

日本海における大規模地震に関する調査検討会
海底断層ワーキンググループ
報告書
(案)

平成 26 年 8 月

日本海における大規模地震に関する調査検討会
海底断層ワーキンググループ

目次

1. はじめに	1
2. 津波断層モデルの位置・長さ・走向の設定	1
(1) 検討に使用したデータ	1
(2) 検討方法	1
(3) 検討結果	2
1) 佐渡沖以東	2
2) 佐渡沖以西	3
3. その他のパラメータ	14
(1) 傾斜角	14
(2) 断層下端の深さ（地震発生層の厚さ）	14
(3) すべり角	16
4. 今後の課題	16
5. おわりに	17

1. はじめに

平成 25 年 8 月 26 日、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」(第 4 回)において、日本海側で想定される津波発生の要因となる大規模な地震の津波断層モデルの設定を行うため、想定する海底の断層位置や断層長等を専門的な見地から検討する海底断層ワーキンググループ(主査 岡村 行信(独)産業技術総合研究所活断層・火山研究部門首席研究員)以下、本WGという)が設置された。

本WGでは、計 6 回の検討を重ねて、津波断層パラメータのうち、位置・長さ・走向・傾斜角・断層下端の深さ・すべり角について、とりまとめたので報告する。

2. 津波断層モデルの位置・長さ・走向の設定

(1) 検討に使用したデータ

今回の検討では、以下の 3 機関が保有する既存の反射断面のデータを利用した。測線図を図 1-1、図 1-2 に示す。

- ・独立行政法人 産業技術総合研究所 反射断面
- ・独立行政法人 海洋研究開発機構 反射断面
- ・独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 反射断面

なお、これらのデータによる断層の認定においては、一部認定が困難な地域があることに留意が必要である(図 2-1~図 2-4)。

- ・奥尻島の西側については、調査は実施されているが、北海道南西沖地震後に広域的な斜面崩壊が多数観察されており、この周辺は堆積物が保存されにくく断層や褶曲(しゅうきょく)構造の推定ができない。
- ・富山湾沿岸においては、調査は実施されているが、地形及び地質条件によって、断層の認定が困難な地域がある。
- ・島根半島沖については、35 年以上前に取得されたデータが中心で、断層の認定が困難である。
- ・沖合海域では、反射断面データの密度が低下する。

(2) 検討方法

- ・検討は、佐渡沖以東と佐渡沖以西に分けて行った。

- ・まず、測線数が最も多い産業技術総合研究所の反射断面の解釈に基づいて海底の断層トレースを設定した。
- ・海洋研究開発機構等の反射断面でも断層の解釈を行い、上記の断層トレースと比較して断層の有無や傾斜方向を確認し、必要に応じて追加・修正した。
- ・島根半島沖については、上記以外のデータとして中国電力による探査データに基づく活断層評価があることから、今回の検討では現時点の評価結果を参照することとした。
- ・また、解釈した各断層を地質構造と当該地域で発生した地震発生メカニズムに基づいて逆断層と横ずれ断層に区分し、逆断層については、西傾斜・東傾斜に分類した。
- ・最大規模の津波想定のための津波断層モデルを設定することを念頭に、同時に破壊すると考えられる約 40km 以上の長さの断層帯を選定（グルーピング）した。
- ・グルーピングは、断層離隔距離だけでなく、断層面の傾斜方向や関連する地質構造も考慮して判断した。
- ・一連の断層帯と評価しても、複数のセグメントからなると判断した場合には、境界に点線を入れた。

（3）検討結果

今回の検討において断層の評価に利用した反射断面図の例を図3-1～図3-4に示す。またこれらをもとに設定した海底断層のトレースを図4に、グルーピングに基づく津波断層モデルの海底における位置・長さ・走向を図5～図7に示す。なお、本WGでは検討順に津波断層モデルの番号を付与し、本報告書もその番号を用いているが、検討会の最終報告では、全ての津波断層モデルの番号を北から順番につけ直している。二つの番号の対照は表1、表2に示す。また、今回の検討において参考とした資料については、巻末の参考文献1)～34)に示す。

1) 佐渡沖以東

佐渡沖以東では、1983年日本海中部地震、1964年新潟地震の震源断層を含む32の断層帯を選定した（E01～E32）。

このうち、秋田県沖から山形県沖にかけてのE05とE09、松前半

島沖から秋田県沖にかけての E13 と E15 については、連動を考慮する必要があるとした。

また、北海道北西沖の E31、E32 は、今回使用した反射断面データの範囲外につながるため、それらの北端はモネロン島付近（1971年地震の震源域南端）まで延長することとした。

