

## 太陽グラントソントン エグゼクティブ・ニュース

### テーマ：地震に備える

執筆者：気象庁大気海洋部長（前地震火山部長） 野村 竜一 氏

### 要旨（以下の要旨は2分30秒でお読み頂けます。）

今年9月は、関東大震災（大正12年）から丁度100年に当たります。平成23年（2011年）には、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生するなど、日本は地震に見舞われやすい地殻構造になっており、南海トラフ大地震の発生も取り沙汰されています。

今回は、気象庁前地震火山部長・野村竜一氏に地震発生メカニズムや予測の仕方、地震への備えなどを解説して頂きます。

地震防災には、地震メカニズムや情報を理解し、被害の形態別に命を守る方策が大事だ。地震は地下の「プレート（板＜岩盤＞の）テクトニクス（動き）」によるが、それが分かったのは「近年」である。地震の分類にはいくつかある。一つはプレートの間か、プレートの中かで分ける、「プレート境界地震」と、「プレート内地震」である。また、別の分類では、地震の起こる地域で分けるもので、プレートが沈み込む海溝で起こる「海溝型地震」と陸側のプレートで起こる「内陸型地震」がある。海溝型地震は規模がマグニチュード9に達するほど大きくなることもあり、周期性があり、大津波を起こしやすい。これに対し、内陸型地震は規模は最大マグニチュード7くらいまでだが、人の住む地域の直下で起こるので、エネルギーのわりに地上の揺れが大きい。

地震の発生を予測するのは難しい。しかし、震源に近い観測地点で地震波をキャッチし、より遠い場所、つまりこれから地震波が到達する地域に、揺れの予測を行うことが出来るはずだ。これを実現したのが「緊急地震速報」である。

地震の被害形態は多様だが、形態毎の命を守る方策は次の通りだ。

平成7年（1995年）の阪神淡路大震災の死因は、家屋倒壊や家具の転倒が殆どだった。この「揺れ」に対して、室内では倒れるものの側で寝ない、家具には転倒防止の突っ張り棒などを置く、など。建物は出来るだけ新耐震基準の建物に住む、またブロック塀を迂回する、などがある。なお、ガタガタ揺れる短周期のものより、ゆっくり揺れる長周期の揺れの方が破壊力がある。「津波」は助かることが出来る被害形態だ。東日本大震災後の標語に「100回逃げて、100回来なくても、101回目も必ず逃げて」がある。「土砂崩れ」は、地震後にすぐ起こるので逃げようがない。震度6以上の揺れが想定される土砂災害警戒区域は、対策の必要性が高い。「地割れ、液状化」も、数は少ないが死亡の例がある。「ハザードマップ」などで、地域の液状化の危険度を確かめることが重要である。

物理学者でもあった寺田寅彦に「ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたりするのはやさしいが、正当にこわがることはなかなかむづかしい。」の言葉がある。地震に対し、地震を正しく認識し、それに基づいた対策を取る。それをお願いしたい。

## テーマ：地震に備える

気象庁大気海洋部長（前地震火山部長） 野村 竜一

## 1. はじめに

地震や津波の被害（死者行方不明者100名以上。以下同）は、第二次大戦が終わるころから十数年間は目立ったものの（表1）、その後昭和の後半は大規模な被害をもたらす自然災害が少ない時期となった。しかし、平成23年（2011年）には、東北地方太平洋沖地震（22,318名）が起こり、その5年後に熊本地震（273名）が起こった。こうしたことから、人々の地震津波被害に対する関心は以前より格段に高まっている。

