

愛知県震度観測・調査報告書

— 第 3 3 報 —

平成 2 5 年（2 0 1 3 年）1 月～1 2 月

平成 2 6 年 5 月

愛知県防災会議地震部会

はじめに

東日本大震災からすでに3年が経ちました。現地の復興がなかなか進まない現状が盛んに報道されています。一方で、南海トラフの巨大地震対策は、被災する可能性がある自治体の詳細な被害想定が公開され始め、あらためて対策の必要性が認識されつつあります。愛知県も2014年5月に被害想定結果を公表します。

本報告書では、その点を踏まえ2つのトピックスを掲載しました。1つ目は過去の地震履歴をもとにした地震の想定について、2つ目は津波地震についてです。2012年に内閣府から公表された南海トラフの巨大地震の想定は、「あらゆる可能性を考慮した最大クラス」の地震と津波の想定でした。しかし、想定された地震は発生頻度が小さく、実際に施設・設備で防御するためには現実的ではありません。そこで災害を軽減するための施設・設備を考えるために、より頻度の高い地震や津波を想定する必要が有ります。それが過去の地震履歴をもとにした地震の想定です。本報告書のトピックスでは、この想定をするための基本的な考え方について解説をしました。津波地震については、歴史的には1896年の明治三陸地震が有名ですが、この地域での発生可能性もあることから、発生の仕組みなど基本的なところから解説することにしました。

報告書では、2013年1年間に愛知県で観測された地震についてもまとめています。東北地方太平洋沖に限らず、日本全国では日々多くの地震が発生しています。しかし、本報告書でまとめてみると最近の愛知県の有感地震の少なさに気付かされます。愛知県内で最も長い統計がある名古屋市千種区（名古屋地方気象台）の記録を見ても、1975年以降この40年間の最大震度は4であることがわかります。被害をもたらす地震は全国のあちこちでは起きているものの、最近の愛知県では起きていません。これは愛知県が地震に対して安全であることを示しているのではなく、単に最近地震が起きていないだけなのです。ある日突然震度6強や7で揺れる地震が発生するかも知れないのです。普段から必要な対策を取っておくことが重要です。

本報告書で分析された地震のデータが、地震防災対策の基礎資料として活用され、また、県民のみなさまの地震に対する理解を深めていただくための資料となれば幸いです。

最後に本報告書の作成にあたり、原稿及び資料をお寄せいただきました名古屋大学大学院環境学研究科の山岡耕春教授、古本宗充教授、気象庁名古屋地方気象台をはじめ、ご協力いただいた方々に厚く謝意を表します。

愛知県防災会議地震部会

目 次

I トピックス

- 1 過去の地震から将来発生する地震を想定する 1
- 2 津波地震 12

II 震度観測資料

- 1 はじめに17
- 2 愛知県における地震18
 - (1) 愛知県とその周辺の地震の震源分布18
 - (2) 愛知県内の有感地震20
 - (3) 愛知県の各地で観測した有感地震の推移29
- 3 国内の主要な地震31
- 4 世界の主な地震36

I トピックス

1. 過去の地震から将来発生する地震を想定する

1.1 過去の地震を用いた想定限界と利用

地震の防災対策は、対象とされる場所がどのような地震の揺れに襲われる可能性があるか、またどのような津波に襲われる可能性があるかを予め想定して立案されます。しかし、想定を越えた揺れや津波に襲われると、予め立てておいた防災対策では不十分となり、大きな災害となってしまいます。2011年の東日本大震災はまさにそのような災害でした。このような想定を越えた災害の発生に備えるため、内閣府は2012年に、南海トラフで発生する地震について「あらゆる可能性を考慮した最大クラス」の地震の規模を検討し、そのような地震が発生した場合にもできるだけ災害を減らす努力をするための想定を策定することにしました。「最大クラス」として内閣府が想定した地震は、科学的知見を用いてできるだけ大きな地震を想定したものです。したがって、その様な地震が過去に実際に起きたかどうかは不明ですが、たとえ発生がまれであったとしても想定しておく必要がある地震と津波です。