なお、2.(1) で述べた通り、奥尻島の西方海域は反射断面データによる断層の設定が難しいため、本WGでは北海道南西沖地震の震源断層に相当する海底断層は設定できなかった。一方で、地域における最大クラスの津波想定として北海道南西沖地震に相当する津波断層モデルが必要となることが考えられることから、本検討会において1993年北海道南西沖地震の地震津波観測データに基づく既存研究による震源断層モデル参考に、奥尻島付近の津波高等を再現する津波断層モデルを設定することとした。

グルーピングに基づく各津波断層モデルの種別やグルーピングにあたっての特記事項等を表1に示す。

2) 佐渡沖以西

佐渡沖以西では、22の断層帯を選定した(W01～W22)。

佐渡島から富山湾周辺では落差の大きな崖が発達しており、地質構造から断層トレースを設定し、グルーピングした(W01～W05、W8)。

能登半島周辺から若狭湾付近までは、変位量が小さく、短い逆断層が発達している(W06、W07、W09～W15)。

若狭湾から九州北部沖までの海域では、累積変位量が小さい断層が多く反射断面上で見えにくくなるが、陸上の活断層の海域延長部で認められる構造を参考に、海底直下の地層に達する変位に基づき、東西方向及び北西-南東方向の断層トレースを設定し、グルーピングした(W16～W22)。

島根半島北方沖には解像度が十分な反射データが無い(図3、図9)ため、中国電力の断層線の現時点の評価結果を参照し、鳥取県沖西部(S01)と島根半島沖(S02)の2断層を追加した。S01はW18の西側の延長部とした(図10)。

グルーピングに基づく各津波断層モデルの種別やグルーピングにあたっての特記事項等を表2に示す。

表 1 : 今回設定した海底断層の評価内容（佐渡島以東）

WG 断層 番号	【参考】 本検討会報 告で用いた 断層番号	海底地形や過去地震と の対応等	断層種別	グルーピングにあたっての特記事項	留意点等
E01	F34	1964年新潟地震の震源断層と庄内平野沖の隆起帯を形成した断層をつなげた断層。	逆断層 西傾斜	構造的には中間部のやや北側で規模が小さくなるが、全体として背斜構造はつながると判断した。 水深が浅いので、不明瞭な部分がある。西側にも断層があるが、短く、津波への影響が大きくないため含めない。 海底のトレースが中央付近で折れ曲がるケースも考えられるが、津波への影響を評価し差異がないため海底トレースは直線に設定した。	南部は当面動く可能性は低い。
E02	F35	大佐渡の北方延長に相当する隆起帯を形成した断層。	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E03	F36	瓢箪礁（ひょうたんぐり）を隆起させた断層。	逆断層 東傾斜	瓢箪礁南部では東縁に西傾斜、北部は西縁に東傾斜の断層が認められる。両者は深部で近づく関係にあり、全体として一連の隆起地形を形成することから一つにグルーピングした。	
E04	F37	越路礁に対応する断層。	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E05	F32	飛島南方から鳥海礁に至る断層（帯）。	逆断層 西傾斜	堆積層が厚く十分にイメージングできないため解釈が難しい領域。 構造的には飛島海盆の隆起帯と鳥海礁の隆起帯が分かれるが、それら	中央で折れ曲がって

	E09 との連動は F30	E09 と連動を考慮する。		をつなぐ断層があることから、一つにまとめた。 E02 の断層と接するが、接合部では走向が大きく異なることから、連動しないと判断。 E05 の北部と E09 は西傾斜となっており、連動を考慮する。	るところで分けることも考えられる。
E06	F33	鎌礁を中心とする断層。	逆断層 西傾斜	E02 の断層とはほぼ接するが、接合部では走向が大きく異なることから、連動しないと判断。 地形からはっきりしている部分を断層とした。	
E07	F27	最上堆を中心とする断層（帯）。	逆断層 西傾斜	北部で分岐して構造が複雑になる。最も長い部分を採用。	
E08	F28	弥彦堆から北に発達する小断層を一つにまとめた断層。	逆断層 西傾斜	小さく分かれている断層であるが、近接しており、よく似た構造を持つことから、分割は難しいとし一括。	
E09	F31	秋田平野のリフト西縁に沿って発達する断層。 E05 との連動を考慮する。	逆断層 西傾斜	堆積層が厚く十分にイメージングできないため解釈が難しい領域。 E05 の北部と E09 は、断層の走向と隆起量が変化しているが、共に西傾斜となっており連動を考慮。	
E10	F26	男鹿堆など南北に並ぶ隆起帯を一括した断層。	逆断層 西傾斜	北東-南西方向の断層が雁行しているが、全体として南北方向の隆起帯を形成することから一括。	
E11	F29	佐渡海嶺西縁の断層。	逆断層 東傾斜	複数の断層が併走するが、最も長い断層を採用。	

