

第2章 想定波源候補の設定

陸域を含めた津波の遡上解析を実施するにあたり、石川県に影響をもたらす可能性のある想定波源を設定する必要がある。想定波源の検討に当たっては、これまでに石川県の周辺で行われた海底調査や、研究について整理すると共に、東日本大震災を踏まえた新しい知見を取り入れながら石川県に影響があると考えられる波源の設定を行った。また、過去に発生した津波について文献調査等を実施し、石川県に影響があった津波の整理を行っている。

なお、波源の設定にあたっては、石川県津波想定地震検討会を開催し、有識者の意見を取り入れながら検討を進めた。

本章では、石川県津波想定地震検討会での検討結果を踏まえて、想定波源の設定において実施した内容を取りまとめ、記載する。以下に本章での記載事項を列挙した。

2-1 石川県津波想定地震検討会

2-1-1 検討会検討事項

2-2 既存の津波想定及び海底地質調査結果の整理

2-2-1 平成7年度石川県地震被害想定調査

2-2-2 日本海東縁部における既往調査

2-2-3 能登半島周辺部における調査

2-2-4 石川県西方沖における調査

2-2-5 石川県近傍の既往調査結果の整理

2-3 文献調査結果

2-4 想定波源候補の設定

2-4-1 資料収集

2-4-2 地域の設定

2-4-3 想定波源候補の設定について

2-5 断層パラメータの設定

2-5-1 断層モデルの設定

2-5-2 想定波源候補のパラメータ

2-1 石川県津波想定地震検討会

想定波源の設定は、石川県津波想定地震検討会（以下「検討会」という。）を開催し、有識者の指導・助言のもとに検討を行った。

検討会では、有識者として、地震工学、地質学、地震学の専門家に参加いただき、断層設定や津波解析条件などにおいて、科学的知見からご意見をいただいた。また、今後、県内市町が津波ハザードマップ作成することを踏まえ防災上留意すべき事項で、津波浸水想定区域図作成時に配慮すべき事項についてご意見をいただいた。

表 2-1 検討会メンバー

専 門	所 属	氏 名	備 考
地震・津波 (地震工学)	金沢大学名誉教授	北浦 勝	座長
地 震 (地質学)	(独)産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター長	岡村 行信	
地震・津波 (地震工学)	金沢大学理工研究域 環境デザイン学系教授	宮島 昌克	
地 震 (地震学)	金沢大学理工研究域 自然システム学系准教授	平松 良浩	

2-1-1 検討会検討事項

本検討会は3回開催し、各検討会での検討事項の概要は以下のとおりである。

第1回 検討会（平成23年8月24日）

【検討事項】

- ・ 既往の津波調査の整理
→2-2 既存の津波想定及び海底地質調査結果の整理
- ・ 津波波源候補（事務局案）の提示

【結果・意見】

- ・ 既往の活断層調査結果を基に、細かな断層のグルーピングを行い波源候補の設定を行う必要がある。

第2回 検討会（平成23年10月24日）

【検討事項】

- ・ 第1回検討会意見を踏まえた波源候補の設定について
→2-4 想定波源候補の設定
- ・ 断層パラメータの設定について
→2-5 断層パラメータの設定
- ・ 海域解析での津波波源候補の絞込み
→第4章 津波予測シミュレーション^{※1}

【結果・意見】

- ・ 津波波源候補の絞込み
- ・ 断層パラメータの設定

第3回 検討会（平成24年2月26日）

【検討事項】

- ・ これまでの検討により絞込んだ波源についての確認
- ・ 津波遡上解析結果の確認
→第5章 解析結果の出力^{※2}
- ・ 既往津波との比較・検証
→2-3 文献調査結果
→第5章 解析結果の出力^{※3}

※1：P4-16の“4-4 対象波源の絞込み”に記載

※2：P5-1の“5-1 波源別の解析結果の整理”に記載

※3：P5-20の“5-3 既往最大津波との比較”に記載

2-2 既存の津波想定及び海底地質調査結果の整理

津波の想定にあたり、平成7年度石川県地震被害想定調査結果のほか、日本海東縁部、能登半島周辺部、石川県西方沖の地域毎に、これまでに行われた調査結果を整理し、石川県に津波の被害をもたらす恐れのある津波波源の候補を選定する基礎資料とした。

2-2-1 平成7年度 石川県地震被害想定調査

石川県では、阪神淡路大震災の後の平成7年度に石川県地震被害想定調査を実施している。この調査は、石川県において大きな被害を発生させる地震を想定し、それによる被害予測を行ったもので、陸域の地震被害に加え、津波の被害想定についても調査が行われている。

図2-1に平成7年度の想定断層を示す。このうち、津波被害を引き起こす恐れのあるものとして、能登半島東方沖と能登半島北方沖の断層が検討され、石川県に最も大きな津波被害をもたらす能登半島東方沖を津波被害想定の対象波源として設定している。

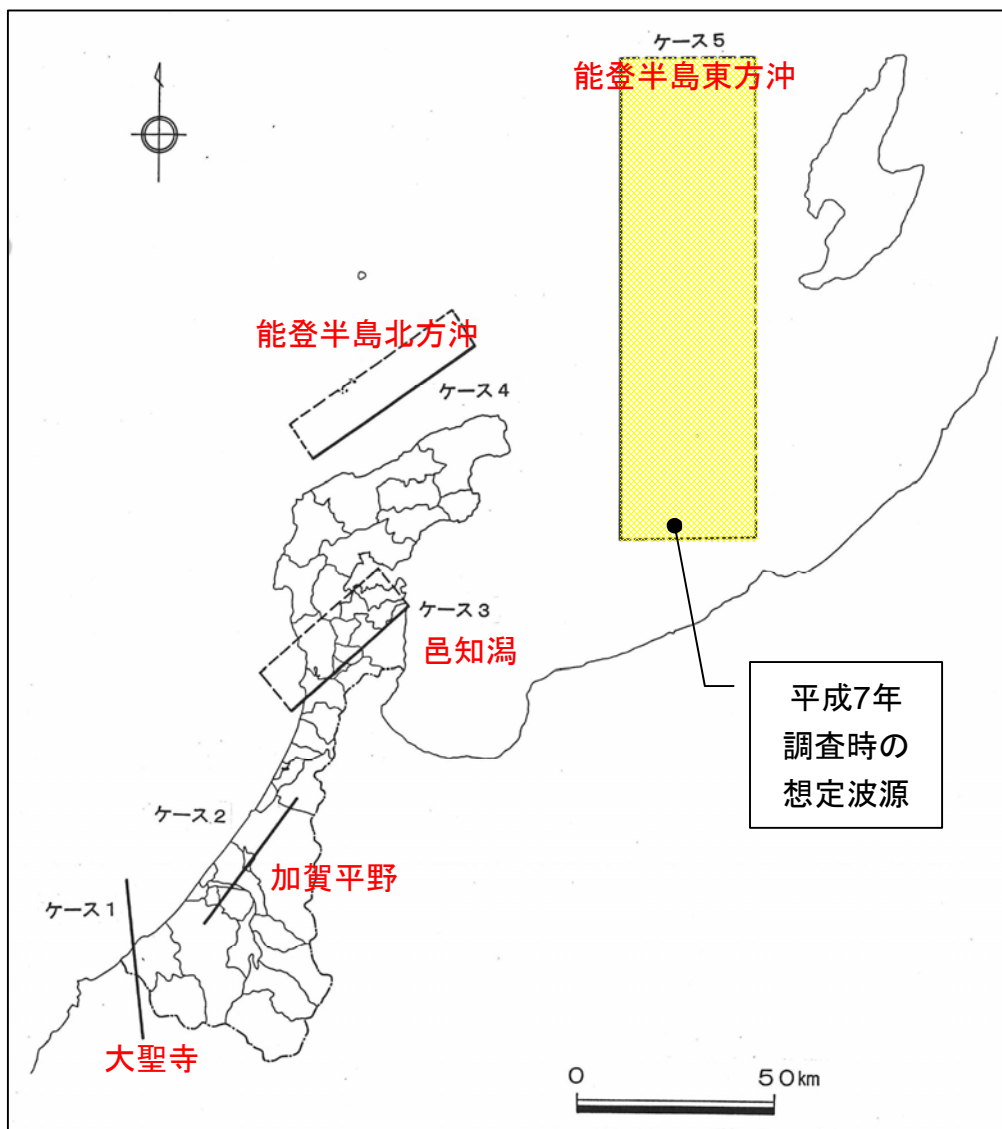


図2-1 石川県に影響がある断層位置図 平成7年度石川県

「H7 石川県地震被害想定調査 報告書 H7/石川県総務部消防防災課」に加筆

表 2-2 石川県に影響がある断層の諸元

想定地震	震源断層規模	想定震源域付近の過去の地震	予測事項
ケース 1 大聖寺の地震	長さ：40km 幅：20km 傾き：鉛直	1640年(M6.3~6.8)：大聖寺 1930年(M5.3,M6.3)：大聖寺 1948年(M7.1)：福井地震 1952年(M6.5)：大聖寺沖地震	揺れ 液状化危険度
ケース 2 加賀平野の地震	M7.0	1725年(M6.0)：小松 1799年(M6.0)：金沢地震 1815年(M6.0)：小松	
ケース 3 邑知瀧の地震	長さ：40km 幅：20km 傾き：40度 M7.0	1892年(M6.3,M6.4)：志賀町、富来町 1933年(M6.0)：中島町	
ケース 4 能登半島北方沖の地震	長さ：50km 幅：16km 傾き：60度 M7.0	1729年(M6.6~7.0)：輪島 1896年(M5.7)：珠洲 1993年(M6.6)：能登半島沖地震	
ケース 5 能登半島東方沖の地震	長さ：120km 幅：45km 傾き：40度 M7.8	1964年(M7.5)：新潟地震 1983年(M7.7)：日本海中部地震 1993年(M7.8)：北海道南西沖地震	

「平成7年度 石川県地震被害想定調査 報告書／石川県総務部消防防災課」より抜粋

能登半島東方沖に設定した断層は、調査当時で日本海側の既往最大であった北海道南西沖地震（1993）のマグニチュード7.8を基に、断層長を120kmと設定し、下図に示す空白域のうち石川県への影響が大きいと思われる想定域Dに断層を想定して設定したもので科学的根拠があるものではない。

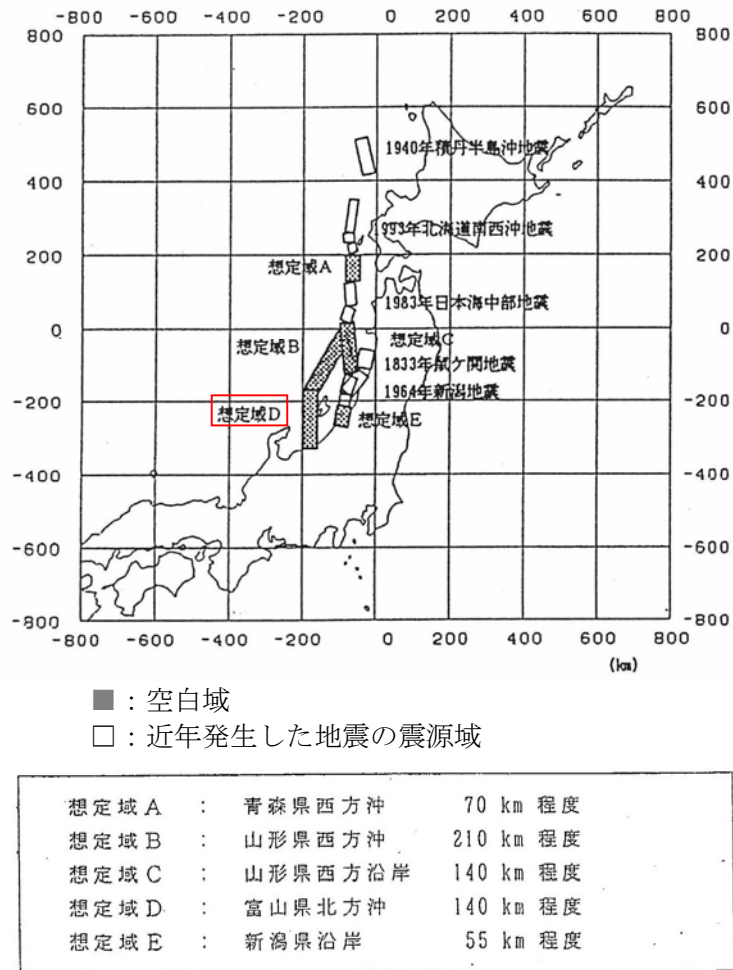


図 2-2 日本海東縁部にて津波波源となりうる地域の想定範囲

「平成 7 年度石川県地震被害想定調査 報告書／石川県総務部消防防災課」より抜粋

2-2-2 日本海東縁部における既往調査

日本海東縁部については、明確なプレート境界面は形成されていないと考えられているが、過去に M7.5 クラスの地震が多発しており、様々な機関によって調査、評価が行われている。

1) 地震調査研究推進本部（文部科学省）による長期評価

地震調査研究推進本部では、北海道北西沖から新潟県北部沖および佐渡島北方沖にかけての日本海東縁部に発生した大地震について、850 年の出羽地震まで遡って確認された研究成果を基に、各領域における長期的な観点での地震発生の可能性、震源域の形態等について評価を行っている。

なお、地震調査研究推進本部の長期評価では、“最近の 100 年間では、M7.5 以上の地震が、1940 年（北海道西方沖）、1964 年（新潟県北部沖）、1983 年（青森県西方沖）、1993 年（北海道南西沖）と 4 回起こっている。仮に各々の領域の想定地震が相互作用無しに独立に起こったと仮定すると、平均活動間隔がいずれの領域も 500 年以上と長いことから、100 年間に立て続けに起こる確率は非常に小さな値となる。したがって、領域間に相互作用が働き、その場合は M7.5 以上の地震観測記録のない秋田県沖、佐渡島北方沖、北海道北西沖の地震発生確率が、上記の値より高くなる可能性も想定される。” としており、秋田県沖、佐渡島北方沖、北海道北西沖については、近年の地震の空白域であり発生確率が高いとしている。

