

_{第2章}地震・津波の概要

本章では、東日本大震災を引き起こした地震及び 津波の概要や発生メカニズムを中心に、被害と関連 づけて記述した。また、石油タンク及び高層建築物 などに影響を及ぼす長周期地震動や関東地方を含む 広範囲で生じた液状化についても触れた。

参考に、消防活動に影響した発災後1ヶ月間の気 象状況(気温、降水量、風向、風速)を示す。

2.1 前震・本震・余震の概要

以下に最も規模の大きな本震より前に発生した前 震、本震及び余震の概要を示す。

2.1.1 ▶ 前震

大きな地震に先駆けて起こる小さな地震群を前 震、大地震を本震、本震に引き続いて多発する小地 震群を余震という。前震があったとしても、小さい 地震はいつもどこかで発生しているので、その地震 が本震と関係があるか否かを事前に判定することは 難しい¹⁾。

東北地方太平洋沖地震では、本震の前に比較的多 くの地震が発生した。前震として規模の大きかった ものは、平成23年3月9日11時45分に発生した三 陸沖(北緯38度20分、東経143度17分)の深さ 8kmを震源としたマグニチュード7.3の地震で、宮 城県で最大震度5弱、岩手県で最大60センチの津波 を観測した²⁾。また、翌日の3月10日6時24分にも、 三陸沖(牡鹿半島の東、約130km付近)で、深さ 9kmを震源としたマグニチュード6.8の地震が発生 した³⁾。

2.1.2 ▶本震

平成23年3月11日14時46分、三陸沖(北緯38度 1分、東経142度9分)の深さ24kmを震源としてマ グニチュード9.0の地震が発生した。図2.1-1に示す とおり、この地震によって宮城県栗原市で震度7を 観測したほか、宮城県、福島県、茨城県及び栃木県 の4県37市町村に及ぶ地域で震度6強を観測した。 この地震は、海溝型でマグニチュード9.0という非 常に大規模なものであったため、地震に伴い発生し た津波の規模も非常に大きく、今回の震災による被 害は津波に起因するものが多かった。

図2.1-1 東日本大震災の震度分布図⁴⁾



- http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/jishin0903/jishin-all.pdf(平成25年1月21日参照) 2) 気象庁報道発表資料「平成23年3月9日11時45分頃の三陸沖の地震について」
- http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/09a/kaisetsu201103001300.pdf(平成25年1月21日参照) 3) 気象庁報道発表資料「平成23年3月10日06時24分頃の三陸沖の地震について」

¹⁾ 気象庁パンフレット「地震を知る 地震・津波と大規模地震の予知」

http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/10a/kaisetsu201103100820.pdf (平成25年1月21日参照) 4) 気象庁ホームページ

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/index.html (平成25年1月21日参照)

なお、気象庁の震度階級は「震度0」「震度1」「震 度2」「震度3」「震度4」「震度5弱」「震度5強」「震度 6弱」「震度6強」「震度7」の10階級となっている。

震度階級毎の「人の体感・行動」、「屋内の状況」、 「屋外の状況」は表2.1-1に示すとおりである¹⁾。

震度 階級	人の体感・行動
0	人は揺れを感じないが、地震計には記録る
1	屋内で静かにしている人の中には、揺れ に感じる人がいる。

表2.1-1 震度階級毎の人の体感・行動、屋内の状況及び屋外の状況

震度 階級	人の体感・行動	屋内の状況	屋外の状況
0	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。	_	_
1	屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずか に感じる人がいる。	_	_
2	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。眠っている人の中には、目を覚ます人もいる。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。	_
3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩い ている人の中には、揺れを感じる人もいる。眠っ ている人の大半が、目を覚ます。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。
4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんど が、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目 を覚ます。	電灯などのつり下げ物は大きく揺れ、棚にある 食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れ ることがある。	電線が大きく揺れる。自動車を運転していて、 揺れに気付く人がいる。
5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感 じる。	電灯などのつり下げ物は激しく揺れ、棚にある 食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの 悪い置物の大半が倒れる。固定していない家具 が移動することがあり、不安定なものは倒れる ことがある。	まれに窓ガラスが割れて落ちることがある。電 柱が揺れるのが分かる。道路に被害が生じるこ とがある。
5強	大半の人が、物につかまらないと歩くことが難し いなど、行動に支障を感じる。	棚にある食器類や書棚の本で、落ちるものが多 くなる。テレビが台から落ちることがある。固 定していない家具が倒れることがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。補強され ていないブロック塀が崩れることがある。据付 けが不十分な自動販売機が倒れることがある。 自動車の運転が困難となり、停止する車もあ る。
6弱	立っていることが困難になる。	固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することが ある。
6強	立っていることができず、這わないと動くことが	固定していない家具のほとんどが移動し、倒れ るものが多くなる。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物が 多くなる。補強されていないブロック塀のほと んどが崩れる。
7	てこない。通知になんのうとれい動くとともできず、飛ばされることもある。	固定していない家具のほとんどが移動したり 倒れたりし、飛ぶこともある。	壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する建物が さらに多くなる。補強されているブロック塀も 破損するものがある。

