

神奈川県内およびその周辺における 2006(平成18)年の地震活動

棚田俊收*・本多 亮*・原田昌武*・行竹洋平*・伊東 博*

1. はじめに

温泉地学研究所では、箱根火山および神奈川県西部地域に地震活動・地殻変動観測網を展開し、「神奈川県西部地震」や箱根火山に関連した研究を進めています。ここでは2006(平成18)年の地震活動について報告します。地殻変動観測についての結果は、板寺・伊東(2007)や原田ほか(2007)、本多ほか(2007)をご覧ください。

2. 神奈川県全域に広がった地震観測域

昨年までは神奈川県西部を中心とした地震活動状況を報告してきましたが、本報告「観測だより57号」より県全域に広げた地震活動状況を説明します。説明範囲を広げた理由は、県内外の他機関観測点のデータが取り込めるようになったこととその処理能力が向上したためです。

もともと当所は、1989(平成元)年のテレメータ観測開始より防災科学技術研究所や東京大学地震研究所等と地震データ相互利用を進めてきました。ところが1995年兵庫県南部地震を契機として、日本中の地震データを気象庁で集中処理する「一元化」と呼ばれる協定が、気象庁や防災科学技術研究所、大学、自治体等の関係機関と結ばれました。当所はこの協定に参画していたので、他機関データを利用できる条件は2001(平成13)年当初より整っていました。

しかしながら、1995～2004年当時の当所の地震・地殻変動観測システム(温泉地学研究所、1999)では、データ通信方法や解析処理能力等の問題から、取り込む観測点数を増やすことはできませんでした。そのため2005(平成17)年に地震・地殻変動観測システムを改善し、データ通信システムや処理能力を飛躍的に向上させました(伊東ほか、2005)。約1年間システムの安定性を見極めたうえで、地震観測の処理範囲を2006年1月より神奈川県西部から県全域までに拡大しました。そこで、この「観測だより57号」より県全域の活動状況を説明することとしました。温泉地学研究所と他機関との相互利用観測点の分布は図1に示しておきます。

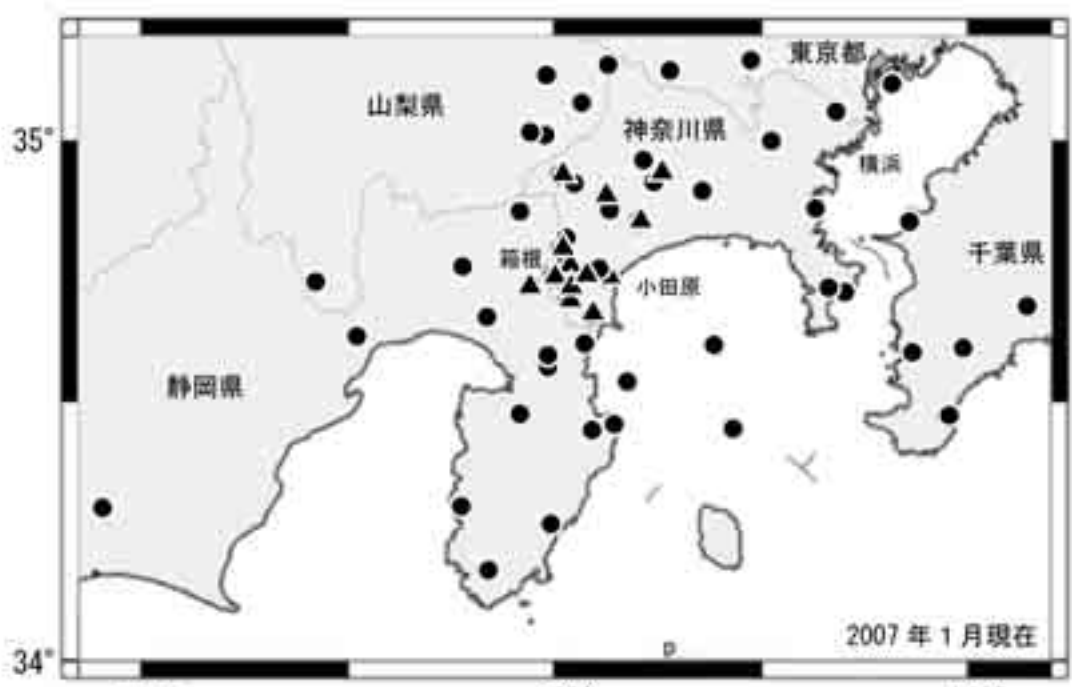
また、2005年のシステム強化によって地震・地殻変動の自動処理結果は、当所ホームページにてほぼリアルタイムで見ることができるようになりました。この年間報告と合わせて活用してください(本多ほか、2006；本多、2007；行竹ほか、2006)。

3. 神奈川県内とその周辺の地震活動

2006(平成18)年1月から12月までの期間、当所で震源決定したマグニチュード0以上の地震数は2352回に上りました。これらの地震を図1のような地域分けに従った月別の地震

* 神奈川県温泉地学研究所 〒250 0031 神奈川県小田原市入生田 586
報告、神奈川県温泉地学研究所観測だより、通巻57号、1/12、2007。

発生数は表1のようになりました。ただし、前章でも述べたように地震観測範囲を全県に拡大したため、従来「神奈川県中部」とした区分を「神奈川県東部」と改めました。そのほかの箱根火山等の神奈川県西部には変更はありません。なお、この新地域区分は、震源分布の特徴をもとに当所独自の区分と名称を採用しています。そのため、行政的な地域名称や気象庁が発表する「震央地名」、横浜地方気象台が発表する警報・注意報基準の「二次細分区域」名とは異なっています。