このような方法で想定を行うことは以前にはなかったことです。以前は、過去に発生した地震の履歴をもとに想定を決めていました。その理由は様々ですが、一言で言えば「説得力」ではないかと思われれます。想定をした以上、その想定に対する対策をとる必要があります。対策のためには多くの場合税金が投入され、多大な予算が必要になることがあります。とくに想定する地震の規模が大きくなれば、建物を強くしたり、津波防御のための堤防を高くするなどの多額の予算が必要になります。予算をかけるためには、「科学的」とはいえ不確実性の多い推論によってもたらされた想定よりは、過去に発生したという事実にもとづいた想定の説得力が優ります。そのようなことから、従来は過去に発生した地震に基づく想定がなされていたとも考えられます。

過去に発生した地震に基づく想定には、想定外から逃れることはできません。それは「想定に用いることの出来る過去」に限りがあるからです。地震の発生の統計的法則としては **Gutenberg-Richter** 則が知られています。この法則は、マグニチュードが大きな地震ほどまれであるという法則で、マグニチュードが1大きくなると発生頻度が約 $1/10$ になることが知られています。日本とその周辺の海域では、東北地方太平洋沖地震以前には、マグニチュード4を超える地震が年間約1000個発生しています。この個数に前述の法則を当てはめるとマグニチュード5以上の地震は100個、マグニチュード6の地震は年間10個、マグニチュ

ード7の地震は年間1個、マグニチュード8の地震は0.1個（つまり10年に1回）、マグニチュード9の地震は100年に1回ということになります。これは、日本全体での見積もりですので、南海トラフ域など地域を限ればさらに頻度は低くなります。巨大な地震は滅多に起きないのです。したがって、過去の限りあるデータから最も大きな地震を想定する限りは、必然的に過小評価になってしまいます。

しかし、過去の地震をもとにした地震が過小評価だからと言って、科学的根拠に基づいて滅多に起きない巨大な地震を想定することは現実的でない場合があります。それは想定した災害を確実に防ぐ対策をとるために多額の費用がかかる場合です。たとえば1000年に1回しか起きないような巨大な地震の災害を確実に防ぐために建物を頑丈にしたとしましょう。しかし、通常の建物の耐用年数はせいぜい100年程度です。頑丈な建物にするための投資をしても、その耐用年数の間に大きな地震が来なければどうなるでしょう。これは「幸い」であったと考える人たちがいる一方、「過大投資」であったと批判する人たちもいるでしょう。滅多に起きない大きな地震を想定して、その被害を完全に防ぐための投資をすることは、費用から見て現実的でないことがわかります。そのために、現実的な想定が必要となります。

南海トラフの地震については、過去の地震をもとにした想定が対策を取るために現実的な想定と見なすことが出来ます。内閣府の発表したような巨大な地震が南海トラフで起きたらどうするのだ、という主張も理解できます。しかし、南海トラフには日本の他の地域に比べて古い時期までの文書記録が残っており、かつ約100年に1度という比較的地震発生頻度の高い場所です。そのような過去のデータに恵まれた地域である南海トラフにおいて、内閣府の発表した巨大な地震は西暦600年以降に発生した形跡がないようです。つまり内閣府の発表した「あらゆる可能性を考慮した最大クラス」の地震は南海トラフにおいては少なくとも西暦600年以降発生しておらず、おそらく1000年に1回よりはまれな地震である可能性が高いこととなります。

このような南海トラフですので、「あらゆる可能性を考慮した最大クラス」の地震をもとにした想定と並び、過去に発生したことが知られている地震をもとにした想定を行い、それら2段階の想定に基づいて対策を立てることが現実的なのです。

1.2 南海トラフで発生した過去の地震

南海トラフで発生する地震対策のためには、過去に発生した地震に基づいて想定をすることも必要であることを述べました。では南海トラフでは過去にどの様

な地震が発生しているのでしょうか。近頃、文部科学省が事務局を務める地震調査研究推進本部（地震本部）が、南海トラフの地震に関する長期評価をまとめました。その内容に沿って紹介したいと思います。

先に述べたように、南海トラフで発生する地震の文書記録は西暦 600 年頃まで遡ることが出来ます。西日本には古くから文書記録があります。南海トラフで発生する地震は規模が大きく、西日本一帯に強い揺れをもたらします。そのため文書記録として残されることが多いのです。わが国では、明治以来、過去の地震記録を調べる研究が積み重ねられています。そのような資料を整理し、どのあたりを震源としてどのくらいの規模の地震がいつ発生したかという研究が行われてきました。地震本部は、2013 年 5 月に発表した南海トラフの長期評価報告書の中で、過去に発生した地震を整理しています。その整理の結果は「南海トラフで発生する地震は多様である」ということです。ただ、単に「多様である」という表現は、「わからない」という表現と近い印象を与えます。その多様性を整理するために、南海トラフを 6 つの領域に分けました。

