

解説

気象庁の東海地震に関連する新しい情報について

地震火山部地震予知情報課 上垣内 修*

1. はじめに

現在地震発生前に、発生のおそれに関する情報を発表するための観測・監視体制及び事前情報に基づく防災体制が構築されているのは、大規模地震対策特別措置法（昭和 53 年施行）に基づく地震防災対策強化地域指定の対象となった東海地震のみである。気象庁では、東海地震の短期直前予知のための観測網を関係機関の協力も得て整備し、気象庁長官の内閣総理大臣への地震予知情報報告の責務遂行のため、異常なデータが観測された場合に緊急に地震防災対策強化地域判定会（以下、「判定会」）を招集し、東海地震に結びつくか否かの判断を行うこととしている。

平成 15 年 7 月に、東海地震の地震防災対策強化地域に係る地震防災基本計画が改訂された（中央防災会議決定）。それにより、気象庁が東海地震に関連して発表する情報体系が大幅に見直され、判定会招集以前から必要な準備行動を開始するべく、新たな情報体系に合わせた防災行動が定められた。新しい情報体系は平成 16 年 1 月 5 日から運用されている。本稿では、新たな情報体系の概要と、見直しに至った経緯を解説する。

2. 東海地震とは

その前に、東海地震とはいかなる地震で、なぜ「明日起きても不思議でない」と考えられているのか、なぜ予知が可能と考えられているのかにつき、おさらいをしたい。

日本列島をのせた陸側のプレートの下に、フィ

リピン海プレートと呼ばれる海洋性のプレートが沈み込んでいる（図 1）。駿河湾奥から四国沖にかけて、南海トラフと呼ばれる浅い海溝が延びているが、まさに南海トラフ（駿河湾から沖合いにかけての領域では「駿河トラフ」と呼ばれている）がこのふたつのプレートの境界となっている。東海地震とは、駿河トラフから沈み込むフィリピン海プレートと、その上側の陸側のプレートの境界面を震源域として発生するとされるマグニチュード 8 程度の海溝型巨大地震である。最新の地震学的知見を総合すると、図 2 の曲線で囲まれた領域が震源域になると考えられている。ちなみに、図 2 の矩形で示された領域は、昭和 54 年当時と考えられていた東海地震の想定震源域であり、最新版ではそれよりも西に広がったのがわかる。

駿河トラフから南海トラフにかけてのプレート境界を震源域として、巨大地震が繰り返し発生してきていることが各種調査により明らかになっている（たとえば寒川, 1992）。巨大地震の発生履歴を図 3 に示す。図の縦軸が時間の経過を表し、上から下に時間が流れている。横棒の幅が震源域となった領域の範囲を表している。東海地震の想定震源域に対応する領域（E 領域）は、1854 年安政東海地震の際には震源域となっている（つまり、巨大地震を発生させる能力を持った領域である）にもかかわらず、1944 年東南海地震の際には破壊されずに残ってしまった。その後も駿河湾周辺領域には歪のエネルギーが貯まり続けていることが測量などの観測により確かめられており（国土地理院, 1970）、1854 年を起点とすると、この領域の巨大地震の平均的繰り返し間隔である 100~150 年がすでに経過していることから、「明日起きても不思議ではない」と考えられているわけである。

また、想定される東海地震のすぐ西側隣接域で、東海地震とほとんど同じ性質の地震である東南海地震が 1944 年に発生しているが、その発生の 2~3 日前から、水準測量によって顕著な地殻変動が観測された（茂木, 1982）。この変動量は、現在の観測技術をもってすれば十分検出可能なものであり、東海地震についても同様の前兆現象の発現