● 他機関地震観測点（東京大学地震研究所、防災科学技術研究所）
▲ 温泉地学研究所地震観測点

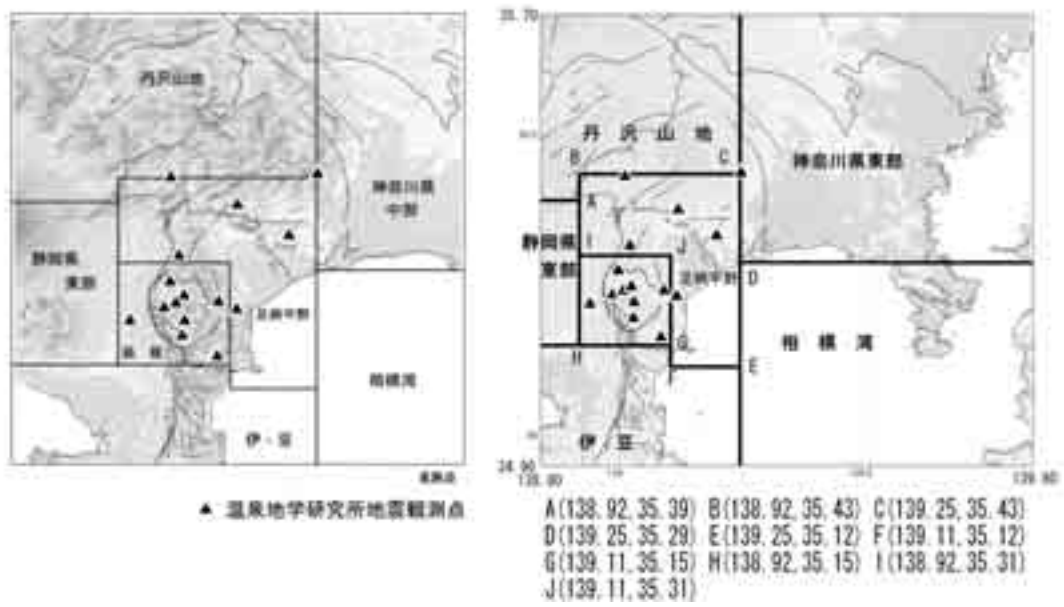


図1 相互利用地震観測点分布(上)と地域区分図(下)

(上) 相互利用地震観測点の分布、(左下)1990年～2005年まで使用した地域区分図、(右下)2006年から使用する新たな地域区分図を示しています。地域区分を行った座標を图中A～Jで示した。括弧内の座標値は経度、緯度です。

この区分に従って 2006(平成 18)年の地震活動について報告します。

全地震数(2352回)のうち気象庁が発表した有感地震は、表 1 括弧内の数字で示した 15 回でした。県西部地域(箱根、足柄平野、丹沢山地)では、計 9 回の有感地震が観測されました。なお、当所の地殻変動観測網では、これら 9 回の有感地震に関連する変化は観測されませんでした。

図 2 はマグニチュード 0 以上のみを表示した 1 年間の震源分布です。先に述べた観測域が拡大することによって、いままで以上に多くの地震を観測できるようになりました。しかし、その中には自然の地震ではない採石や土木作業などによる大規模な人工震源も含まれています。例えば、防災科学技術研究所の関東・東海地域の高感度微小地震観測網によって 1979 年～1995 年の間に約 9 万 6 千個の地震(深さ 20 km より浅部のみ)が決定されました。そのうちの約 20% が人工震源である可能性があると岡田(1996)は指摘しています。岡田(1996)によると、神奈川県内では 7 カ所、県周辺部も含めると 10 カ所程度の候補地が挙げられています。そこで、当所では、神奈川県内の採石地の場所を調べるとともに、観測された波形情報と組み合わせることで人工震源を解析結果から除去して、震源分布(図 2)を作成しました。

図 2 中の最大地震は、4 月 30 日 13 時 10 分、伊豆半島東方沖(静岡県熱海市沖)で発生したマグニチュード(以後、M とする)4.5 の地震で、その震源の深さは 6 km でした。この地震による最大震度は、静岡県熱海市網代で震度 5 弱でした。神奈川県内では真鶴町で最大震度 2 を観測しました。

この M 4.5 の地震は 1 月下旬から 5 月中頃まで伊豆半島東方沖(静岡県熱海市や伊東市沖)で多発した地震のひとつでした。このような伊豆半島東方沖の地震活動は、2004 年 4 月 24 日から 5 月 2 日の活動(M 2.0 の地震が最大)以来です(気象庁、2006 a)。

4 月 21 日 02 時 50 分には、伊豆半島東方沖(静岡県伊東市沖)で M 5.4 の地震が深さ 7 km で起こりました。発生場所は M 4.5 の地震(図 2 中の最大地震; 4 月 30 日 13 時 10 分)の南側(図 2 の枠外)でした。この地震によって、神奈川県内でも小田原市荻窪や真鶴町で震度 4 が観測されています。1983 年以降の活動を見ると、伊豆半島東方沖では 1980 年代より度々活発な地震活動が発生していましたが、1998 年の活動以降、今回の地震活動まで M 5.0 以上の地震は発生しておりませんでした(気象庁、2006 b)。一連の伊豆半島東方沖(静岡県熱海市や伊東市沖)で多発した地震のうち、神奈川県内で有感と記録された地震のみを表 2 に示しました。