図 1 には、南海トラフを分けた 6 つの領域と、それぞれの地域でいつどの様に地震が発生したかを示しました。図では東から A、B、C、D、E、F と表示してあります。A 領域は、想定東海地震に対応する領域、B と C 領域は東南海地震に対応する領域、D と E 領域は南海地震に対応する領域です。F 領域は、かつては日向灘の地震を発生させる領域とされていた場所で、南海トラフの地震に含まれませんでした。内閣府の「最大クラス」の想定時に初めて取り込まれた領域です。

この地図のそれぞれの領域で発生する地震の歴史を図 1 に赤い横線で示してあります。赤い横線の上下方向の位置が地震が発生した年代を表します。684 年の白鳳地震から 1946 年の昭和南海地震までが示されています。1854 年の安政東海地震や安政南海地震のように、近い（または同じ）年に発生した地震を並べて書いてあるものは、短い時間間隔で連動して発生した地震です。横線の左右の範囲は、地震が発生した領域を示します。領域が大きいほどマグニチュードが大きいと考えてください。破線は、確実ではないがその領域が震源域となった可能性が高いことを示します。

さて、この図を見ると、いくつかの特徴が明らかになります。領域 C と D の境界をまたいで同時に地震が起きる場合と C と D の境界を境にして別々に地震が起きる場合があります。宝永地震、慶長地震、仁和地震は同時に発生した地震です。一方、昭和の東南海地震と南海地震、安政の東海地震と南海地震、正平の東海地震と南海地震は別々に発生した地震です。この C と D との境は紀伊半島の潮岬で、この場所はプレート境界の急激なずれが拡大するのを妨げている場所なのでしょう。

次の特徴は、Aの領域が震源になる場合とならない場合があることです。仁和地震、正平東海地震、慶長地震、昭和東南海地震はAの領域で地震を起こしていません。それに対して明応地震、宝永地震、安政東海地震ではAの領域までが震源域になっています。永長東海地震もAの領域までが震源域になった可能性があります。Aの領域はいわゆる想定東海地震の震源域に対応しています。1854年の安政東海地震で震源域になったにもかかわらず、1944年の昭和東南海地震で震源域にならなかったことから、いつ地震が起きても不思議ではないとされていた場所です。この図を見るとAの領域で単独に地震が起きたことはありません。ただし、Aの領域が震源となる地震は別の意味で注意が必要です。A領域の延長は富士川河口断層となっており、A領域で発生する地震と連動する可能性があるからです。富士川河口断層をまたいで東海道新幹線や東名高速道路といった日本の大動脈が走っており、富士川河口断層がずれた場合には大きな被害が懸念されます。

Fの領域は、宮崎県沖の日向灘を震源とする地震が起きる場所です。日向灘の地震は南海トラフの他の地震と同様、フィリピン海プレートの沈み込みによって発生するものです。この領域ではマグニチュード7クラスの地震が数多くの地震が発生していますが、代表的なのは1662年の地震(M7.6)と1961年の地震(M7.0)です。いずれもAからEまでの領域で発生する地震と連動したのではなく、この領域で単独に発生したものです。

歴史的に知られている南海トラフの地震の中で、1605年の慶長地震は津波地震と呼ばれている地震です。津波地震とは、地震の揺れのわりには津波が大きな地震のことです。海底で発生する地震のうち、ずれの速度が遅くてもずれが大きいと津波が大きくなります。多くの場合、海溝やトラフのすぐ陸側だけで発生する地震が津波地震になります。慶長地震は、トラフのすぐ陸側の狭い領域だけがずれた可能性が高く、他の地震よりも陸から離れた場所で発生しています。なお、慶長地震は南海トラフの地震ではないという説もありますが、まだ検証はされていません。

さて、内閣府の発表した「あらゆる可能性を考慮した最大クラス」の地震に対応する地震がこれら過去に発生した地震の中にあるのでしょうか。この「最大クラス」の地震はAからFまでが同時に震源域となる地震です。したがって、図に示された過去の地震には「最大クラス」の地震に対応するものではありません。つまり、西暦600年以降には「最大クラス」に対応する地震は発生していないのです。このことから考えると「最大クラス」の地震は1000年に1回よりは頻度が小さく、ひょっとして2000年に1回程度なのかも知れません。したがって、そのような頻度の小さい地震の災害を「完全に」防ぐための対策は非現実的なことがわかります。