また繰り返し起こることが分かっている南海トラフ地震については、政府も新たな仕組みを構築して、来るべき日に備えている。

そこでこの機会に、地震の起こる仕組みや大地震・大津波から命を守るための方策を、被害の形態毎に見ていくこととする。

表1 主な被害地震（昭和18年以降、死者・行方不明者100名以上（平成は10名以上））

発生年月日	地震名	M	最大震度	津波	人的被害
昭和18(1943)年9月10日	鳥取地震	7.2	6		死者 1,083
昭和19(1944)年12月7日	東南海地震	7.9	6	○	死者・不明 1,183
昭和20(1945)年1月13日	三河地震	6.8	5	○	死者 1,961
昭和21(1946)年12月21日	南海地震	8.0	5	○	死者・不明 1,443
昭和23(1948)年6月28日	福井地震	7.1	6		死者 3,769
昭和35(1960)年5月23日	チリ地震津波	9.5*	-	○	死者・不明 142
昭和58(1983)年5月26日	日本海中部地震	7.7	5	○	死者 104
平成5(1993)年7月12日	北海道南西沖地震	7.8	5	○	死者 202 不明 28
平成7(1995)年1月17日	兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)	7.3	7	○	死者 6,434 不明 3
平成16年（2004年）10月23日	新潟県中越地震	6.8	7		死者 68
平成19年（2007年）7月16日	新潟県中越沖地震	6.8	6強	32cm	死者 15
平成20年（2008年）6月14日	岩手・宮城内陸地震	7.2	6強		死者 17 不明 6
平成23年（2011年）3月11日	東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災)	9.0 ※10	7	9.3m 以上	死者 19,765 不明 2,553 (R5.3.9現在)
平成28年（2016年）4月14日～	熊本地震	7.3	7		死者 273
平成30年（2018年）9月6日	北海道胆振東部地震	6.7	7		死者 43

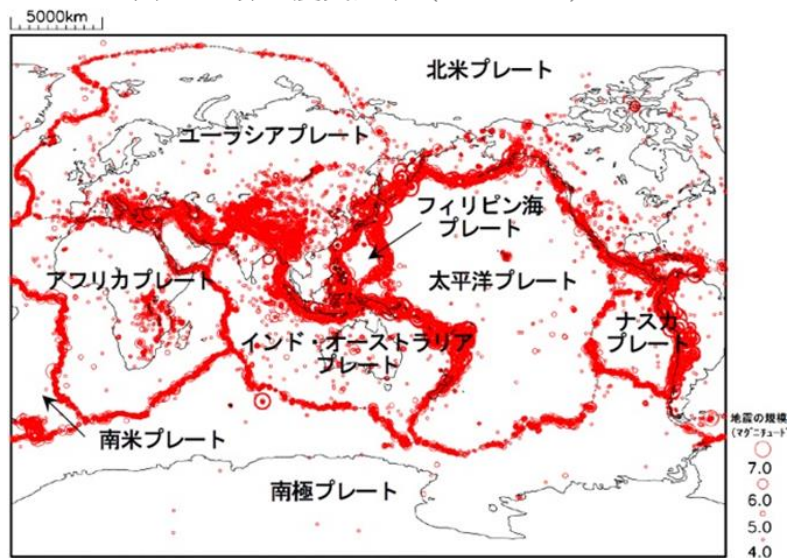
## 2. 地震の仕組み

「地震の起こる仕組み」をネットで検索すると、出てくるページのすべては、その原因を「プレートテクトニクス」としている。しかし、地震を起こすメカニズムと「プレート（板<岩盤>）のテクトニクス（動き）」に関係があると我が国で受け入れられたのは、150年近くある日本の地震学の歴史の中で、1970年ころからの最近50年の話であることは意外である。

この「プレートテクトニクス」という考え方は、地震の原因として考え出されたのではなく、「地球上の大陸は元はくっついていて、それが割れて移動したのだ」という20世紀初めにドイツの気象学者ウエゲナーが唱えた大陸移動説を裏付ける説として、後世出てきたものだ。

すなわち、地震の震源を改めて見てみると、その分布は海嶺、海溝などに限られ、その周りが空白域であることに気づいた（図1）。この空白域をプレートと呼ばれる板（岩盤）と考え、それらが移動してぶつかり合っているというプレートテクトニクス理論が、1960年代後半に出来上がったのである。

