

11 - 4 西南日本の沈み込み帯で発生する深部低周波微動の特徴

Characteristics of deep low-frequency seismic tremor in the Southwest Japan subduction zone

防災科学技術研究所 小原一成

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention Kazushige Obara

1 . はじめに

西南日本のフィリピン海プレート沈み込み帯において深部低周波微動が発生していることが、防災科研 Hi-net の高密度、高感度地震観測によって明らかにされた。この微動は、内陸の火山周辺や活断層深部のモホ面付近に発生する深部低周波地震の波形と似ているが、微動の継続時間や活動域の広さはこれらの低周波地震に比べ、圧倒的に大規模である。ここでは、主に西南日本の深部低周波微動の波形や活動の時空間的特徴について紹介する。

2 . 低周波微動及び低周波地震の波形の特徴

火山周辺に発生する低周波地震は P 波や S 波が比較的明瞭で、S コーダが約 2Hz 程度の単色のスペクトルで長く継続するのが特徴である。また、P 波や S 波初動付近にやや高周波成分が含まれる場合がある。この低周波地震は連鎖的に発生することが多く、時には初動の不明瞭な低周波微動として観測される場合がある。また、鳥取県西部地域のように活断層深部で発生する低周波地震は、基本的には火山周辺のものと似ているが、S コーダの励起の程度は弱い。一方、西南日本の沈み込み帯に発生する低周波微動は、卓越周波数 2~10Hz のランダム的な波群から構成され、P 波や S 波に相当する位相の検出は非常に困難である。複雑な微動波形の中には、1.5~2Hz 程度のパルス的な位相が出現する場合があり、気象庁ではその位相の立ち上がりを検出して低周波地震のラベルを付与して震源決定を行っている (Katsumata and Kamaya, 2003)。西南日本で発生する低周波微動と火山や断層での低周波地震との大きな違いは、活動の継続性と時間経過である。第 1 図は四国における 72 時間分の連続波形記録をエンベロープに変換したものであり、微動が緩やかな活動の消長を繰り返しながら長期間継続する様子が見られる。一方、鳥取・島根県境付近では、2003 年 4 月 22 日からこの地域においては観測史上最も活発で連続的な深部低周波地震が発生した。このときの 72 時間分のエンベロープ記録を見ると (第 2 図)、シャープなエンベロープが連続的に並んでおり、その活動の開始や終了が比較的明確である。このことは、四国の微動で見られるようなエンベロープが徐々に大きくなったり小さくなったりする傾向とは大きく異なるものである。

3 . 微動源分布

低周波微動では、初動検測による震源決定が困難なことから、微動のエンベロープ振幅の変化パターンが近接する観測点間で相似である性質を利用し、エンベロープ形状の相関から到達時刻差を測定し、その網平均から求められる走時差分布が S 波伝播によるものとして震源決定を行った (Obara, 2002)。微動は、長野県南部から豊後水道に至る長さ約 600km の範囲で存在し、沈み込むフィリピン海プレートの走向に平行で帯状に分布する (第 3 図)。微動の深さは約 30km で、火山周辺等の低周波地震の震源とほぼ同様である。徳島県東部から紀伊水道にかけての地域では当初微動は

検出されていなかったが、防災科研 Hi-net 観測網の増強によって徳島県東部でも活動度の弱い微動が認められるようになった。微動の帯の幅は約 20-30km であるが、必ずしも一定ではなく、愛媛県西部ではその幅が 40~50km と広がっている。