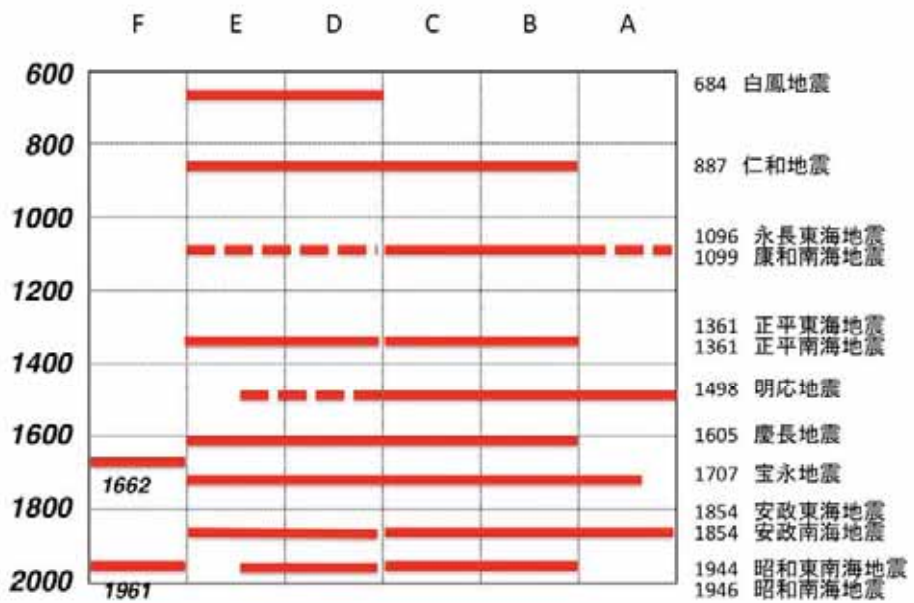
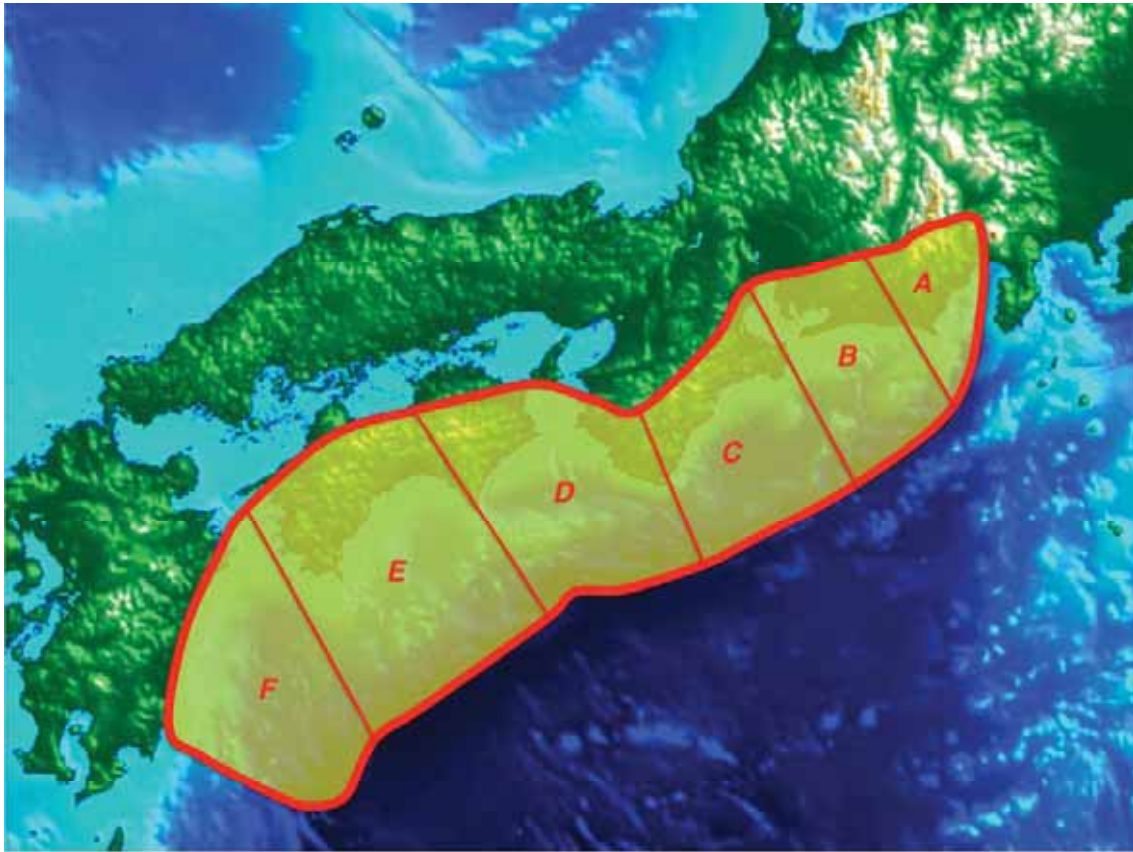