* 気象庁地震火山部地震予知情報課

日本周辺のプレート

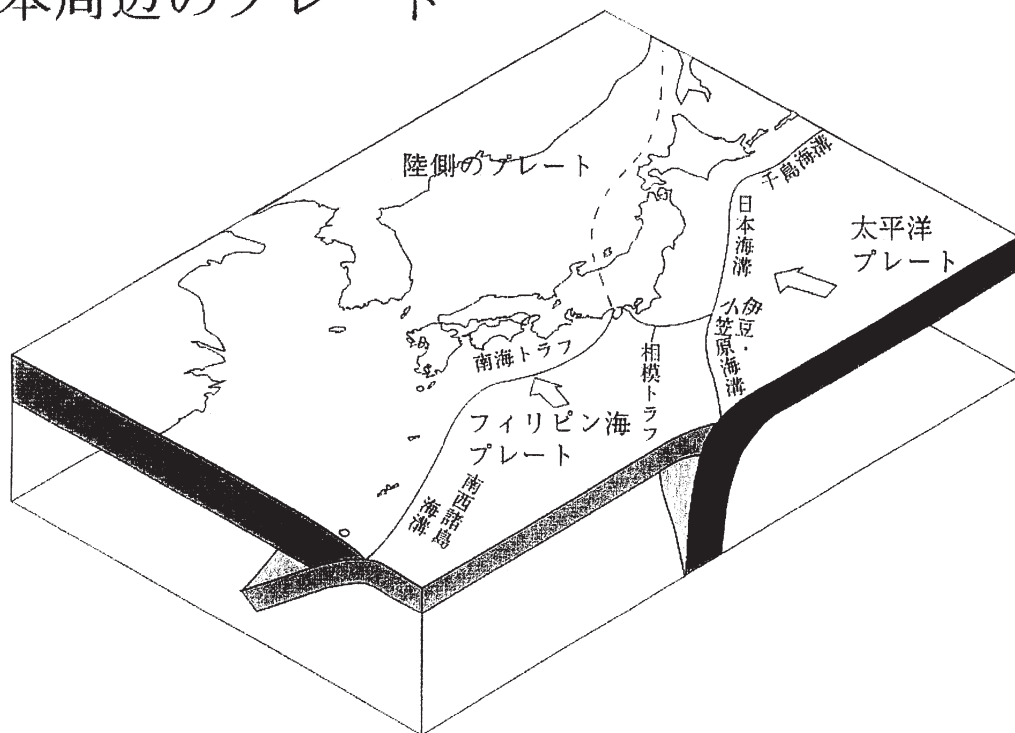


図1 日本周辺のプレート (地震調査研究推進本部, 1997)

が期待できることから、同じような規模・時間経過で前兆現象が捉えられた場合には、短期直前の予知が可能と考えられている。

3. これまでの経緯

現在最も有力とされる前兆現象発現のメカニズムは、巨大破壊の直前にプレート境界の固着している領域の一部が剥がれ始めるといういわゆる「前兆すべりモデル」(図4)であり、前兆すべりの発生を地殻変動観測等によりできるだけ早期にキャッチしようというのが気象庁の短期直前地震予知戦略である。上述の1944年東南海地震の直前に観測された地殻変動も、この前兆すべりにより説明可能とされている。つまり、単に「通常と異なる現象が観測されているから地震が起きるかもしれない」と考えるのではなく、「観測されている現象が前兆すべりの発生によるものと認められ

るか？」という科学的な判断に基づいて予知を行うものである。

気象庁では、「前兆すべり」を計算機上で再現できる地震発生過程シミュレーションモデルを開発し、地震発生前にどのような現象が観測可能であるか調査を行ってきた(加藤・平澤, 1996; Kuroki *et al.*, 2002)。その結果、前兆現象の規模が、1944年の東南海地震の直前に掛川市付近の水準測量により捉えられたもの程大きくならない可能性が有ることが判明した。そのため、前兆現象検出の鍵となると期待している地殻岩石歪計(以下、「歪計」)データの異常検出可能レベル調査(小林・松森, 1999)に基づき、判定会招集要請基準を従来の約1/10に引き下げ、より小さなレベルの地殻変動データから監視を行うこととした(平成10年4月)。これは、「あるレベル以上の現象を捕捉すれば予知は可能」といったレベルを設