表 1 2006(平成 18)年に震源決定した地域別月別地震数

	箱根	足柄平野	丹沢山地	県東部	相模湾	伊豆	静岡東部	計
1月	15	53(2)	22	12	2	3	0	107(2)
2月	9	14	25(1)	6	3	33(1)	1	91(2)
3月	27	13	13	2	1	46	0	102(0)
4月	23	6	15	1	1	273(2)	1	320(2)
5月	11	10	9	7	0	21	8	64(0)
6月	17	15	17	5	1	9(1)	0	64(1)
7月	14	4	23(2)	2	0	5	0	48(2)
8月	51	6	20	11	3	8	0	99(0)
9月	184	7	19	9	5	6	3	233(0)
10月	687(1)	13	12	6(1)	5	5	0	728(2)
11月	215(3)	10	13	4	2	19	1	264(3)
12月	188	15	18	1	3(1)	5	1	232(1)
累積数	1441(4)	166(2)	207(3)	66(1)	26(1)	433(4)	13(0)	2352(15)

注)累積数は1月からの値。括弧内は有感地震数

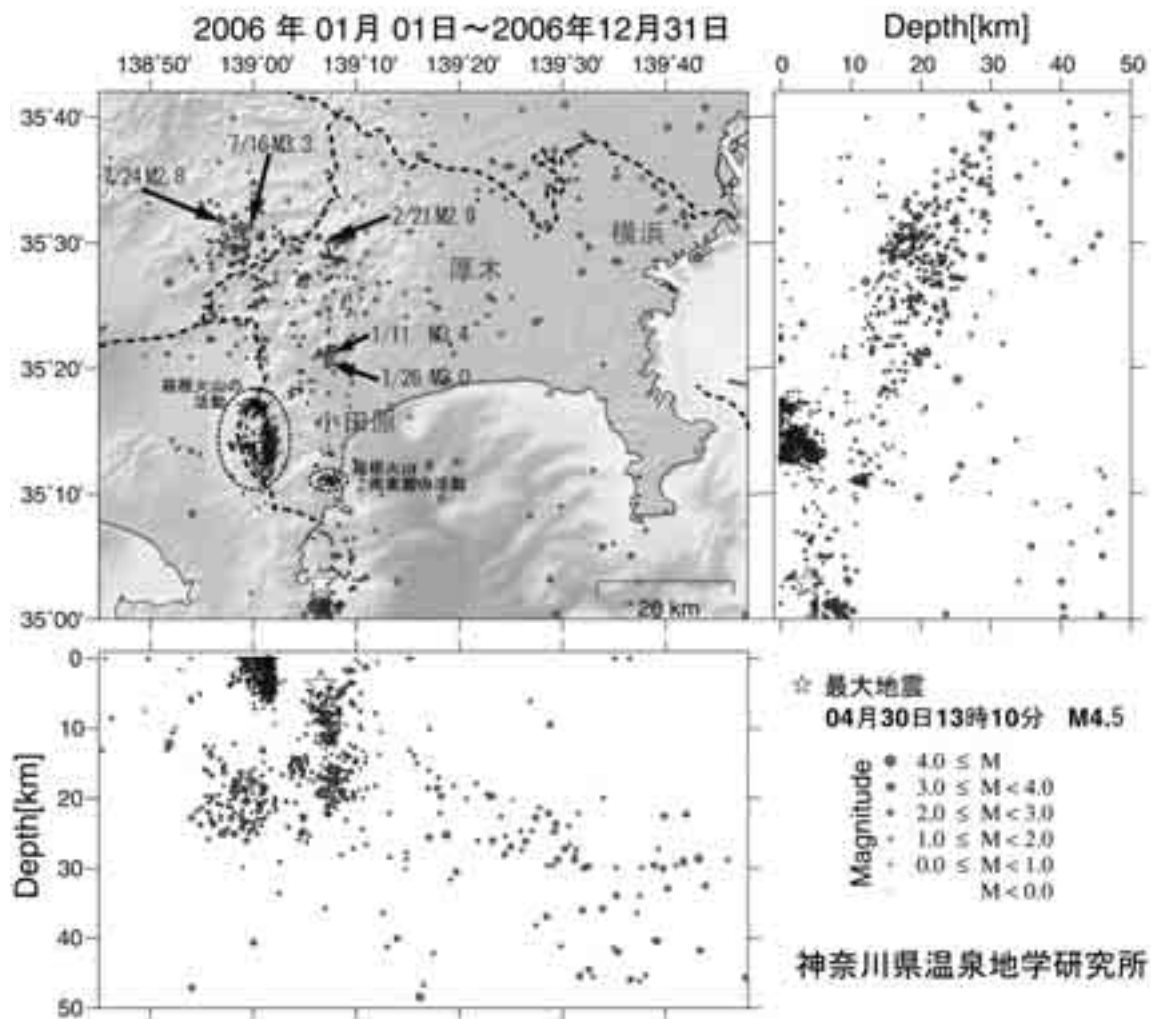


図2 神奈川県を中心とした震源分布(2006年1月～12月)
表示した地震のマグニチュードは0以上です。

丹沢山地では、2月21日(M2.9、相模湖町震度1)や7月16日(M3.3、山北町震度2)、7月24日(M2.8、相模湖町や相模原市で震度1)に有感地震が発生しました。丹沢山地以外では、足柄平野で1月11日(M3.4)と1月26日(M3.0)に深さ20kmで地震が発生し、南足柄市や山北町、箱根町などで震度1を観測しました。

1990(平成2)年から2006(平成18)年までの16年間の地域別地震発生数を表3にまとめました。この表3においても地震観測域の拡大に伴い「神奈川県中部」とした区分は「神奈川県東部」と改めた結果、区分け面積が広がりました(図1)。そのため、見かけ上「神奈川県東部」の地震数が増えています。また、相模湾や静岡県東部でも地震数が従来よりも増加しています。これは他機関の地震観測点データを取り込んだことによって、観測域周辺の震源決定能力が以前より高まった結果、地震数が増えたと考えられます。このように観測点の増減がある場合には、数字の読み方は注意してください。なお、過去16年間の県西部(箱根、足柄平野、丹沢山地)における地震観測能力に変更はありません。