図1：南海トラフ沿いで発生する地震の震源を領域で分けた図（上図）。過去の地震がどの領域で発生したかを表した図（下図）。いずれも地震本部の資料をもとに作成。

1.3 対策策定のための地震

それでは、どの程度の地震を想定して対策を立てたら良いのでしょうか。ひとつの考え方は、過去に発生した地震のうち平均的なものを想定することでしょう。しかし、そうすると南海トラフで発生する地震のうち2回に1回は想定を超えることになってしまいます。それならば、過去に発生した地震のうちできるだけ大きな地震を想定して対策をとることにすれば良いでしょう。そうすれば、想定を超える可能性は低くなります。そのような地震を過去の地震から探すと、1707年の宝永地震が良さそうです。この地震はその震源域の広がり最も広いものであり、マグニチュードとしては最大のもので、887年の仁和地震もBからEの領域までが震源域となり、宝永の地震の規模に近いものです。西暦600年以降に少なくとも2回発生している規模の地震なので想定する地震として良さそうです。

しかし、宝永地震を想定する地震とすると、防災の観点からは問題が発生します。それは領域Aの一部が震源域になっていないからです。過去の被害から推定すると、どうも安政東海地震はA領域全体（つまり駿河湾の奥まで）が震源域になったようなのです。つまり、宝永地震を想定地震とすると、駿河湾付近の揺れや津波の想定が過小評価になってしまう可能性があります。したがって宝永地震に安政東海地震を加えた想定ができれば良いはずですが。

さらに、新しい時代に起きた地震は古い時代の地震よりも信頼できる資料が多くなります。最近の地震学の進歩により、同じ領域で発生する地震の場合、震源域の中で特に強い振動を発生する部分（強震動生成域）はいつも同じであることが次第に明らかになってきました。ゆれは強震動生成域に近いほど大きくなりますので強震動生成域を推定することは強い揺れの分布を想定する上で非常に重要になります。そのため、より詳しく解明されている新しい地震の情報も含め、できるだけ多くの地震の資料を利用する必要があります。

このようなことから、愛知県の被害想定においては、過去に発生した南海トラフの地震として、歴史的に最も規模の大きかった宝永地震と駿河湾の奥までが震源域となった安政東海地震に加え、安政南海地震や昭和東南海地震、昭和南海地震も組み合わせて、将来起きる可能性のある地震の震源域と強震動生成域を想定することとなりました。

1.4 過去の地震を組み合わせた想定

南海トラフの地震について、過去に発生した地震を元に愛知県が新たに行った被害想定では、1946年昭和南海地震、1944年昭和東南海地震、1854年安政東海地震・南海地震、1707年宝永地震を組み合わせています。では具体的にどのよう

に想定するのでしょうか。

想定をおこなうために用いるデータは以下のものです。1) 南海トラフから沈み込むフィリピン海プレートの形状、2) 南海トラフに関する低周波微動の位置、3) 5つの地震による揺れ（震度）の記録、4) 5つの地震による津波の記録です。以上のデータを用いて想定をします。以下に順に解説をしていきます。

プレート形状

南海トラフからは、フィリピン海プレートと呼ばれる海底の岩盤が日本列島の下に沈み込んでいます。南海トラフの巨大地震は、トラフから沈み込んだプレートの上面が震源となりますので、プレート上面の形状は地震による揺れを評価する上で大変重要な情報です。プレート上面が深ければ、それだけ地震の揺れが小さくなりますが、浅ければ想定される揺れが大きくなります。