1 本震における地殻活動

本震が発生する以前の東北・関東・中部地方の大 部分は、太平洋プレートが東から押す力を受けて東 西方向に圧縮するような動きをしてきた。

国土地理院は、本震における地殻活動を把握する ため、全国の広い範囲の電子基準点(GPS連続観測 点)のデータ回収を行った。解析の結果、宮城県石 巻市の牡鹿半島の電子基準点が東南東方向に約 5.3m移動し、約1.2m沈下したことが分かった²⁾。

気象庁の資料によると、被災地域の太平洋側にあ る図2.1-2の▲で示す18の観測点で得られた地震波 形のデータをもとに震源過程解析*1が行われ、解析 結果は以下のとおりである³⁾。

すべりの大きな領域は、断層の破壊開始点の北東 側にあり、最大すべり量は約25mであった。気象 庁気象研究所の解析によれば、破壊継続時間は、約 3分間*2で、断層の大きさは長さ約450km、幅約 150kmと算出された³⁾。断層の破壊は、破壊開始点 付近で徐々に拡大した後、南北方向に分かれて進ん だと推定される。

¹⁾ 気象庁ホームページ http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/shindo/kaisetsu.html (平成25年1月21日参照)

²⁾ 国土地理院ホームページ「GPS連続観測から得られた電子基準点の地殻変動」 http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi40005.html (平成25年1月21日参照)

³⁾ 気象庁報道発表資料「平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震」について(第28報) http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/25b/kaisetsu201103251730.pdf(平成25年1月21日参照)

^{*1} 地震における断層面の破壊伝播方向と観測点の相対的な位置関係により、同じ地震でも観測点毎に波形が異なる性質を用いて、いろいろな方向の 観測点にある地震波形から破壊伝播の様子(震源過程)を解析する手法

^{*2「4} 各地の揺れの状況」にある図に示すとおり地震発生から次の余震まで継続して約6分程度揺れが継続している。

以下に、震源域(断層の破壊された領域)と後述 する余震域についてまとめた。

震源域と余震域
本震で破壊された領域を震源域という。本震のあとに引き続き起こる
地震を余震といい、余震の起きる場所を余震域という。
本震発生後から1日程度までの余震域は、震源域とおおむね一致する
が、余震域はその後徐々に広がっていく場合がある。

図2.1-3によると東北地方の太平洋側の広い範囲 で数m移動し、図2.1-4によれば太平洋沿岸部が大 きく沈下している²⁾。



¹⁾ 気象庁ホームページ 余震について http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/aftershocks/kiso_aftershock.html (平成25年1月21日参照)

²⁾ 国土地理院ホームページ http://www.gsi.go.jp/common/000059033.pdf (平成25年1月21日参照)

³⁾ 気象庁報道発表資料「平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震」について(第28報)

http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/25b/kaisetsu201103251730.pdf(平成25年1月21日参照)

図2.1-3 本震による水平方向のすべり¹⁾



1) 国土地理院ホームページ http://www.gsi.go.jp/common/000059033.pdf (平成25年1月21日参照)

図2.1-4 本震による上下方向のすべり¹⁾



1) 国土地理院ホームページ http://www.gsi.go.jp/common/000059037.pdf (平成25年1月21日参照)

2 本震における地震動

表2.1-2

独立行政法人防災科学技術研究所は、阪神・淡路 大震災を契機に新しい地震観測網として全国に多数 の強震観測施設と高感度地震計を設置してきた。全 国強震観測網(K-NET)は、全国を約20km間隔 で均等に覆う1.000ヶ所以上の強震観測施設からな る強震観測網である。観測施設の自由地盤上(地 表)に強震計が設置されている。また、基盤強震観 測網(KiK-net)は、全国に約700ヶ所の観測施設 が配置されている強震観測網である。観測施設に観 測用井戸が掘削されており、地表と地中の双方に強 震計が設置されている。K-NET 及びKiK-netの観 測施設で観測された強震記録は直ちにデータセン ターに送信され、インターネットで配信されてい る。

今回の地震に際し、津波により一部のデータを 失ったもののK-NETで698地点、KiK-netで525 地点の合計1.223地点のデータを収集することがで きた。

観測された最大の加速度は、表2.1-2のとおり K-NET 築 館 (宮 城 県 栗 原 市) で 観 測 さ れ た 2.933gal^{*1}で、計測震度6.6を観測した宮城県栗原市 築館の震度観測点における記録である。