東海地震の想定震源域（青：2002年、赤：1979年）

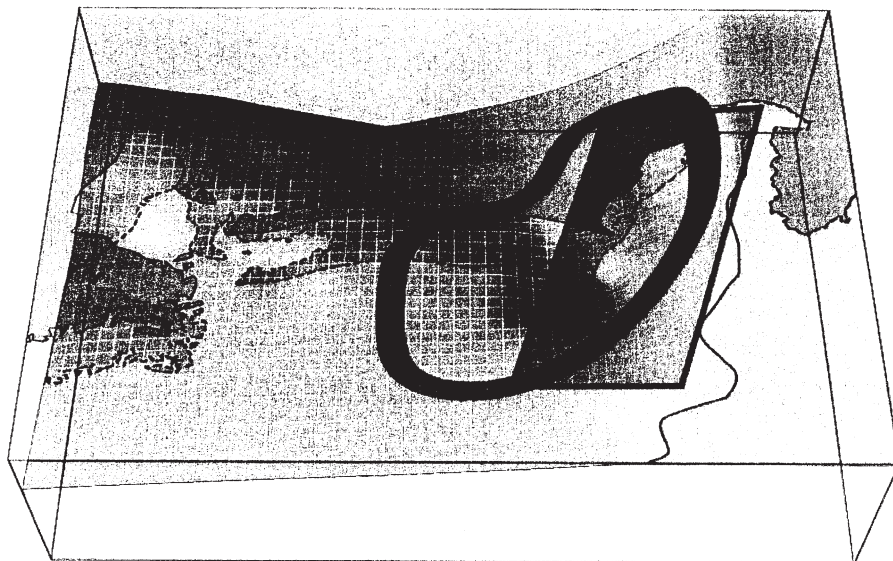


図2 東海地震の想定震源域（内閣府，2001b）

定することが困難であるため、観測網としての異常検出能力の限界を引き出すこととしたことを意味する。

歪計とは、地下の岩盤の伸び・縮みを非常に高感度で観測できる地殻変動の観測装置のことであり、ボアホールと呼ばれる直径15 cm位の縦穴を数百m掘削し、その底に埋設する（図5）。歪計のデータは、普段からあるゆらぎの幅を持って変動している。その幅を超えてデータが変化した場合に、「通常とは異なる変化が現れた」と異常を認識することができる。普段のゆらぎの幅が小さい観測点では、ほんのわずかな変化でも異常を検出できるが、普段のゆらぎが大きな観測点では、かなり大きな変化でないと異常と認識できない。そのため気象庁では、「異常変化」の基準としては、一律に歪の変化値を設定するのではなく、観測点毎に普段のゆらぎの幅を調査し、その幅の何倍かに応じて、レベル1、2、3と3段階の異常レベルを観測点毎に設定した。レベル階級値は数字が大きい程異常の度合いが大きいことを示す。

- レベル1 普段のデータのゆらぎの幅に設定。若干の異常として検出可能な変化。
- レベル2 レベル1の1.5～1.8倍に設定。明瞭な異常として検出可能な変化。
- レベル3 レベル1の2倍に設定。顕著な異常として検出可能な変化。