図1 世界の震央分布（2011-2020）



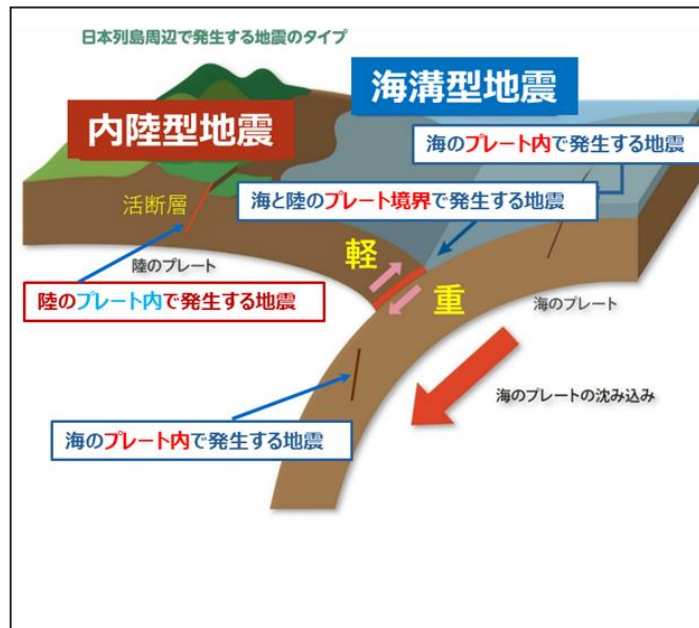
震央が集中しているところと、全くない広い部分（プレート）が確認できる。（気象庁HPから）

## 3. 地震の起こり方

### (1) プレートと地震

プレートは爪の伸びるくらいのスピード（年間約10cm）で移動するが、プレートがぶつかり合う付近では、引っ張り力（張力）や押し合う力（圧力）がかかり、それがもとで「地震」、つまりある面を境とする岩盤の「ずれ」が起こり、そこで生じる振動が地面に伝わって地表で「地震動」と呼ばれる揺れが生じる。これが地震である。地震の起こるパターンはいくつかある（図2）。

図2 プレートと地震の分類



(文部科学省・気象庁「活断層の地震に備える」を一部加工)

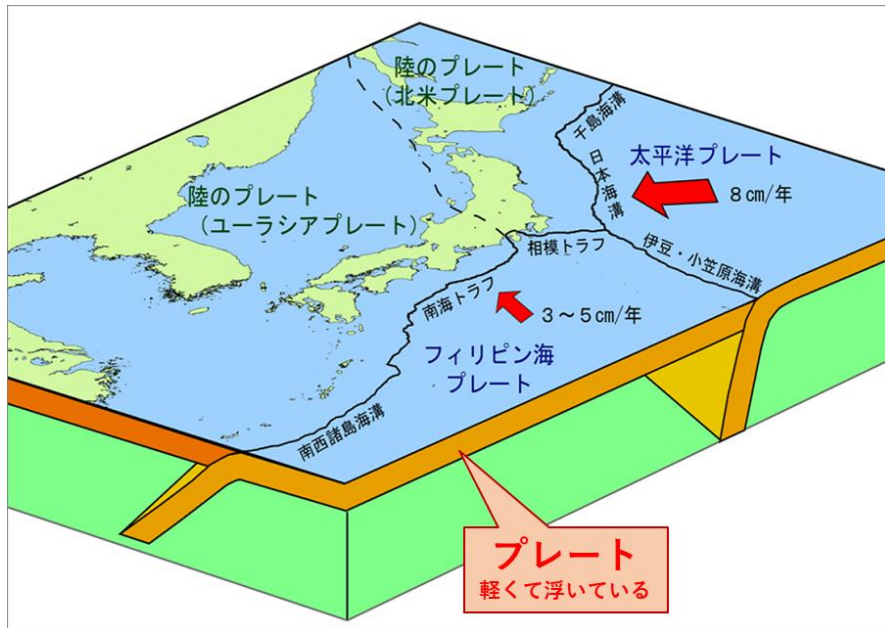
一つは、地震の起こる場所が異なるプレートの境界か、プレートの内部かで分けるものである。前者は、大陸のプレートより少し重い海洋プレートが大陸プレートの下に潜り込む際、両者が擦れ合うものだ。このとき、一部が固着して引っ張られ、大陸プレートが戻る際の衝撃で起こるのが、大地震として認識される「プレート境界地震」である。一方、後者のプレート内部の地震は、プレート同士の衝突により周辺に生じる圧力や張力がもとで起こり、大陸または海洋のプレートの中で「割れ」が生じる「プレート内地震」がある。

これと異なり、日本付近では別の分類もある。海側か陸側かで分けるものである(図2<再掲>)。日本の海側では海洋プレートが沈んでいくため海溝となっているので、これは「海溝型地震」と呼ばれる。一方、陸側のプレート内で地震が起こる場合、人が住む地面に近く、地上の地震動が大きくなりやすく、「内陸型地震」と呼ばれる。