また、KiK-net 芳賀(栃木県芳賀郡芳賀町)は、 震度観測点ではないが、強震記録から算出された計 測震度は、6.5相当であった。今回の地震では、全 国にわたって広い範囲で強震記録が観測され、岩手 県から千葉県にかけて20にも及ぶ観測点で1G*2 (980gal)を超える加速度が記録された。

強震観測網により観測された最大加速度分布を図 2.1-5に示す。最大加速度が大きな場所が必ずしも 大きな震度になるわけではないが、最大加速度は地 震動の加速度で1秒間にどれだけ速度が変化したか を示す数字のため、最大加速度の大きな場所ほど瞬 間的には大きな衝撃を受けたと考えられる。東北地 方と関東地方は、太平洋沿岸部から内陸部まで広範 囲にわたって、最大加速度の大きな地域が広がって いることが分かる。

	地点"		
	観測点名(所在地)	PGA(gal)	計測震度
1	築館(宮城県栗原市)	2,933	6.6
2	塩竈(宮城県塩竈市)	2,019	6.0
3	日立(茨城県日立市)	1,845	6.4
4	仙台(宮城県仙台市)	1,808	6.3
5	鉾田(茨城県鉾田市)	1,762	6.4
6	今市(栃木県日光市)	1,444	6.2
7	白河(福島県白河市)	1,425	6.1
8	西郷(福島県西白河郡西郷村)	1,335	6.0
9	大宮(茨城県常陸大宮市)	1,312	6.0
10	芳賀(栃木県芳賀郡芳賀町)	1,305	6.5
11	茂木(栃木県芳賀郡茂木町)	1,291	6.3
12	広野(福島県双葉郡広野町)	1,240	5.9
13	一関(岩手県一関市)	1,226	5.9
14	岩瀬(茨城県桜川市)	1,224	6.2
15	山元(宮城県亘理郡山元町)	1,137	6.0
16	郡山(福島県郡山市)	1,110	5.9
17	船引(福島県田村市)	1,069	5.8
18	御前山(茨城県常陸大宮市)	1,062	5.7
19	佐倉(千葉県佐倉市)	1,054	5.5
20	笠間(茨城県笠間市)	996	6.1

最大加速度1G(980gal)以上を記録した観測 ⊠ 2.1-5 強震観測網により観測された最大加速度分布²⁾



1) 独立行政法人防災科学技術研究所(2011年東北地方太平洋沖地震の強震動) 2012年3月 http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/48/48-04.pdf(平成25年1月21日参照)

2) 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ「強震観測網(K-NET, KiK-net)」

http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/(平成25年1月21日参照) *1 galとは地震の揺れの強さを表す加速度の単位である。国際単位系(SI)では cm/s²であるが、本記録集では日本の地震学で一般的に使用されて

いるgalを用いる。

*2 Gとは重力加速度と同じ加速度を表す単位である。国際単位系(SI)には含まれない。



図2.1-6には強震観測網により観測された最大速 度分布を示す。最大速度は、地震動で1秒間にどれ だけ変位するかを示す数字である。

なお、震源域に比較的近いK-NET 仙台(宮城県 仙台市、震央距離170km)では揺れ始めから震度6 強まで約30秒であったが、より震源域から離れた K-NET 日立(茨城県日立市、震央距離260km)に おいては揺れ始めから震度6強まで1分以上かかっ ていることが図2.1-7から読み取れる。



K-NET仙台(宮城県仙台市)及びK-NET日立(茨城県日立市)における震度の時間変化及び加速度記録²⁾



1) 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ「強震観測網(K-NET, KiK-net)」 http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/(平成25年1月21日参照)

2) 独立行政法人防災科学技術研究所 防災科学技術研究所主要災害調査 第48号 2012年3月「2011年東北地方太平洋沖地震の強震動」 http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/48/48-04.pdf(平成25年1月21日参照) 次に、図2.1-8にK-NET 仙台の速度・加速度応 答スペクトルを示す。この図からK-NET 仙台で観 測された地震動は、周期0.5から1秒あたりの揺れ の成分が卓越していることが分かる。

⊠ 2.1-8 K-NET仙台(宮城県仙台市)の速度・加速度応答 スペクトル1) 〈凡例〉 NS 北~南方向の振れ幅 EW 東~西方向の振れ幅 上~下方向の振れ幅 UD 周波数(ヘルツ) ΗZ 2011/03/11-14:46 38.103N 142.860E 24km M9.0 (MYG013) (1-3ch) (Damping=5%) 1000 NS ΕW 100 UD ΗZ Velocity Response [cm/s] 0.1 0.01 0.001 Period [s] 10000 NS EW UD HZ 1000 Acceleration Response [cm/s/s] 100 10 1 0.1 0.01 0 10 Period [s]