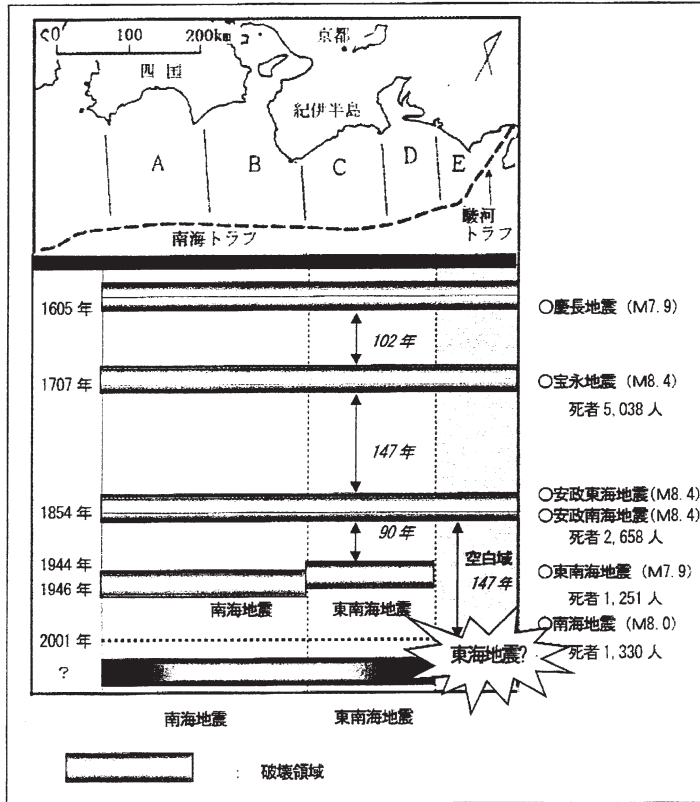
また、前述の判定会招集要請基準とは、レベル3を示す観測点が3点以上となった場合に対応するものである。その基準に達した場合は判定会を開催し、観測された異常な現象が東海地震に結びつくか否かの判断を下すわけであるが、基準に達する以前の段階であっても、観測事実を情報として発表するため、「解説情報」（前兆現象ではないと判断できた場合）、「観測情報」（前兆現象であるか否かにつき直ちに判断できない場合）を設けた（平成10年12月）。

4. 東海地震に関連する新しい情報

今般中央防災会議において、東海地震の想定震

■ 東海地震と東南海・南海地震について

1944年の東南海地震において、未破壊のまま取り残された空白域があり、東海地震は間近に迫っている。また、東南海・南海地震は約100～150年間隔で発生しており、今世紀前半での発生が懸念されている。



(「地震考古学」(中公新書、1992)より作成)

図3 南海トラフ沿いの海溝型巨大地震の発生履歴(内閣府、2001a)

源域の見直し(図2)と、その震源モデルに沿った強震動・津波波高予測に基づく地震防災対策強化地域指定の見直しが行われた(平成14年4月)が、それによりあらためて被害の激甚性及び広域性が同会議において確認され、警戒宣言発令時の本格的防災体制にスムーズに移行するためには、時間を要するものについてはより早い時期(従来は判定会の招集決定の旨を報ずる「判定会招集連絡報」が、機関によっては準備行動開始のための情報と位置付けられてきた)から準備行動を開始する必要があると認識された。ただし、その準備

行動の開始は、現在の技術水準に照らし合わせて、科学的に妥当なタイミングで行われなくてはならない。

一方気象庁では、上述の「観測情報」は対象とする現象の幅が広すぎ、いわゆる灰色情報であるとの認識に立ち、より防災上有効な情報とすべく検討を行ってきた。これに中央防災会議における議論が加わった結果、現在地震の前兆現象の発現機構を説明するモデルとして最も合理的と考えられる「前兆すべりモデル」に沿った現象が観測された場合には、判定会招集前のある段階において、