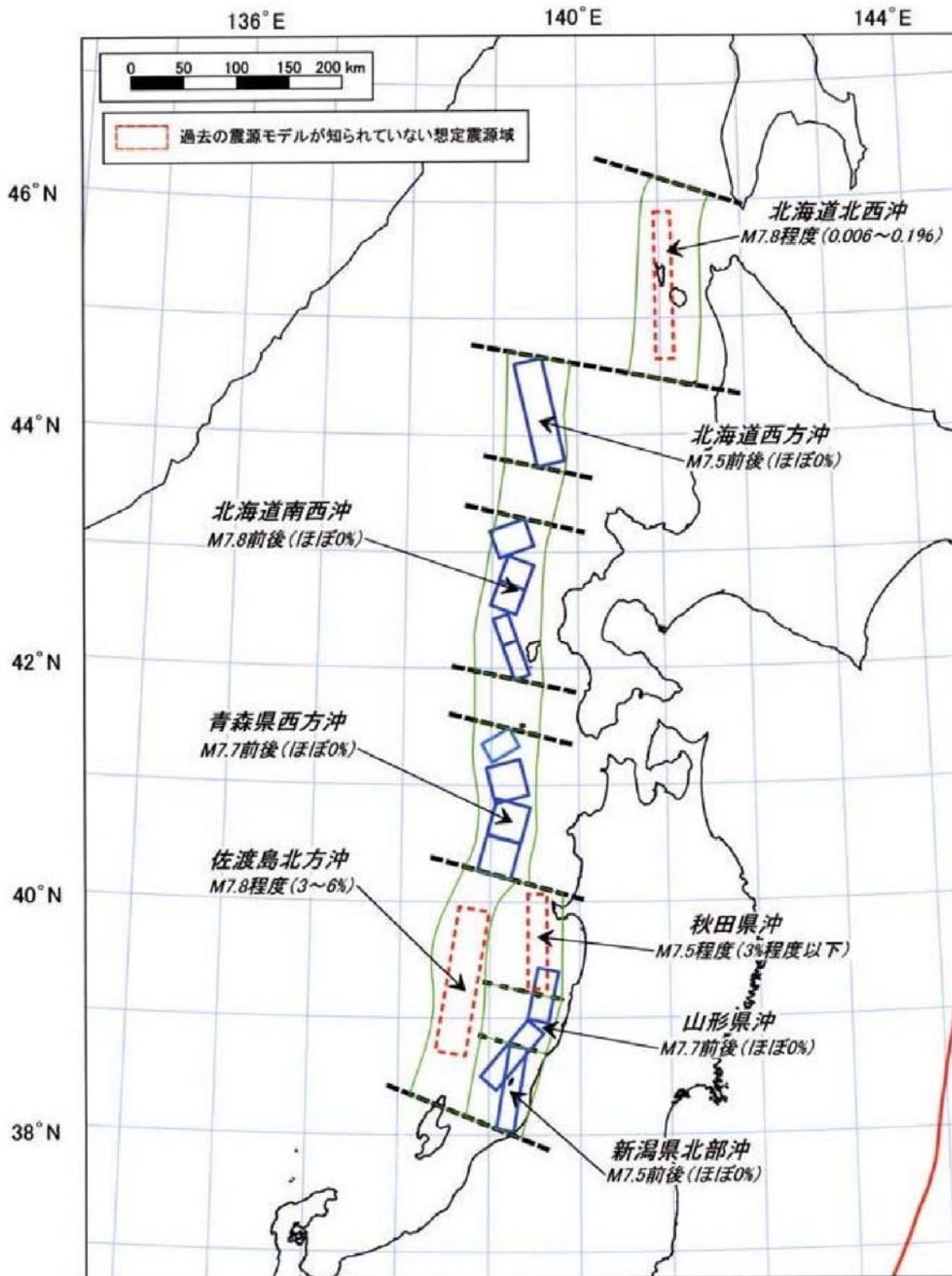


図 2-3 日本海東縁部における過去の地震発生域と空白域

「日本海東縁部の地震活動の長期評価 H15. 6. 20/地震調査研究推進本部」より抜粋

表 2-3 日本海東縁部で発生した主な地震のマグニチュード等

表 2 日本海東縁部で発生した主な地震のマグニチュード等

地震発生領域	地震発生 年月日（地 震観測記録 および歴史 記録から判 明している もの）	地震の平均的発生頻度等 ^{注1}	地震規模 ^{注2}			死傷者数 ^{注3}	
			M	Mt	Mw	死者	負傷者
北海道北西沖	なし	地震性堆積物から得られた間隔は3900年程度					
北海道西方沖	1940/ 8/ 2		7.5	7.7	7.6	10	0
北海道南西沖	1993/ 7/12	地震性堆積物から得られた平均間隔は1400年程度	7.8	8.1	7.7	230	323
青森県西方沖	1983/ 5/26	地震性堆積物・津波堆積物から推測される平均間隔は500年程度	7.7	8.1	7.7	104	163
秋田県沖	なし						
山形県沖	1833/12/ 7		7.7	8.1		100	多数
新潟県北部沖	1964/ 6/16		7.5	7.9	7.6	26	447
佐渡島北方沖	なし	地震性堆積物から得られた平均間隔は500～1000年程度					

注1：各領域における活動痕跡（地震性堆積物・津波堆積物）から推定される間隔を示した。但し、各領域の地震の平均活動間隔は、当該領域のみならず隣接領域の堆積間隔も考慮して推定していることに留意されたい。

注2：地震規模を表す指標として、観測点における地震波（地震動）の大きさ（揺れの大きさ）の分布を使って算出するマグニチュード(M)・津波の高さの空間分布を使って算出する津波マグニチュード(Mt)・震源の物理的な規模を表す地震モーメントという量から決められるモーメントマグニチュード(Mw)の三種類を表記した。

Mの欄は宇津(1999)に記述されたMを採用することとした。1884年以前のMの値は近代観測が行われる前の時点のものであり、1885年以降のものに比べ信頼性が劣る。宇津(1999)は、「1884年以前の震央の緯度・経度とマグニチュードは宇佐美(1996)の書物によるが、同書に範囲として示されているものは範囲の中央値を記入し、また分数は小数に直し小数点以下1桁で打ち切った。」としている。また、宇津(1999)は、「1885～1980年の震源とマグニチュードは宇津の表（宇津, 1982・1985）による。」としている。

Mtの欄は阿部(1988, 1999)の表に記述されたMtを採用することとした。Mtを決める計算式の係数は、MtがモーメントマグニチュードMwと同じになるように決められている（Abe, 1981）。津波の遡上高をデータとしてT夫して用いることで、潮位観測データがない歴史地震にも適用可能（阿部, 1999）であり、歴史地震のMwを推定する上で信頼性が高い。

Mwの欄は宇津(1999)の表に記述されたMwを採用することとした。特に1977年以降のMwは、「HarvardカタログのCMT解から換算（宇津, 1999）」している。

注3：死傷者の欄は宇津(1999)によった。

「日本海東縁部の地震活動の長期評価 H15. 6. 20/地震調査研究推進本部」より抜粋

表 2-4 日本海東縁部における地震発生領域別発生間隔

地震発生領域	地震規模	震源断層面	発生間隔
北海道北西沖	M7.8 程度	推定：長さ 140km 幅 24kmt 程度	3900 年程度
北海道西方沖	M7.5 前後	Satake (1986) のモデル	1400～3900 年程度
北海道南西沖	M7.8 前後	Tanioka et al (1995) のモデル	500～1400 年程度
青森県西方沖	M7.7 前後	Sato (1985) 阿部(1987)のモデル	500～1400 年程度
秋田県沖	M7.5 程度	推定：長さ 90km 幅 24km 程度	1000 年程度以上
山形県沖	M7.7 前後	相田 (1989) のモデル	1000 年程度以上
新潟県北部沖	M7.5 前後	Abe (1975) のモデル	1000 年程度以上
佐渡島北方沖	M7.8 程度	推定：長さ 140km 幅 34km 程度	500～1000 年程度

「日本海東縁部の地震活動の長期評価 H15. 6. 20/地震調査研究推進本部」より整理

2) 北陸電力による日本海東縁部に想定される断層調査

石川県羽咋郡志賀町に位置する志賀原子力発電所を運営する北陸電力において、日本海東縁部に断層を想定した場合の原子力発電所の耐震安全評価を行っている。

評価方法としては、北海道南西沖地震（1993）の M_w を下回らないように、 $M_w 7.85$ 、断層長 131.1km（その他、下図参照）と設定し、対象領域内でパラメータスタディを実施している。その中で、志賀原子力発電所に最も大きな影響を与える断層として、秋田県・山形県沖の波源を設定している。

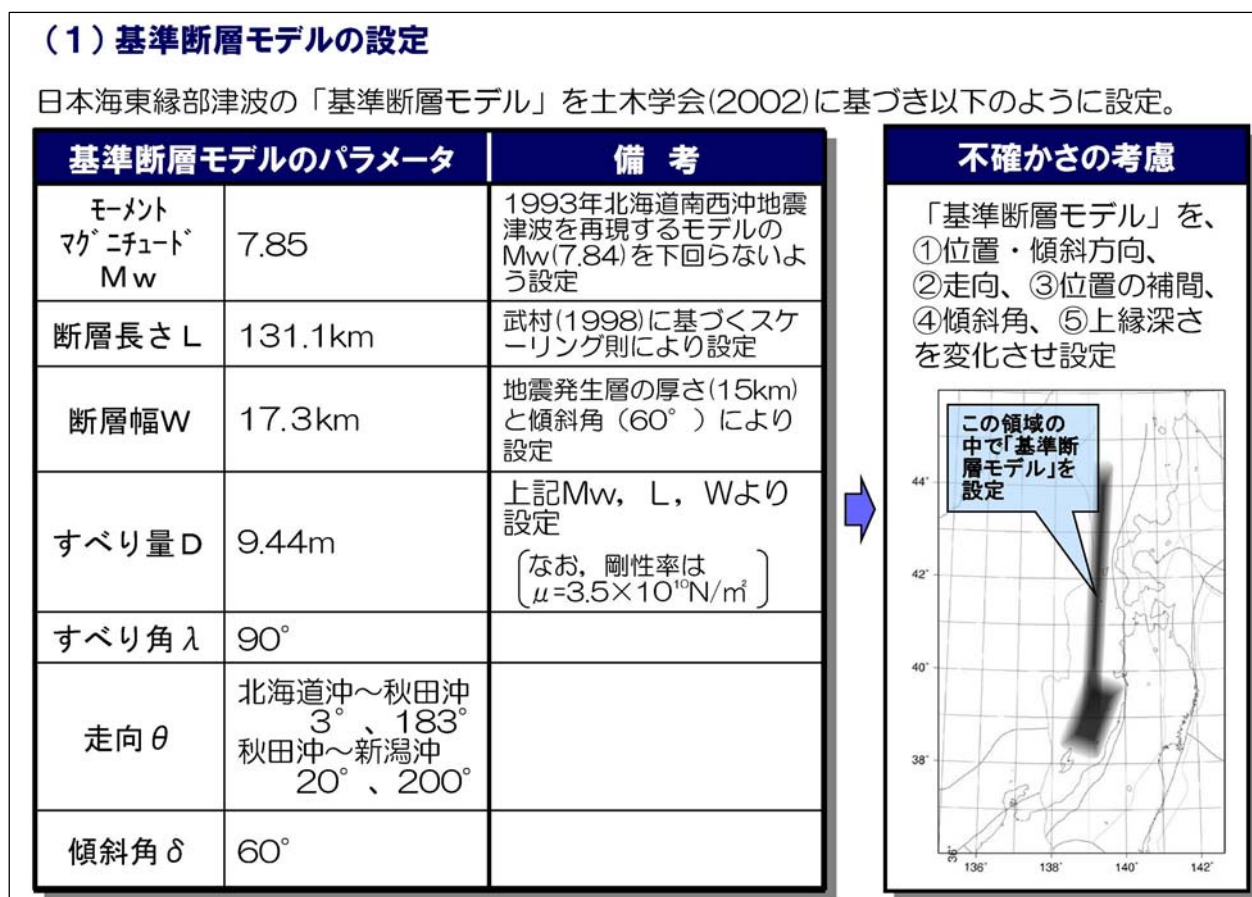


図 2-4 日本海東縁部に想定される地震の設定

「志賀原子力発電所 新耐震指針に照らした耐震安全評価 H21.1.22/北陸電力」より抜粋

※剛性率の単位を N/m^2 としているが地震学的には Pa を用いることが多い。

〈用語解説〉

※マグニチュード：地震の規模（エネルギー）を表す。

※ M_j （気象庁マグニチュード）：これまで日本で用いられてきたマグニチュード。強い揺れを観測する強震計で記録された地震波形の最大振幅の値を用いて計算する方式。小さい地震では速度型地震計も用いる。 M_j が 8 を越える地震では、マグニチュードの飽和が起これり正確な値が推定できない。一般に M と表記されることが多い。

※ M_w （モーメントマグニチュード）：断層面の面積（長さ×幅）と、変位の平均量、断層付近の地殻の剛性率から算出し、断層運動の規模そのものを表す。巨大地震の規模を物理的に評価するのに適しているとされ、アメリカ地質調査所（USGS）をはじめ国際的に広く使われている。

※ M_t （津波マグニチュード）：津波の規模を表すマグニチュード。地震の規模の割に不相応に大きな津波を発生させた「津波地震」を量的に表現するのに役立つ。

(2) 数値シミュレーションによる津波高の検討

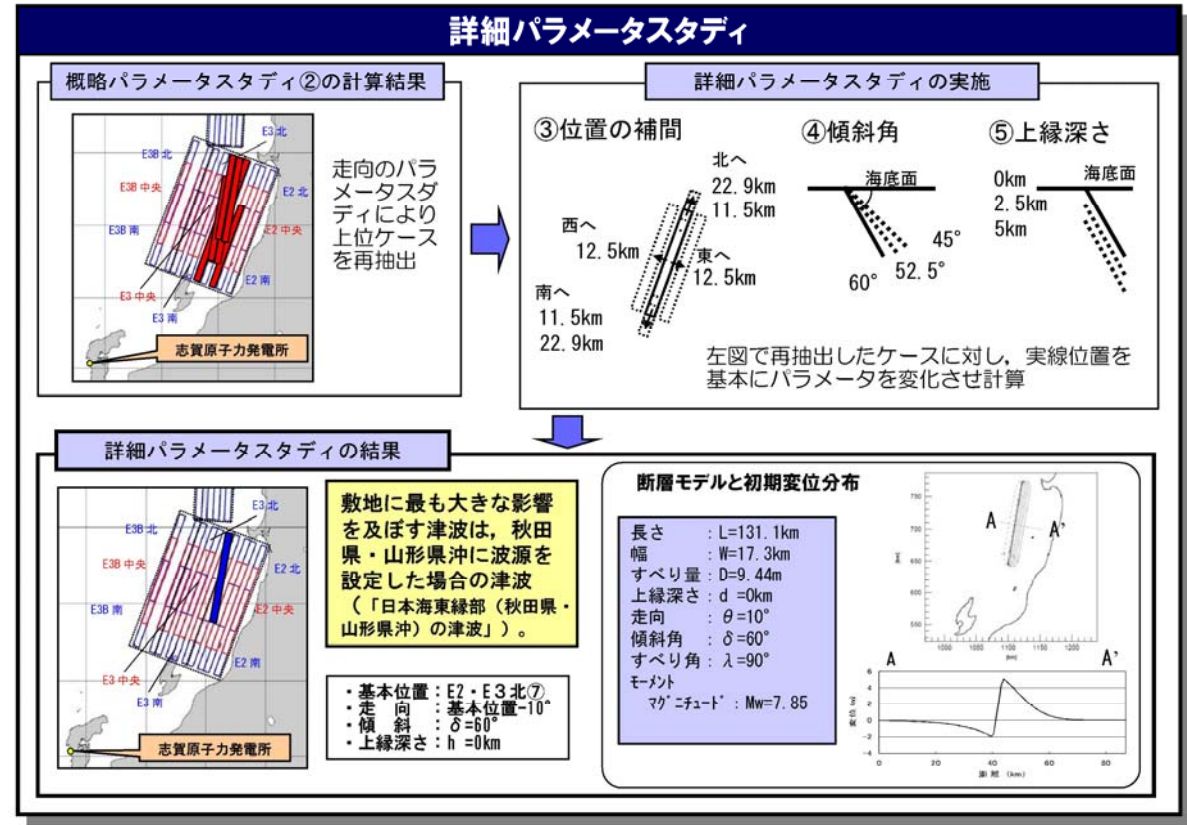


図 2-5 日本海東縁部で最も大きな影響をもたらす波源

「志賀原子力発電所 新耐震指針に照らした耐震安全評価 H21.1.22/北陸電力」より抜粋

参考資料

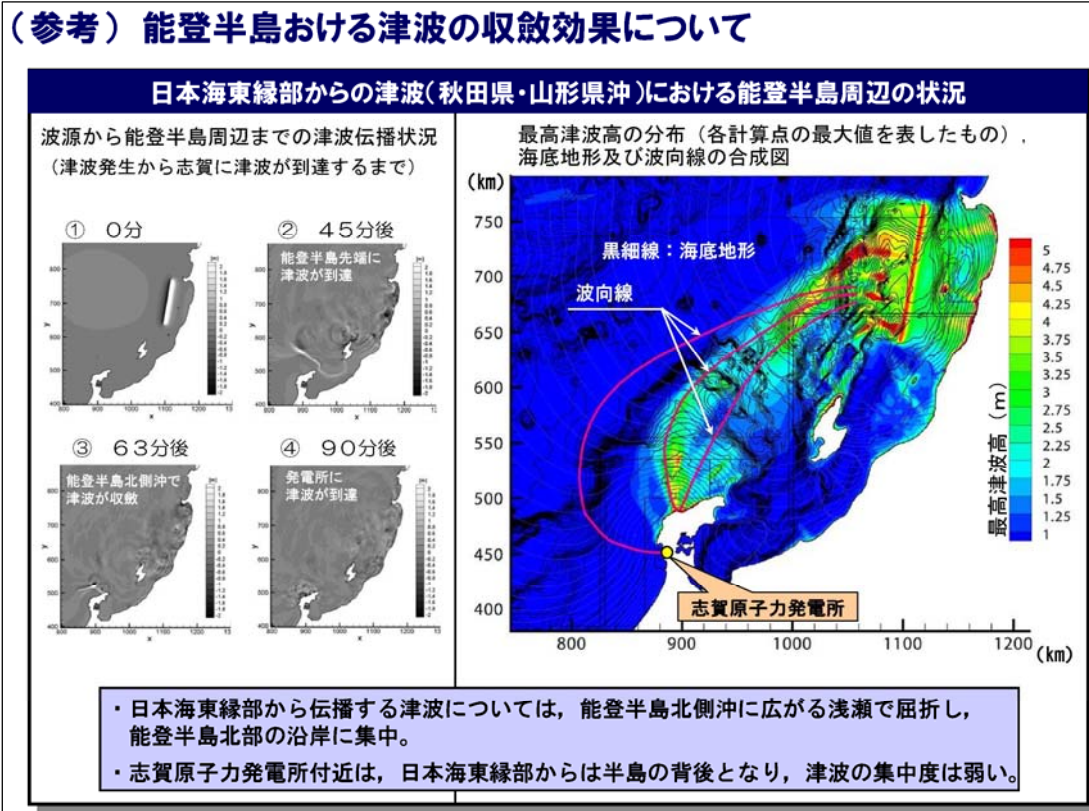


図 2-6 能登半島における津波の収斂効果について

「志賀原子力発電所 新耐震指針に照らした耐震安全評価 H21.1.22/北陸電力」より抜粋

2-2-3 能登半島周辺部における調査

1) (財)産業技術総合研究所 活断層研究センターによる活断層調査

図 2-7 に示すように、能登半島の輪島市から珠洲市の北側は、北東から南西方向に複数の断層が集中している。この領域は、能登半島沖地震（1993）や能登半島地震（2007）が発生している地帯である。