日本列島付近は大陸プレートの下に、東から太平洋プレートが潜り込み、南からフィリピン海プレートが潜り込んでいて、日本全体が地震の起こりやすい場所の真上にある(図3)。特に関東付近では、大陸プレートの下にフィリピン海プレートが、その下に太平洋プレートが潜り込んでおり、それぞれのプレートで、「プレート境界地震」や「プレート内地震」が起こるため、関東地方は日本の中でも地震の数が多地域となっている。



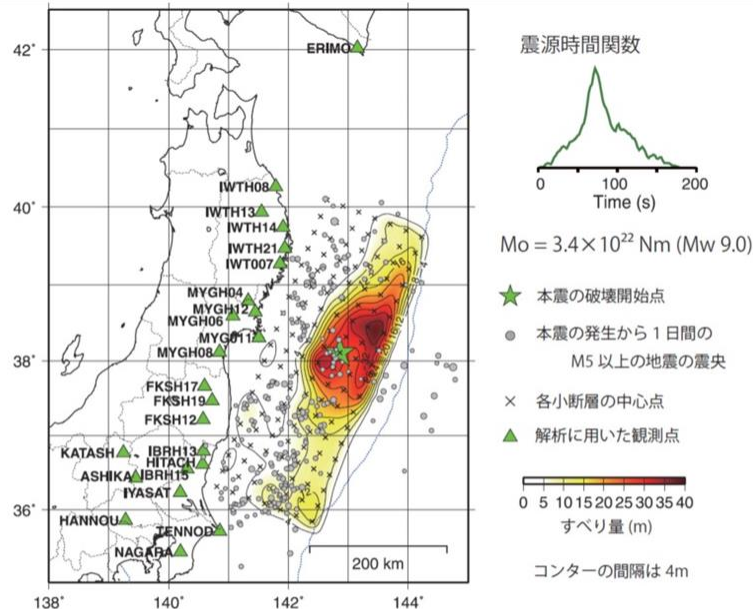
図3 日本周辺のプレート



(気象庁ホームページから)

ちなみに、地震で、圧力や張力がかかり「ずれ」が始まる点が、「震源」と呼ばれる。「ずれ」の領域(断層域)は広がりを持ち、それが大きいと地震のエネルギーが大きくなる。東日本大震災の東北地方太平洋沖地震や、想定される南海トラフ地震のようにマグニチュード9クラスになると、この断層域が約500 km、幅約200 kmにもなる(図4)。

図4 2011年東北地方太平洋沖地震における断層のすべり量



断層面は傾いており、西側が東側より深い。断層のすべりは200秒近く続いた。すべり量は最大で40メートル近く、小さいところは数メートルくらいである。  
 (気象庁・気象研究所の解析による。気象庁ホームページ「国内で発生した顕著な地震の震源過程解析結果」から)

## (2) 海溝型と内陸型の地震の特徴

海溝型と内陸型の地震の特長は、およそ以下のようになる。

海溝型：

- ① 地震の規模がマグニチュード9くらいまで大きくなる
- ② 百年から数百年など比較的短い周期を持って起こる
- ③ 津波を起こす

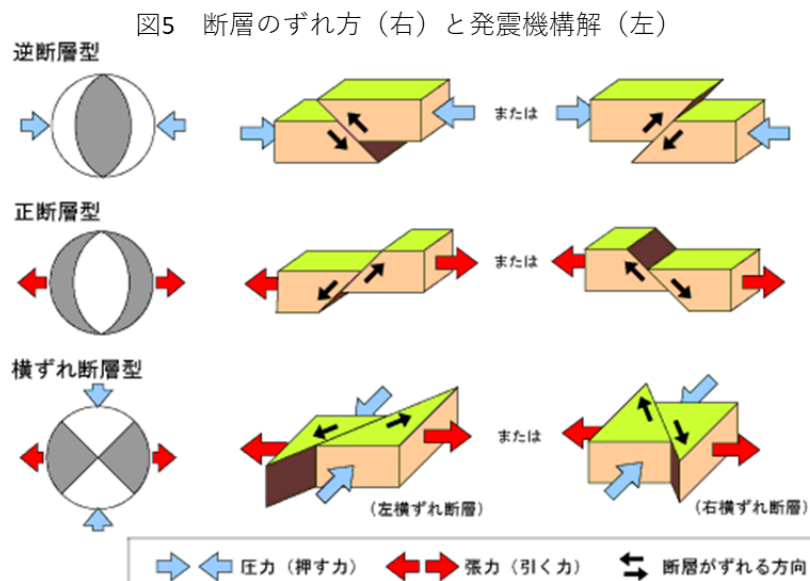
内陸型：

- ① 地震の規模はマグニチュード7くらいまでと小さい
- ② 地表に近く揺れが非常に大きくなる。
- ③ 1千年以上など発生周期は比較的長い
- ④ 震源が海岸近くの場合のみ津波が起こる可能性がある