E12	F25	佐渡海嶺西縁の断層。	逆断層 西傾斜	E11 に近いが、傾斜方向が逆なので地下では断層面は遠ざかることから、一連とはしない。	
E13	F23 E15 との連動は F20	男鹿半島北方から津軽西方沖まで延びる断層。 E15 との連動を考慮する。	逆断層 西傾斜	堆積層が厚く十分にイメージングできないため解釈が難しい領域。平行する断層が2～3列あるが、それら全体を包含する規模とした。E13 は西傾斜、E15 は東傾斜と解釈しているが、西傾斜との解釈も可能である。このため隣接した西傾斜の E13 との連動を考慮。	
E14	F24	1983 年日本海中部地震の震源断層に対応すると考えられる断層。	逆断層 東傾斜	地質構造からは南部と北部の連続性が不明瞭。	当面動く可能性は低い。
E15	東傾斜 F21 西傾斜 F22	津軽海峡西方沖の奥尻海嶺を形成したと考えられる断層。 E13 との連動を考慮する。	逆断層 東傾斜	堆積層が厚く十分にイメージングできないため解釈が難しい領域。E15 は東傾斜と解釈しているが、西傾斜との解釈も可能である。このため隣接した西傾斜の E13 との連動を考慮。	
E16	F19	松前海台の西縁を限る断層。	逆断層 東傾斜	測線数が少ないため連続性や両端位置の精度が悪い。同じ走向の断層が南側に発達するが、距離が離れており、また、この断層より規模が小さいため考慮していない。	
E17	F18	松前半島西岸沖の斜面基部に発達する東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	渡島小島を越えて、津軽半島西方沖までよく似た構造を持つ崖が発達することから、一連の断層と判断した。	渡島小島で南部と北部に分かれる可能性がある

					る。
E18	F17	奥尻島から津軽海峡西方沖まで連続する東傾斜の逆断層。	逆断層 東傾斜	北端は奥尻島の西側まで、南端は大島を超えた南側まで東傾斜の断層が続くことから伸ばした。 北端位置は不明瞭で、1993年の震源域と重複するが、奥尻島の段丘を説明するために延長。	渡島大島で南部と北部に分かれる可能性がある。
E19	F16	松前海台北方の東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	明瞭であるが、測線密度が北部で不十分。	
E20	F15	奥尻島北方の西傾斜の断層。(1993年北海道南西沖地震の震源断層と連続するが未破壊)	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E21	F12	黒松内低地帯の北方延長付近に形成された西傾斜の断層。	逆断層 西傾斜	断続的な褶曲が認められることから一連と判断した。	
E22	F11	積丹半島西方沖の西傾斜の断層。(1993年北海道南西沖地震の震源断層と連続するが未破壊)	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E23	F10	1993年地震の北側に連続する西傾斜の断層。	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	

E24	F09	奥尻海嶺北端の東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E25	F07	積丹半島北方沖の西傾斜の断層。	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。中部で大きく屈曲するが、褶曲構造が連続的であるので、一連と判断。	
E26	F08	E25 の西側の積丹半島北方沖の西傾斜の断層。	逆断層 西傾斜	走向の変化も大きい複数の断層からなり、断続的。連動の可能性は否定できないため一括。	
E27	F06	忍路海山を形成した西傾斜の断層（1940年積丹半島沖地震の震源断層）。	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	当面動く可能性は低い。
E28	F03	礼文島南西沖の東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E29	F04	武蔵堆北西縁の東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	地層の変形を伴う斜面。	
E30	F05	忍路海山北側の東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
E31	F01	サロベツ断層帯の北方延長の断層。	逆断層 東傾斜	北端は、地震調査委員会による日本海東縁部の地震活動の長期評価における北海道西方沖の北方境界の考え方と同様に、1971年9月6日のサハリン西方沖で発生した地震（M6.9）の震源域の南端付近まで伸ばしている。 南端は、サロベツ断層帯の南端まで伸ばしている。	

E32	F02	礼文島西側斜面基部の東傾斜の断層。	逆断層 東傾斜	北端は、地震調査委員会による日本海東縁部の地震活動の長期評価における北海道西方沖の北方境界の考え方と同様に、1971年9月6日のサハリン西方沖で発生した地震（M6.9）の震源域の南端付近まで伸ばしている。	
-----	-----	-------------------	------------	--	--

表 2 : 今回設定した海底断層の評価内容 (佐渡島以西)