4．微動の時系列

4.1 トリガリング現象

微動は、活動の消長を繰り返しながら長い場合には2~3週間も継続する。また、微動は一ヶ所にとどまらず移動することもある。微動の活動期は自然発生的に始まることが多いが、その周辺で発生した主な地震によって誘発されたり、逆に沈静化することもある。また、最近では微小地震や数 1000km も離れた遠地地震によってダイナミックにトリガーされる事例があることが分かってきた。遠地地震によるトリガリング現象は、2002年6月29日ウラジオストク付近の深発地震(M7.3, 深さ 566km) による愛媛県南西部、2002年10月10日のイリアンジャヤ地震(M7.6, 深さ 10km) による愛知県東部、2003年1月22日のメキシコ地震(M7.8, 深さ 24km) による愛媛県南西部における3例について確認されている(第4図)。いずれも大振幅の表面波やS波の到達後10分以内に微動が発生し始めた。一方、微動源付近で発生した微小地震(M2~3クラス)によって微動が誘発された事例もいくつか観測されており、微小地震発生後約数分~40分以内に微動が発生している。また、2003年4月8日に発生した茨城県東方沖の地震直後には、三重県中部における微動が一時的に活発になった(第5図)。これらのトリガーされた微動のほとんどは単発的現象で短時間に終了するが、中にはその後3週間程度継続する大規模な微動活動のきっかけとなる場合もある。

4.2 周期的活動

西南日本で最も微動活動の活発な四国では、微動は必ずしも帯状領域に均等に分布しているのではなく、徳島・香川・愛媛県境付近、愛媛県東部、及び愛媛県南西部から豊後水道の3つの地域に集中して発生しており、それぞれの地域では微動がある一定のサイクルで活動していることが明らかになった(第6図)。徳島・香川・愛媛県境付近及び愛媛県東部では、約3~4ヶ月周期で微動が活発化しているのに対し、愛媛県南西部では比較的中規模の微動はやや不定期で頻繁に発生するものの、大規模な微動は6~8ヶ月周期で発生している。最近、カスケード地方において13~16ヶ月周期で繰り返し発生するスロースリップイベントに同期して、西南日本の深部低周波微動と類似した微動が発生していることが示された(Rogers and Dragert, 2003)。