図2.1-9にK-NET日立の速度・加速度応答スペクトルを示す。この図からK-NET日立で観測された地震動の卓越周期は、K-NET仙台と比較し、より短周期となっていることが分かる。



 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ「強震観測網(K-NET, KiK-net)」 http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/(平成25年1月21日参照)

3 本震の震源メカニズム^{*1}

気象庁の資料¹⁾によると、東北地方太平洋沖地震 のメカニズムは、西北西 – 東南東方向に圧力軸を持 つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境 界の広い範囲で破壊が起きたことにより発生した地 震である。

圧力軸に注目した場合、逆断層型の断層の動きは 図2.1-10のとおりである。また、図2.1-11が示すよ うに、今回の地震は日本海溝から沈み込む海側の太 平洋プレートに陸側の北米プレートが引きずり込ま れ跳ね返ることによって発生した。





各地の揺れの状況4) 表2.1-3

図2.1-11 海溝型大地震のメカニズム³⁾



4 各地の揺れの状況

東北地方太平洋沖地震による各地での揺れは長く 続いた。気象庁の観測点から調査した揺れの時間を 表2.1-3に示す。

調査した地点		最大震度	最大震度の 継続時間	震度4以上を 観測した時間
青森県	五戸町古館	5強	約10秒	約180秒
山土山	盛岡市山王町(盛岡地方気象台)	5強	約20秒	約160秒
石于乐	大船渡市大船渡町(大船渡特別地域気象観測所)	6弱	約10秒	約160秒
向城间	石巻市泉町(石巻)	6弱	約40秒	約160秒
呂视宗	仙台宮城野区五輪(仙台管区気象台)	6弱	約10秒	約170秒
	福島市松木町(福島地方気象台)	5強	約10秒	約150秒
福島県	白河市郭内(白河特別地域気象観測所)	5強	約10秒	約140秒
	いわき市小名浜(小名浜特別地域気象観測所)	6弱	約10秒	約190秒
茨城県	水戸市金町(水戸地方気象台)	6弱	約10秒	約130秒
栃木県	宇都宮市明保野町(宇都宮気象台)	5強	約10秒	約120秒
埼玉県	久喜市下早見	5強	約20秒	約120秒
千葉県	千葉市中央区中央港(千葉特別地域気象観測所)	5強	約10秒	約130秒
東京都	東京都千代田区大手町(気象庁)	5強	約10秒	約130秒
神奈川県	横浜市中区山手町(横浜地方気象台)	5強	約10秒	約130秒

(注)時間は、10秒毎に地震波形データから推定される計測震度の時間変化を求め、揺れの時間を推定したもの。

1) 気象庁 災害時地震·津波速報 平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震 平成23年8月

http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/201101/saigaiji_201101_01.pdf(平成25年1月21日参照) 2) 気象庁ホームページ「発震機構解と断層面」図2の逆断層型を掲載

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/mech/kaisetu/mechkaisetu2.html (平成25年1月21日参照)

3) 独立行政法人防災科学技術研究所 防災科学技術研究所主要災害調査 第48号2012年3月「2011年東北地方太平洋沖地震の概要」(岡田義光、2012) http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/48/48-01.pdf (平成25年1月21日参照)

4) 気象庁ホームページ 報道発表資料 平成23年3月25日

http://www.jma.go.jp/jma/press/index.html (平成25年1月21日参照)

*1 震源メカニズムとは、対象となる地震の発生場所における、地震の発生メカニズムのこと。

図2.1-12から図2.1-19までの地震波形図をみると 場所によって揺れ方及び時間が異なることが分か る。

図2.1-12の青森県五戸町や図2.1-13の岩手県大船 渡市では強い揺れのピークが1回、図2.1-14の宮城 県仙台市、図2.1-15の福島県福島市、図2.1-16の福 島県いわき市、図2.1-17の茨城県水戸市では強い揺 れのピークが2回みられる。また、図2.1-18の千葉 県千葉市や図2.1-19の東京都千代田区では、徐々に 揺れが大きくなりピークに達した後、徐々に下がっ ている。このような場所による地震波形の違いは、 震源から生じた地震波の特性、震源との位置関係や 地下構造などの条件に起因する。







宮城県仙台市宮城野区五輪での地震波形データ¹⁾



1) 気象庁ホームページ 報道発表資料 平成23年3月25日 http://www.jma.go.jp/jma/press/index.html (平成25年1月21日参照) 図2.1-15 福島県福島市松木町での地震波形データ¹⁾



図2.1-16 福島県いわき市小名浜での地震波形データ¹⁾



図2.1-17 茨城県水戸市金町での地震波形データ¹⁾



⊠ 2.1-18 =

千葉県千葉市中央区中央港での地震波形データ1)