WG 断層 番号	【参考】本 検討会報告 で用いた断 層番号	説明 (過去地震や海底 地形との対応など)	断層種別	グルーピングの根拠・考え方	留意事項
W01	F38	佐渡島南東側の断層。	逆断層 西傾斜	北端は、産業技術政策総合研究所の反射断面で最近の活動を否定できると判断できる範囲まで延長。	
W02	F40	佐渡島南方沖佐渡堆を隆起させた断層。	逆断層 東傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
W03	F41	高田沖から親不知沖の断層。	逆断層 東傾斜	糸魚川沖で切れているように見えるが、谷地形の影響などで見えにくくなっていると判断。魚津断層の北端付近では、走向が東西に変化し、横ずれ断層となることから、連動しないと判断。	
W04	F42	佐渡島西方沖の断層。	逆断層 東傾斜	佐渡島西側の急斜面と断層が一致する範囲。 西傾斜と解釈したE3南部とは逆傾斜となっており、断層深部で遠ざかる関係で、背斜構造も一連でないため、連動しないと判断。	
W05	F39	富山トラフ西縁の断層。	逆断層 西傾斜	明瞭で連続的な断層崖を伴う。	
W06	F44	舢倉島 (へぐらじま) を隆起させた断層。	逆断層 西傾斜	活動時期が不明であるが、活断層であることを否定できない。	新しい地層がほとんど無く古い断層である可能性もあ

					る。
W07	F43	能登半島北岸に沿った断層。	逆断層 東傾斜	沿岸の詳しい活断層調査で正確なトレースが確認されている。	
W08	F45	富山湾の断層。	逆断層 西傾斜	規模の大きな崖を伴うが、富山トラフの堆積物に覆われ断層の連続範囲がわかりにくい。	東の崖（東西走向）は、本検討に用いたデータからは活断層と判断することは難しい。評価には、今後の調査研究の進展が必要。
W09	F46	羽咋沖の断層。	逆断層 西傾斜	地形では不明瞭であるが、海底直下の地層まで変形が確認できる。	
W10	F47	W09 の更に西方沖の断層。	逆断層 南東傾斜	地形では不明瞭であるが、海底直下の地層まで変形が確認できる。	
W11	F48	隠岐トラフ東縁付近の急斜面に対応する断層。	逆断層 南東傾斜	活断層か判断が難しいが、南傾斜の逆断層を想定。走向からは横ずれも考えられる。	

W12	F49	隠岐トラフ南東側斜面に対応する断層。	逆断層 南東傾斜	東端について、福井県の委員会の評価と同様。途中で断層がずれている箇所があるが、反射断面からも一連として評価。	
W13	F50	福井沖の逆断層。	逆断層 東傾斜	地形では不明瞭であるが、海底直下まで変形が確認できる。	
W14	F51	ゲンタツ瀬を隆起させた逆断層。	逆断層 西傾斜	地形的隆起帯が認められ、海底直下まで変形が確認できる。	
W15	F52	甲楽城断層及びその北方延長部の断層。	逆断層 東傾斜	最近の産総研調査結果で、ゲンタツ瀬付近まで伸びていることが判明。陸域の断層と連動するか分からないことから、海域まで繋いでいる。	
W16	F53	小浜湾沖の南西側隆起を伴う断層。	横ずれ断層	変位量は小さいが、関西電力による調査でも確認されている。	
W17	F54	1927年北丹後地震をおこした郷村断層の北方延長部の断層。	横ずれ断層	変位量は小さいが、産業技術総合研究所による海底活断層調査が実施されている。	
W18	F55	鳥取沖の断層。	横ずれ断層	断続的であるが連続してわずかな変形が続いている 西端は、参照した中国電力の現時点での評価結果 S1 とつながる。	
W19	F57	島根県沖の断層。	横ずれ断層	東端は中国電力が評価した断層とはつながっていないと判断。	
W20	F58	山口県沖の断層。	横ずれ断層	地形では不明瞭であるが、海底直下の地層まで変形が確認できる。複数の断続的な断層が並走するが、地下で断層がつながっている可能性があるかと判断した。	
W21	F59	菊川断層及び北方延長部の断層。	横ずれ断層	上下変位量は小さいが、産業技術総合研究所による海底活断層調査が実施されている。	
W22	F60	西山断層及び北方延	横ずれ断層	上下変位量は小さいが、産業技術総合研究所による海底活断層調査が	

		長部の断層。		実施されている。	
S01	F55 の一部	鳥取県沖の断層。	横ずれ断層	データが無いため、中国電力の現時点での評価結果を参照。W18 の西側とつながる。	
S02	F56	島根半島沖の断層。	横ずれ断層	データが無いため、中国電力の現時点での評価結果を参照。	

3. その他のパラメータ

上記で設定した海底における津波断層モデルの位置・長さ・走向に基づき、平成 25 年度日本海地震・津波調査プロジェクトの調査結果を利用して傾斜角、断層下端の深さ、すべり角の設定を行った（図 11）。