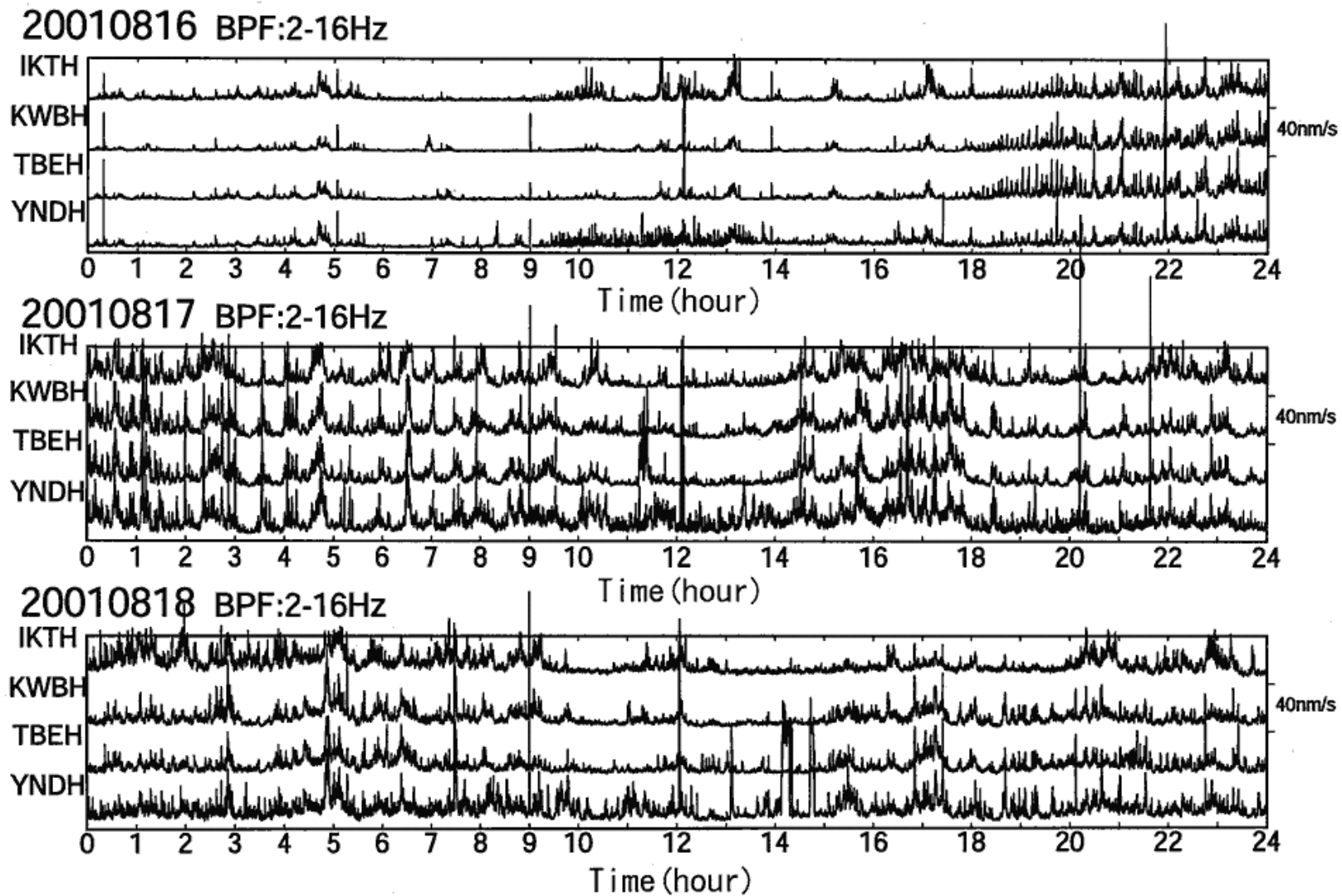
5．微動発生に関する考察

深部低周波微動は、その活動の継続性等から流体が関与していると考えられている。その流体は、フィリピン海プレート内の脱水反応によって生成されたものであろう。火山周辺等で発生する深部低周波地震も、その波形の特徴や発生メカニズムの解析(Ohmi and Obara, 2002)から流体の関与が示唆されており、いずれも震源の深さが約30kmであることから、特定の温度圧力条件の下で流体が存在する場合に、これらの低周波イベントが発生するものと思われる。沈み込み帯での微動が火山等の低周波地震に比べて活動の規模が大きいのは、沈み込み帯では脱水反応によって大量の流体が供給されると共に、沈み込むプレートに引きずられた付加体の変成作用を受けて、地下構造が非常に不均質であることなどが関係しているかもしれない。遠地地震等で見られる微動のトリガリングは、微動発生源が不安定な状態にあり、わずかの刺激でも場が活性化することを示している。微動が長期間継続するかどうかは、その時の流体量に依存するとも考えられる。一方、沈み込み帯での微動の水平位置は固着域の深部延長部分に対応しており、カスケード地方と同様のスロースリッ