⊠ 2.1-19

東京都千代田区大手町での地震波形データ¹⁾



2.1.3 🕨 余震

余震は、岩手県から茨城県沖合いの震源域に相当 する、長さ約500km、幅約200kmの範囲に密集し て発生しているほか、震源域に近い海溝軸の東側 や、陸域でも発生している。余震活動は非常に活発 で、特に福島県から茨城県の陸域での活動は活発で ある。気象庁の発表によれば、平成24年4月29日 までに発生した余震は、マグニチュード7.0以上は 6回*1、マグニチュード6.0以上は97回、マグニ チュード5.0以上は599回発生した。このうち、最 大震度4以上を観測した余震は、231回にものぼる。 マグニチュード7.0以上の余震のうち3回*2は、本 震から1時間以内に発生しているが、約1ヶ月後の 平成23年4月7日及び4月11日に東北地方で発生し た地震により被害はさらに拡大した。なお、震度5 弱以上の余震は、表2.1-4のとおり発生している。

表2.1-4 余震域で震度5弱以上を観測した地震一覧表 (平成24年4月29日まで)¹⁾

地震の発生日時	震央地名	マグニ チュード	深さ (km)	最大 震度
平成23年3月11日 14時46分	三陸沖(本震)	9.0	24	7
平成23年3月11日 14時51分	福島県沖	6.8	33	5弱
平成23年3月11日 14時54分	福島県沖	6.1	34	5弱
平成23年3月11日 14時58分	福島県沖	6.6	35	5弱
平成23年3月11日 15時06分	岩手県沖	6.5	29	5弱
平成23年3月11日 15時08分	岩手県沖	7.4	32	5弱
平成23年3月11日 15時12分	福島県沖	6.7	39	5弱
平成23年3月11日 15時15分	茨城県沖	7.6	43	6強
平成23年3月11日 16時28分	岩手県沖	6.6	17	5強
平成23年3月11日 17時40分	福島県沖	6.0	30	5強
平成23年3月11日 20時36分	岩手県沖	6.7	24	5弱
平成23年3月12日 22時15分	福島県沖	6.2	40	5弱
平成23年3月13日 8時24分	宮城県沖	6.2	15	5弱
平成23年3月14日 10時02分	茨城県沖	6.2	32	5弱
平成23年3月16日 12時52分	千葉県東方沖	6.1	10	5弱
平成23年3月19日 18時56分	茨城県北部	6.1	5	5強
平成23年3月23日 7時12分	福島県浜通り	6.0	8	5強
平成23年3月23日 7時34分	福島県浜通り	5.5	7	5強

地震の発生	生日時	震央地名	マグニ チュード	深さ (km)	最大 震度
平成23年3月 7時36分	323日	福島県浜通り	5.8	7	5弱
平成23年3月 18時55分	23日	福島県浜通り	4.7	9	5強
平成23年3月 17時20分]24日	岩手県沖	6.2	34	5弱
平成23年3月 7時23分	28日	宮城県沖	6.5	32	5弱
平成23年3月 16時15分	31日	宮城県沖	6.1	47	5弱
平成23年4月 23時32分]7日	宮城県沖	7.2	66	6強
平成23年4月 18時42分	9日	宮城県沖	5.4	58	5弱
平成23年4月 17時16分	11日	福島県浜通り	7.0	6	6弱
平成23年4月 17時26分]11日	福島県中通り	5.4	5	5弱
平成23年4月 20時42分]11日	福島県浜通り	5.9	11	5弱
平成23年4月 8時08分	12日	千葉県東方沖	6.4	26	5弱
平成23年4月 14時07分	12日	福島県中通り	6.4	15	6弱
平成23年4月 10時07分	13日	福島県浜通り	5.7	5	5弱
平成23年4月 22時37分	21日	千葉県東方沖	6.0	46	5弱
平成23年4月 0時25分	323日	福島県沖	5.4	21	5弱
平成23年5月 2時04分]6日	福島県浜通り	5.2	6	5弱
平成23年5月 5時36分	25日	福島県浜通り	5.0	7	5弱
平成23年6月 1時00分	34日	福島県沖	5.5	30	5弱
平成23年6月 6時50分	323日	岩手県沖	6.9	36	5弱
平成23年7月 13時34分	323日	宮城県沖	6.4	47	5強
平成23年7月 3時51分]25日	福島県沖	6.3	46	5弱
平成23年7月 3時53分	31日	福島県沖	6.5	57	5強
平成23年8月 3時22分	12日	福島県沖	6.1	52	5弱
平成23年8月 14時36分	19日	福島県沖	6.5	51	5弱
平成23年9月 22時30分	21日	茨城県北部	5.2	9	5弱
平成23年9月 19時05分]29日	福島県浜通り	5.4	9	5強
平成23年11, 10時23分	月20日	茨城県北部	5.3	9	5強
平成24年1月 20時45分	123日	福島県沖	5.1	52	5弱
平成24年2月 14時54分	19日	茨城県北部	5.2	7	5弱
平成24年3月 7時32分	1日	茨城県沖	5.3	56	5弱
平成24年3月 2時25分	10日	茨城県北部	5.4	7	5弱
平成24年3月 21時05分	14日	千葉県東方沖	6.1	15	5強
平成24年3月 20時00分	27日	岩手県沖	6.6	21	5弱
平成24年4月 23時04分]1日	福島県沖	5.9	53	5弱
平成24年4月 19時28分	29日	千葉県北東部	5.8	48	5弱
【凡例】	震度7	震度6強 震度	6弱 震度	5強 震	度5弱