箱根では2001(平成13)年に続いて地震発生数の多い年でした。年ごとに発生数の消長があるものの、1990年代と比べると地震活動は高い傾向が認められます(表3)。一方、丹沢山地や足柄平野などの地域では、特に地震活動の増減は認められませんでした。

表 3 年別地震数(1990年～2006年)

	箱根	足柄平野	丹沢山地	県東部	相模湾	伊豆	静岡東部	計
1990年	101	89 (5)	124 (2)	27	0	24	1	366 (7)
1991年	92 (11)	57 (2)	148 (4)	38 (2)	2	4	3	344 (19)
1992年	88 (1)	85 (2)	81 (5)	18	4	11	3	298 (8)
1993年	57 (2)	43 (1)	69 (1)	18 (1)	9	9	0	205 (5)
1994年	413 (13)	75 (2)	97 (3)	6	3	3	2	599 (18)
1995年	54 (1)	46	75 (6)	13 (1)	4	9	4	205 (8)
1996年	38 (1)	45	215 (8)	5	1	35	2	341 (10)
1997年	99	75 (2)	67 (4)	11	4 (1)	48 (1)	2	306 (8)
1998年	146	43 (2)	41 (4)	8	6	32 (3)	6	282 (9)
1999年	45	34 (1)	35 (5)	6	3	10	3	136 (6)
2000年	211 (3)	47	71 (4)	4 (1)	9 (1)	2	0	344 (9)
2001年	4113 (1)	70	108 (5)	30	4	12	2	4339 (6)
2002年	639 (1)	101 (2)	128 (7)	17	4	22 (3)	6	917 (13)
2003年	226	101	135 (3)	11	1	30	9	513 (3)
2004年	566 (4)	109	147 (3)	11	4 (2)	24	2	863 (8)
2005年	138	199 (2)	235 (4)	34 (2)	6 (1)	43	4	659 (9)
2006年	1411 (4)	159 (2)	210 (3)	65 (1)	23 (1)	433 (4)	18	2317 (15)
計	8,447 (42)	1,378 (23)	1,986 (72)	320 (8)	87 (6)	751 (11)	65 (0)	13,034 (161)

(注1) 地震観測網の拡大に伴い「神奈川県中部」とした区分は「神奈川県東部」と改めました。
 (注2) 括弧内は気象庁が発表した有感地震数を表します。

4. 箱根火山の地震活動

箱根火山では、2006(平成18)年1月から12月までの期間に1441回の地震について震源決定できました(図3)。このうち、当所の定義(注)にもとづき群発地震と判断した活動は下記の4回です。これらの活動は中央火口丘内の駒ヶ岳や大涌谷などで発生しました。気象庁が発表した箱根で発生した有感地震は4回あり、すべて群発地震活動中に起こりました(表2)。

発生期間	地震数	最大地震
09月27日21時50分～09月28日15時16分	147	28日06時28分 M2.3
10月02日02時43分～10月04日01時23分	375	02日05時36分 M2.2
10月09日19時02分～10月18日12時18分	779	11日16時09分 M2.0
11月18日03時35分～11月19日04時10分	136	18日04時35分 M2.6

(注) 当所で定めた箱根火山における群発地震活動の定義：「地震回数が1時間に10回以上あるもので、その活動期間は前後3時間以上地震なしで区切る」としています。

震源が浅部に及んだこともあり、9月28日、10月2日と10日に大涌谷や駒ヶ岳周辺で調査を実施しました。土産物屋やロープウェイ、温泉温度測定を依頼している源泉所有者に聞き取り調査をおこないましたが、特に顕著な状況変化は認められませんでした。傾斜計や光波測量などによる地殻変動観測においても、これらの活動に伴う顕著な変化は観測されませんでした(原田ほか、2007)。

群発地震発生期間ではありませんが、10月1日19時59分頃には、大涌谷付近の浅部で低周波地震が1回発生しました。箱根火山で浅部低周波地震が観測されたのは1989年のテレメータ観測以降初めてのことでした。マグニチュードは-0.3と小さいために図3には記載されませんが、印でその発生場所を示しておきました。

図5に、通常箱根で起こっている地震と今回の低周波地震の波形を並べておきます。一般的に、浅部で発生する低周波地震は熱水などの流体が関与していると考えられています。

中央火口丘以外では、箱根カルデラ北縁の金時山周辺で地震活動がやや活発でした。しかし、当所の定義する群発地震の回数までに達しませんでしたので、群発地震としては取り扱っていません(図3)。

箱根火山南東麓では、2005(平成17)年12月30日から2006(平成18)年4月下旬まで地震活動が活発となり、星ヶ山付近でM2~0クラス程度の地震が42回発生しました(図2)。最大地震は、2005(平成17)年12月30日17時06分に発生し、そのマグニチュードは2.4で、静岡県熱海市泉で震度1が観測されました。1989~2005年の震源データを調べますと、この星ヶ山付近での月当たり10回を超える地震活動は1992(平成4)年11月(伊東ほか、1993)と今回の活動だけであることがわかりました。