## (3) 断層と津波

地震が起こる際の断層のずれ方には3種類ある(図5<右>)。このうち上下にずれるパターンは二つ、押し合う際の「逆断層型」と引っ張り合う際の「正断層型」がある。これらが海底で起こると、津波が高くなりやすい。一方、上下でなく「横ずれ断層型」の場合には、津波は高くなりにくい。

このように、たとえ地震のエネルギーが同じであっても、どの断層型であるかによって津波の高さは変わってくる。



(気象庁ホームページから)

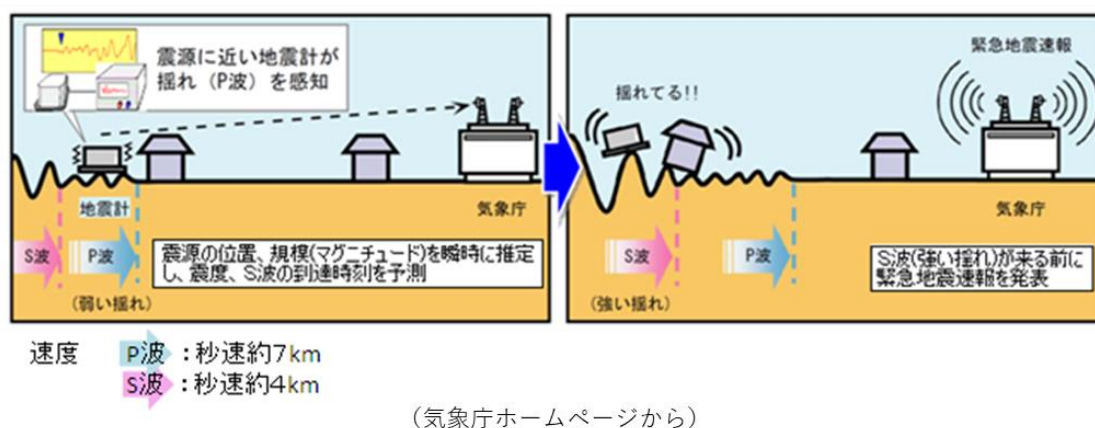
## 4. 地震動の予測(緊急地震速報)

地震の発生つまり、地下の岩石が「ずれる」ことの予測は非常に難しい。しかし、断層がずれ始めるや否や、それを時々刻々リアルタイムで監視し、地面の揺れを予測することは可能ではないか?この考え方を実現したのが「緊急地震速報」である。

地震波には、速度の異なる二種類の波がある。揺れは小さいが伝搬速度（5～7km/s）の速い「P（Primary）波」と、揺れが大きい伝搬速度（3～4km/s）の遅い「S（Secondary）波」がある。震源近くの観測点でP波をまず観測し、より遠い地点にP波の後にやってくるS波の到来を予測すれば、より遠い分とP波に遅れてやってくる時間差の分で、一定時間の余裕（とは言え秒単位）をもって予測が出来る（図6）。そこで、P波観測の時点で上記の警報を出すのである。

緊急地震速報は、平成19年（2007年）10月から運用を本格化し、同年12月からは法律で、震度5弱以上を予報した場合は警報、震度6弱以上を予報した場合は特別警報の扱いとなった。

図6 緊急地震速報の仕組み



## 5. 地震から命を守る

どんなに大きな地震が起こっても、日頃からの備えや、発災後の対応により命を守れることも十分にある。被害の形態毎で助かる確率も変わってくる。それぞれの被害形態毎に命を守るための方策について述べてみる。

### (1) 揺れ

平成7年（1995年）阪神淡路大震災で亡くなった方の死因の殆どは、家屋の倒壊や家具の転倒による圧死であり、殆どの方は即死であった。だから、揺れへの対策としては事前の対策しかない。この震災は地震発生が早朝であったので、就寝中の被災であったが、昼間であれば執務中の被災が非常に多かったと想像される。