東海地震発生シナリオ

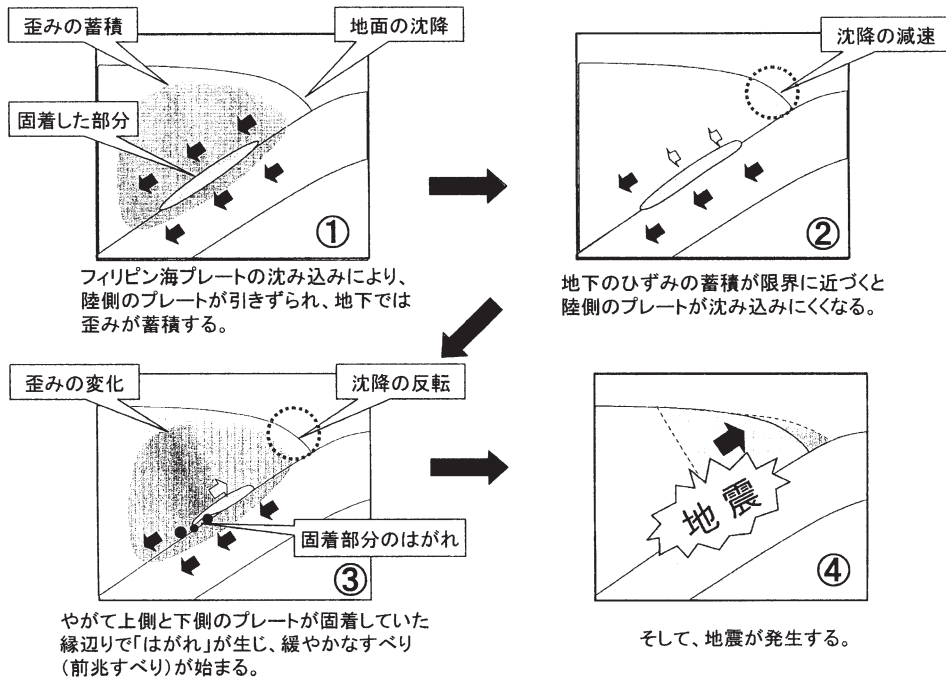


図4 東海地震の発生シナリオ。沈み込むフィリピン海プレートとその上の陸側のプレートの断面に対応。③の固着部分のはがれが「前兆すべり」に対応。

準備行動の開始に結びつけることができる情報（後述の東海地震注意情報）が発表可能であるという結論に至った。これが平成16年1月5日から運用している「東海地震に関連する情報」体系の最も重要なポイントである。

当面、前兆すべりモデルに沿った現象であるか否かの判断対象とするのは、前兆すべりの発生に伴う周囲の応力変化と一対一に対応付けて考えることができる地殻変動観測データとする。前兆すべりの発生による周囲の応力場の変化に対応して、微小地震活動が励起される可能性はあるものの、微小地震活動は前兆すべりを伴わなくとも発生しており、両者を識別するための客観的な基準が存在しないため、地震活動を前兆すべりの発生と結びつけて考える手法については、他の地球電磁気的現象等とともに、今後の技術的課題とする。ただし、何らかの異常な地震活動が観測された場合には、その観測事実については、後述の「東海地

地殻岩石歪計による観測

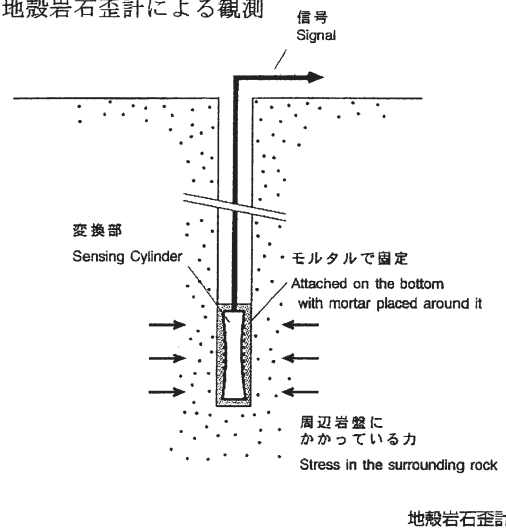


図5 地殻岩石歪計の観測原理

震観測情報」により発表することとする。

「前兆すべりモデルに沿っている」と判断する基準は次のとおりである。

- ①一定期間の地殻変動変化量の空間分布が、プレート境界上に仮定した低角逆断層で説明可能なこと、かつ
- ②異なる観測点でのデータの変化が同期しており、時間変化の様子が互いに似ていること、かつ
- ③時間変化に加速的傾向が認められること。