イベントが存在するかどうかは、沈み込みプロセスと流体との関係、および巨大地震発生の際の状態を知る上でも非常に重要である。

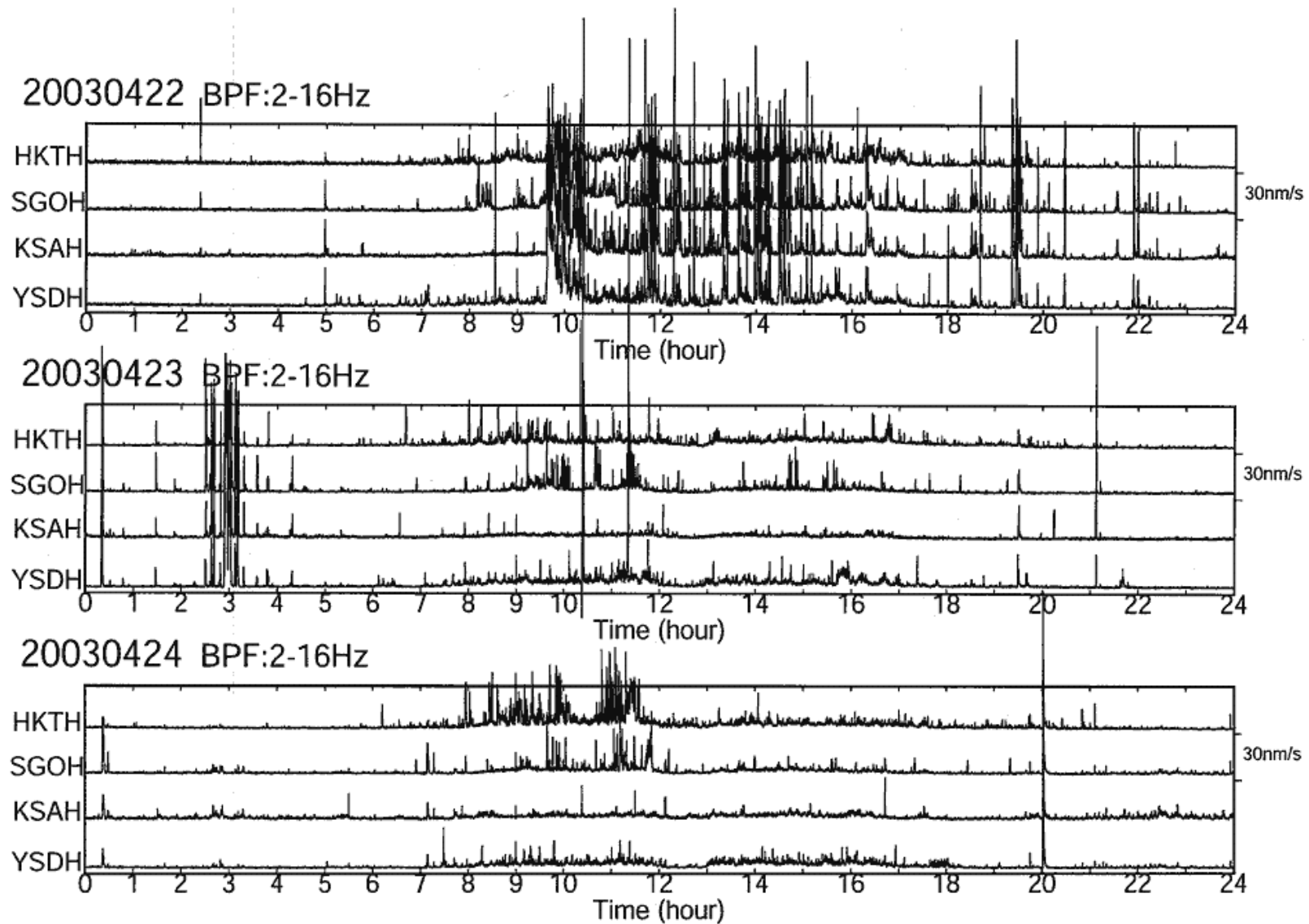
参 考 文 献

- 1) Rogers, G and H. Dragert (2003): *ScienceXpress*, 101126.
- 2) Katsumata A. and N. Kamaya (2003): *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1020.
- 3) Obara, K. (2002): *Science*, 296, 1679.
- 4) Ohmi, S, and K. Obara (2002): *Geophys. Res. Lett.*, 29, 541.