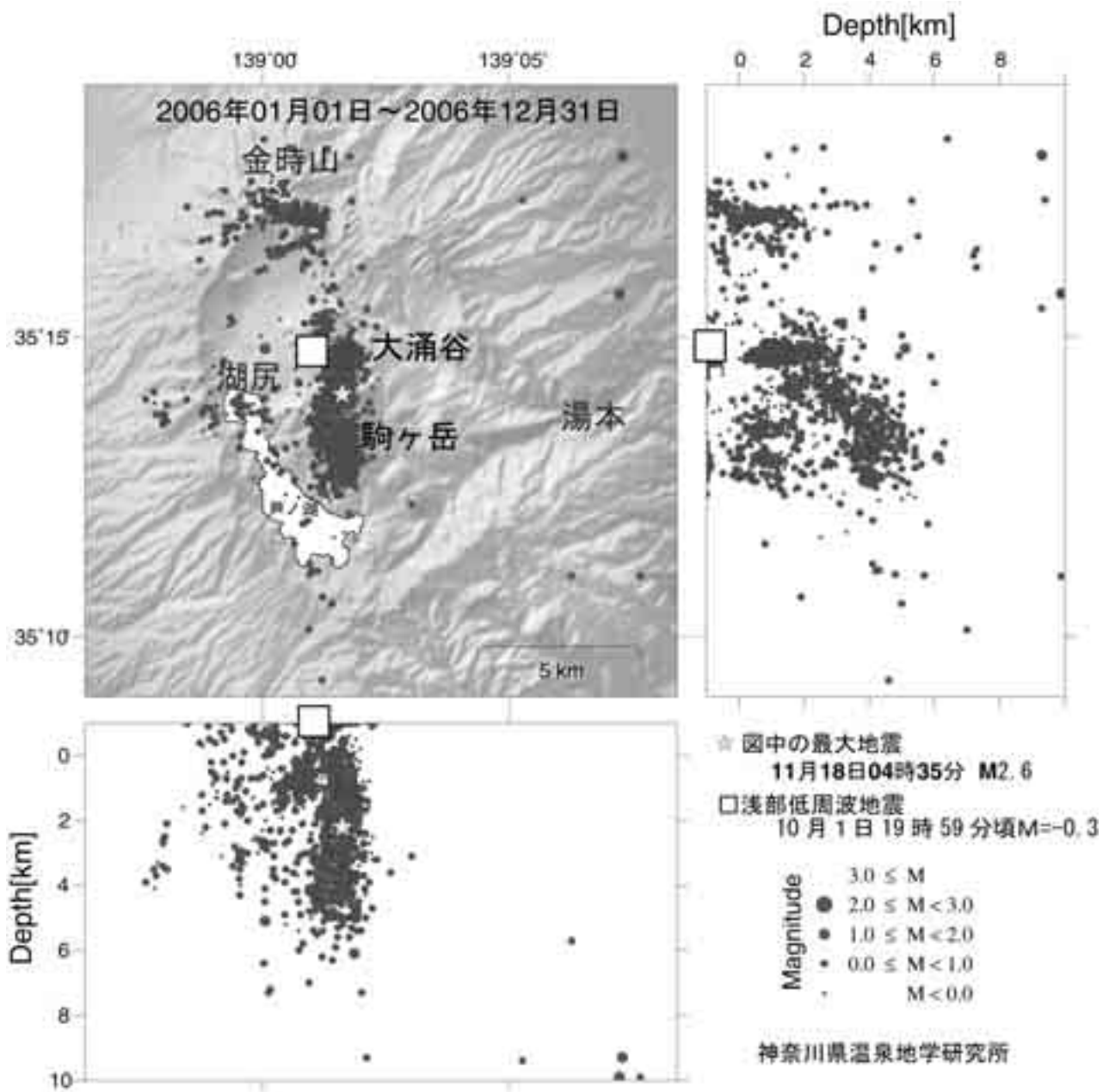


図3 箱根火山における震源分布(2006年1月~12月)

