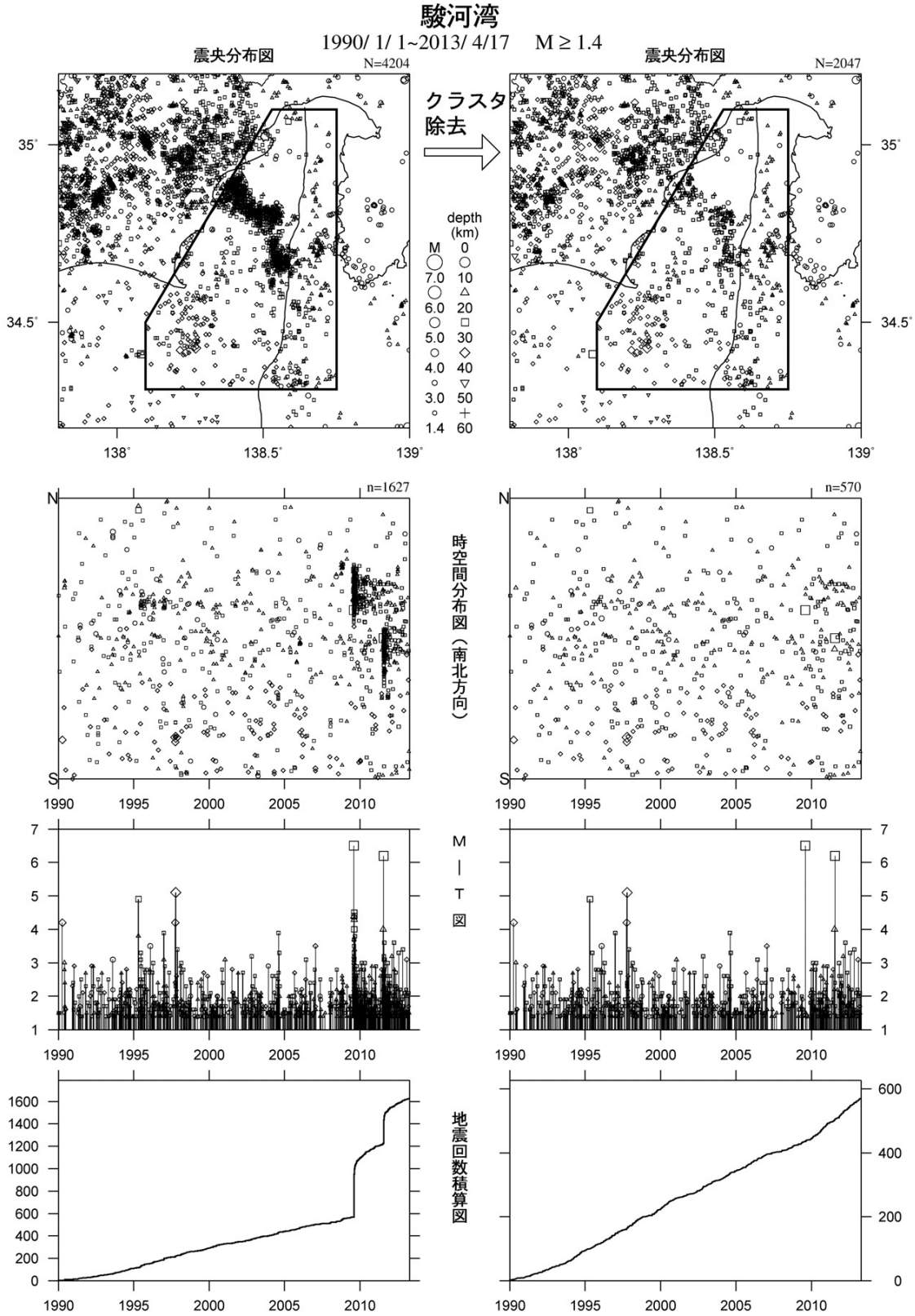
Fig.11　Time series of seismic activity levels in Aichi Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].



［東側］地震回数積算図（右下図）を見ると、地震活動は2000年以降やや低調。
［西側］地震回数積算図（左下図）を見ると、2006年以降やや低調。

第12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324回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料[11]より抜粋）