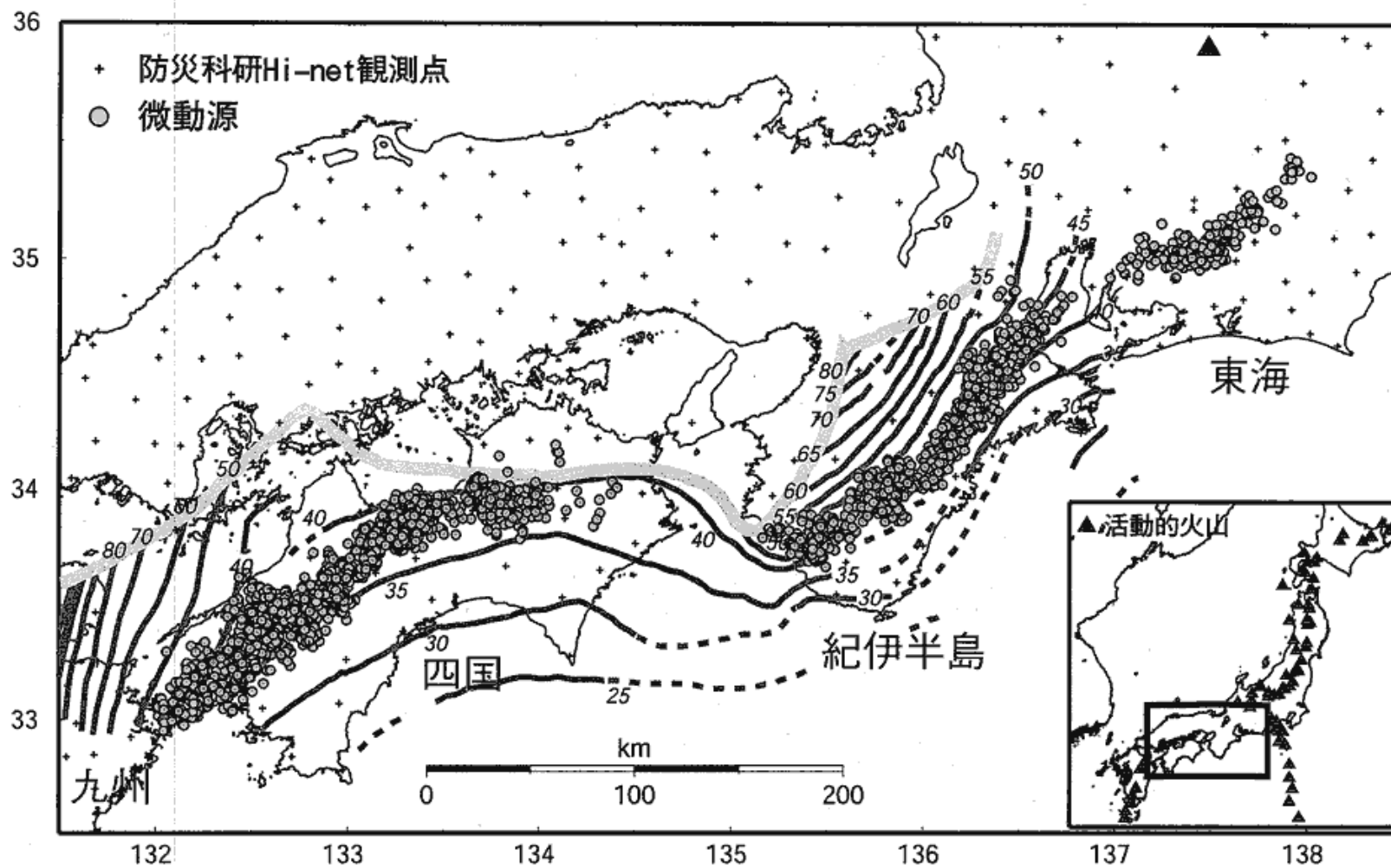
第1図 四国西部で発生した低周波微動の72時間分のエンベロープ波形記録。

Fig.1 Envelope seismograms of tremors observed in west of Shikoku. Total time window is 72 hours from 2001/8/16 0h0m to 2001/8/18 23h59m.