これらは、前兆すべりによる地殻変動として予想される空間パターン（図6の左）及び時間変化パターン（図6の右）との整合性を判断基準とすることを意味する。この基準に照らし合わせて、観測された異常の程度に応じて以下のとおり3段階の情報を発表することとした（図7）。ここでいう「有意な異常」とは、前述のレベル3ないしは2を指す。

「東海地震観測情報」

少なくとも1箇所の歪計で有意な異常が観測された場合や、顕著な地震活動が観測された場合で、東海地震との関連性について直ちに評価できない場合に発表。住民は、TVやラジオの報道を聞き逃さないようにしつつも、平常どおりの生活。

なお、発生した地震が直ちに東海地震との関連性がないと判断できる場合があり、その場合には安心情報である旨を明記した東海地震観測情報を

単発で発表する。

「東海地震観測情報」が発表された場合、それが安心情報である場合とそうでない場合とで、防災関係機関の対応は異なる。すなわち、“安心”の場合、特段の対応は必要ないが、“判断保留”の場合には続報を逃さないよう、連絡要員の待機が必要である。しかしながら、情報を受け取る側の大多数である一般国民にとっては、共に特段の防災対応は必要ないため、ひとつの「東海地震観測情報」に整理したものである。

「東海地震注意情報」

2箇所の歪計で有意な異常が観測された場合で、前兆すべりによる変化と矛盾がないと認められた場合、“前兆現象である可能性が高まった”という内容で発表。それを受けて政府としての準備行動開始のための意思決定が行われる。住民は、政府からの呼び掛けや、予め自治体等が定めた防災計画に従って行動。

なお、従来準備行動開始のための情報と位置付けられてきた判定会招集連絡報は、準備行動に多段階があるとの誤解を避けるため廃止する。判定会開催等の動向は、情報の本文に記述して周知する。

「東海地震予知情報」

3箇所以上の歪計で有意な異常が観測された場

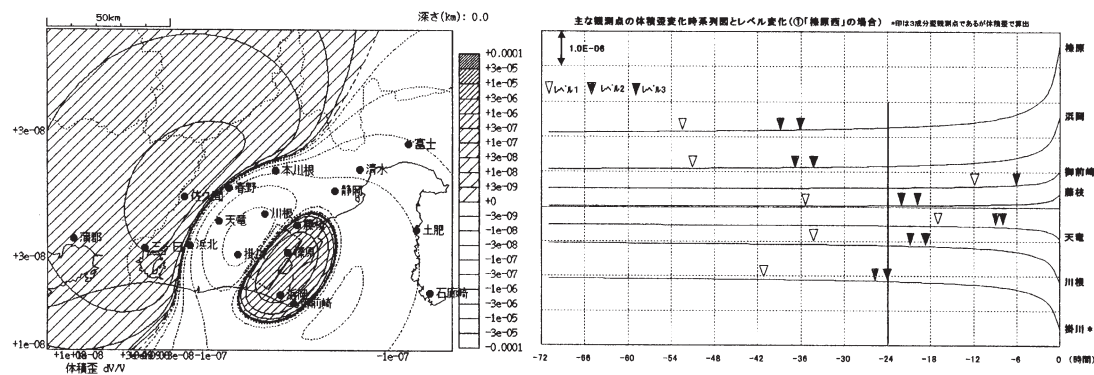


図6 前兆すべりの発生に伴って予想される、(左)地表付近での体積歪の空間パターン(矩形が仮定した前兆すべり領域を表す。ハッチ領域が“膨張”,白抜き領域が“収縮”を表す),及び(右)各観測点での歪時間変化(上向きが“膨張”,下向きが“収縮”)。