(1) 傾斜角

断層面の傾斜角については、一部を除いて反射断面の解釈から直接決めることはできなかった。そのため、断層の種別と形成場のテクトニクスを考慮し、ほぼ垂直に近いものを 90° 、 45° より高角なものは 60° 、 45° より低角なものは 30° 、 45° 前後のものあるいは傾斜角が不明なものは 45° に区分した。

傾斜角を 30° とした断層は、日高中軸帯の北方延長である北海道の天北沖の断層や 1983 年日本海中部地震の震源域の断層など 5 断層 (E14、E16、E19、E24、E31) である。東北日本沖の活断層は、日本海形成時に活動した正断層が、逆断層として反転したものが多い。また正断層は地殻の伸展変形の進行に伴って、回転した結果、 45° 前後の傾斜を示すものが多い。これに対して、西南日本沖の断層群は正断層として形成されたものの、伸展による回転が少なく 60° 前後の角度を示すものが多く、10 断層 (W09～W15、W18、W19、S02) について 60° に設定した。九州沖の北西-南東方向の断層など 5 断層 (W16、W17、W20～W22) について 90° に設定した。

(2) 断層下端の深さ（地震発生層の厚さ）

地震調査研究推進本部の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」(2009)³⁶⁾では、断層下端の深さは微小地震の震源分布から地震発生層の厚さを求めることとしている。

海域の場合、海域の地震を陸側の観測網で観測しているため、震源の決定精度が悪く、また、山陰沖などの地域では、地震活動が低調であり、地震発生層を微小地震によって求めることは難しい。また、地震発生層のレオロジーⁱ⁾的な推定において、地震波トモグラフィⁱⁱ⁾による P 波速度、S 波速度から構成岩石を推定する場合は、海域のトモグラムの高い解像度が課題となる。断層下端の深さの推定にあたっては、平成 25 年度日本海地震・津波調査プロジェクト

i) レオロジー：物質の流動と変形に関する科学。地下深部での高温高压下での流動や変形に関する岩石の振る舞いを指す。³⁷⁾

ii) 地震波トモグラフィ：地震波により、地下の二次元又は三次元構造を求める手法。地震波速度や減衰構造の推定によく用いられる。医学分野における X 線や超音波で身体ⁱⁱ⁾の二次元断面を求める手法に類似した原理に基づいている。トモグラフィにより求められる二次元又は三次元構造データをトモグラムという。³⁸⁾

では、速度構造や、水深、構造的な変形特性から地殻をいくつかのタイプに区分し、それらのレオロジー特性を中心に、地震観測のとりまとめの成果も参考に地震発生層の深さを推定しており、断層下端の深さの推定にはこのプロジェクトの成果を活用した。

日本海東縁の地殻構造については、「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」プロジェクトで実施した地殻構造調査によって新しい知見が得られている³⁹⁾。こうした資料と海底地形・地質学的な知見をもとに、暫定的に日本海周辺の地殻構造を大陸地殻・背弧リフト・厚い海洋地殻・海洋地殻の4つの地域に区分した(図12)。それぞれ異なる岩石から構成される地殻のレオロジー特性について、温度構造・ひずみ速度・構成岩石・形成年代などを仮定し、圧縮強度プロファイルを作成し、脆性(ぜいせい)ⁱⁱⁱ・延性領域の深度を求めた⁴⁰⁾。

地震発生層の厚さが異なる地殻ブロックに形成された断層の脆性-延性領域の深度は、両者のブロックの浅い側の脆性-延性領域に支配されると推定される(図13)。こうした観点から、海洋地殻と厚い海洋地殻境界の断層の地震発生層の深さは、海面から18 km(もしくは約25 km)、厚い海洋地殻と大陸地殻の境界部の断層の地震発生層の厚さは15 kmとした。同様に背弧リフトの苦鉄質な地殻と珪長質な大陸地殻の境界部の断層の地震発生層の厚さは、大陸地殻と同様の15 kmとなる。但し、図13、図14での苦鉄質な地殻上部の脆性層を切るような断層の場合は、背弧リフトの地震発生層の厚さ同様、18 kmと深いものとなる。

今回設定した断層のうち、海洋地殻と大陸地殻境界に位置する6断層(E12、E14、E18、E22~E24)は下端の深さを18 kmとした。

海洋地殻と厚い海洋性地殻の境界に位置する2断層(E16、E19)は、18 kmもしくは25 kmとなるが、津波への影響についてそれぞれ評価を行い、両者に差異が無いことから、断層パラメータとしては、18 kmを採用することとした。