1) 気象庁 震度5弱以上を観測した地震(本震以降)」 随時更新

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/i5.pdf(平成25年1月21日参照) *1 表2.1-4にある4回以外に、震度4を記録したマグニチュード7以上の地震が2回ある。 (平成23年3月11日15時25分M7.5及び平成23年7月10日9時57分M7.3)

*2 表2.1-4にある2回以外に、震度4を記録したマグニチュード7以上の地震が1回ある。 (平成23年3月11日15時25分M7.5) 東北地方太平洋沖地震と震源域の海域で発生した 主な地震の余震回数の比較を図2.1-20に示す。



第2章

地震・津波の概要

1 余震における地殻活動

地震発生後の地殻変動は余効変動と呼ばれるが、 東北地方から関東地方の広い範囲で東向きへの余効 的な地殻変動が継続しているとみられている。 図2.1-21に、平成23年3月11日18時00分から平 成24年3月26日18時00分の期間のデータを基に余 震後の水平方向のすべり(水平地殻変動の様子)を 示す。



また、図2.1-22は、平成23年3月11日18時00分 から平成24年3月26日18時00分の期間のデータを 基にして、余震後の上下方向のすべり(上下地殻変 動の様子)を示す。



図2.1-22 余震後の上下方向のすべり¹⁾

2 余震における地震動

(1) 茨城県沖を震源とする余震(平成23年3月11日)
平成23年3月11日15時15分、茨城県沖の深さ
43kmを震源としてマグニチュード7.6、最大震度6
強の大きな余震が発生した。独立行政法人防災科学
技術研究所が、K-NET/410地点、KiK-net/342地
点(合計752地点)の収集データを基に作成した最
大加速度、最大速度の分布図を図2.1-23、図2.1-24





図2.1-24

強震観測網により観測された最大速度分布¹⁾ (茨城県沖を震源とする余震)



に示す。

観測された最大の加速度は、表2.1-5のとおり K-NET鉾田(茨城県鉾田市)の957galであった。

表2.1-5	茨城県沖を震源とする余震における最大加速
	度の上位10観測点 ¹⁾

	観測点名(所在地)	PGA (gal)
1	K-NET鉾田(茨城県鉾田市)	957
2	KiK-netひたちなか(茨城県ひたちなか市)	630
3	K-NET日立(茨城県日立市)	585
4	K-NET那珂湊(茨城県ひたちなか市)	480
5	K-NET鹿嶋(茨城県鹿嶋市)	408
6	K-NET茂木(栃木県芳賀郡茂木町)	403
7	K-NET水戸(茨城県水戸市)	400
8	K-NET大宮(茨城県常陸大宮市)	393
9	K-NET今市(栃木県日光市)	376
10	KiK-net芳賀(栃木県芳賀郡芳賀町)	366

(2) 宮城県沖を震源とする余震(平成23年4月7日)

平成23年4月7日23時32分、宮城県沖の深さ 66kmを震源としてマグニチュード7.2、最大震度6 強の大きな余震が発生した。独立行政法人防災科学 技術研究所が、K-NET/504地点、KiK-net/419地 点(合計923地点)の収集データを基に作成した最 大加速度、最大速度の分布図を図2.1-25、図2.1-26 に示す。



2011/04/07-23:32 38.203N 141.920E 66km M7.1

 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ「強震観測網(K-NET, KiK-net)」より検索 http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/(平成25年1月21日参照)







観測された最大の加速度は、表2.1-6のとおり K-NET 牡鹿(宮城県石巻市)の1,496gal であった。

度の上位10観測点¹⁾

宮城県沖を震源とする余震における最大加速

表2.1-6

	観測点名(所在地)	PGA (gal)
1	K-NET牡鹿(宮城県石巻市)	1,496
2	K-NET塩竈(宮城県塩竈市)	1,481
3	K-NET築館(宮城県栗原市)	1,259
4	K-NET仙台(宮城県仙台市)	1,084
5	KiK-net陸前高田(岩手県陸前高田市)	1,018
б	KiK-net藤沢(岩手県一関市)	952
7	K-NET東和(岩手県花巻市)	885
8	K-NET一関(岩手県一関市)	871
9	KiK-net玉山(岩手県盛岡市)	773
10	KiK-net山元(宮城県亘理郡山元町)	769