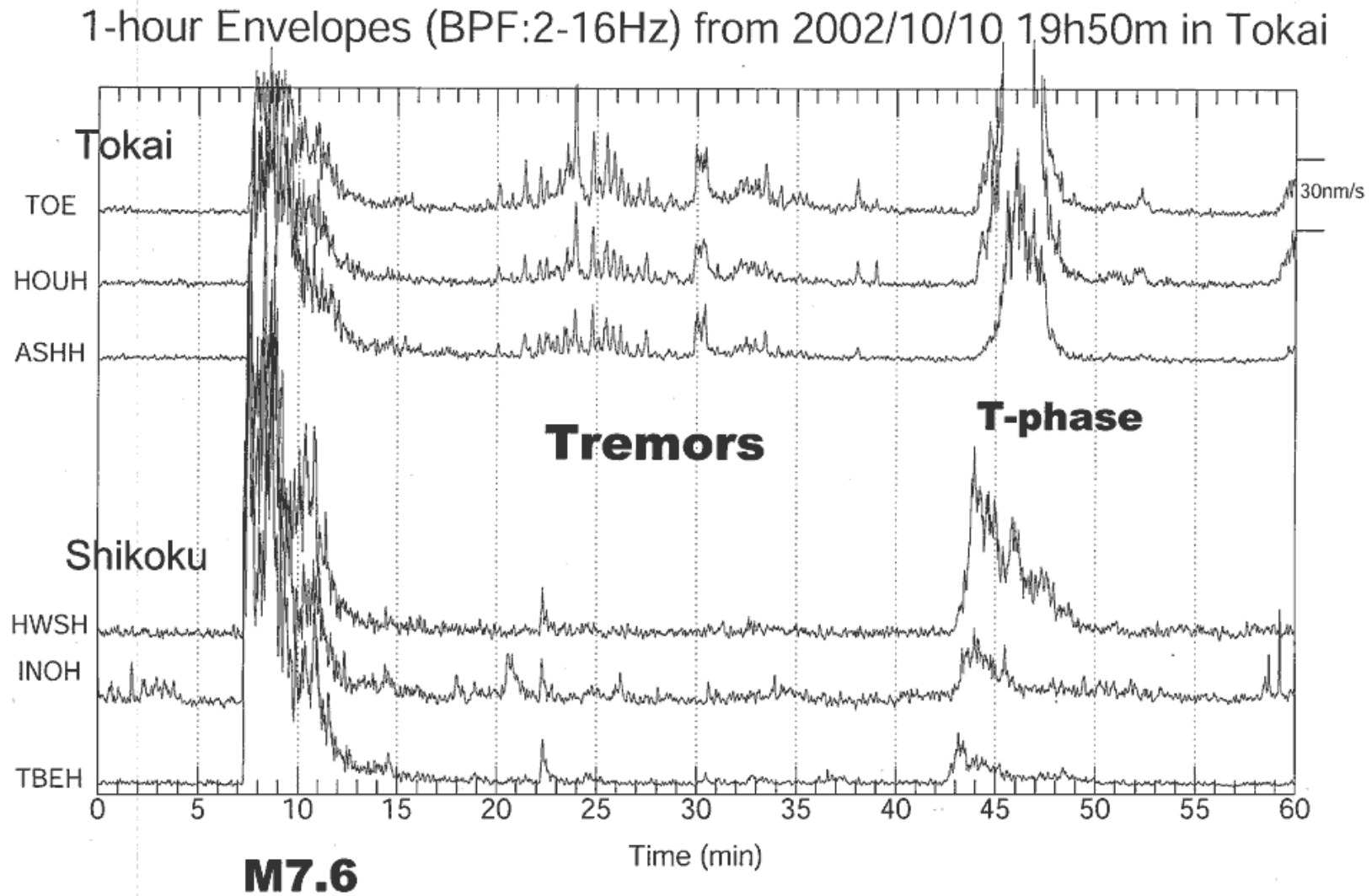
第2図 鳥取・島根県境付近における低周波地震の72時間分のエンベロープ波形記録。

Fig.2 Envelope seismograms of low-frequency earthquakes observed near Tottori-Shimane border region. Total time window is 72 hours from 2003/4/22 0h0m to 2003/4/24 23h59m.