その他の断層は全て15 kmと設定した。

ⁱⁱⁱ 脆性：固体の物体が力を受けたときに、あまり変形しないうちに破壊する性質のこと。固体の物体の変形には、力を取り除くと元の形に戻る弾性変形と、力を取り去っても変形したままの形を保つ塑性変形とがある。塑性変形をほとんど生じないで破壊する場合を脆性(ぜいせい)破壊という。³⁷⁾

(3) すべり角

すべり角の推定には、断層すべりの直接的な証拠である条線が、断層露頭で確認される場合には用いることができるが、海域断層の場合、海底での断層露頭の確認は、ほとんど不可能である。このため、今回の検討では、すべり方向は、断層面上の最大せん断応力^{iv}方向と一致するという仮定に基づき、すべり角を推定することにした⁴¹⁾。

解析に使用する断層の走向及び傾斜角データには、前述の断層パラメータを用い、応力場^vのデータには、セントロイドモーメントテンソル(CMT)解データに基づいて推定した日本島弧全域三次元構造応力場 (Terakawa and Matsu'ura(2010))⁴²⁾のデータを用いた (図 15)。ただし、E16、E19 については領域外にあるため、地震調査研究推進本部 (2003) による日本海東縁部の震源断層面の平均的なずれの向き (N80° W) を用いることとした。

その結果、東北地方から北海道地方の沿岸にかけては、90° に近い断層すべり角を示す。一方、能登半島より、西側では断層すべり角が 0° 付近もしくは ±180° 付近に集中している (図 16)。

東北地方から北海道地方での応力場のデータは、東西方向もしくは北西-南東方向に σ_1 軸 (最大圧縮軸)、上下方向に σ_3 軸 (最小圧縮軸) を持っており、与えられた断層パラメータの断層走向が南北に近いものが多いので、断層すべり角が 90° に近い逆断層傾向を示すと考えられる。一方、能登半島以西は、東西方向に σ_1 軸を持ち、南北方向に σ_3 軸を持っており、断層走向が北東-南西方向、もしくはそれに共役の北西-南東方向のものが多いため、断層すべり角が 0° 付近もしくは ±180° 付近に集中する横ずれ断層型が多くなると考えられる。

4. 今後の課題

今回の津波断層モデルの設定において明らかになった課題を以下に挙げる。

- ・断層面の傾斜角については、一部を除いて反射断面の解釈から直接決めることはできなかった。また、大規模な断層でも、深部の傾斜方向を確定できない断層がいくつかある。その場合、隆起帯を挟んで傾斜方向が逆の二通りの断層を想定した。

^{iv} 応力：物体内部での力の掛かり具合を示す、物体内部に考えた仮想的な面を通して及ぼされる単位面積当たりの力。震源域の応力が破壊強度より高くなったときに地震が発生すると考えられている。³⁷⁾

^v 応力場：物体内部の応力の向きや大きさの状態を応力場という。³⁷⁾

- 地震発生層のレオロジー的な推定において、地震波トモグラフィによるP波速度、S波速度から構成岩石を推定する場合は、海域のトモグラムの高い解像度が課題となる。
- 奥尻島の西側については、浅部の調査は実施されているが、北海道南西沖地震後に広域的な斜面崩壊が多数観察されるなど、この周辺は堆積物が保存されにくく断層や褶曲構造の推定が困難な領域である。このため、より深部までの構造を解明できるような調査が必要。
- 富山湾の断層の東の崖（東西走向）は、本検討に用いたデータからは活断層と判断することは難しい。評価には、今後の調査研究の進展が必要。
- 山陰沖の活断層は横ずれ成分が卓越していること、また新規堆積物の被覆がほとんどないことから、既存の反射断面では、確実に検出できていない可能性がある。
- 海岸から100～200km以上離れた海域では、反射探査測線が少なくなるが、断層の密度も低下するように見える。
- 断層の活動時期及び活動頻度に関しては、十分なデータが得られていない。
- 火山噴火及び海底地すべりによって発生する津波については検討できていない。

5. おわりに

今回報告した内容は、現時点における反射断面等のデータや研究成果に基づき設定したものである。今後、日本海地震・津波調査プロジェクト等による新たな知見等の蓄積が期待される。これらを踏まえて検証し、必要に応じて修正していくべきものである。

参考文献

[日本海全体の海底断層]

- 1) 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壮・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎 (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, 13, 27-53.

[日本海東縁全体]

- 2) 岡村行信・倉本真一・佐藤幹夫 (1998) : 日本海東縁海域の活構造およびその地震との関係, 地質調査所月報, 49, 1-18.
- 3) 岡村行信 (2000) : 日本海東縁のインバージョンテクトニクス, 石油技術協会誌, 65, 140-147.
- 4) 岡村行信 (2010) : 日本海東縁の地質構造と震源断層との関係, 地質学雑誌, 116, 582-591.
- 5) 大竹政和・平朝彦・太田陽子編集 (2003) : 日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会.