地震のマグニチュードは0以上を表示しています。□印は浅部低周波地震(10月1日19時59分頃M=-0.3)の発生場所を示しています。

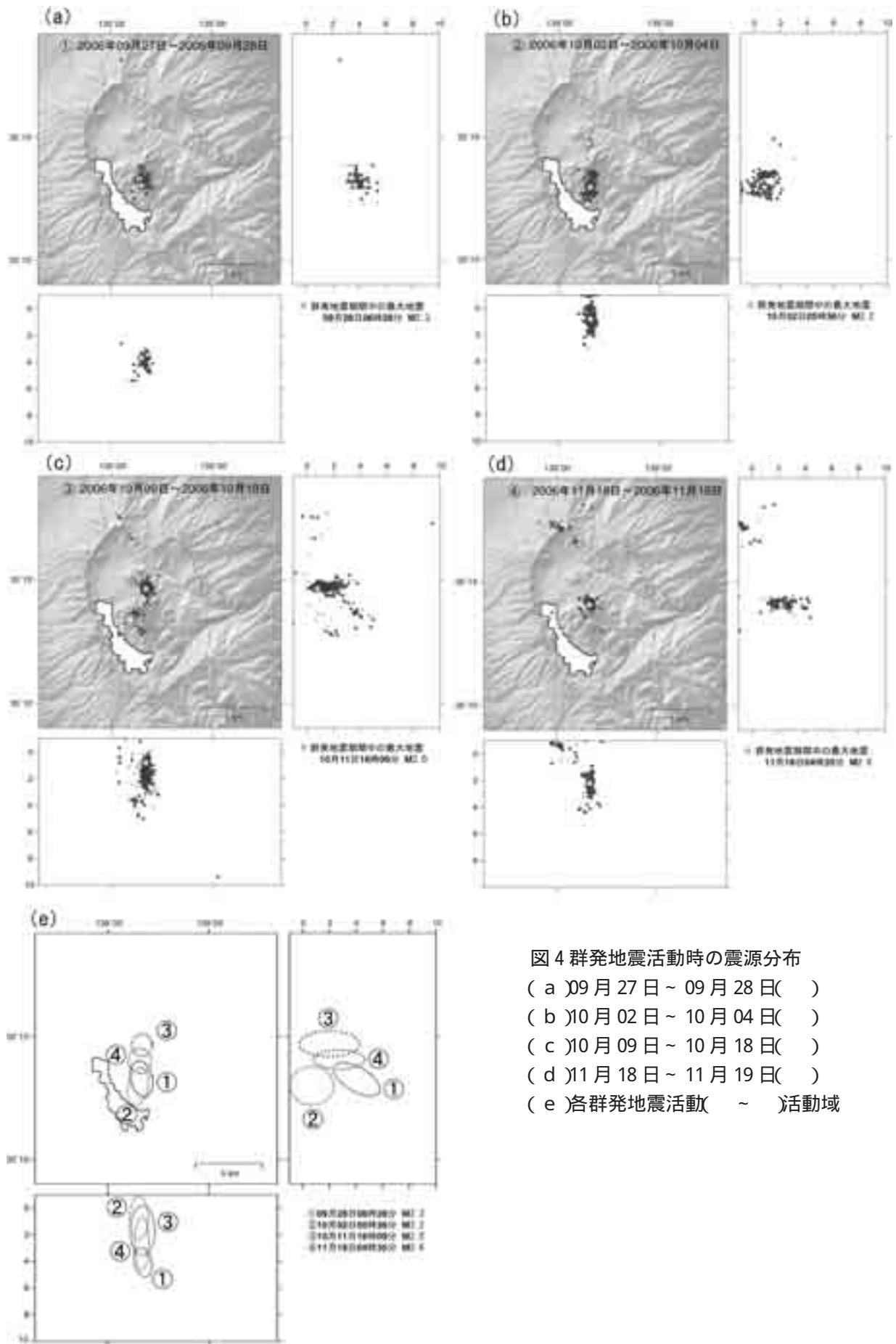


図4 群発地震活動時の震源分布
 (a)09月27日～09月28日()
 (b)10月02日～10月04日()
 (c)10月09日～10月18日()
 (d)11月18日～11月19日()
 (e)各群発地震活動()活動域

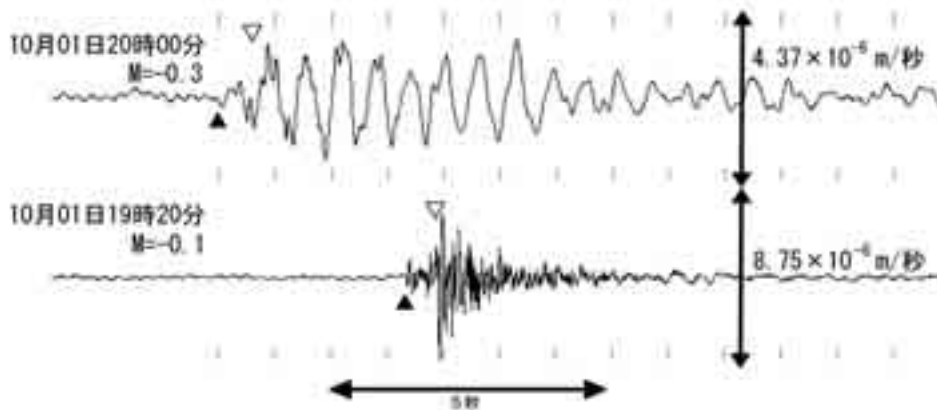


図5 箱根火山で発生した浅部低周波地震の波形例

(上)2006年10月1日19時20分ごろ大涌谷浅部で発生した低周波地震(M=0.3)、(下)同日19時20分頃、ほぼ同じ場所の深さで発生した通常の地震(M=0.1)の例です。縦矢印の幅は各地震記録の基準振幅値、横矢印は5秒間を示しています。また、▲はP波、▽はS波の到達場所を示す。通常の地震と比べ、低周波地震はゆっくり、長く揺れているのがわかります。

4. 1. 9月27日～28日の箱根群発地震

箱根火山では9月27日から28日にかけて駒ヶ岳付近の深さ2 km～6 kmを震源域とする群発地震が発生しました(図4a)。箱根火山内の群発地震は、2005(平成17)年10月26日以来です。この群発地震は、27日21時から28日16時までの間に、震源決定できなかったごく微小な地震を含めて147回の地震が観測されました。活動は27日23時～28日08時頃がもっとも活発でしたが、その後活動は低下し、28日16時以降、群発活動前の状況に戻りました(図6a)。群発期間中の最大地震は28日06時28分に発生したM2.3でした。

気象庁では、これらの活動に伴う有感地震は観測されていません。しかし、当所が独自に大涌谷に設置している計測震度計では、28日02時03分に震度1、06時28分に震度2を観測しました。また、9月27日より地震による揺れを強く感じたとの連絡が多く入っており、地元では気象庁で発表した地震以外にも身体に感じる揺れや地鳴りなどがあったとの連絡を受けています。

傾斜や光波測量などによる地殻変動観測及び当所研究員による現地調査等では、群発地震活動に関連する異常な変化は認められておりません。

4. 2. 10月2日～4日の箱根群発地震

震源域は駒ヶ岳直下でしたが、9月27～28日の活動域の、やや南より深さ1 km前後に集中しました(図4bとd)。この群発地震は、2日02時から4日01時までの間に、震源決定できなかったごく微小な地震を含めて375回の地震が観測されました。活動は2日05時～07時頃がもっとも活発でしたが、その後活動は1時間当たり10回程度に低下し、4日02時以降、群発活動前の状況に戻りました(図6a)。群発期間中の最大地震は2日05時36分に発生したM2.2でした。