図 2-8 も同様に、後期鮮新世から第 4 紀※にかけて、能登半島周辺においても南北方向や北東-南西方向の逆断層や褶曲構造が発達したものを示す。これは、日本列島全体に東西圧縮応力が広がったためである。これらは、日本海東縁部と比較して規模が小さく、長期的な活動度はあまり高くない（産業技術総合研究所 活断層研究センター）とされている。

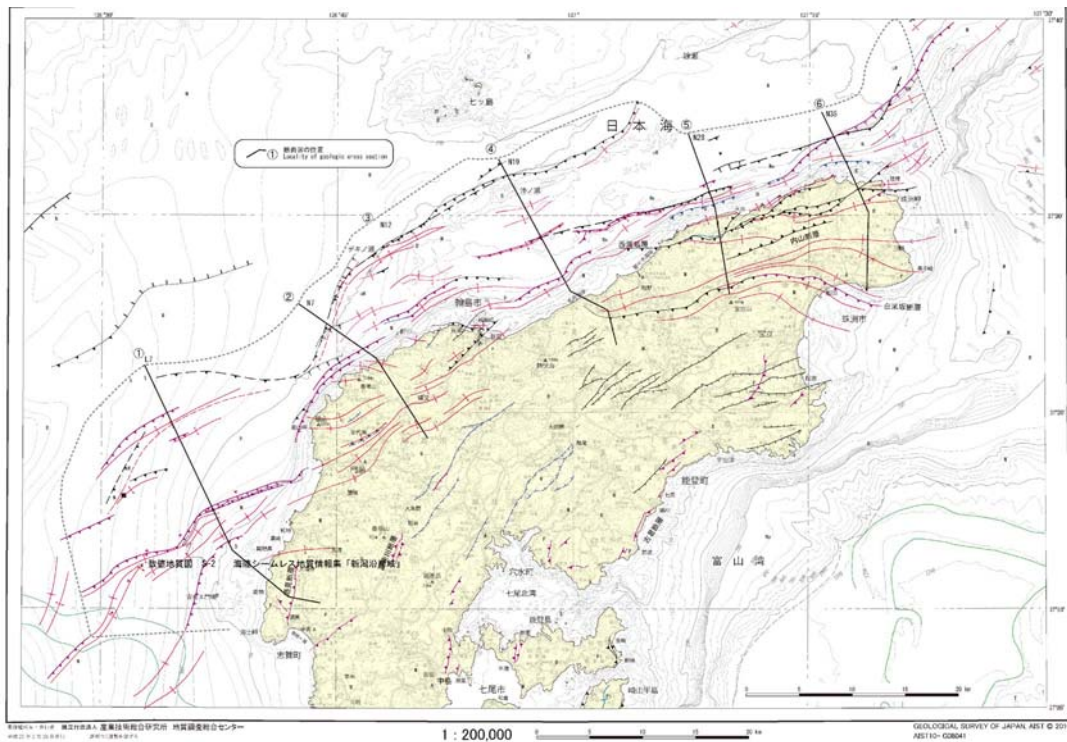


図 2-7 能登半島北方の断層位置図

「能登半島北部域 20 万分の 1 海陸シームレス地質図 H22. 2. 26/産業技術総合研究所」を一部変更

<用語解説>

※後期鮮新世：3.6±0.005 百万年前～2.588±0.005 百万年前までの期間を指す。

※第 4 紀：258 万 8000 年前から現在までの期間を指す。

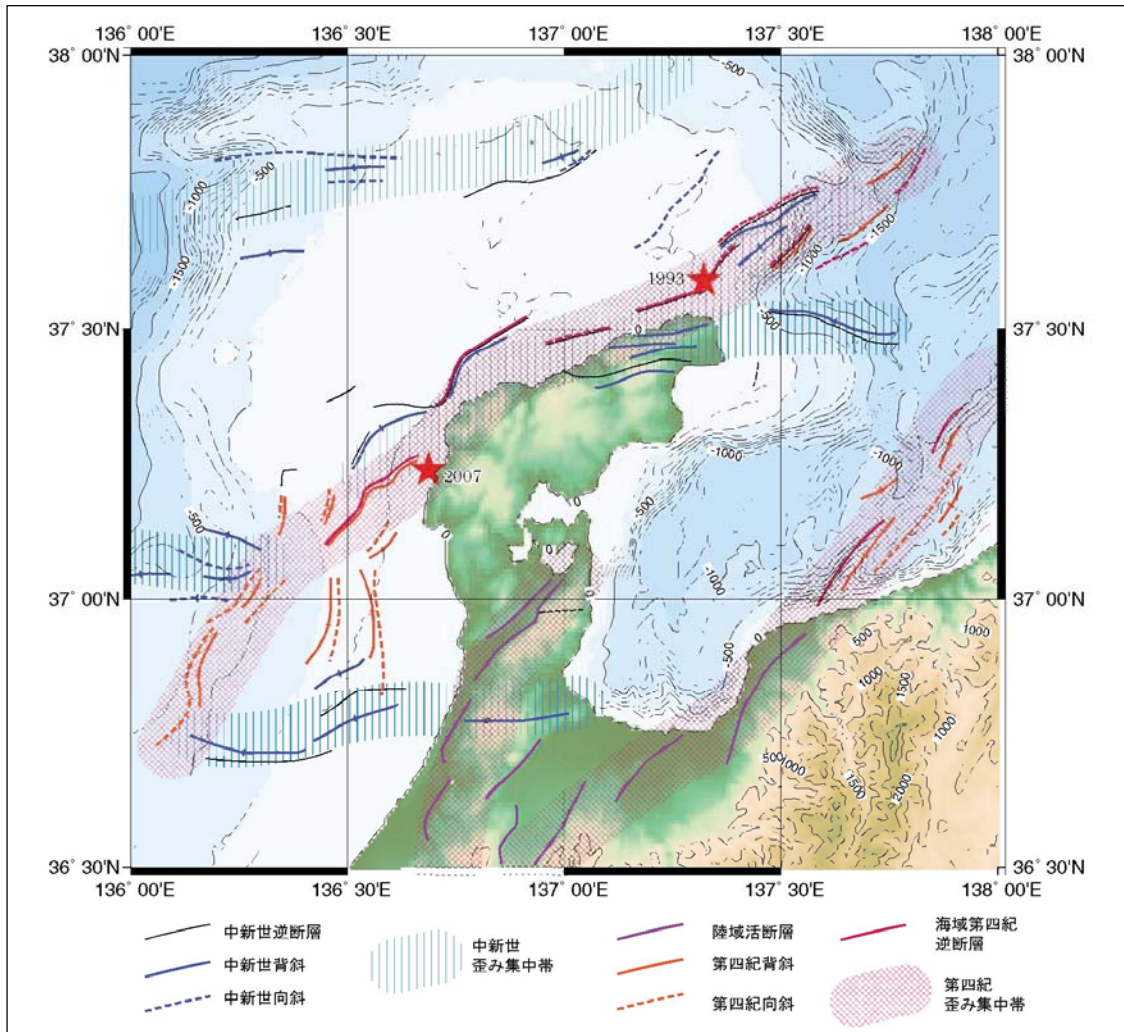


図 2-8 能登半島周辺の断層位置図

「能登半島とその周辺の地形および構造／産業技術総合研究所 活断層研究センター AFRC NEWS 2007 年 3月号」より抜粋

2) 北陸電力による活断層調査結果

能登半島周辺において、調査を行い、図 2-9 に示す。12 の断層を設定し検討を行っている。

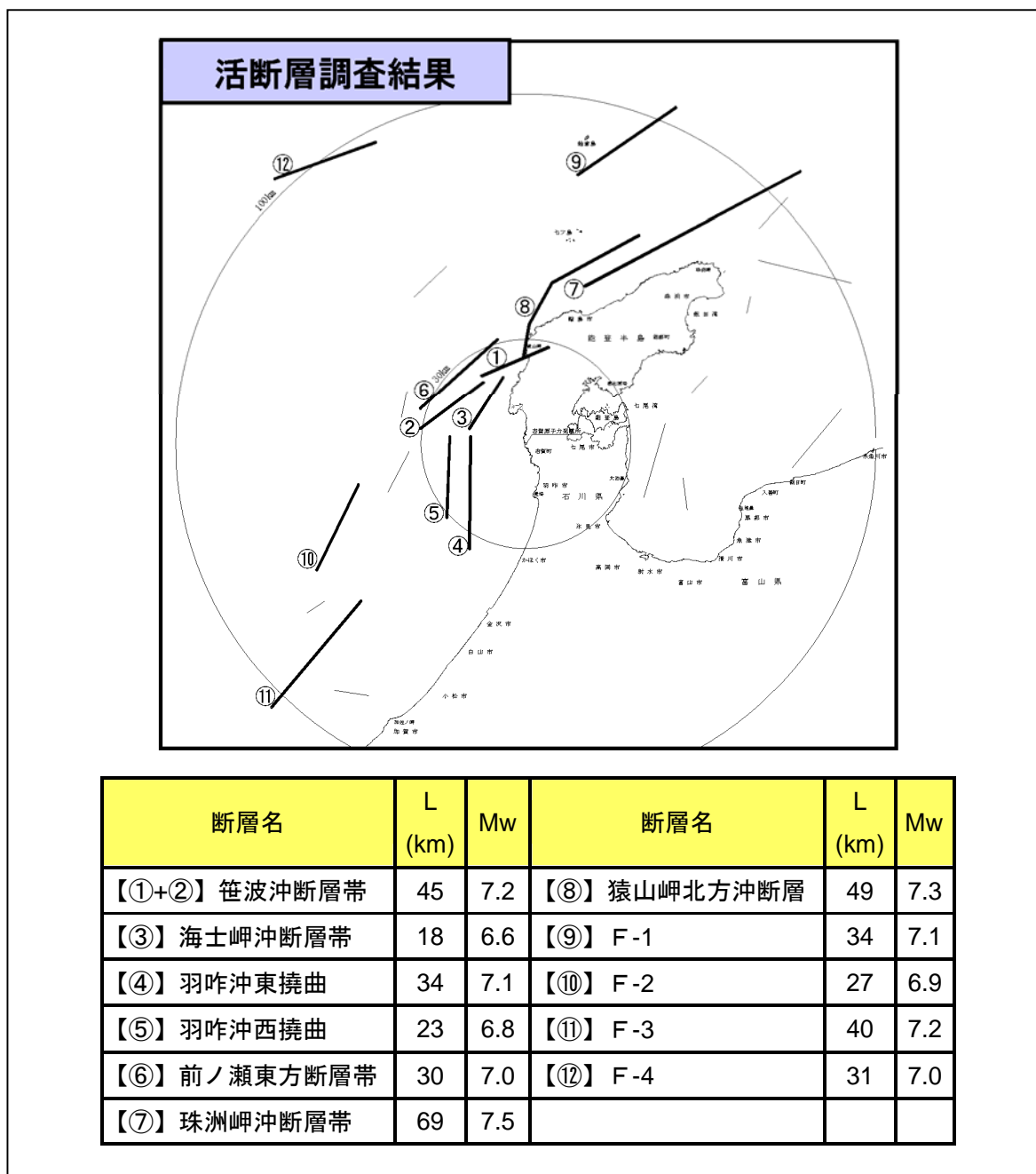


図 2-9 能登半島周辺の断層位置図（北陸電力）

「志賀原子力発電所 新耐震指針に照らした耐震安全評価 H21.1.22/北陸電力」より抜粋

参考資料

産業技術総合研究所活断層研究センターと北陸電力が示す能登半島周辺の断層位置図を重ね合わせると（図 2-8 と図 2-9 を合成すると）、断層位置は概ね一致する。

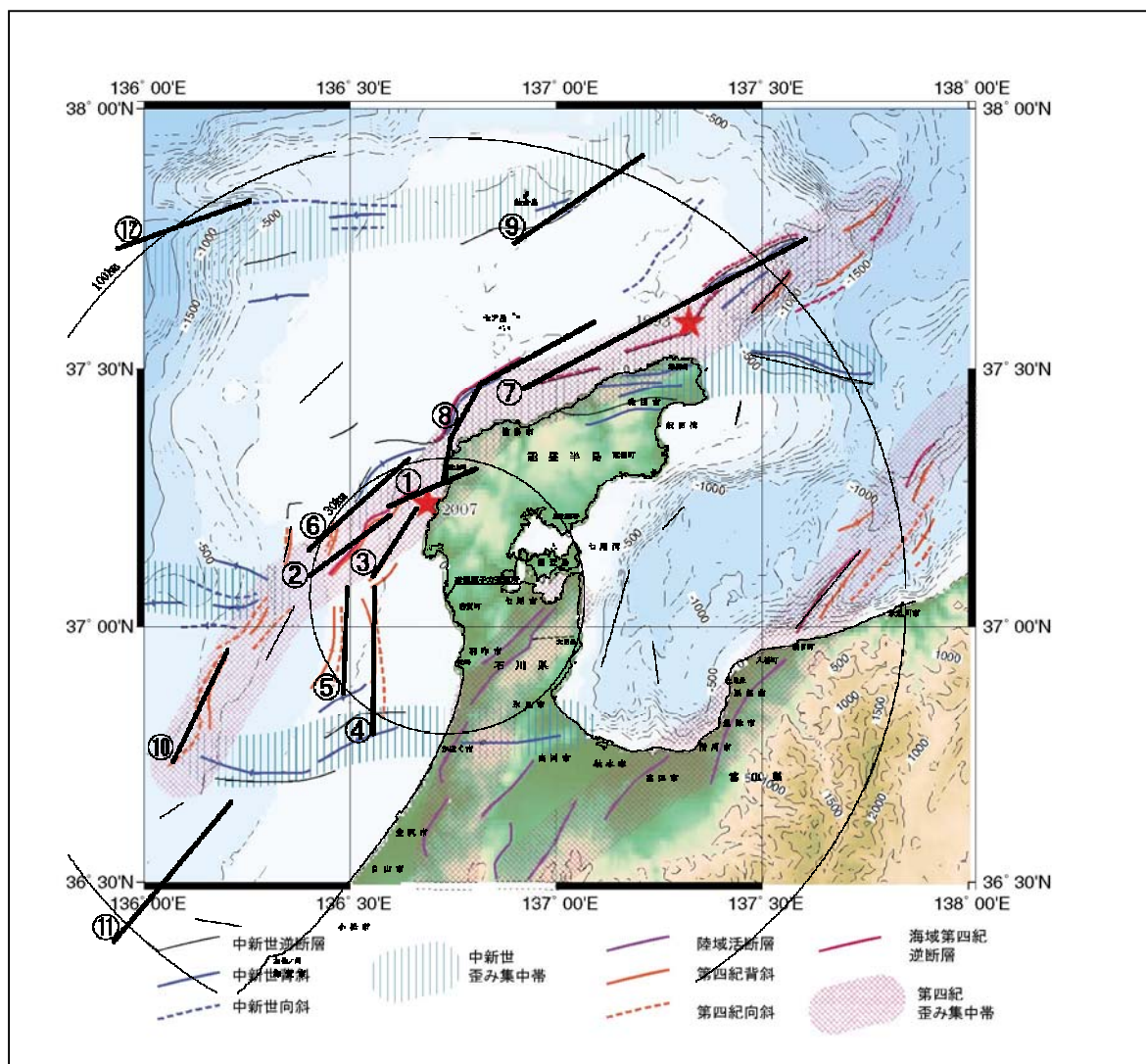


図 2-10 能登半島周辺の断層位置図

「能登半島とその周辺の地形および構造／産業技術総合研究所 活断層研究センター AFRC NEWS 2007 年 3 月号」と「志賀原子力発電所 新耐震指針に照らした耐震安全評価 H21.1.22／北陸電力」より抜粋を合成