[北海道の海底断層]

- 6) 阿部信太郎・内田康人・荒井良祐・岡村行信 (2013) : サロベツ断層海域延長部における活構造の分布・性状と活動について, 活断層・古地震研究報告, no. 13, 39-74.
- 7) 荒井晃作 (2012) : 天売島周辺海底地質図, 海洋地質図シリーズ, No. 75 (CD).
- 8) 荒井晃作 (2013) : 宗谷岬西方海底地質図, 海洋地質図シリーズ, No. 78 (CD).
- 9) 岡野肇, 藤岡換太郎, 田中武男, 竹内章, 倉本真一, 徳山英一, 徐垣, 加藤茂 (1995) : 北海道南西沖地震直後の海底. JAMSTEC深海研究, 11, 379-394.
- 10) Okamura, Y., Satake, K., Ikehara, K., Takeuchi, A., and Arai, K. (2005) : Paleoseismology of deep-sea faults based on marine surveys of the northern Okushiri ridge in the Japan Sea, *Jour. Geophys. Res.*, 110, B09105, doi:10.1029/2004JB003135.
- 11) 岡村行信 (2008) : 石狩湾海底地質図, 海洋地質図シリーズ, No. 67 (CD).

[東北沖日本海の海底断層]

- 12) 井上卓彦・岡村行信 (2011) : 新潟沿岸域20万分の1海底地質図及び説明書, 数値地質図, S-2, 海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」, 産業技術総合研究所.

- 13) 岡村行信、佐藤幹夫、渡辺真人、山本博文 (1992) : 日本海南東縁部のインバージョンテクトニクス, 構造地質, no. 38, 47-58.
- 14) 岡村行信・佐藤幹夫・宮崎純一 (1994) : 新潟沖大陸棚の活構造――特に新潟地震との関係について―― 地震, 第2輯, 46, 413-423.
- 15) 岡村行信・竹内圭史・上嶋正人・佐藤幹夫 (1994) : 20万分の1「佐渡島南方海底地質図及び説明書」, 海洋地質図シリーズ, no. 43, 地質調査所.
- 16) 岡村行信・竹内圭史・上嶋正人・佐藤幹夫 (1995) : 20万分の1「佐渡島北方海底地質図及び説明書」, 海洋地質図シリーズ, no. 46, 地質調査所.
- 17) Okamura, Y., Watanabe, M., Morijiri, R., Satoh, M. (1995): Rifting and basin inversion in the eastern margin of the Japan Sea, *Island Arc*, 4, 166-181.
- 18) 岡村行信・森尻理恵・土谷信之・佐藤幹夫 (1996) : 20万分の1「粟島周辺海底地質図及び説明書」, 海洋地質図シリーズ, no. 47, 地質調査所.
- 19) 岡村行信・森尻理恵・佐藤幹夫 (1996) : 20万分の1「秋田西方海底地質図及び説明書」, 海洋地質図シリーズ, no. 48, 地質調査所.
- 20) 岡村 行信 (2010) : 2007年中越沖地震震源域及び佐渡海盆の活構造, 活断層研究, 33, 15-25.
- 21) 渡辺真人・岡村行信・佐藤幹夫 (1994) : 東北日本沖日本海大陸斜面の珪藻化石と地質構造, 地質調査所月報, 457, 405-436.

[能登半島周辺の海底断層]

- 22) 井上卓彦・岡村行信 (2010) : 能登半島北部周辺20万分の1 海域地質図及び説明書, 数値地質図, S-1, 海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」, 産業技術総合研究所.
- 23) 岡村行信 (2002) : 20万分の1「能登半島東方海底地質図及び説明書」, 海洋地質図シリーズ, no. 59 CD, 産業技術総合研究所.
- 24) 岡村行信 (2007) : 20万分の1「能登半島西方海底地質図及び説明書」, 海洋地質図シリーズ, no. 61 CD, 産業技術総合研究所.
- 25) 杉山雄一・山本博文・村上文敏・宇佐見琢哉・畑山一人・島崎裕行 (2013) : 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部北方延長域(坂井市沖～福井市沖)における活断層の分布と活動性. 活断層・古地震研究報告, no. 13, 145-185.
- 26) 山本博文 (2000) : ゲンタツ瀬海底地質図, 海洋地質図シリーズ, No. 50, 地質調査所.