すべての情報は、自治体の広報やテレビ・ラジオ等を通じて住民の方に伝えられます。

	情報名	主な防災対応等
危険度 ↓	東海地震 観測情報	<p>観測された現象が東海地震の前兆現象であると直ちに判断できない場合や、前兆現象とは関係がないことがわかった場合に発表されます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●安心情報である場合、防災対応は特になし。 ●国や自治体等では情報収集連絡体制がとられる。 <p>住民の方は、テレビ・ラジオ等の情報に注意し、平常通りお過ごし下さい。</p>
	東海地震 注意情報	<p>観測された現象が前兆現象である可能性が高まった場合に発表されます。(防災準備行動開始)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●適切な広報がなされる。 ●必要に応じ、児童・生徒の帰宅等の安全確保対策が実施される。 ●救助部隊、救急部隊、消火部隊、医療関係者等の派遣準備が実施される。 ●判定会が開催される。 ●国による準備行動(準備体制)開始の意志決定が公表される。 <p>住民の方は、テレビ・ラジオ等の情報に注意し、政府からの呼び掛けや、自治体等の防災計画に従って行動して下さい。</p>
	東海地震 予知情報	<p>東海地震の発生が予測されると判断した場合に発表されます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●「警戒宣言」が発せられる。 ●地震防災警戒本部が設置される。 ●地震防災応急対策が実施される。 <p>住民の方は、テレビ・ラジオ等の情報に注意し、東海地震の発生に十分警戒して、「警戒宣言」及び自治体等の防災計画に従って行動して下さい。</p>

各情報発表後、東海地震発生のおそれが無くなったと判断した場合は、その旨を各情報で発信します。

図7 「東海地震に関連する情報」と、対応する主な防災行動

合で、前兆すべりによるものと認められた場合、"東海地震が発生するおそれがある"という内容で発表。ほぼ同時に内閣総理大臣から警戒宣言が発表される。住民は、警戒宣言や、予め自治体等が定めた防災計画に従って行動。

以上の情報は、事態が順調に推移すれば観測→注意→予知の順番での発表が可能であるが、事態

の急変等があった場合には順番を飛び越えた発表も有り得ることに注意が必要である。いずれの情報も発表された場合でも、気象庁はその後の状況を木目細かく周知するため、続報の発表を行う。

情報が発表された後に、東海地震につながるおそれがないと判断できた場合には、安心情報である旨を明記した東海地震観測情報、ないしは東海地震注意情報または東海地震予知情報の「解除」

という形で情報発表を行う。

以上をまとめると、この新しい情報体系は、平常どおり（観測）、必要な準備行動の開始（注意）、本格的警戒体制（予知）という、3段階の防災体制に対応したものである。

一般の方がこれらの情報を知る手段としては、TV、ラジオ等の報道を通じてのほか、気象庁ホームページ（http://www.jma.go.jp/MA_HP/index.html）を参照されたい。

なお、東海地震発生時の仕組みや東海地震に関連する情報についての理解のため、内閣府と共同でリーフレットを作成し、学習のためのホームページを作成したので参照されたい（<http://www.Sei-svol.kishou.go.jp/qokai/index.html>）。

情報発表基準は上述のとおりであるが、従来の判定会招集要請基準は、東海地震予知情報発表基準の必要条件のひとつとして、これら情報発表基準に引き継ぐ形で発展的に吸収・統合された。つまり、レベル3を示す歪計の点数が3点以上となった段階で、判定会を招集し、東海地震の発生のおそれについての判定を行うという「判定会」の役割については従来と変わらない。これに加え、今回から新たに、東海地震注意情報の発表の検討を開始する段階で、判定会招集と同様の手順により、「判定会委員打合せ会」を招集することとした。これは、東海地震注意情報が国の防災準備行動の開始に結びつく情報であることから、発表内容の科学的妥当性を可能な限り確保する必要があることによる。ただし、この時点では、異常を示す観測点数が少ない等の理由により、判定結果のような結論を得ることはできないため、文書での報告は求めず、気象庁が作成する東海地震注意情報の案文に対する意見の提供を求めることとする。そのため、「判定会」とはミッションが異なるものとして、「判定会委員打合せ会」と位置付けるものである。従って、前兆すべりモデルに沿った現象がある程度の時間的余裕をもって観測された場合には、まず「判定会委員打合せ会」が招集され、さらに現象が進んだ時点で「判定会」に切り替わることとなる。