(3) 福島県浜通りを震源とする余震(平成23年4)

月11日)

平成23年4月11日17時16分、福島県浜通りの深 さ6kmを震源としてマグニチュード7.0、最大震度 6弱の余震が発生した。この地震は、陸側プレート が東西に大きく伸張したことによって励起された正 断層型地震である。独立行政法人防災科学技術研究 所が、K-NET/374地点、KiK-net/357地点(合計 731地点)の収集データを基に作成した最大加速度、 最大速度の分布図を図2.1-27、図2.1-28に示す。



強震観測網により観測された最大加速度分布¹⁾ (福島県浜通りを震源とする余震)





強震観測網により観測された最大速度分布¹⁾ (福島県浜通りを震源とする余震)



1) 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ「強震観測網(K-NET, KiK-net)」より検索 http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/ (平成25年1月21日参照)

観測された最大の加速度は、表2.1-7のとおり K-NET鉾田(茨城県鉾田市)の615galであった。

表2.1-7	福島県浜通りを震源とする余震における
	加速度の上位10観測点 ¹⁾

	観測点名(所在地)	PGA (gal)
1	K-NET鉾田(茨城県鉾田市)	615
2	KiK-net平田(福島県石川郡平田村)	572
3	KiK-net高萩(茨城県高萩市)	564
4	K-NET勿来(福島県いわき市)	546
5	K-NET白河(福島県白河市)	538
6	K-NET大宮(茨城県常陸大宮市)	524
7	K-NET古殿(福島県石川郡古殿町)	486
8	KiK-netひたちなか(茨城県ひたちなか市)	484
9	KiK-net西郷(福島県西白河郡西郷村)	459
10	K-NET日立(茨城県日立市)	454

(4) 福島県中通りを震源とする余震(平成23年4 月12日)

平成23年4月12日14時07分、福島県中通りの深 さ15kmを震源としてマグニチュード6.4、最大震度 6弱の余震が発生した。独立行政法人防災科学技術 研究所が、K-NET/274地点、KiK-net/253地点 (合計527地点)の収集データを基に作成した最大 加速度、最大速度の分布図を図2.1-29、図2.1-30に 示す。





図2.1-30

強震観測網により観測された最大速度分布¹⁾ (福島県中通りを震源とする余震)



観測された最大の加速度は、表2.1-8のとおり KiK-net平田(福島県石川郡平田村)の504galで あった。

表2.1-8 福島県中通りを震源とする余震における最大 加速度の上位10観測点¹⁾

	観測点名 (所在地)	PGA (gal)
1	KiK-net平田(福島県石川郡平田村)	504
2	K-NET勿来(福島県いわき市)	490
3	K-NET白河(福島県白河市)	405
4	KiK-net大子(茨城県久慈郡大子町)	401
5	KiK-net高萩(茨城県高萩市)	387
6	K-NET日立(茨城県日立市)	336
7	KiK-net都路(福島県田村市)	332
8	K-NET古殿(福島県石川郡古殿町)	323
9	K-NET船引(福島県田村市)	298
10	K-NET飯舘(福島県相馬郡飯舘村)	280

独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ「強震観測網(K-NET, KiK-net)」より検索 http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/(平成25年1月21日参照)

3 余震の震源メカニズム

図2.1-31に、本震及び平成23年4月11日までに 発生したマグニチュード7クラスの余震を模式的に 示す。①②③は本震及び本震の直後に震源域の北端 と南端で発生した2つの余震を示しており、これら はプレート境界の低角逆断層型である。日本海溝の 外側で発生した④の余震は、海側プレートの沈み込 みによって海溝外側に伸張力が働いたと考えられて いる正断層型地震である。⑤の余震は、沈み込んだ 海側プレートの深部に圧縮力が働き、逆断層として 応力を開放させたプレート内地震である。⑥の余震 は、陸側のプレートが東西に大きく伸ばされたこと による正断層型地震である。



2.1.4 > 余震域外で発生した地震

今回の地震は、大きな地殻変動による歪み変化が 周辺に及んだと考えられ、広域にわたって誘発地震 が発生した。表2.1-9に示すとおり、平成23年3月 12日3時59分、長野県北部(北緯36度59分、東経 138度36分)を震源としてマグニチュード6.3の地 震が発生した。また、平成23年3月15日22時31分、 静岡県東部(北緯35度19分、東経138度43分)を 震源としてマグニチュード6.0の地震が発生した。 平成24年1月28日7時43分には山梨県東部・富士 五湖でマグニチュード5.2、平成24年2月8日21時 01分には佐渡付近でマグニチュード5.4の地震が発 生した。