2-2-4 石川県西方沖における調査

1) 徳山らによる石川県西方沖の活断層調査

徳山らは、石油公団海上基礎物理探査結果を使用し、日本海沿岸（中国地方～北陸地方）における活断層位置を“日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史（2001）”として整理している。石川県西方沖部分を抜粋し、図 2-11 に示す。

図示されている断層のうち、隠岐海嶺周辺の断層は、ほとんどが現在の海底地形に断層として現れている。徳山らによると、これらの活動時期は日本海形成当時に遡ると推定され、中新世中期の初めまで活発な活動があったと考えられているが、現状は不活断層であるとの判断がなされている。

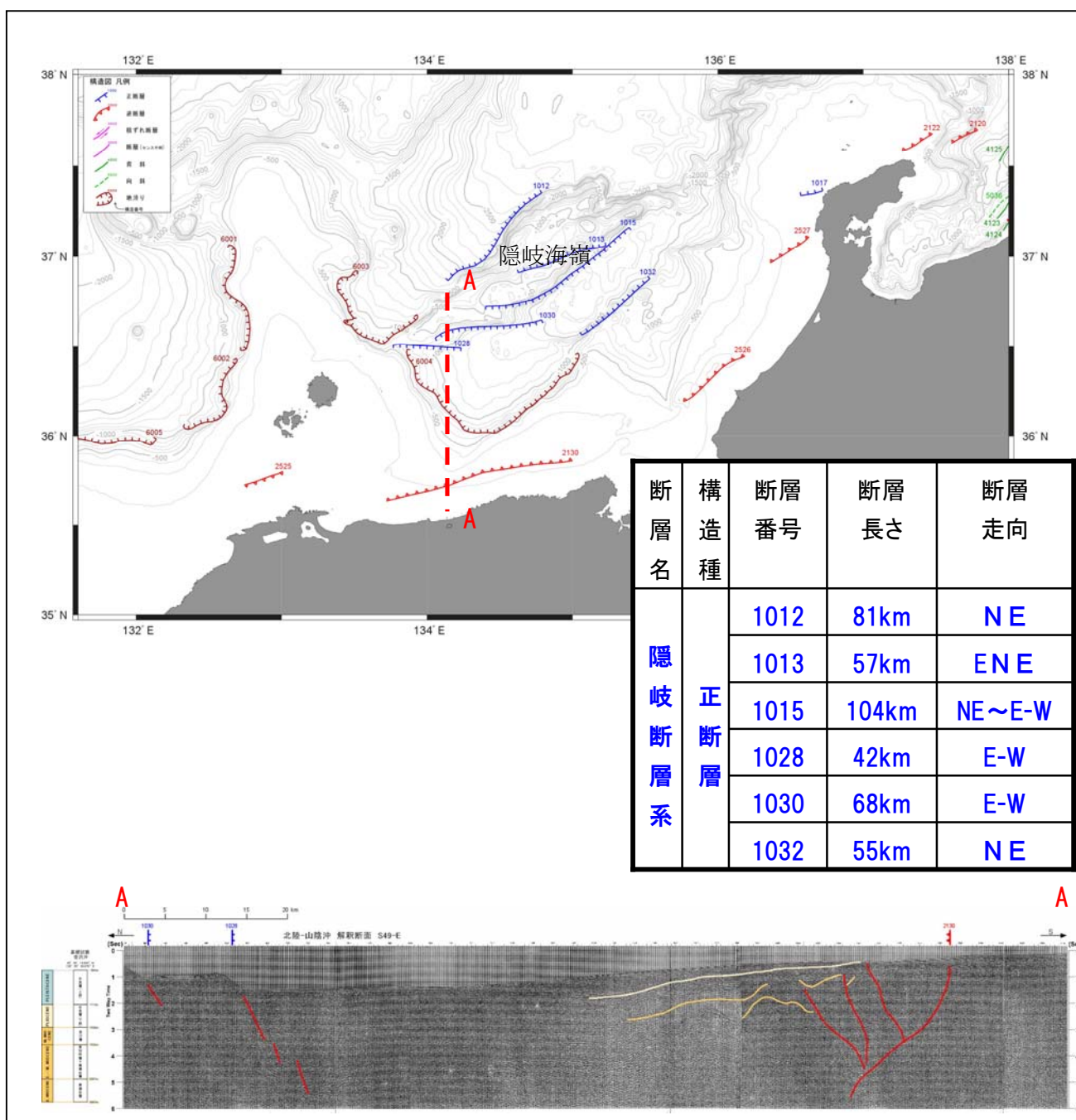


図 2-11 石川県西方沖の断層位置図

「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史 2001/徳山ら」に加筆

2) 山本教授による隠岐断層系に関する断層調査

福井大学山本教授による、“若狭湾周辺海域の第四紀構造運動（2001年）”にて若狭湾沖で北東-南西走向の断層群が2列の断層帯を形成しているとしている。図2-12に位置を示す。

北西側の隠岐トラフの南東においては、しんかい 2000 で行った潜水調査などから比高1,000mの断層崖（図2-13）や周辺の崩落地形が確認されている。また、断層周辺では海底下の冷泉等の湧出によるバクテリアマットやチムニー等も確認されており、活発な活動が起こっていると推定されるとしている。

南東側の断層帯は越前堆列沿いに位置している。ゲンタツ瀬や浦島礁等の地形的高まり（越前堆列）を形成するもので、断層は明瞭な海底地形として海底面上には現れていないものの、反射断面では、200~250mの変位が見られるとしている。