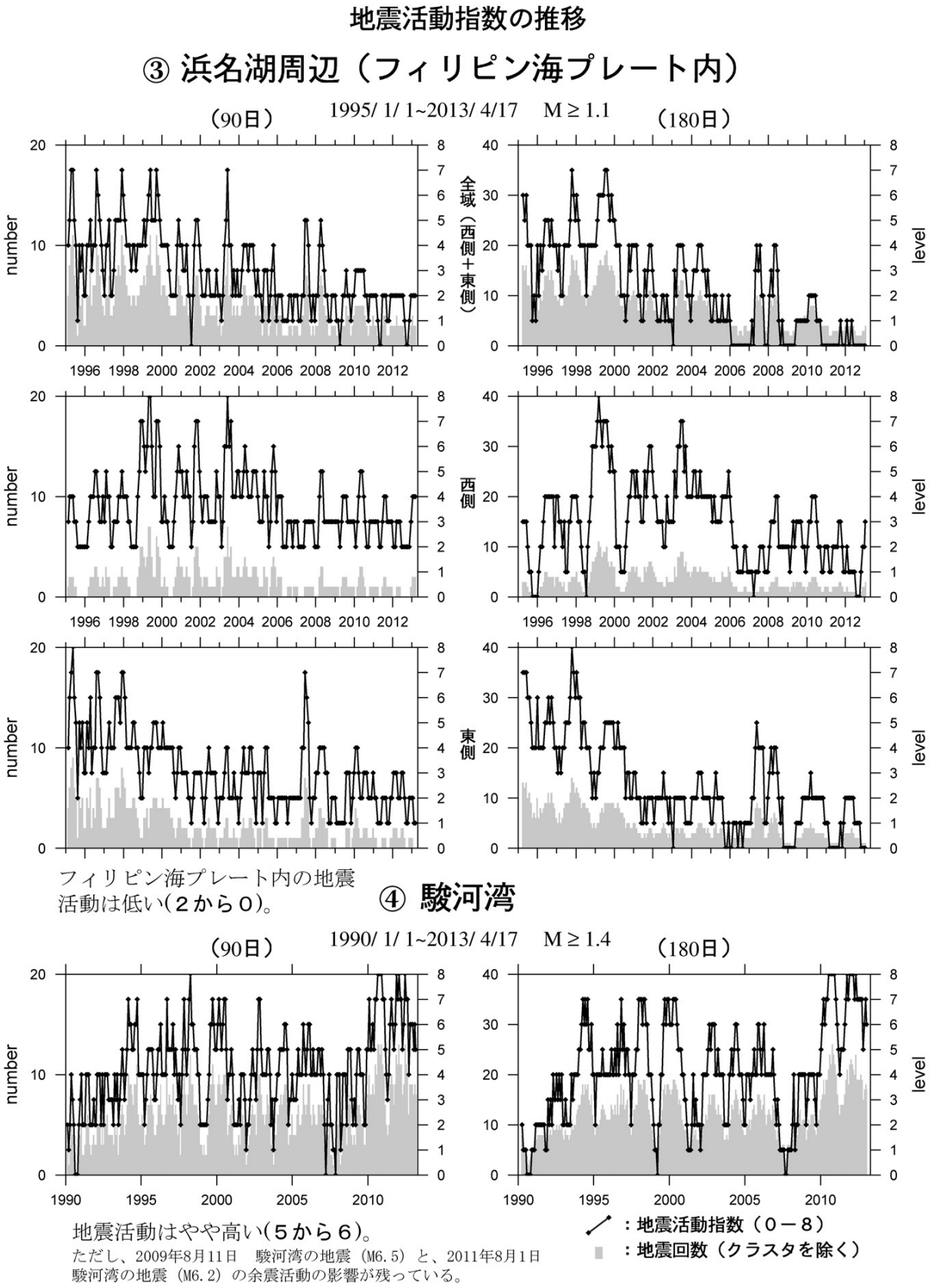
Fig.12　Declustered earthquake activity in the Philippine Sea slab in Hamanako region.



2010年頃地震活動指数はやや高い状態を示しており、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)からも同様の傾向が見られる。これは、2009年８月の駿河湾の地震(M6.5)と、2011年8月の駿河湾の地震(M6.2)余震活動が適切にデクラスタされていないためである。現在の地震活動指数もやや高い状態で推移している。

第13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324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.13　Seismic activity in Suruga Bay since 1990 (M≧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.