気象庁では、これらの活動に伴う有感地震は観測されていません。しかし、当所の大涌谷計測震度計では、2日05時36分、06時10分、23時39分に各々震度1を観測しました。活動が最も活発だったのが早朝であったこともあり、箱根町内の住民の方々からは、これらの地震に関する問い合わせがありました。

4. 3. 10月9日～18日の箱根群発地震

震源域は大涌谷付近で9月27～28日と10月2～4日の活動域北側で、深さは1km前後に集中しました(図4cとe)。この群発地震では9日19時から18日12時までの間に震源決定できなかったごく微小な地震を含めて779回の地震が観測されました(図6a)。今回の活動は9月27日～28日や10月2日～4日の活動とは異なり、約1週間続きました。その発生様式も異なり、1時間あたり20回を超えるような活動は9月27日～28日の活動では6回、10月2日～4日の活動では10回でしたが、10月9日～18日の活動では15日13時の1回のみでした(図6a)。

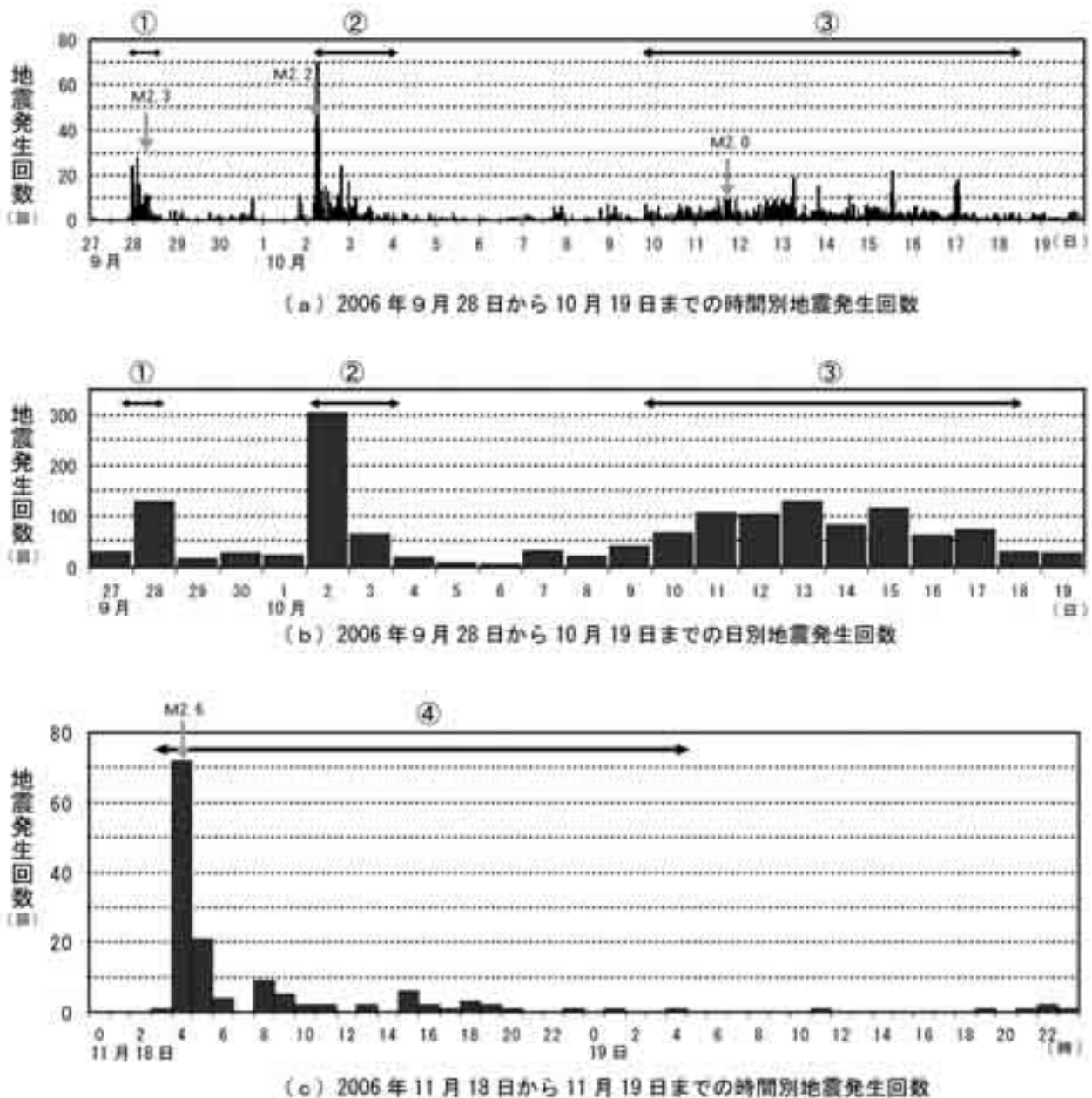


図6 群発地震活動(①～④)の時間および日別地震発生数
 (a) 2006年9月28日から10月19日までに時間別地震発生数
 (b) 2006年9月28日から10月19日までに日別地震発生数
 (c) 2006年11月18日から11月19日までに時間別地震発生数

しかし1日当たりの発生回数(図6b)で比較すると、前回(9月27日～28日；10月2日～4日)の活動において100回を超える日は各々1日しかありませんでしたが、10月9日～18日の活動では4日間もありました。このような違いは群発を誘発させる熱水などの挙動を反映しているのかもしれませんが、詳しいことは不明です。

この群発期間中の最大地震は11日16時09分に発生したM2.0でした。気象庁によりますと、箱根町湯本で震度1が観測されました。当所の大涌谷計測震度計でも震度1を記録しました。