[山陰地方～九州の海底断層]

- 27) 阿部信太郎・荒井良祐・岡村行信 (2010a) : 菊川断層帯海域延長部における断層分布と活動性について, 活断層・古地震研究報告, no. 10, 81-118.
- 28) 阿部信太郎・荒井良祐・岡村行信 (2010b) : 西山断層帯海域延長部における断層分布と活動性について, 活断層・古地震研究報告, no. 10, 119-148.
- 29) 阿部信太郎・山本博文・荒井良祐 (2012) : 高分解能マルチチャンネル音波探査記録に基づく郷村断層帯海域延長部の断層分布・性状について, 活断層・古地震研究報告, no. 12, 195-240.
- 30) 松本 弾 (2013) : 福岡沿岸域20万分の1海底地質図及び同説明書, 数値地質図, S-3, 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」, 産業技術総合研究所.
- 31) 岡村行信, 井上卓彦, 阿部信太郎 (2014) : 西部山陰及び北部九州沖の第四紀断層, 活断層古地震研究報告, no. 14, 印刷中.
- 32) 玉木賢策・湯浅真人・村上文敏 (1982) 隠岐海峡海底地質図, 海洋地質図, no. 20, 産業技術総合研究所. 山本博文 (1993) : 経ヶ岬沖海底地質図, 海洋地質図シリーズ, No. 40, 地質調査所.
- 33) Yamamoto, H. (1993) : Submarine geology and post-opening tectonic movements in the southern region of the Sea of Japan. *Marine Geol.*, 112, 133-150.
- 34) 山本博文 (1989) : 鳥取沖海底地質図, 海洋地質図シリーズ, No. 35, 地質調査所.

[断層下端の深さ・傾斜角・すべり角関係]

- 35) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について.
- 36) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2009) : 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) (平成21年12月21日改訂) .
- 37) 科学技術・学術審議会 (2013) : 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について (建議) 用語解説.
- 38) 科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会 (2013) : 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成24年度 年次報告 (成果の概要) 用語解説.
- 39) 小平秀一 (2013) : 2-2マルチチャンネル等による海域地殻構造探査. 文部科学省委託研究ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 統括成果報告書, 防災科学技術研究所, 65-72.
- 40) 佐藤比呂志・石山達也・加藤直子・野徹雄・石川正弘・武田哲也・越谷 信・豊島剛志・工藤 健 (2014) : 断層モデルの構築. 平成 25 年度「日本海地震津波調査プロジェクト」成果報告書, 203-216.
- 41) 武田哲也・浅野陽一・汐見 勝彦・松本拓己・木村尚紀・松澤孝紀・上野友岳・木村武志 (2014) : 沿岸域の地震活動の把握. 平成 25 年度「日本海地震津波調査プロジェクト」

成果報告書, 217-232.

- 42) Terakawa, T. and Matsu'ura, M. (2010): The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, *Tectonics*, 29, DOI:10.1029/2009TC002626.

日本海における大規模地震に関する調査検討会
海底断層ワーキング・グループ
委員名簿

氏名	所属・役職名
石山 達也	東京大学 地震研究所 地震予知研究センター・助教
井上 卓彦	独立行政法人産業技術総合研究所 地質情報研究部門・主任研究員
及川 信孝	独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト・調査役
◎岡村 行信	独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門首席研究員
○佐藤 比呂志	東京大学 地震研究所 地震予知研究センター・教授
高橋 成実	独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト システム運用・データ管理グループ・グループリーダー
竹内 章	富山大学大学院理工学研究部・教授
野 徹雄	独立行政法人海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域海洋プレート活動研究プログラムリソスフェア構造解析研究チーム
山本 博文	福井大学教育地域科学部・教授
藤山 秀章	内閣府政策統括官（防災担当）付参事官（調査・企画担当）
森澤 敏哉	文部科学省研究開発局地震・防災研究課長
五道 仁実	国土交通省水管理・国土保全局海岸室長
岩淵 洋	国土交通省海上保安庁海洋情報部海洋調査課長
横田 崇	気象庁東京管区气象台台長 （併任）内閣府政策統括官（防災担当）付

※ 大学等の研究者については五十音順、敬称略（「◎」は主査、「○」は副主査）

海底断層ワーキンググループ

開催履歴

回数	開催日	検討内容
第1回	平成 25 年 9 月 11 日	佐渡島以北の断層の検討
第2回	平成 25 年 10 月 10 日	佐渡島以北の断層の検討
第3回	平成 25 年 11 月 14 日	佐渡島以北の断層の検討
第4回	平成 26 年 12 月 24 日	佐渡島以西の断層の検討 佐渡島以北の断層の検討
第5回	平成 26 年 2 月 4 日	佐渡島以西の断層の検討 佐渡島以北の断層の検討
第6回	平成 26 年 3 月 11 日	佐渡島以西の断層の検討