図2.1-32は、東日本大震災以降、平成24年2月ま でに余震域外で発生した地震を示したものである。

表2.1-9

余震域外で発生したマグニチュード6.0以上または震度5弱以上を観測した地震の一覧表²⁾

地震の発生日時	震央地名	マグニチュード	深さ(km)	最大震度
平成23年3月11日15時8分	静岡県伊豆地方(注1)	—	6	5弱
平成23年3月12日3時59分	長野県北部(注2)	6.3	8	6強
平成23年3月12日4時31分	長野県北部(注2)	5.6	1	6弱
平成23年3月12日4時46分	秋田県沖	6.2	24	4
平成23年3月12日5時42分	長野県北部(注2)	—	4	6弱
平成23年3月12日23時34分	長野県北部(注2)	—	5	5弱
平成23年3月15日22時31分	静岡県東部	6.0	14	6強
平成23年3月24日8時56分	茨城県南部	4.8	52	5弱
平成23年4月1日19時49分	秋田県内陸北部	4.9	12	5強
平成23年4月2日16時55分	茨城県南部	4.7	54	5弱
平成23年4月12日7時26分	長野県北部	5.4	ごく浅い	5弱
平成23年4月16日11時19分	茨城県南部	5.8	79	5強
平成23年4月17日0時56分	新潟県中越地方 (注2)	4.8	8	5弱
平成23年4月19日4時14分	秋田県内陸南部	4.7	б	5弱
平成23年6月2日11時33分	新潟県中越地方 ^(注2)	4.6	б	5強
平成23年6月30日8時16分	長野県中部	5.0	4	5強
平成23年7月15日21時1分	茨城県南部	5.5	66	5弱
平成24年1月28日7時43分	山梨県東部·富士五湖	5.2	18	5弱
平成24年2月8日21時1分	佐渡付近	5.4	14	5強

【凡例】 震度7 震度6強 震度6弱 震度5強 震度5弱 震度4

毎月の地震活動及び火山活動についての報道発表や地震・火山月報(防災編)等では、

(注1)「箱根付近」として資料を作成した。

2)気象庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第63報)を基に作成

⁽注2)「長野県・新潟県境付近」として資料を作成した。

¹⁾ 独立行政法人防災科学技術研究所 防災科学技術研究所主要災害調査 第48号2012年3月「2011 年東北地方太平洋沖地震の概要」(岡田義光、2012) http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_natural_disaster/pdf/48/48-01.pdf(平成25年1月21日参照)

図2.1-32 余震域外で発生した主な地震¹⁾



国土地理院によると、平成23年3月12日3時59 分に発生した長野県北部の地震により、電子基準点 (GPS連続観測点)「松之山」(新潟県十日町市)で北 東方向へ約39cmの地殻変動と約23cmの隆起、ま た、「安塚」(新潟県上越市)で南東方向へ約7cmの 地殻変動があったと報告されている²⁾。 また、この地震によって最大震度6強の地震動が 観測された。独立行政法人防災科学技術研究所が、 K-NET/303地点、KiK-net/251地点(合計554地 点)の収集データを基に作成した最大加速度、最大 速度の分布図を図2.1-33、図2.1-34に示す。

 1)気象庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第63報) http://www.jma.go.jp/jma/press/1203/08b/201203081600.html(平成25年1月21日参照)
2)国土地理院ホームページ

http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi_naganohokubu.html(平成25年1月21日参照)

図2.1-33 強震観測網により観測された最大加速度分布¹⁾ (長野県北部を震源とする余震)

観測された最大の加速度は、表2.1-10のとおり長 野県北部を震源とする地震におけるK-NET津南 (新潟県中魚沼郡津南町)の804galであった。

表2.1-10 長野県北部を震源とする地震における最大加 速度の上位10観測点¹⁾

	観測点名(所在地)	(gal)
1	K-NET津南(新潟県中魚沼郡津南町)	804
2	KiK-net野沢温泉(長野県下高井郡野沢温泉村)	409
3	KiK-net塩沢(新潟県南魚沼市)	374
4	K-NET安塚(新潟県上越市)	344
5	K-NET十日町(新潟県十日町市)	308
6	KiK-net川西(新潟県十日町市)	246
7	KiK-net加茂(新潟県加茂市)	216
8	K-NET水上(群馬県利根郡みなかみ町)	190
9	K-NET草津(群馬県吾妻郡草津町)	174
10	KiK-net湯沢(新潟県南魚沼郡湯沢町)	167

強震観測網により観測された最大速度分布¹⁾ (長野県北部を震源とする余震)