4. 4. 11月18日～19日の箱根群発地震

震源域は、駒ヶ岳での群発地震活動(9月27日～28日；10月2日～4日)と大涌谷での群発地震活動(10月9日～18日)との中間に位置で、深さは2から4kmの間に集中しました(図4dとe)。この群発地震では、18日03時から19日04時までの間に、震源決定できなかったごく微小な地震を含めて136回の地震が観測されました。

この活動は18日04時頃がもっとも活発でしたが、2時間後の06時台には、活動は1時間当たり10回程度に低下し、19日04時以降、群発活動前の状況に戻りました(図6c)。

群発期間中の最大地震は18日04時35分に発生したM2.6でした。気象庁によりますと、箱根町湯本や小田原市久野で震度1が観測されました。当所の大涌谷計測震度計でも震度1を記録しました。また、この最大地震の少し前には18日04時29分と33分には、同じ場所で各M2.2の地震が立て続けに起こりました。気象庁によりますと、箱根町湯本で震度1が観測されました。

5. 神奈川県内で有感となった地震

2006(平成18)年1月から12月の期間中に、神奈川県内で震度1以上の揺れが観測された地震は81回でした(表2)。その内訳は、震度4が4回、震度3が6回、震度2が24回、震度1が47回でした。県内で最大震度4が観測された4回の地震は、2月1日千葉県北西部の地震(M5.1)と4月21日と5月2日伊豆半島東方沖の地震(M5.4と5.0)、8月31日東京湾の地震(M4.8)によるものでした。

6. 臨時地震情報部会開催記録

2006(平成18)年に、当所の地震・地殻変動観測に関する臨時地震情報部会は下記のとおり7回開催しました。この部会は、毎月定例で開催しているものとは別に、箱根火山で群発地震活動が発生した場合などに開催するものです。

4月21日、伊豆半島東方沖でM5.8の地震が発生し、神奈川県西部で震度4の揺れが記録されたため

5月2日、伊豆半島東方沖でM5.1の地震が発生し、神奈川県西部で震度4の揺れが記録されたため

8月31日、東京湾でM4.8の地震が発生し、神奈川県西部で震度4の揺れが記録されたため

9月27日、箱根火山で群発地震が発生したため

10月2日、箱根火山で群発地震が発生したため

10月9日、箱根火山で群発地震が発生したため

11月18日、箱根火山で群発地震が発生したため

これらの活動に関する震源分布や発生頻度等の資料は、臨時地震情報部会を開催した当日中に「温泉地学研究所地震活動情報」としてまとめ、県安全防災局及び横浜地方気象台に報告しました。

7. まとめ

2006(平成18)年1月から12月までの地震活動は次のとおりでした。県全域で震源を決定した地震は2352回(マグニチュード0以上)、そのうち気象庁によって観測された有感地震は15回でした。

期間中の最大地震は、4月30日13時10分伊豆半島東方沖(静岡県熱海市沖)で発生したM4.5の地震(深さ6km)でした。神奈川県内では真鶴町で最大震度2を観測しました。箱根火山では、計4回の群発地震活動が中央火口丘(駒ヶ岳や大涌谷、神山)で起こりました。また、当所の定義する群発地震の回数までに達しませんでした。金時山周辺でも地震活動がやや活発でした。しかし、傾斜計や光波測量などによる地殻変動観測では、これらの活動に伴う異常な変化は観測されていません。また、現地調査においても特段の変化は確認されていません。

謝辞

本報告を作成するにあたり、気象庁による一元化協定にもとづき東京大学地震研究所ならびに独立行政法人防災科学技術研究所の地震波形データを利用させていただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 原田昌武・棚田俊收・伊東博(2007) 神奈川県西部地域における2006(平成18)年のGPS・光波測量結果, 温地研観測だより, 57, 13-18.
- 本多亮・丹保俊哉・原田昌武・伊東博・板寺一洋・棚田俊收(2006) 温泉地学研究所におけるウェブ上での地震および地殻変動データ公開用サブシステムの開発, 温地研報告, 38, 53-62.
- 本多亮(2007) ホームページを利用した地震・測地データの即時公開システムの紹介, 温地研観測だより, 57, 31-34.
- 本多亮・棚田俊收・原田昌武・伊東博(2007) 温泉地学研究所の傾斜観測で捉えた長周期地震動, 温地研観測, 観測だより, 57, 25-30.
- 板寺一洋・伊東博(2007) 神奈川県西部地域における2006(平成18)年の地下水位観測結果, 温地研観測だより, 57, 19-24.
- 伊東博・棚田俊收・八巻和幸・小鷹滋郎(1993) 神奈川県西部地域における地震・傾斜観測(1992), 温地研観測だより, 24(3), 17-26.
- 伊東博・宮下雄次・棚田俊收・代田寧・倉石隆介・加藤正造(2005) 新たな総合研究システムについて, 温地研観測だより, 55, 23-34.
- 気象庁(2006 a) 伊豆半島東方沖の地震活動, 平成18年1月地震・火山月報(防災編), 13.
- 気象庁(2006 b) 伊豆半島東方沖の地震活動, 平成18年4月地震・火山月報(防災編), 13-15.
- 岡田義光(1996) 関東・東海地域における人工震源の分布とその時間的変遷, 防災科学技術研究所研究報告, 57, 33-57.
- 温泉地学研究所(1999) 温泉地学研究所における「神奈川県西部地震」のとりくみ, 温地研報告, 29, 3-40.
- 行竹洋平・棚田俊收・本多亮・伊東博・原田昌武(2006) 温泉地学研究所リアルタイム地震情報処理の信頼性の評価 - 2006年伊豆半島東方沖地震を例にして -, 温地研報告, 38, 63-68.