#### ① 室内にあるものの転倒

倒れるもののそばで寝ない、働かない。逆に寝室には倒れるものはおかない。しかしそれが不可能な場合もある。その場合は、転倒防止の対策が必要である。ホームセンターにある突っ張り棒などちょっとしたものでも効果が大きいとのことであり、命の分かれ目になる。

#### ② 建物の倒壊

倒れるような建物には入らないに限る、と言われても、自分の会社や学校がそのような建物にあれば、入らざるを得ない。こればかりは個々人の対策ではなく、会社や学校の経営者に、耐震基準を満たした建物に入居していくしかない。

また、自宅が古くて揺れに耐えきれないと思っても、そう簡単に新居を設けるわけにもいかない。旧耐震基準の建物に住む人が新基準の建物への転居を少しでもし易くするための方策が重要であり、公的支援策が実際に行われていると聞く。

耐震基準も宮城沖地震や阪神淡路大震災の被害を受けて更新されているが、基準が適用されるのは建物を建てる際であり、遑っては適用されないので、出来るだけ新しい基準後に建てられた物件に入居していくしかない。

また、建物ではないが、大地震のたびにブロック塀倒壊で人が亡くなる。残念ながら、基準が守られていないブロック塀も残っていると聞く。所有者による改善を期待したいが、現実はそのもいかないようなので、まずは、塀の側を歩かない、迂回する、などの注意が必要かと思われる。また、自治体の指導にも期待したい。

### ③ 長周期地震動への注意

地震の揺れには、ガタガタと揺れる短周期のものと、ゆっくり揺れる（周期約1.5秒以上）長周期の揺れが混ざっており、その比率は地震の大きさや発生場所、断層のずれ方、地盤による。ガタガタと音を立てる揺れのほうが恐怖感を感じるが、実は、建物を壊す力は長周期の揺れのほうが大きい。それは、建物自体の揺れの周期と近いため、共振現象を起こして揺れが増すからである。

低層階の建物の倒壊を防ぐには、出来るだけ新しい耐震基準に合った建物とすることが重要である。先述の耐震基準は、阪神淡路大震災で木造住宅の倒壊が多かったことを受けて、木造建築の基礎部分に新たな基準が定められているなど、木造建築にとって重要な基準となっている。

一方、高層階については、家具類の固定が非常に重要である。これもホームセンターにある器具をつけるだけで大きな効果となるそうである。

以上のように対策には、平時の事前の取組が重要であるが、揺れが来る直前に安全な場所（部屋）に移動することも命を守るために必要である。また、エレベータを最寄りの階に止めることも重要である。このため、一般向けの緊急地震速報の基準に、長周期地震動に3及び4の階級（図7）を加えることとした。長周期地震動3は警報、4は特別警報扱いである。近年は高層マンションも増え、高層ビル内の公共空間も増えたことから、これを揺れから身を守る行動に使うことが出来る。

図7 長周期地震動と緊急地震速報





## (2) 津波

津波は、助かることの出来る被害形態の一つである。東日本大震災では亡くなった方々の数が強調されるが、非常に多くの人たちが避難により助かっていることも注目すべきである。揺れたら出来るだけ早く、出来るだけ高いところに逃げる。ただそれだけである。

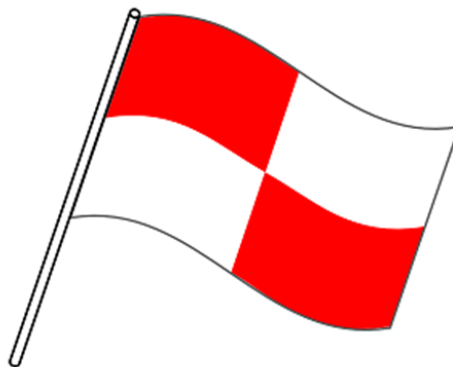
しかし、その避難が行われなくなる原因がある。

一つ目は、大地震が来ても、津波警報が出ても、実際に大きな津波が来ない例があり、避難がムダだという認識が蓄積されてしまう。先ほど指摘したように、津波警報は最悪想定で発表されるからだ。しかし、東日本大震災後に中学生が作った標語が大事なことのすべてを語っている。「100回逃げて、100回来なくても、101回目も必ず逃げて」。