第3図 西南日本の深部低周波微動分布．2001年1月から2年分について示す．

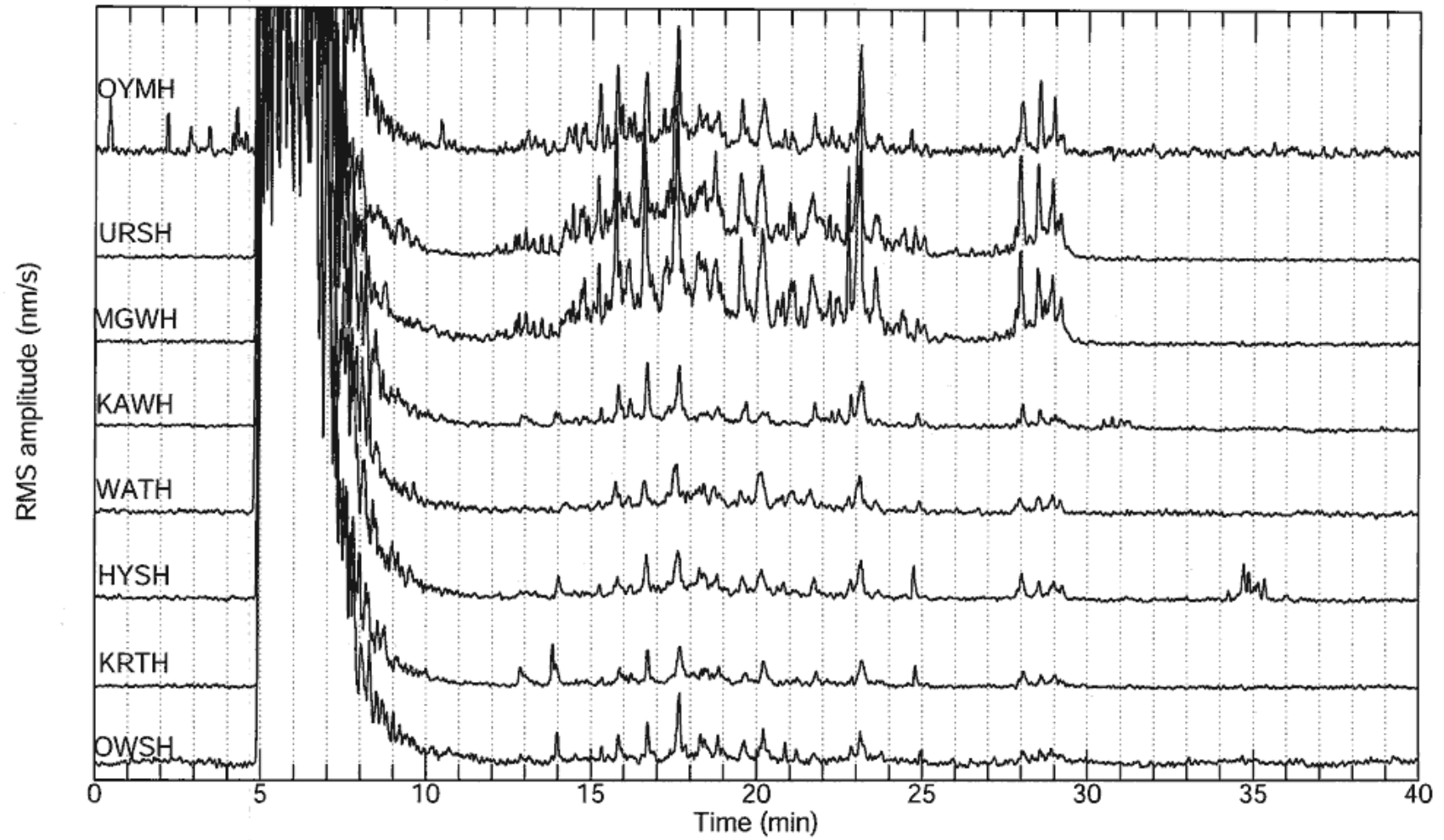
Fig.3 Epicentral distribution of tremors for two years from January, 2001 to December, 2002.



第4図 遠地地震(Irian Jaya, M7.6)によってトリガーされた東海地方の微動例 2002年10月10日19時10分から1時間のエンベロープ記録を東海地方、及び四国地方について示す。