プレートの形状は様々な方法で推定されています。かつては沈み込んだプレート内で発生する地震の震源位置をもとにプレートの形状を推定していました。最近では、地震波が地下を伝わる速度の違いを用いた地下構造推定や、世界中で発生する地震の波形を解析し、プレートの内部を通過する際の波形の変化をもとにプレートの位置を推定することが行われる様になりました。その結果、プレート形状が見直されるようになってきました。

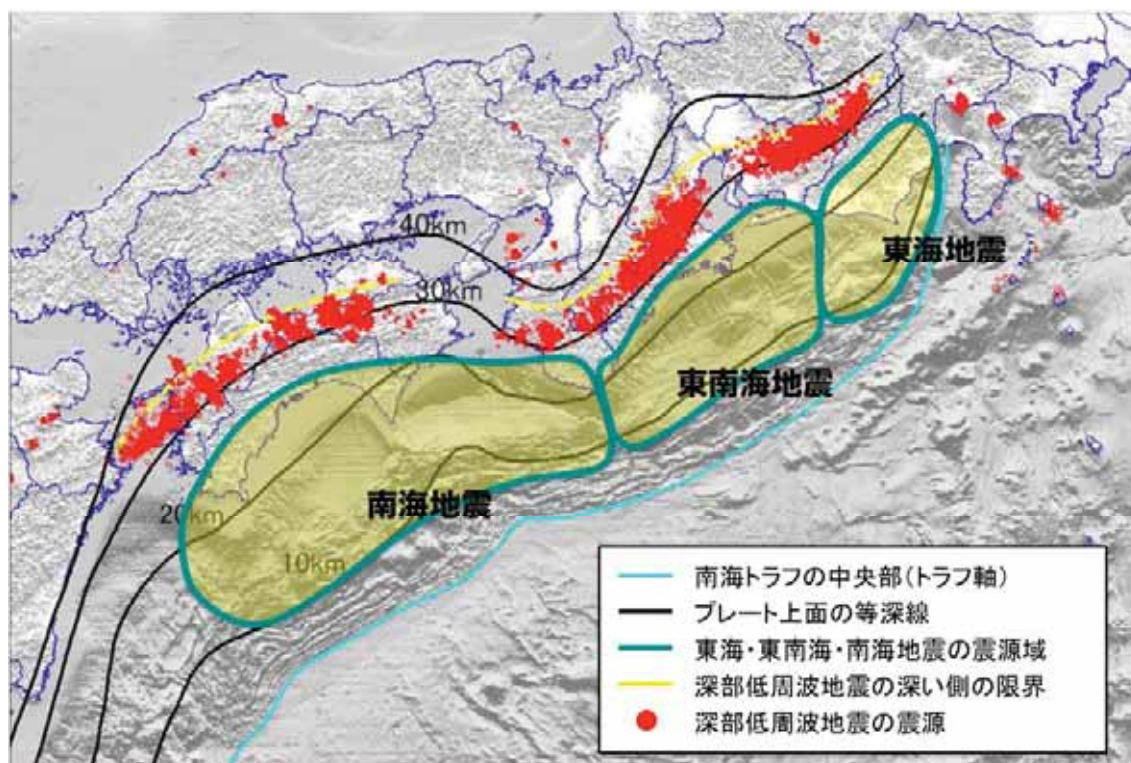


図2：新たに想定されたフィリピン海プレートの等深線および深部低周波地震の震源分布（内閣府作成）に、従来の東海・東南海・南海地震の震源域を重ねたもの。

図2に新たな想定に用いられたプレート形状を等深線で表現した図を示します。南から北に向かって徐々に深くなっていることがわかります。プレート境界で発生する巨大地震の震源域は通常は深さ30kmまでの領域で発生するとされています。図には内閣府で従来想定されていた東海地震・東南海地震・南海地震の震源域が重ねられています。注意深く見ると、従来の震源域の陸側の境界は、新しく策定された30kmの等深線よりも海側に位置しています。従来の地震の震源域を設定したときには、当時考えられていたプレート形状の30km等深線に沿って陸側の境界が設定されました。しかし、新しい等深線と比較すると明らかに海側によっています。これは従来考えられていたプレートの深さよりも、新たなプレートの深さのほうが浅いことを示しています。