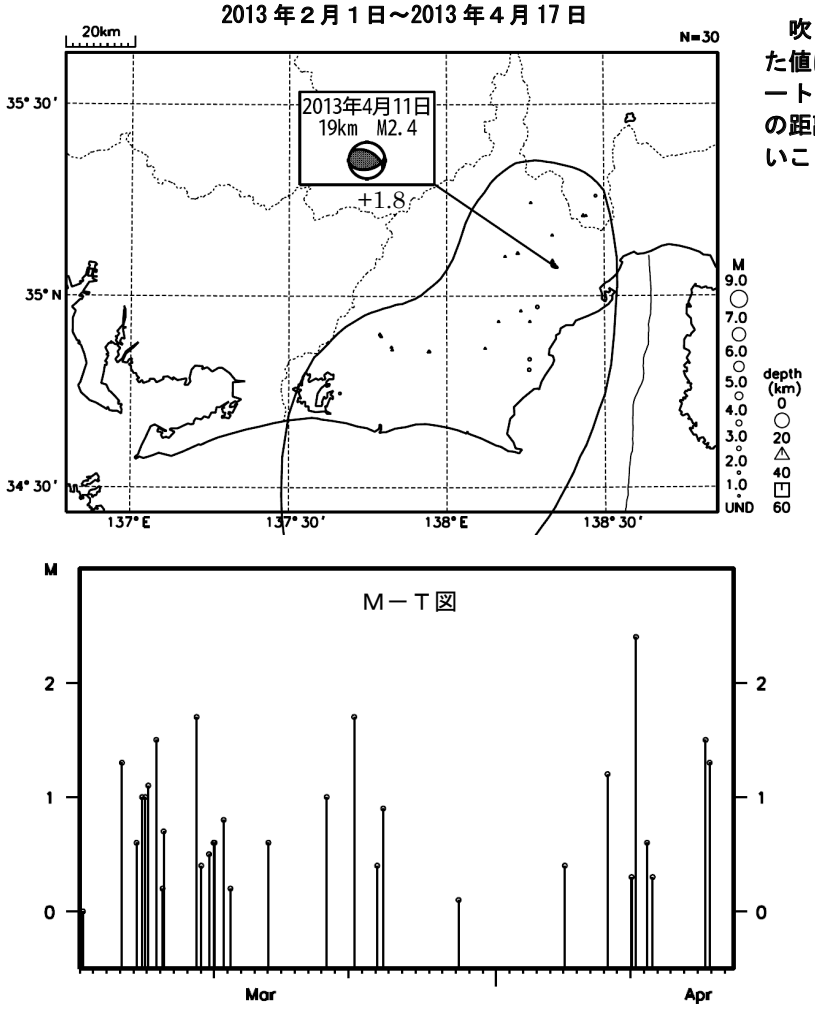
第14図　浜名湖及び駿河湾の地震活動指数の推移（浜名湖は1995年以降，駿河湾は1990年以降，第324回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料[11]より抜粋）[指数算出の単位期間は90日と180日であり，全て30日ごとに指数をプロットしている．]

Fig.14　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)

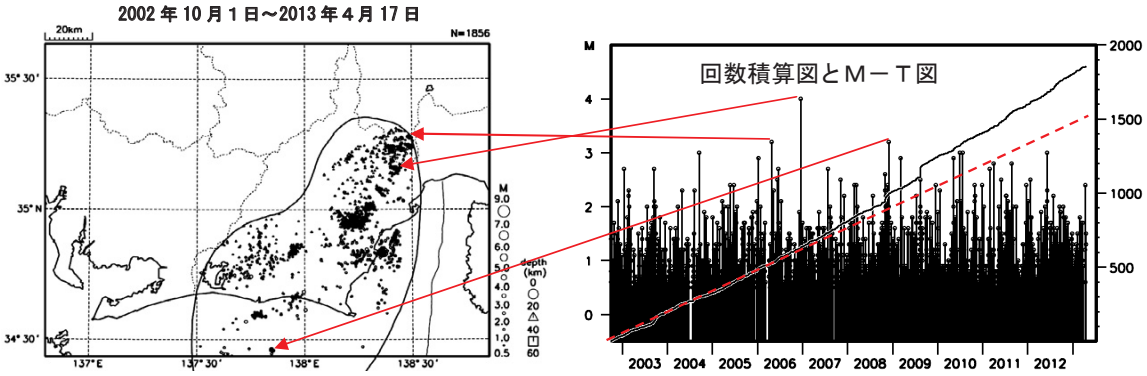
(Hirose et al.(2008)によるフィリピン海プレート上面深さの±3kmの地震を抽出)