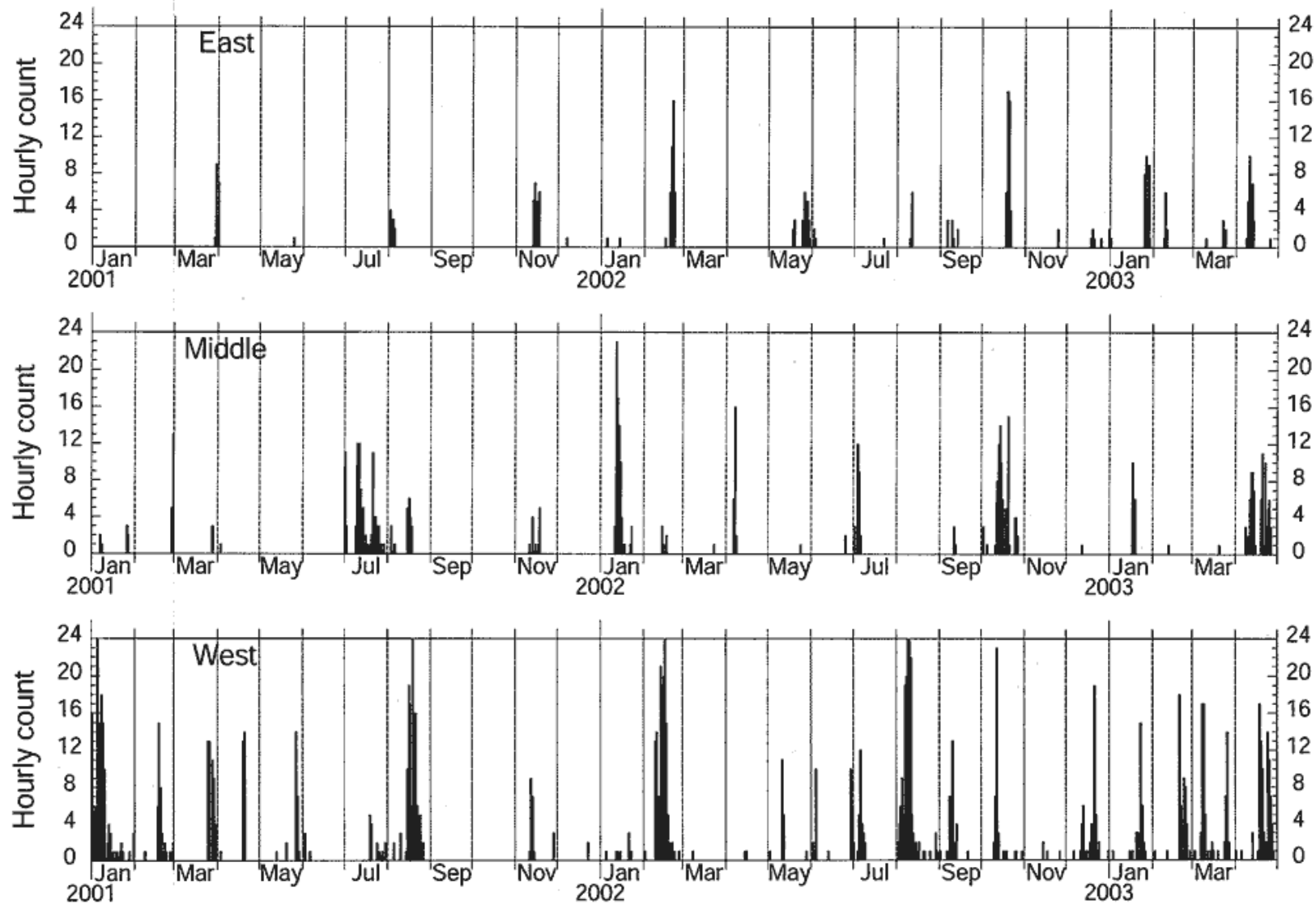
Fig.4 Tremors in Tokai area triggered by teleseismic wave of Irian Jaya earthquake (M7.6). The time window is 1 hour from 2002/10/10 19h10m. The envelopes observed in Tokai and Shikoku area are plotted.

Envelopes in Northern Mie for 40min. from 2003/04/08 03h25m (BPF:2-16Hz)



第 5 図 茨城県東方沖の地震 M5.8, (2003 年 4 月 8 日)によってトリガーされた三重県の微動例 .

Fig.5 Tremors in Mie prefecture triggered by seismic wave from the earthquake of East off of Ibaraki prefecture (M5.8, 2003/4/8).



第 6 図 四国の主な微動活動域における周期的微動活動 .

Fig.6 Periodic activity of tremors in three areas in Shikoku. (East):Tokushima, Kagawa and Ehime border area, (Middle): eastern Ehime, (West): western Ehime and Bungo channel.