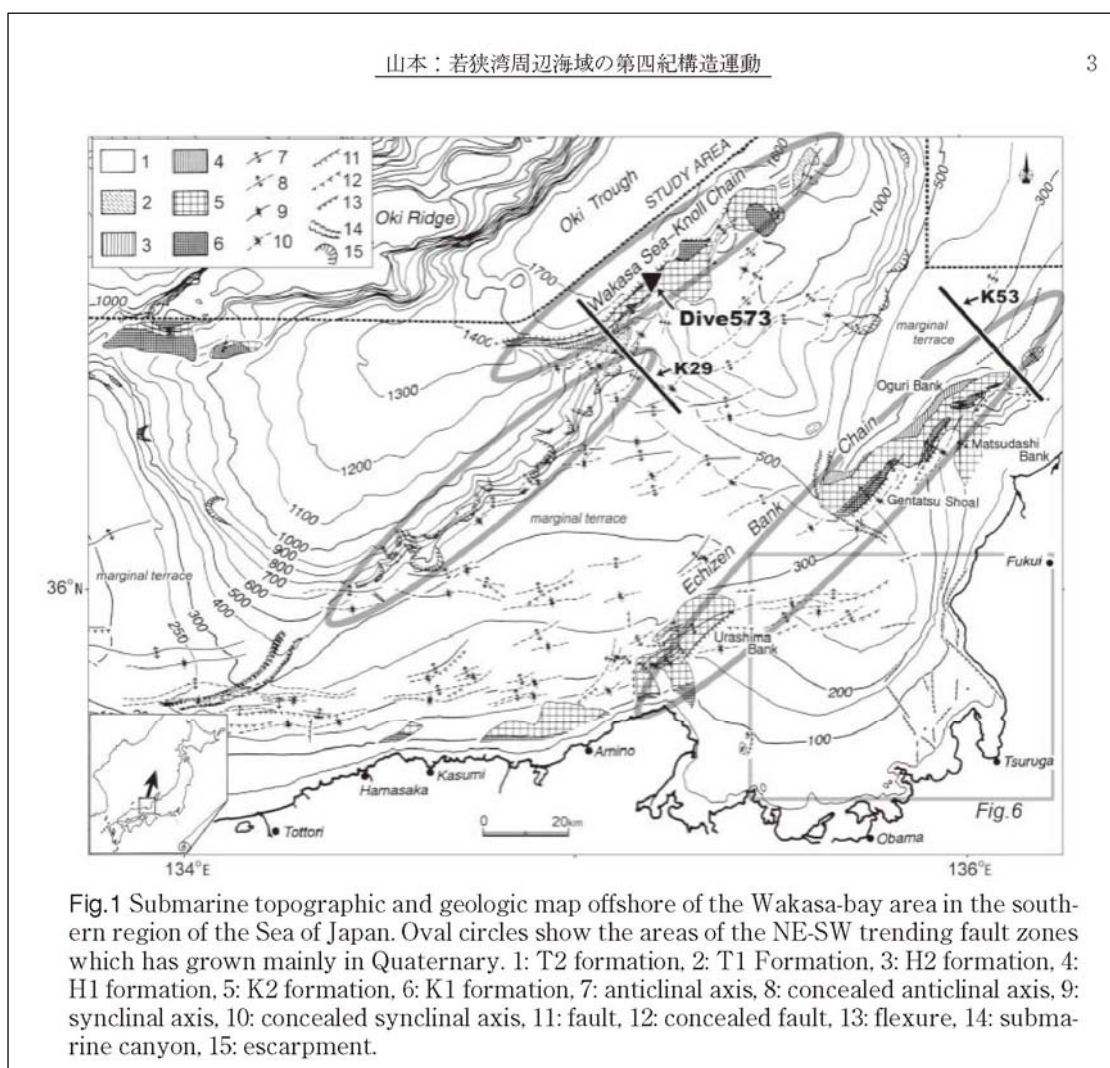


図 2-12 若狭湾沖の断層位置図

「若狭湾周辺海域の第四紀構造運動 H21. 9. 30/山本博文」より抜粋

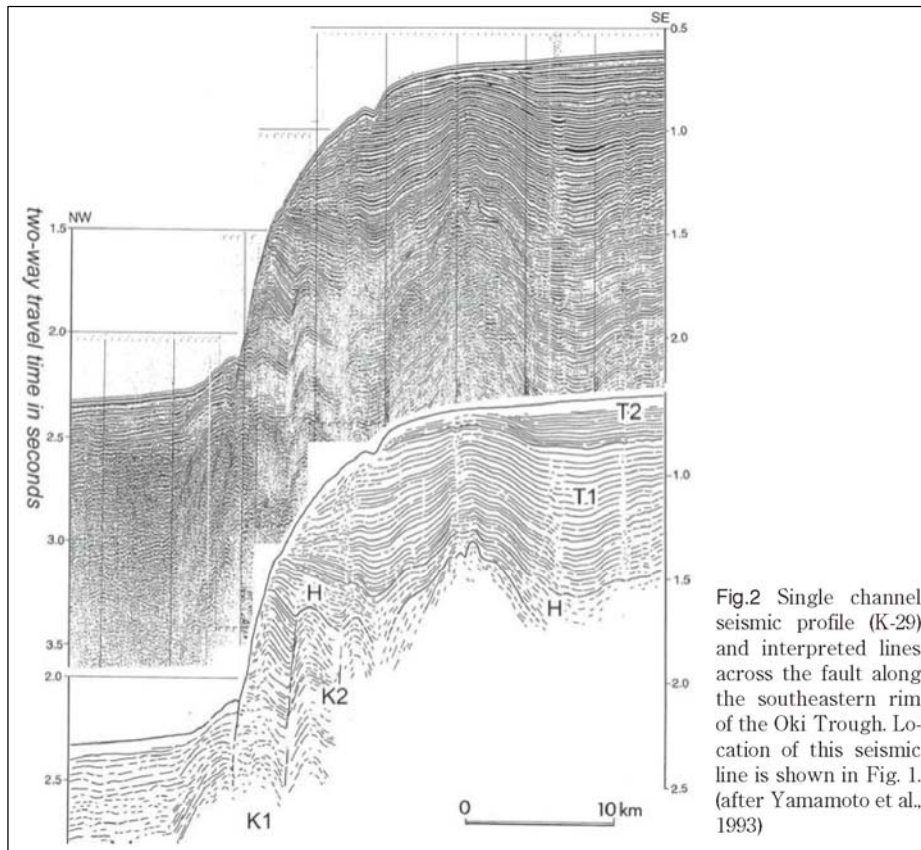


図 2-13 北西側断層帯における反射断面図

「若狭湾周辺海域の第四紀構造運動 H21. 9. 30/山本博文」より抜粋

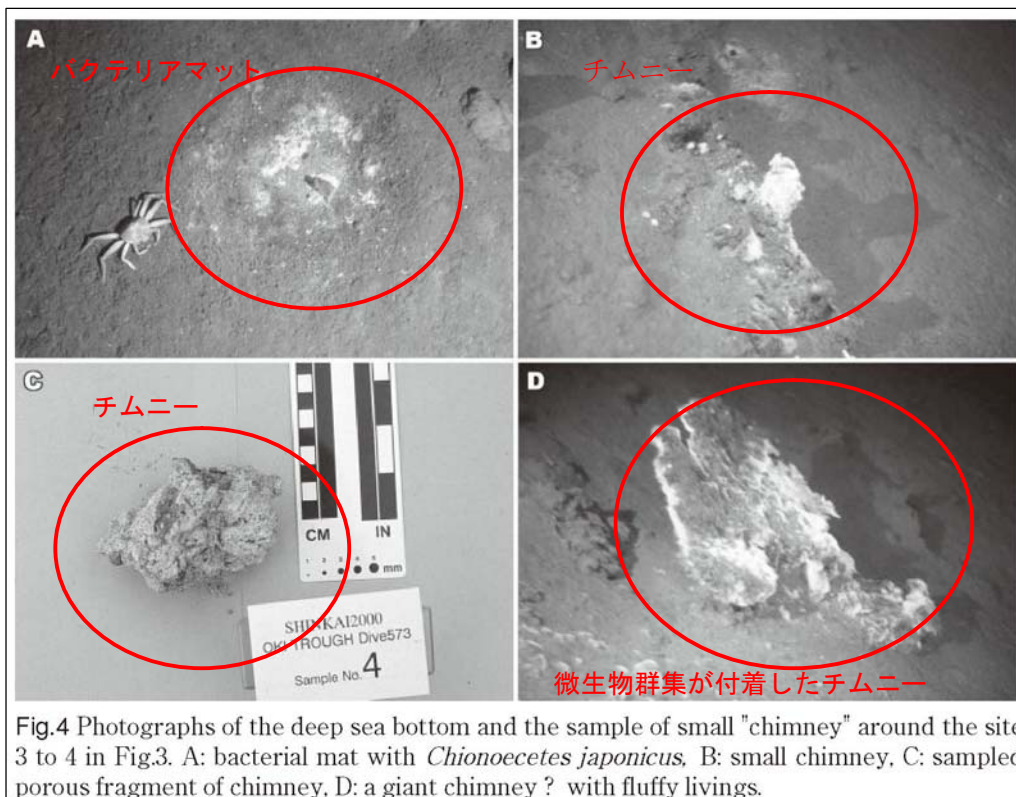


図 2-14 北西側断層帯におけるバクテリアマットやチムニーの確認

「若狭湾周辺海域の第四紀構造運動 H21. 9. 30/山本博文」より抜粋

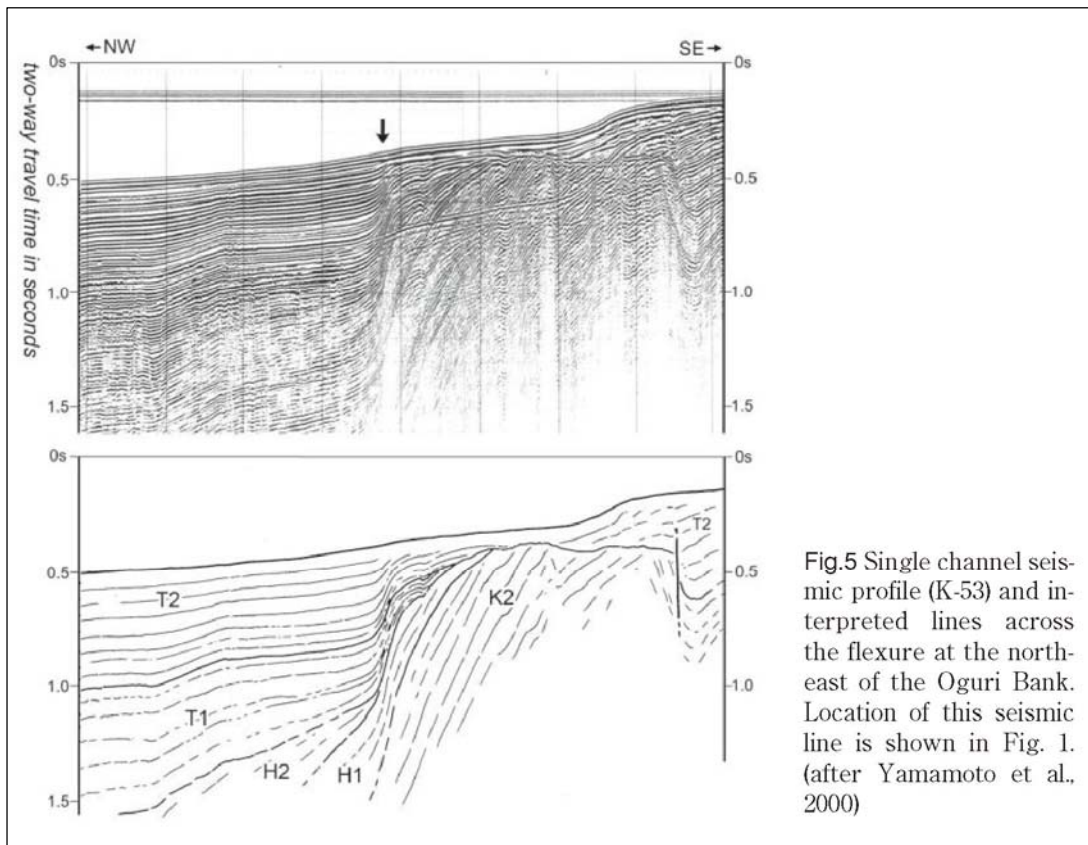


図 2-15 南東側断層帯における反射断面図

「若狭湾周辺海域の第四紀構造運動 H21. 9. 30/山本博文」より抜粋

2-2-5 石川県近傍の既往調査結果の整理

2-2-1 から 2-2-4 までに挙げた既往の断層調査結果を図 2-16 に整理した。

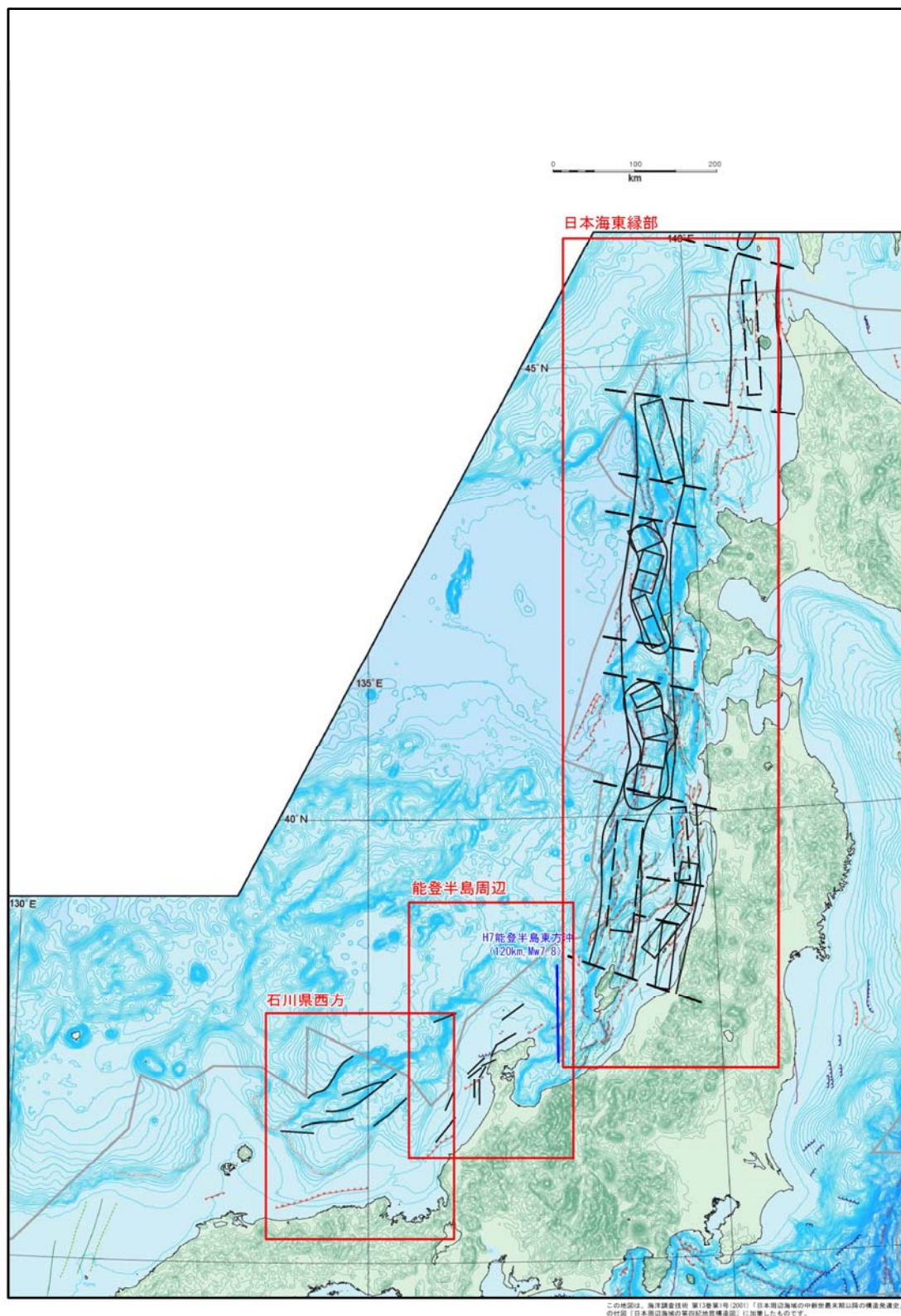


図 2-16 石川県周辺の既往断層調査

「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史の付図『日本周辺海域の第四紀地質構造図』2001」に加筆

参考資料

産業技術総合研究所にて、これまでに行なわれた海底音波探査の測線図を添付する。沿岸の測線が密な部分については信頼性が高いが、沖合いについては情報量が不足すると考えられる。

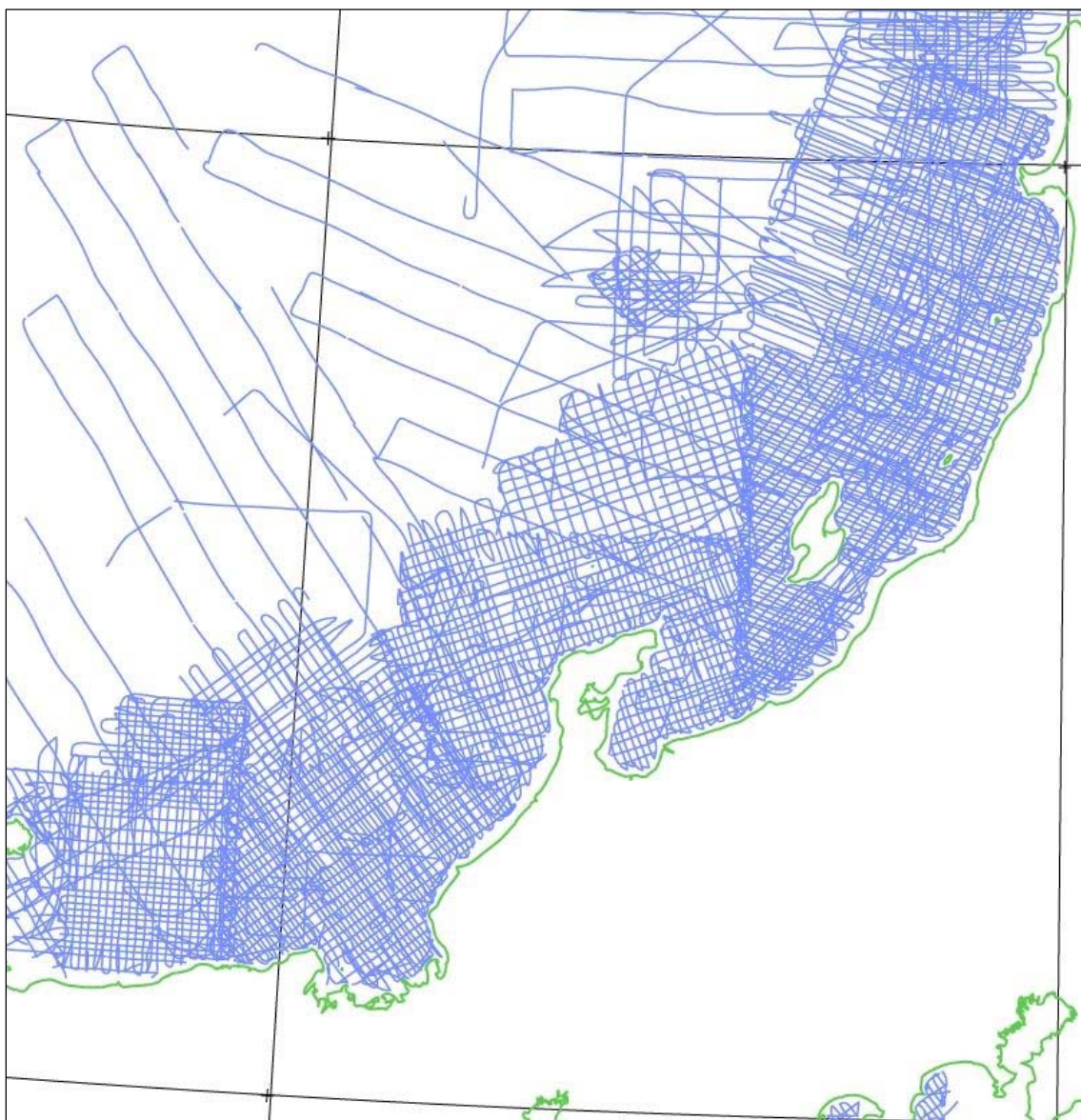


図 2-17 産業技術総合研究所による石川県周辺の海底音波探査測線図

2-3 文献調査結果

石川県に被害をもたらした津波について、文献調査を行った。文献調査は、“最新版日本被害地震総覧”“日本被害津波総覧”を基本とし、加賀藩史料や各自治体の市史、町史や研究機関が行った調査等をもとに、石川県に被害をもたらしたもの、日本海側の津波で石川県に被害があったと想定される津波について調査を行った。