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）



吹き出しの傍に書かれた値は、フィリピン海プレート上面からの鉛直方向の距離。＋は浅く、－は深いことを示す。

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≧0.5）



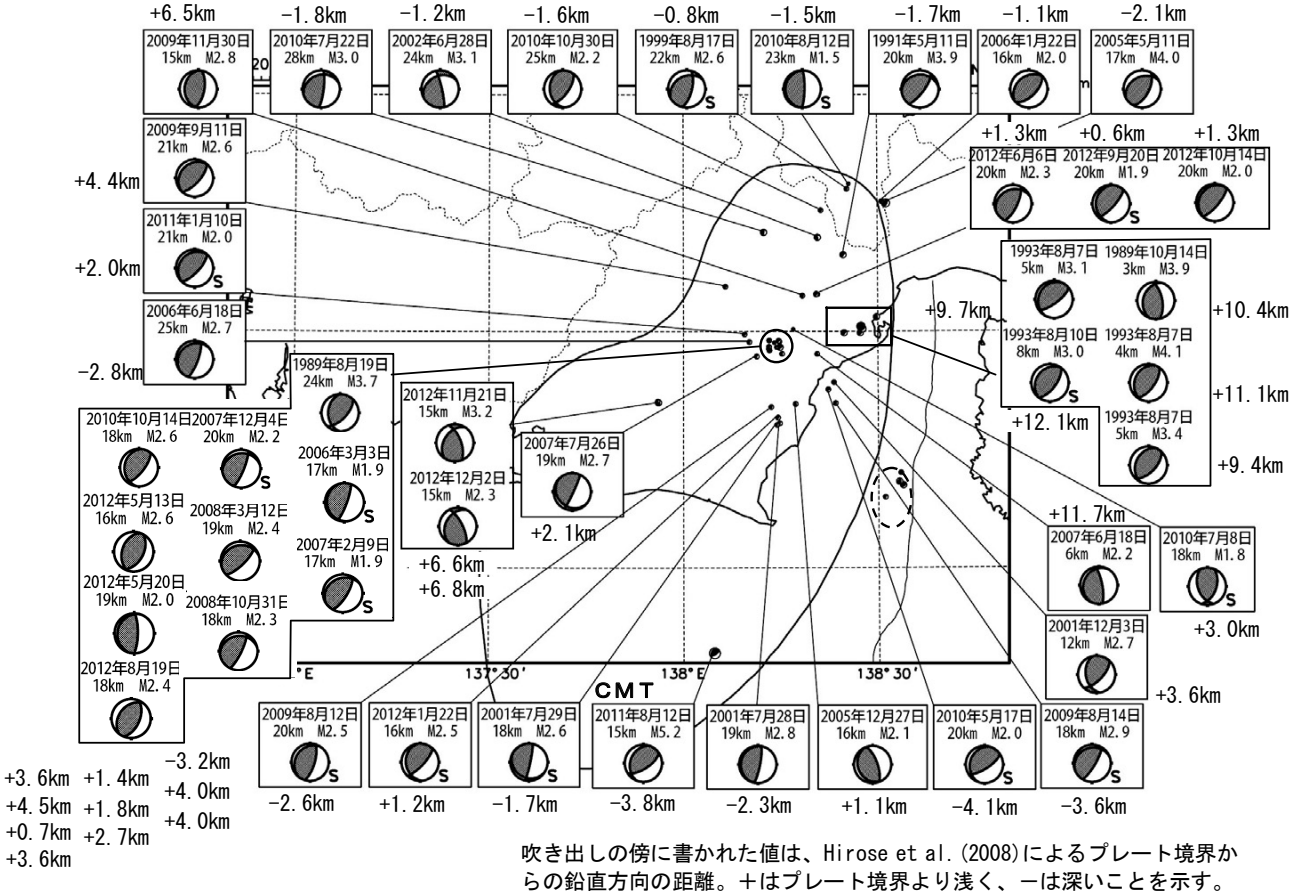
2002年10月以降（M≧0.5）で見ると、東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は、2007年中頃あたりからやや活発に見える。なお、2009年8月11日以降は、駿河湾の地震(M6.5)の余震活動の一部を抽出している。Ｍ３を超える地震については、その震央を矢印で示しているが、これらの地震の発震機構解は想定東海地震のものとは類似の型ではない。

第15図　プレート境界とその周辺の地震活動（第324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～2013 年４月 17 日

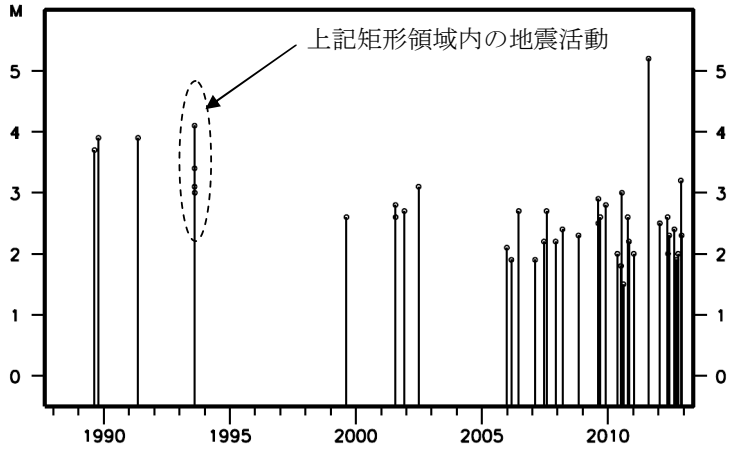


吹き出しの傍に書かれた値は、Hirose et al.(2008)によるプレート境界からの鉛直方向の距離。＋はプレート境界より浅く、－は深いことを示す。

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フィリピン海プレート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。点線楕円で囲まれた地震は、2011 年８月１日に発生した M6.2 の地震の余震で、フィリピン海プレート内の地震である。

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。



上記イベントの、想定震源域内におけるＭ－Ｔ図。

第16図　想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震(第324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.