なお、判定会委員打合せ会は前述のほか原則月1回定期的に招集し、東海地域の地震・地殻活動の現状につき評価を行うこととしている。これは、緊急に「異常」を判断するためには、「平常」を知る必要があることによる。従来の解説情報では、「長期的な視点等から評価・解析した地震・地殻活動等に関する解説」を内容として発表できることとなっており、実際平成12年1月31日にはその趣旨で解説情報第2号の発表を行っているが、新たな情報体系では短期直前予知を前提とした情報に特化して情報の性格を明確にするため、本内容での発表はこの情報体系では行わず、定例の判定会委員打合せ会で検討を行った後のコメントとして、気象庁ホームページによる公表を行うこととする。

また、情報の発表時間についても、従来の解説情報・観測情報では「原則として昼間」としていたが、迅速な防災対応を要する場合もあることから、その原則は取り払った。

今回の情報体系の見直しは、地震予知の可能性が向上したことを意味するものではないことに注意が必要である。前兆すべりの規模が検出限界以下であった場合や、その成長が極めて急激であった場合など、情報発表のないまま地震発生に至る、いわゆる突発型の可能性は厳然として残っている。こうしたケースに備えて、住宅の耐震性の強化等を進めていくことも、今般見直された地震防災基本計画のもうひとつの柱である。今回の情報体系の見直しの趣旨は、予知が可能なケースと困難なケースを切り分けただうえで、予知が可能なケースでは警戒宣言前の準備行動の開始に結びつけることができる情報を発表し、防災のための最善を尽くすことにある。予知と、事前の予防対策とは、地震災害軽減のための両輪である。

最後に、東海地震注意情報の第1報から警戒宣言が発せられるまでの時間、すなわち準備行動に充てることのできる時間であるが、1944年東南海地震の直前に現れたとされるのと同様の前兆すべり（ $M_w=6.5$ ）が発生した場合においては、数値シミュレーションで得られる歪データの変化に発表基準を適用すると、半日から数時間程度とい

う計算結果となった。しかし、前兆すべりの規模がその程度となる保証はなく、規模がより小さい場合のシミュレーション結果に適用すると、準備行動に充てられる時間が非常に短い、ないしは無いケースも想定される。

さらに、東海地震注意情報を発表する段階においては、有意に変化が現れている観測点の数が2点と少ないため、前兆すべりの最終規模等の推定は技術的に困難であり、準備行動に充てられる時間をその時点で予測することは困難である。

従って、準備行動に充てられる時間としては半日程度を上限と考えるのが妥当であり、それよりも短い場合も十分有り得ることを認識されたい。

少なくとも、従来の判定会招集連絡報で開始していたよりもできるだけ準備行動に充てられる時間を確保しようというのが趣旨である。

参 考 文 献

- 地震調査研究推進本部：日本の地震活動，1997.
- 加藤尚之・平澤朋郎：仮想東海地震に先行する非地震性すべりと地殻変動の予測，月刊地球，号外，14，pp. 126-132，1996.
- 小林昭夫・松森敏幸：埋込式体積歪計のノイズレベル調査及び異常監視処理，験震時報，62，pp. 17-41，1999.
- 国土地理院：東海地方の地殻上下変動，地震予知連絡会会報，2，pp. 49-53，1970.
- Kuroki, H., H. M. Ito and A. Yoshida: A three-dimensional simulation of crustal deformation accompanied by subduction in the Tokai region, central Japan, Phys. Earth Planet. Inter., 132, pp. 39-58, 2002.
- 茂木清夫：日本の地震予知，サイエンス社，1982.
- 内閣府：第2回中央防災会議資料，2001a.
- 内閣府：第3回中央防災会議資料，2001b.
- 寒川旭：地震考古学，中公新書，1992.

(投稿受理：平成16年4月9日)