また、古文書の専門家である東四柳教授（金沢学院大学文学部教授/石川県立図書館史料編纂室長）や佐古校長（県立輪島高校校長）へのヒアリングを実施した。

以下に調査を行なった文献と記載内容の一覧を示す。

H7調査比較 前回:H7に記載 追加:本調査で追加	年代	波源域 (推定地震規模)	主な記述	出典
追加	701.5.12 大宝元年	丹波・若狭湾 不明	※1:「凡海峽(若狭湾)内新羅沖にあつた島が海中に没し、旧山頂が海面上に残っている。現在の冠島と層島であるといわれているが地学的精確はない。」 一石川黒西岸にも、朝い津波が到達したと推定される。	※1-p37 ※6-p575
追加	850.11.27 嘉祥3年10月16日	山形県沿岸 (出羽庄内) (M7)	※6 丹波国に地震が3日続いた。若狭湾内の島が海中に没したということ。は、史学的・地学的に否定された。 ※1, ※2, ※6:「夏上の津波。海水は国府から6里のところまで迫った。」 一石川黒には朝い津波が到達したものと記述される。	※1-p39 ※2-p74 ※6-p578
追加	863.7.10 貞観5年6月17日	越中・越後 (M7以上)	※3 出典では削除 ※1:山崩れ谷埋まり、水湧き、民家破壊し、死者多数 ※16:越中・越後・出羽の地に大に驚い、海陸一帯津波に罹り、土地を侵蝕し、民家を侵蝕す。	※1-p39 ※16-p21
追加	887.8.2 仁和3年7月6日	新潟県南部沖 M=6.5	※1:「越後津波を伴い、溺死者数千に上り。」 ※2:「越後国地震、津波を伴う。海鳴り潮陸にみなぎって、溺死せしもの数千に上り。」『佐藤年代記』にあるが、正史に記されておらず、疑わしい。」	※1-p40 ※2-p74
追加	1082.9.13 寛治6年8月3日	新潟県沖 (不明)	※1, ※3:「柏崎〜岩船の沿岸、海府浦・磐不知大津波に襲われる。『紫雲寺新田由来記』(付記)に「大津波大地震浦原船陸地となる(地震変動?)」とある。これ以外地震状況の記録が無い。 ※15:津波に関する記述あり ※16:越後沿岸一帯に大津波あり	※1-p41 ※3-p67 ※15-p49 ※16-p49
追加	1341.10.31 興國2年9月13日	青森県西方沖 不明	※2:「賈日流つがる外三郡誌」によれば、朝地震とともに三丈余(9m)の津波が津軽半島の十三湊を襲い26,000人が溺死したとある。	※2-p74
追加	1614.11.26 慶長19年10月25日	越後高田 (京郡) (M7.0~7.5)	※3 出典では削除 ※1:「高田で大地震・大津波、死者あり」 ※6:従来、越後高田の地震とされたもの。「東海道・南海道各地で地震強く、津波があった。」一「確実性が十分ではない。」	※1-p53 ※6-p583
前回	1728.1 享保14年7月7日	能登・佐渡 (M6.6~7.0)	※17:※20:地震に関する記述あるも津波に関しては明記なし	※1-p96 ※17-p247 ※20-p386
追加	1741.8.29 寛保1年7月19日	北海道西方沖 (釧路沖) (M6.9)	※1:石川黒七浦に津波、人畜被害ありという。 ※2:※3:佐渡では相川・海府が浸水、釧路で流木が家屋あり、石川黒七浦村(鳳至郡前野皆月)にも災害があった模様。 ※6:能登七浦<前野町>で被害があった。波高2~3m。 ※13:能登七浦(前野町)で「人畜の被害少なからず」(七浦村史)とあり、河川に遡上したと伝えられている。 (p.942, p.535 図13, p.540 図2にて確認可能)	※1-p99 ※2-p86 ※3-p82 ※6-p591 ※13-p535 p.540, p.542
追加	1799.6.29 寛政11年5月16日	新潟県沖 (M6.6)	※17:寛保元年七月十九日朝七浦の近海に大海嘯あり、人畜の被害少なからず、以上は凡て警誓寺の過去帳に見えたり。 ※20:津波に関する記載あり。	※17-p307 ※20-p417
追加	1802.12.9 享和2年11月15日	佐渡 (M6.5~7.0)	※1:島島村で津波、潮入り5軒。廟村で流失18軒など。 ※2:※3:津波によって佐佐北端の西津市願が全部浸水、同市島島2戸浸水。 ※3:頭津・油川(能登沖)能登七浦などの大型湾内の波高が目立って大きく、津波の周期がやや長周期成分を含んでいることを示している。 ※3:※6:津波があった。願村全戸、島島村で20戸流失	※1-p103 ※2-p86 ※3-p82 ※5-p725 ※6-p592
追加	1802.12.9 享和2年11月15日	佐渡 (M6.5~7.0)	※1:金沢で被害甚大。上下動が激しかったらしく、屋根石が尺(30cm)飛び上がり、石瓦籠の半石が尺(約1m)あがったなどという記事が見える。 ※11:津波は犀川河口の金石(宮腰)を襲い、「宮腰津波あり、人家百軒をさきさらし、溺死多し」と記録されている。 ※13:p.639 裏11に記載あり ※18:地震に関する記載あり ※21:宮腰海嘯二百餘戸ヲ流ス(地震記/金沢市立図書館 高田文庫を引用)	※1-p102 ※11-p89 ※13-p539 ※18-p95
追加	1833.12.7 天保4年10月26日	山形県沖 (M7.5)	※1:※3:佐渡の西南海岸(赤崎)〜赤泊間には隆起した。佐渡の願土誌に津波の記述があるが、正史に見当たらず。 ※21:津波に関する記載あり。	※21-p438 ※1-p121 ※3-p89 ※21-p446
追加	1833.12.7 天保4年10月26日	山形県沖 (M7.5)	※2:※3:輪島では地震後10町ばかり潮が引いたが、第1波で床上浸水し、第3波で島大となり、家屋流失および半潰365、溺死47。能登半島と隠岐島は遠隔にもかわらず3mを越す高さとなつたことは、1983年日本海中部地震津波と着しい共通点をもっている。 ※4:津波は3波にわたって町を襲い、最も大きい第3波は高さ9~11mで、河原田川を1km以上も逆流した。 ※5:能登で地震が強く、輪島で1,460軒中流200余、菅沢川111、溺死者47。 ※10:天保4年10月下旬唐7ツ時頃大なる地震ありて、アツ時過、磯波波引引り、舟方通い路に際る所、此岩を知つて舟を廻らすこと第一とする由。〜。此一枚の波にて、河合、馬至の両町に家引取らるる事300軒。欲にまよふし、或は老人、産婦等都て走り残れたるもの死人百余人とぞ、庄屋の何某今も身の毛のよだつとを断けり。此に精有る事也。此段海浜の人は心得置くべき事なり。	※1-p135 ※2-p93 ※3-p89 ※4 ※5 ※10-p32 ※11-p92, p.93 ※13-p543 ※14-p181 ※18-p683 ※20-p785 ※24
追加	1865.2.25 安政2年1月9日	不明	※11:能登半島にも押し寄せ、輪島の町に浸水した(692)。函館・輪島などの遠隔地にも、天保津波は被害を与え、1864年の津波の規模を上回った(p.93)。 ※13:3波目が最高波になり、輪島川を1kmほど遡上して橋を大破し、浜に面したところでは300mほど町内に浸れたとある。 ※14:「...」以上の考察から、輪島での浸水高は馬至町と河井町での値を平均した五・七メートル程度と推定され、... ※18:能登輪島津波 ※20:津波に関する記載あり。 ※24:敦賀市市野々の豪農柴田家に伝わる「年々跡書帳」に「この(能登の輪島(輪島)と大津波のよし、大変といふべきことなり」と記述あり。 ※19:五十三次十福地震くつれ同七津津波地震同六層	※19-p127

H7調査比較 前回:H7に記載 今回:本調査で追加	年代	震源域 (推定地震規模)	主な記述	出典
前回	1892.12.9 明治25年12月9日	石川県西岸 (M6.4)	※1:加賀・福中の海岸で潮位の異常ありしとも資料少なく疑わしきか。 ※2:※3:※9:石川および富山県の海岸で潮位の異常が記録されている。おそらく弱い津波を目撃したものと思われる。 ※11:羽咋側に家屋破壊、地割れを起した地震があり、加賀・越中海岸で異常潮位が記録されている。 ※12:被害規模 2 (家屋の破壊、道路の損壊などが生じる程度の小被害) p407表内にて確認。 ※13:p.639 表1にて記載あり。	※1-p.211 ※2-p.102 ※3-p.98 ※11-p.689 ※12-p.407 ※13-p.639 ※7-p.34
追加	1915 大正4年ごろ	不明 (不明)	※7:大正四年頃 上大沢が大津波に洗われた。	※8-p.349 ※9-p.654
追加	1917.1.18 大正6年1月18日	高潮であったと 考えられる	※8:大正六年一月十八日 橋立村で津波が起った。 ※9:橋立村で高潮発生 大正六年(一九一七)一月十八日、発達した大陸からの季節風は暴風となり、大波を引き起こし、橋立漁港付近では高潮を発生させた。	※1-p.322 ※2-p.129 ※3-p.181 ※5-p.788 ※6-p.621 ※13-p.634
追加	1940.8.2 昭和15年8月2日	北海道西方沖 (M7.5)	※1:※2:※3:津波は日本海沿岸を襲った。 ※5:被害はほとんどなく、津波による被害が大きかった。波高は、羽咋・天塩2m、利尻3m、金沢・宮津1m。 ※6:被害はほとんどなく、有線区域もマグニチュードの割りに著しく狭い。日本海沿岸各地を襲った津波の高さは、利尻・吉前で3m、釜形く利尻町>>天塩・羽咋・留萌・増毛・樺太西海岸で約2m、函館で1.5m ※13:釜石市の金石、京都府丹波郡、隠岐諸島でも水位異常に気付かわれている。(p534 図12で確認可能)。	※1-p.390 ※2-p.148 ※3-p.152 ※5-p.741 ※13-p.642
前回	1964.6.16 昭和39年6月16日	新潟県沖 (M7.5)	※1:図より、能登半島北部沿岸で最高水位1m未満程度 ※2:※3:津波の高さは、波源域に直面する本州側の沿岸で最大となり、平均満面上3~4mに達した。さらに、北は男鹿半島、西は能登半島付近まで1~2m、佐渡の高津波、船川港、七尾湾などで2~3mとなり、若手町の被害を生じた。 ※5:津波が日本海沿岸一帯を襲い、波高は新潟県沿岸で4m以上に達した。	※1-p.474 ※2-p.184 ※3-p.182 ※5-p.632 ※13-p.649 p.523,p.542
前回	1983.5.26 昭和58年5月26日	秋田県沖 (M7.7)	※1:波源域に近いところで(津波伝達距離は10m以上となり、島や半島で高くなっているところがある。例えば奥原島、能登半島などである。富津町前浜港で津波伝達距離は2.5m(※2:※9)においても確認できる) ※5:石川・京都・島根など遠方の府県にも津波による被害が生じた。 ※6:佐渡郡津波で波高5m、能登半島で2~3m、朝鮮半島東岸でも死者3、船舶の転覆・沈没・流失等かなりの被害を生じた。 ※13:速く能登半島や函館島でも津波伝達3mに達したところもあり、また韓国北部の一部で4m程度の高さに達した(p.496)。規模で2.5m、輪島で2.0m、福浦で1.8mとやや大きい値を示している。注目すべきは輪島の約50km沖合にある船倉島であって、5mもの津波高が報告されている。能登半島で出た被害の主なものは、負傷3人(輪島港)、全半壊3と浸水6(すべて船倉島)、漁船被害7隻(うち福浦南港2隻、輪島港5隻、浪速港6隻)である(p.523)。日本海中部地震津波では能登半島の外浦で2~3mに達したが、東部沿岸の内浦では50cm前後であった(p.642)。	※1-p.504 ※3-p.193
追加	1993.2.7 平成5年2月7日	能登半島北方沖 (M6.6)	※1:輪島に小津波(最大波高28cm)あり。 ※3:表18-11に能登半島沖の津波の最大振幅を示す。【最大振幅】金沢港:32cm、輪島港:51cm、輪島:25cm、宇出津港:18cm	※1-p.505 ※3-p.193 ※6-p.635
追加	1993.7.12 平成5年7月12日	北海道南西沖 (M7.8)	※1:津波は日本海沿岸各地を襲った。 ※3:表182-9に北海道南西沖津波の最大振幅を示す。【最大振幅】金沢港:57cm、輪島港:188cm、輪島:74cm、宇出津港:58cm ※6:津波は渡島半島西岸にも大被害をもたらし、さらに日本海全域に波及し、北海道から九州に至る各地、韓国、ロシア沿海州などで浸水、漁船沈没などの被害が出た。	※1-p.543
追加 (H7以降)	2000.6.7 平成12年6月7日	石川県西方沖 (M6.1)	※1:最大震度V(小松市)	
追加 (H7以降)	2007.3.25 平成19年3月25日	能登半島沖 (M6.9)	※5:九州と臺灣で0.2mの津波。	※5-p.745

本調査で追加

※1:最新版日本被害津波総覧【第2版】/渡辺偉夫(2003.4.15)東京大学出版会
 ※2:日本被害津波総覧/渡辺偉夫(1985.11.25)東京大学出版会
 ※3:理科年表第84冊(平成23年)/国立天文台(2010.11)丸善
 ※4:加賀藩史料(金沢市立玉川図書館近世史料館)
 ※5:理科学年表第84冊(平成23年)/国立天文台(2010.11)丸善
 ※6:地震の事典/宇津徳治(1987)朝倉書店
 ※7:西保村史/伊藤和吉(1960)輪島市西保公民館
 ※8:加賀市史(通史下巻)/加賀市・加賀市史編纂委員会(1979.10)加賀市
 ※9:橋立町史/橋立町史編纂委員会(1997.3)橋立町史編纂委員会
 ※10:輪島町史(複製版)/加賀市史編纂委員会(1979.10)加賀市
 ※11:歴史津波-その挙動を探る-/羽鳥徳太郎(1977.5.1)海洋出版株式会社
 ※12:日本付近のM6.0以上の地震および被害津波の表 1885年~1980年 東京大学地震研究所 叢報 Vol.57
 ※13:月刊海洋科学 日本海中部地震津波/三好寿(1984.9.1)海洋出版株式会社
 ※14:新収日本地震史 実像と虚像/萩原尊禮(1989.3)東京大学出版会
 ※15:日本中世気象災害史年表稿/藤木久志編(2007.11)高志書院
 ※16:新収日本地震史 巻1/東京大学地震研究所編(1981.3)東京大学地震研究所
 ※17:新収日本地震史 巻2/東京大学地震研究所編(1983.3)東京大学地震研究所
 ※18:新収日本地震史 巻3/東京大学地震研究所編(1985.3)東京大学地震研究所
 ※19:新収日本地震史 巻4/東京大学地震研究所編(1988.3)東京大学地震研究所
 ※20:新収日本地震史 巻5/東京大学地震研究所編(1989.3)東京大学地震研究所
 ※21:新収日本地震史 巻6/東京大学地震研究所編(1993.3)東京大学地震研究所
 ※22:石川縣史 現代篇(4)/石川県編(1972)石川県
 ※23:石川縣史 現代篇(4)/石川県編(1972)石川県
 ※24:寛保津波に関する記事/北國新聞ホームページ(2011.8.17)
 別紙:調査済み文献一覧

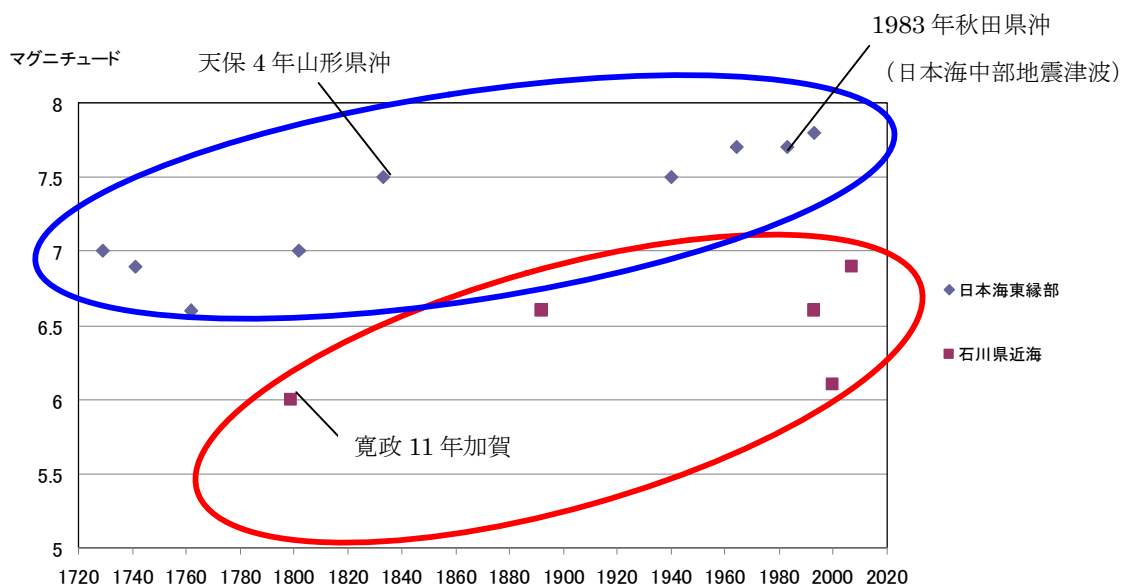
文献名	津波記載	該当項	
最新版日本被害地震総覧 [416]-2001	有	p37,p39,p40,p41,p53,p96,p99,p103,p120,p121,p135 p211,p322,p390,p474,p504,p505,p543	※1
日本被害津波総覧	有	p74,p86,p93,p102,p129,p148,p184	※2
日本被害津波総覧【第2版】	有	p67,p82,p89,p98,p1131,p152,p182,193	※3
加賀藩史料	有		※4
理科年表 第84冊(平成23年)	有	p725,p729,p738,p741,p743,p745	※5
地震の事典	有	p575,p578,p583,p591,p592,p597,p632,p635	※6
加賀市史	有	通史下巻(S54.10) p349	※8
歴史津波-その挙動を探る-	有	S52.5 p89,92,93	※11
続古地震	有	H1.3 p181	※14
月刊海洋科学 1984年9月号(通巻171号) Vol.16.No.9日本海中部地震津波	有	p496,p523,p534,p535,p539,p540,p542,p543	※13
遡上高を用いた津波マグニチュードMtの決定-歴史津波への応用-	無		
津波マグニチュードによる日本付近の地震津波の定量化	無		
日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表:1885年~1980年	有	東京大学地震研究所彙報Vol.57(1982) p407 表内	※12
金沢市史	無		
羽咋市史	無		
新修羽咋市史	無		
七尾市史	無		
輪島市史	無		
珠洲市史	無		
小松市史	無		
石川県石川郡誌	無		
石川県能美郡誌	無		
石川県江沼郡誌	無		
石川県河北郡誌	無		
輪島町史	有	復刻版(1984) p32	※10
中島町史	無		
鹿島町史	無		
鳥屋町史	無		
能登部町史	無		
鹿西町史	無		
金石町誌	無		
金沢市大野町史	無		
橋立町史	有	H9.3 p654	※9
内浦町史	無		
能都町史	無		
押水町史	無		
石川県志雄町史	無		
寺井町史	無		
新修門前町史	無		
志賀町史	無		
富来町史	無		
能登島町史	無		
石川県高松町史	無		
石川県宇ノ気町史	無		
七塚町史	無		
津幡町史	無		
内灘町史	無		
松任市史	無		
鶴来町史	無		
金沢市五郎島町史	無		
川北町史	無		
木場町史	無		
草野町史	無		
新松任町史	無		
瀬領町史	無		
相川新町史	無		
高松町史	無		
辰口町史	無		
田鶴浜町史	無		
中海町史	無		
野々市町史	無		
波佐谷町史	無		
蛭川町史	無		