二つ目も同じことではあるが、自分の人生の範囲だけで判断してしまわないこと。数十年の期間だけでは津波の事例は少なすぎる。たとえ経験しても、それが被害の小さい津波だと、津波を過小評価してしまう。実際、宮城県気仙沼市では、チリ地震津波（昭和35年<1960年>）を経験した世代は、家の2階にいれば助かると思って家から出ずに、家毎流されてしまった例が多いと聞いた。起こりうる津波の怖さを知るためには、100年ではなく、出来れば数百年、可能であれば千年くらいの歴史を遡って、地元で起こりうる津波の大きさや被害を知ることが、次の津波のときに驚かなくて済む。

三つ目は地震後の停電などで、津波警報を知る機会を失うことがあるということである。携帯電話も使えなくなると、スマホでインターネット情報も見られなくなる。そんな時には、感じる大きな揺れ、地震直前にやってくる緊急地震速報で地震の大きさが認識出来る。それによってひたすら逃げることである。ところで、海辺の水中にいるときは、スマホを見ることも出来ず、津波警報が出てもわかりにくい。特に聴覚障害者には殆ど伝わらない。このような問題を解決するために、気象庁では津波警報の発表を知らせる際の旗のデザインを規則で決めて津波フラッグ（図8）を作っている。これを見たら海からすぐに上がって、ひたすら逃げてほしい。

図8 津波フラッグ



## (3) 土砂崩れ

平成20年（2008年）岩手宮城内陸地震、平成30年（2018年）北海道胆振東部地震の際には、土砂災害により多くの人命が瞬時のうちに失われた。東日本大震災でも土砂災害で人命が失われている。

土砂災害の場合、揺れの後すぐに起こるので、逃げようがない。そういう意味では、私は最も恐ろしい地震の被害形態と感じている。

これまでの調査では、震度6弱を超えると一気に土砂崩れの起こる確率が上がることから、南海トラフ地震などで震度6弱以上の揺れが想定されている土砂災害警戒区域は、対策の必要性が他の地域より高いと言える。

また、地震の前に大雨が降っていると危険性は一気に高まる。実際、昭和43年（1968年）の十勝沖地震の際には、前日まで3日間大雨に見舞われた青森県の三戸郡名川町剣吉中学校（当時）では、地震後の避難中の約50名の中学生を巻き込みながら校庭の土砂が崩れ出し、4名が犠牲となった（図9）。

他に、土砂災害により川がせき止められる自然ダムが形成されると、その崩壊による下流の洪水など、二次災害の危険性も高まる。

いずれにしても、地震による土砂災害は非常に危険な被害の形態である。

図9 十勝沖地震（1968）による青森県剣吉中学校校庭での土砂崩れ



（青森県南部町広報誌「なんぶちょう」H20.7から）

#### （4）地割れ、液状化

数は少ないが、地震で生じた地割れに落ちてなくなる事例もある。昭和40年（1965年）の新潟地震では、新潟市において、地割れして水が噴き出ているところに女性が落ちてなくなり、酒田市では、女子中学生が液状化しながら地割れしたところに落ちて亡くなっている。

一方、液状化そのものの被害は、いろいろな形で数多く起こっている。その土地の成り立ち、地層の状態から、建物を建てる時の基礎については、それなりの対策が立てられているが、液状化そのものは止められないため、一定の被害は避けられない。まずは国土交通省の「重ねるハザードマップ」（様々な防災情報を一つの地図上に重ねて検索出来るシステム）などにより、自分の場所の液状化の危険度をマップ上で確かめることが重要である。

## 6. まとめ

以上、地震の起こる仕組み、大規模地震に関する情報体系、そして、大地震・大津波から命を守るための方策を見てきた。

物理学者である寺田寅彦の言葉、

「ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたりするのはやさしいが、正当にこわがることはなかなかむつかしい。」は改めて深い意味を持つと感じる。

正しく認識して、それに基づいた対策を取る。これが一番の対策だと信じている。本稿がお役に立てればと願っている。

以上

執筆者紹介

---

**野村 竜一(のむら りょういち) 1964年 神奈川県生まれ**  
気象庁大気海洋部長 (前地震火山部長)

**<学歴・職歴>**

1989年 東北大学理学部卒業  
1991年 東京大学理学系研究科修士課程修了  
1991年 気象庁入庁  
2016年 地震火山部管理課長  
2019年 企画課長  
2021年 大阪管区气象台長  
2022年 地震火山部長  
2023年 大気海洋部長