低周波微動の位置

図2には、深部低周波地震の分布が表示されています。低周波地震とは、同じ程度の振幅を持つ通常の地震に比べて揺れの周期が長い地震のことです。揺れの様子によって低周波微動とも呼ばれています。プレート境界の深さ30kmよりも少し深い場所で、このような低周波地震・微動が発生しています。低周波地震・微動はプレート境界がゆっくりとずれる現象（スロースリップ）を表していることがわかっています。低周波地震・微動が発生している場所では、概ね半年に1回程度、一週間ほどかけてプレートがスロースリップを起こしていることがGPSやひずみ計などの地殻変動で明らかになっています。つまり、このような場所は急激にずれて強い揺れを発生しにくい場所と見なすことができます。従って、巨大地震の震源域の陸側の端であると見なすことができます。

なお、南海トラフの巨大地震のうち、「あらゆる可能性を考慮した最大クラス」の震源においては、低周波地震・微動が発生している場所も急激にずれる震源域に含めています。その理由は、スロースリップによってもプレートの沈み込み量に達しておらず、完全にずれていない「ずれ残し」があるからとされています。また岩石の破壊の仕組みに関する実験的・理論的研究によると、普段ゆっくりと変形する場所であっても、急激に力がかかると急速にずれてしまう場合があることがわかります。つまり普段はスロースリップを起こす領域が、巨大地震の急激なずれにつられて強い振動を発生する震源域となる可能性があるのです。

5つの地震による揺れの記録

巨大地震の震源域を決めただけでは、揺れの強さは決まりません。「強震動生成域」を決める必要があります。強震動生成域とは、震源域のうち、特に強い揺れを出す場所のことで、プレート境界地震の場合、震源域全体の約2割の面積が強震動生成域になるとされています。地震時にはプレート境界のずれによって揺れ

を発生するのですが、そのうち局所的に急激にずれる場所があれば、そこから特に強い揺れを出します。このような場所を強震動生成域と呼んでいます。またこの強震動生成域は、発生する地震のマグニチュードが多少異なっても、場所が移動することはないと考えられています。南海トラフでは、昭和、安政、宝永と繰り返し地震が発生してきました。それぞれ地震の震源域やマグニチュードは同じではありません。しかし、強震動を発生する場所はいつも同じであると仮定します。更に将来発生する南海トラフの巨大地震についても同じ場所が強震動生成域になると考えるのです。

このような仮定は、2011年の東北地方太平洋沖地震の際にも確かめられました。福島県沖では、1938年にマグニチュード7.4程度の地震が発生し、将来もその場所で地震が発生すると想定されていました。東北地方太平洋沖地震では、この福島県沖の領域も含み、岩手県沖から茨城県沖まで南北500kmにわたり震源域となりました。この地震による強震動の調査がされた結果、1938年の地震に対応した場所が強震動生成域となっている可能性が高いことが明らかになりました。

地震発生の仕組みから考えても、同じ場所が繰り返し強震動生成域になることが期待されます。プレート境界などの断層面は、通常は摩擦力によって固着していて動きません。しかし摩擦力を発生させる摩擦係数は場所によって異なり、摩擦係数が大きいところでは固着が強く、ずれ始めるまでに大きな力が必要であると考えられます。大きい力で断層面がずれると、その分だけ強い振動を発生させます。境界面上の摩擦係数の分布は1回や2回のずれによっては変化しないと考えられ、そうすると、強震動生成域がいつも同じ場所であることが理解できます(図3)。

少し話は長くなりましたが、巨大地震による揺れを想定するためには、このような強震動生成域を決める必要があります。そのためのデータとして過去に発生した地震の震度記録を用いるのです。強震動生成域がいつも同じ場所であると考え、過去に発生した複数の地震の震度記録をうまく再現するような強震動生成域を想定すれば、将来発生する地震による強震動をうまく予測することができることとなります。南海トラフの地震の想定では、宝永地震以降の5つの地震の被害から推定した震度分布を用いて強震動生成域を推定しています。このように推定した強震動生成域は超高層ビルなどに影響をあたえる長周期地震動の想定にも用いられます。

5つの地震による津波の記録

過去に発生した地震による震度の記録は、強震動生成域の推定に用います。それに対し、津波の記録は震源域全体の広がりや高さを推定するのに用います。津波は海底の隆起や沈降によって発生します。津波は海底の隆起沈降に伴い、その上に載