文献名	津波記載	該当項	
二口町史	無		
美川町史	無		
菟輪町史	無		
門前町史	無		
徳光町誌	無		
松任町史	無		
新修大成町史	無		
高堂町史	無		
打越町史	無		
佐野町史	無		
新修根上町史	無		
下粟津町誌	無		
小松市矢田野町誌	無		
沖町誌	無		
波左美町誌	無		
水島町誌	無		
安宅新町史	無		
山中町史	無		
穴水町十年誌	無		
河内村史	無		
吉野谷村史	無		
石川県尾口村史	無		
白峰村史	無		
石川県鳥越村史	無		
上戸村史	無		
西保村史	有	S35 p34	※7
金丸村史	無		
旧越路野村史	無		
続鳥越村史	無		
南大海村史	無		
柳田村史	無		
浦土の歴史	無		
諸岡村史	無		
石川県押野村史	無		
国府村史	無		
山島村誌	無		
町野村誌	無		
福正寺村誌	無		
庄村々史	無		
三木村志	無		
石川県大内村誌	無		
黒島村小史	無		
矢崎史	無		
大聖寺藩史	無		
日本中世気象災害史年表稿	有	藤木久志編(高志書院)H19.11.20 p49	※15
新収日本地震史料第1巻	有	東京大学地震研究所編(S56.3) p18-p21,p49-52	※16
新収日本地震史料第2巻	無		
新収日本地震史料第3巻	有	東京大学地震研究所編(S58.3) p246-p247,p246-p247,p301-307	※17
新収日本地震史料第4巻	有	東京大学地震研究所編(S59.3) p95-p115,p693-695	※18
新収日本地震史料第5巻	有	東京大学地震研究所編(S60.3) p127	※19
新収日本地震史料補遺	有	東京大学地震研究所編(H1.3) p386-p390,p412-p417,p784-p820	※20
新収日本地震史料続補遺	有	東京大学地震研究所編(H5.3) p437-p439,p446-p447	※21
石川県史 第一編	無		
石川県史 第二編	無		
石川県史 第三編	無		
石川県史 第四編	無		
石川県史 第五編	有	石川県(1974) p725	※22
石川県史 現代篇(1)	無		
石川県史 現代篇(2)	無		
石川県史 現代篇(3)	無		
石川県史 現代篇(4)	有	石川県(1972) p1258	※23
石川県史 現代篇(5)	無		
石川県史 現代篇(6)	無		
寛保津波に関する記事	有	北國新聞ホームページ(2011.8.17)	※24

調査結果の中から記録として確からしいものについて、整理を行った。

表 2-5 石川県に被害をもたらした津波一覧

西暦	和暦	波源域	マグニチュード	津波高、津波被害
1729	享保 14 年	能登・佐渡	7.0	穴水、七尾間で海岸崩れあり
1741	寛保 1 年	北海道南西沖	6.9	能登七浦<門前町>で被害があった、波高 2~3m(地震の辞典)
1762	宝暦 12 年	新潟県沖	6.6	能登七浦などの大型湾内の波高が目立って大きい
1799	寛政 11 年	加賀	6.0	宮腰海嘯二百餘戸ヲ流ス(地震記/金沢市立図書館_富田文庫)
1802	享和 2 年	佐渡	7.0	佐渡で津波
1833	天保 4 年	山形県沖	7.5	輪島市で 7~11m(加賀藩史料) 輪島市で 5.7m(続古地震)
1892	明治 25 年	石川県西岸	6.6	富山県・石川県沿岸で潮位の異常があった
1915	大正 4 年頃	不明	不明	上大沢が大津波に洗われた(西保村史)
1940	昭和 15 年	北海道西方沖	7.5	津波が日本海沿岸を襲った
1964	昭和 39 年	新潟県沖	7.5	能登半島付近で 1~2m、七尾港で 2~3m
1983	昭和 58 年	秋田県沖	7.7	能登半島で 2~3m、舳倉島で 5m。
1993	平成 5 年	能登半島北方沖	6.6	【最大振幅】金沢港：32cm、輪島港：51cm、輪島：25cm、宇出津港：18cm。
1993	平成 5 年	北海道南西沖	7.8	【最大振幅】金沢港：57cm、輪島港：188cm、輪島：74cm、宇出津港：58cm。
2000	平成 12 年	石川県西方沖	6.1	—
2007	平成 19 年	能登半島西方沖	6.9	珠洲と金沢で 0.2m の津波。



日本海東縁部：新潟県沖から北海道沖、石川県近海：加賀能登などの近海

図 2-18 日本海東縁部と石川県近海を震源とする地震の比較

石川県に津波被害をもたらした地震を整理したところ、日本海東縁部を震源とするものが多く、地震規模としては、おおよそ M7.0 以上であることが図 2-18 より分かる。代表的なものとしては、石川県において既往最大の津波をもたらした天保 4 年山形県沖地震 (M7.5) や 1983 年日本海中部地震 (M7.7) である。

石川県近海で発生した地震で津波を伴ったものの地震規模はおおよそ M6.0~M7.0 である。その中で寛政 11 年の加賀地方を震源とする地震では、金沢市金石地区における津波の記録が残っているが、津波高等の記録は確認できなかった。

以下に既往地震津波で石川県において被害が特に大きかったものを示す。

1) 寛政 11 年(1799 年)加賀の地震 M=6.0 津波高 不明

「宮腰海嘯二百餘戸ヲ流ス」と“地震記”(金沢市立図書館・富田文庫蔵)で述べられている。宮腰とは現在の金沢市金石地区であり、金沢市における津波被害として最大である。しかし津波高を示すような史料は確認できなかった。

2) 天保 4 年(1833 年)山形県沖地震 M=7.5 津波高 5.7m

「輪島では地震後 10 町ばかり潮が引いたが、第 1 波で床上浸水し、第 3 波で最大となり、家屋流失及び半潰 365、溺死 47。」と“日本被害津波総覧(1985)”で述べられている。『応響雑記』『続能登路の旅』等で当時の生々しい記録が残されている。

3) 1983 年日本海中部地震 M=7.7 津波高 2~3m

県内では狼煙で 2.5m、輪島で 2.0m、福浦で 1.8m とやや大きい値を示している。特に舩倉島では 5m の津波高が報告されており、県内で最大となっている。この津波の特徴として、能登北部の外浦では津波高が 2~3m に達したが、東部沿岸の内浦では 50cm 前後であった点が挙げられる。

既往の津波では、石川県近海で発生した地震による津波よりも、石川県から距離が離れている日本海東縁部を震源とする地震による津波の方が大きな被害を及ぼしている。

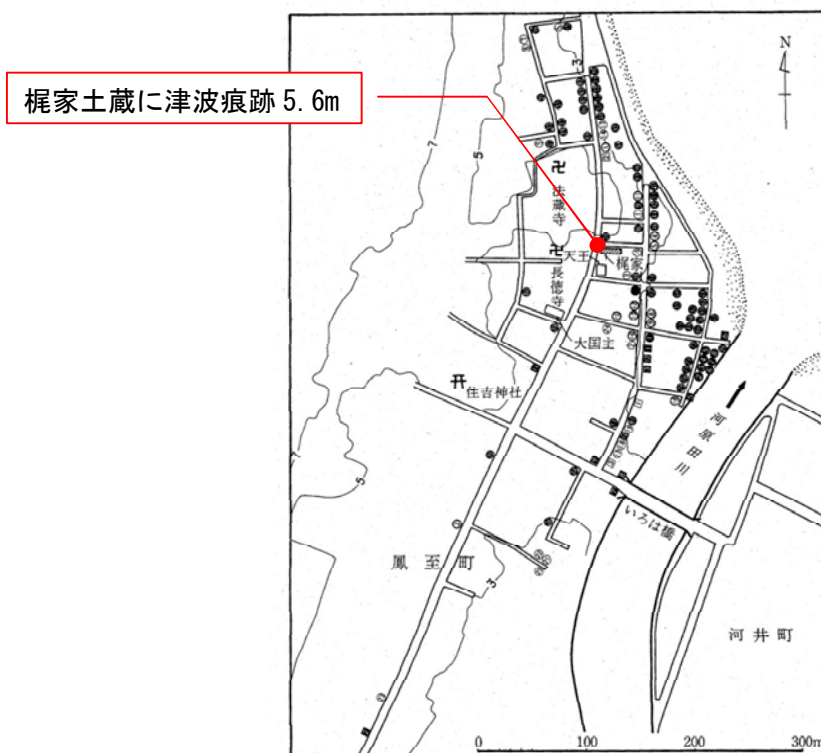
次に、既往最大で輪島において甚大な被害をもたらした天保4年山形県沖地震について整理する。この地震については史料が比較的残されており、津波発生当時の様子が事細かに記されている。

<天保の津波 1833. 12. 7> 石川県内既往最大の津波

揺れの状況	<ul style="list-style-type: none"> 各種文献より要約 <p>二十六日夕七ツ時前ないし八ツの下刻（十四時半頃）に地震が大いに揺り出し、久しく震動したが半時（一時間）に及ばなかった。</p> <p>地震発生から約一時間後の七ツ時（十六）時頃になって、押し波で始まる津波が襲来。</p>
主な被害	<ul style="list-style-type: none"> 住吉神社史料より抜粋 <p>「御塩蔵之塩九百俵計も水染に相成申候」</p> <ul style="list-style-type: none"> 御家老方等諸事留より要約（最も詳細な記録である） <p>「惣家数一四六〇軒中、流失家二〇八軒、皆潰家一一一軒、半潰家五四軒、計三七三軒、溺死者四七人に及んでいる」（文献によって値は異なる）</p>

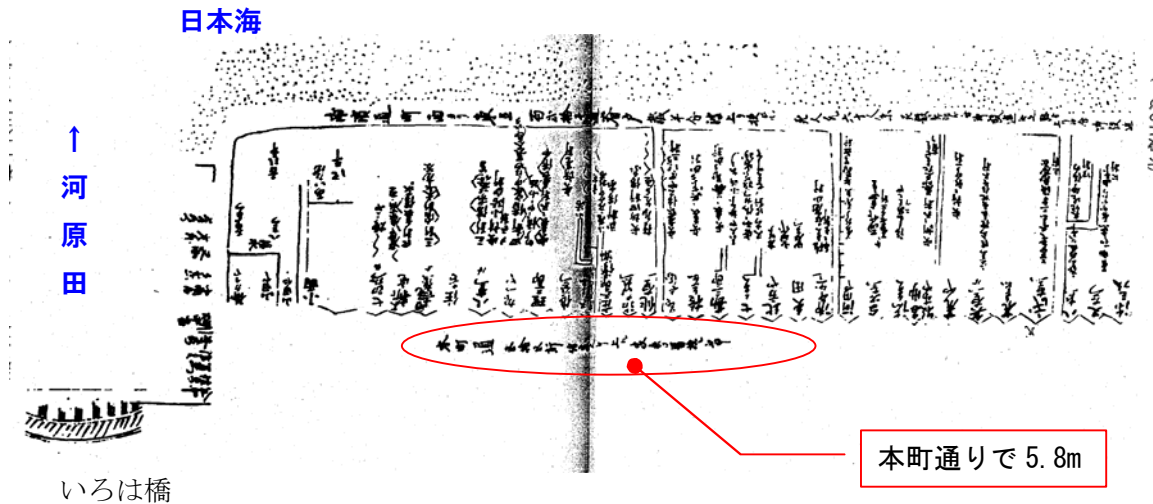
このとき発生した津波について加賀藩史料では「最初より三度目一番高く、波之高さ五、六間(7~11m)にも相成り、・・・」とあり、第3波目が最大で約7~11mの津波が来たと書かれている。この記録から新聞等で、“8m”の津波が来たとして報道がなされている。

『続古地震』（1986年）の筆者による調査では、鳳至町の長徳寺に面した梶家の土蔵に当時潮水に浸かった痕跡があり、該当する箇所の高さを測った結果、海拔5.6mであった。



「続古地震」より抜粋

さらに『(仮題) 天保四年地震による河井町における津波被害絵図』(輪島市鳳至町住吉神社蔵)の津波による被害記事に「本町通五拾五軒、借家有、波壱尺計上ル、家表口皆損シ不申、」とある。これより、河井町では本町通りの海拔が現在約 5.5mであり、当時もほぼ同様であったとすると、一尺=約 0.3mであるので、浸水高は海拔 5.8mということになる。



「(仮題)天保四年地震による河井町における津波被害絵図／輪島市鳳至町住吉神社蔵」に加筆

以上の考察から、輪島での津波高は鳳至町と河井町での値を平均した 5.7m程度と推定され、『輪島并近浦津波一件』や『加賀藩史料』等での記述(約 7~11m)は、誇張されている可能性もある。

今回の想定波源の解析結果を文献上の最大津波である天保 4 年の津波の比較、検証は第 7 章で示す。天保 4 年の津波と解析結果の考察を行う。

2-4 想定波源候補の設定

前述の調査に基づき、石川県周辺海域において、今後、石川県に津波被害を及ぼす恐れのある津波想定地震を整理し、想定波源候補として設定を行った。

2-4-1 資料収集

“2-2 既存の津波想定及び海底地質調査結果の整理”にて整理した石川県周辺の断層を足がかりとし、海底地質に関する以下の資料を参照し、想定波源候補を設定した。

表 2-6 断層設定のための収集資料

使用データ
<ul style="list-style-type: none">●北陸シームレス地質情報集／産業技術総合研究所 地質調査総合センター<ul style="list-style-type: none">「能登半島北部沿岸域」「新潟沿岸域」 ●海洋地質図／産業技術総合研究所 地質調査総合センター<ul style="list-style-type: none">No.15 「日本海中部海域広域海底地質図」No.40 「経ヶ岬沖海底地質図」No.43 「佐渡島南方海底地質図」No.46 「佐渡島北方海底地質図」No.47 「粟島周辺海底地質図」No.48 「秋田西方海底地質図」No.50 「ゲンタツ瀬海底地質図」No.59 「能登半島東方沖底地質図」No.61 「能登半島西方沖底地質図」 ●その他<ul style="list-style-type: none">日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史<li style="padding-left: 40px;">／徳山ら（海洋調査技術第13巻 第1号）石川県周辺の音波探査結果／産業技術総合研究所 海域地質構造データベース

2-4-2 地域の設定

“2-2-5 石川県近傍の既往調査結果の整理”で整理した既往断層調査結果を基に、石川県周辺を4つのエリアに分割し、整理した。

エリア1は、日本海東縁部の地震発生空白地帯のうち、石川県に最も近い新潟県沖から秋田県沖の空白地域である。

エリア2は、平成7年度の調査で能登半島東方沖を設定した佐渡から能登半島間の海域である。

エリア3は、能登半島の北部を中心とした能登半島周辺の海域である。

エリア4は、石川県西方の隠岐から加賀市沖の海域である。

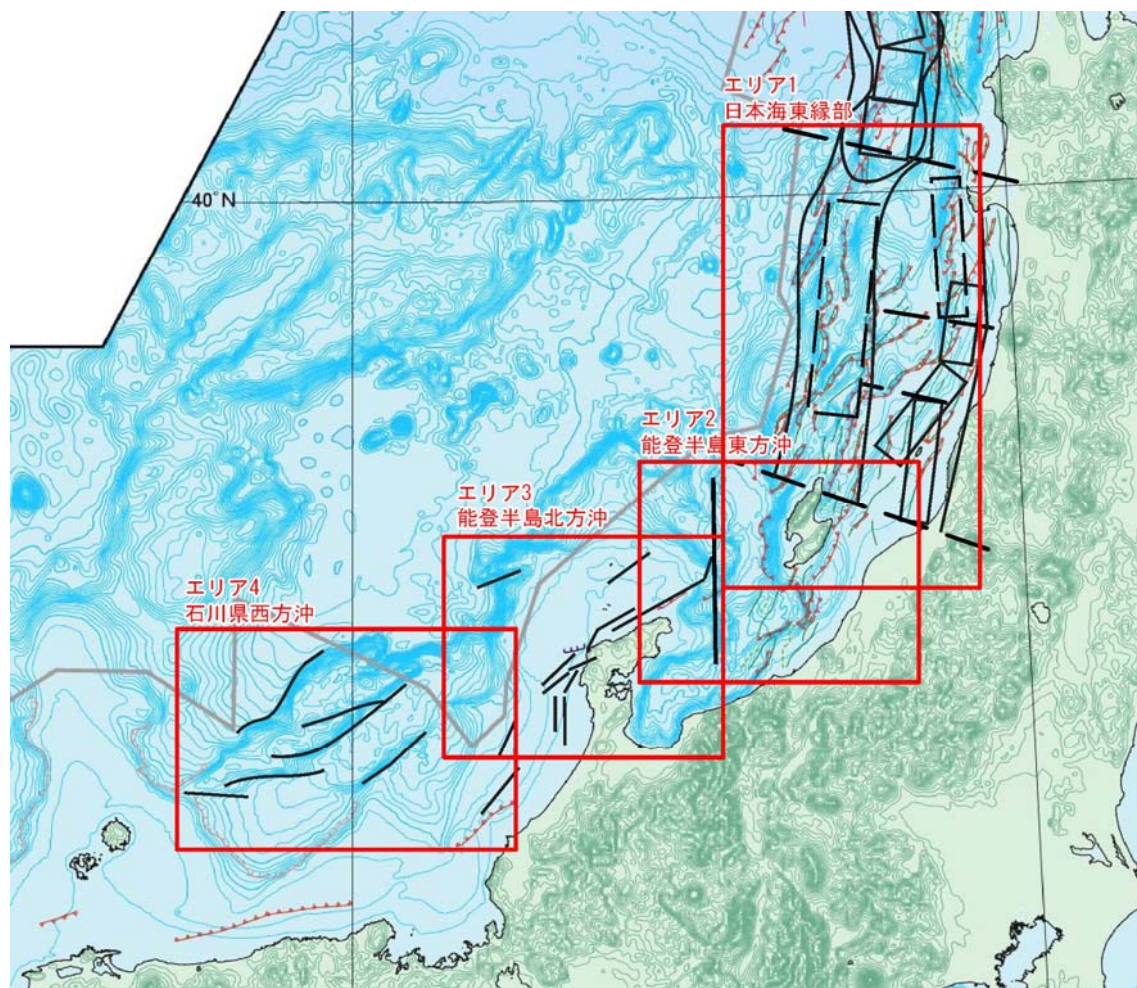


図 2-19 石川県周辺海域のエリア分割図

「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史の付図『日本周辺海域の第四紀地質構造図』2001」に加筆

2-4-3 想定波源候補の設定について

検討会での意見を踏まえ、収集した海底地質図や産業技術総合研究所の海底音波探査等の資料を基に断層位置や傾斜方向等を考慮し、津波被害をもたらす想定波源候補を整理した。なお、設定にあたっては、石川県に最大の被害をもたらす波源想定を行うことを基本方針とした。

1) 想定波源設定方針

- 津波を引き起こす要因としては、断層活動や火山活動、海底の地滑りなどが考えられるが、火山活動や海底地滑りは評価方法が確立していないこと、津波の発生原因は断層運動がほとんどであることから、断層運動による地震津波を対象とする。
- 地震津波の発生源である断層は、海底地質調査により判明している活断層を対象とする。なお、背斜構造、向斜構造などその周辺に断層があると考えられる地形は、周囲の活断層との連続性があれば、活断層として扱う。
- 近傍にある個別断層の傾斜方向が同じであれば、連動するものとする。
【連動の判定】
 - ・松田（1990）の 5km ルールにとらわれず、地形状況等を考慮し連動するかどうかの判断を行う。
 - ・近傍で傾斜方向が同じ断層であっても、それらを遮る様に、横断する別の断層がある場合は、連動しないものとする。

2) 想定波源候補の設定

波源設定方針に従い、石川県に大きな影響を及ぼす波源候補を複数設定した。想定波源候補の位置を図 2-20 で示す。なお、設定にあたっては、検討会委員の岡村委員、平松委員にご助言を頂いた。次頁以降に、各想定波源候補の設定根拠を示す。

エリア 1：日本海東縁部

断層名：1. 東縁部

エリア 2：能登半島東方沖

断層名：2-1. H7 波源

断層名：2-2. 佐渡島南西 1

断層名：2-3. 佐渡島南西 2

エリア 3：能登半島北方沖

断層名：3-1. 北方沖 1

断層名：3-2. 北方沖 2

エリア 4：石川県西方沖

断層名：4-1. 能登北陸断層系南縁

断層名：4-2. 隠岐断層系南縁

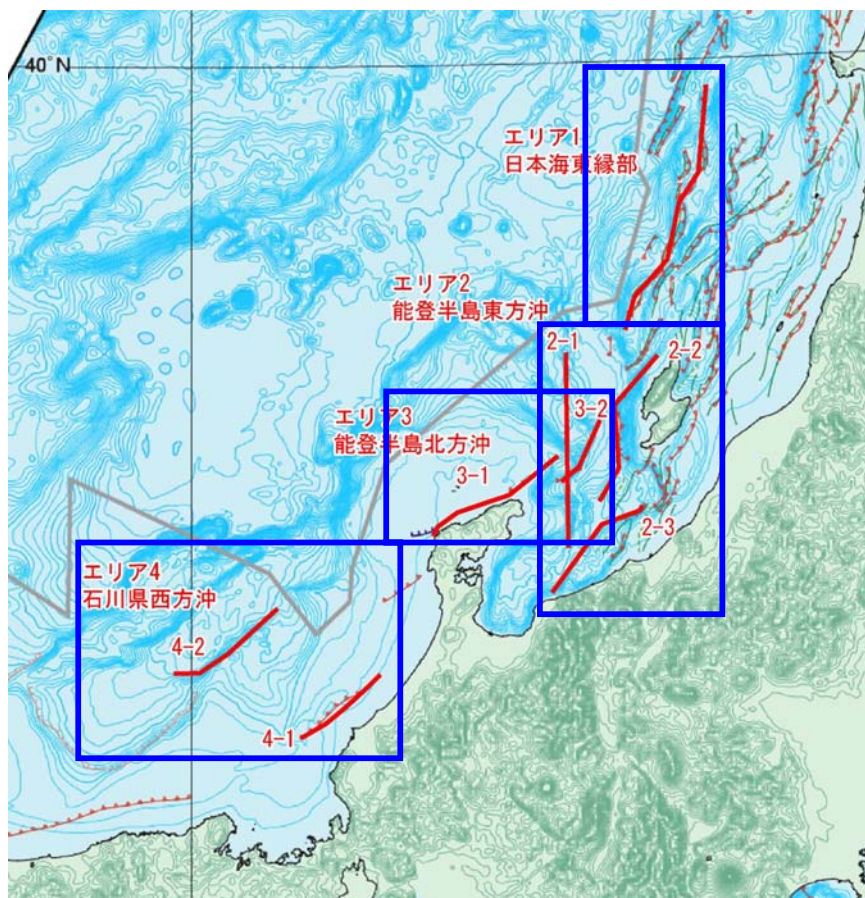


図 2-20 想定波源候補の位置図

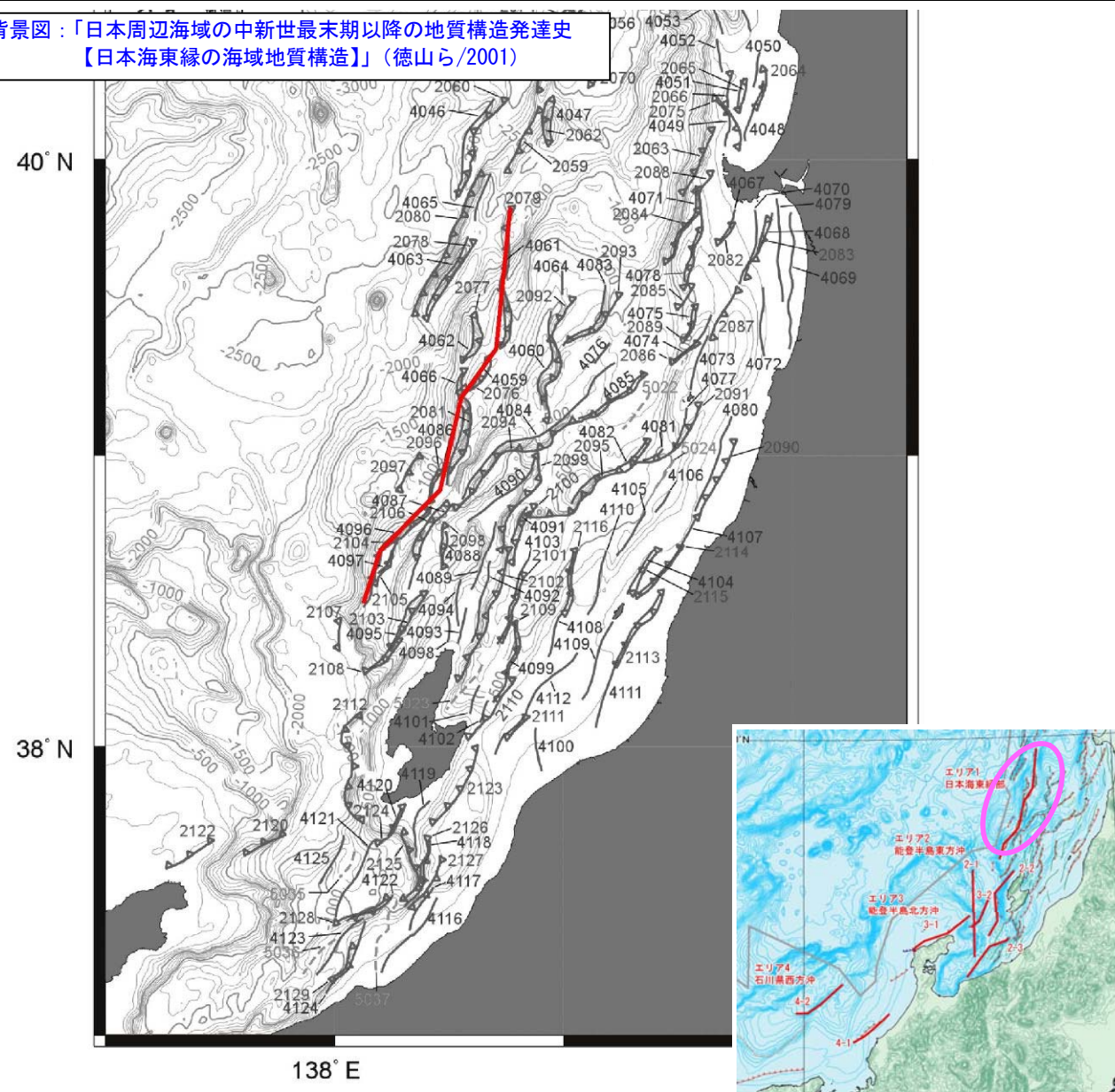
「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史の付図『日本周辺海域の第四紀地質構造図』2001」に加筆

◆各波源の設定根拠

エリア：1. 日本海東縁部 断層名：1. 東縁部

◆日本海東縁部の空白域において、連動すると考えられる断層を接続し、最も長くなるものを採用した。なお、接続に当たっては、断層の傾斜方向を考慮して設定している。

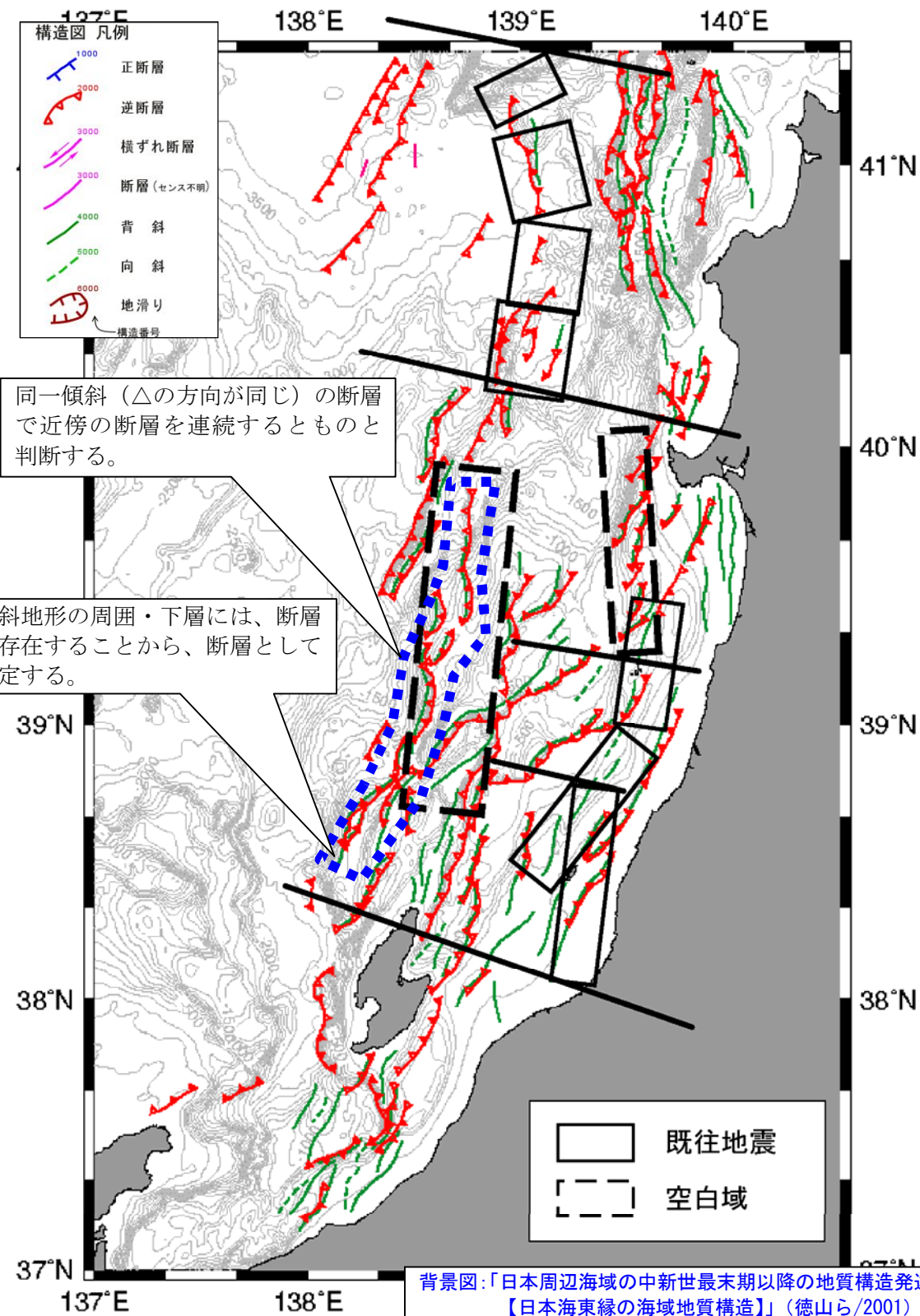
背景図：「日本周辺海域の中新世最末期以降の地質構造発達史【日本海東縁の海域地質構造】」（徳山ら/2001）



想定マグニチュード M_w	7.99	-
断層長 L (km)	167	-
断層幅 W (km)	17.32	-
すべり量 D (m)	12.01	-
上縁深さ d (km)	0	-
傾斜角 θ (°)	60	-
すべり角 λ (°)	90	-

※断層パラメータの設定については、「2-5 断層パラメータの設定」にて解説する。

根拠資料



同一傾斜（△の方向が同じ）の断層で近傍の断層を連続するものと判断する。

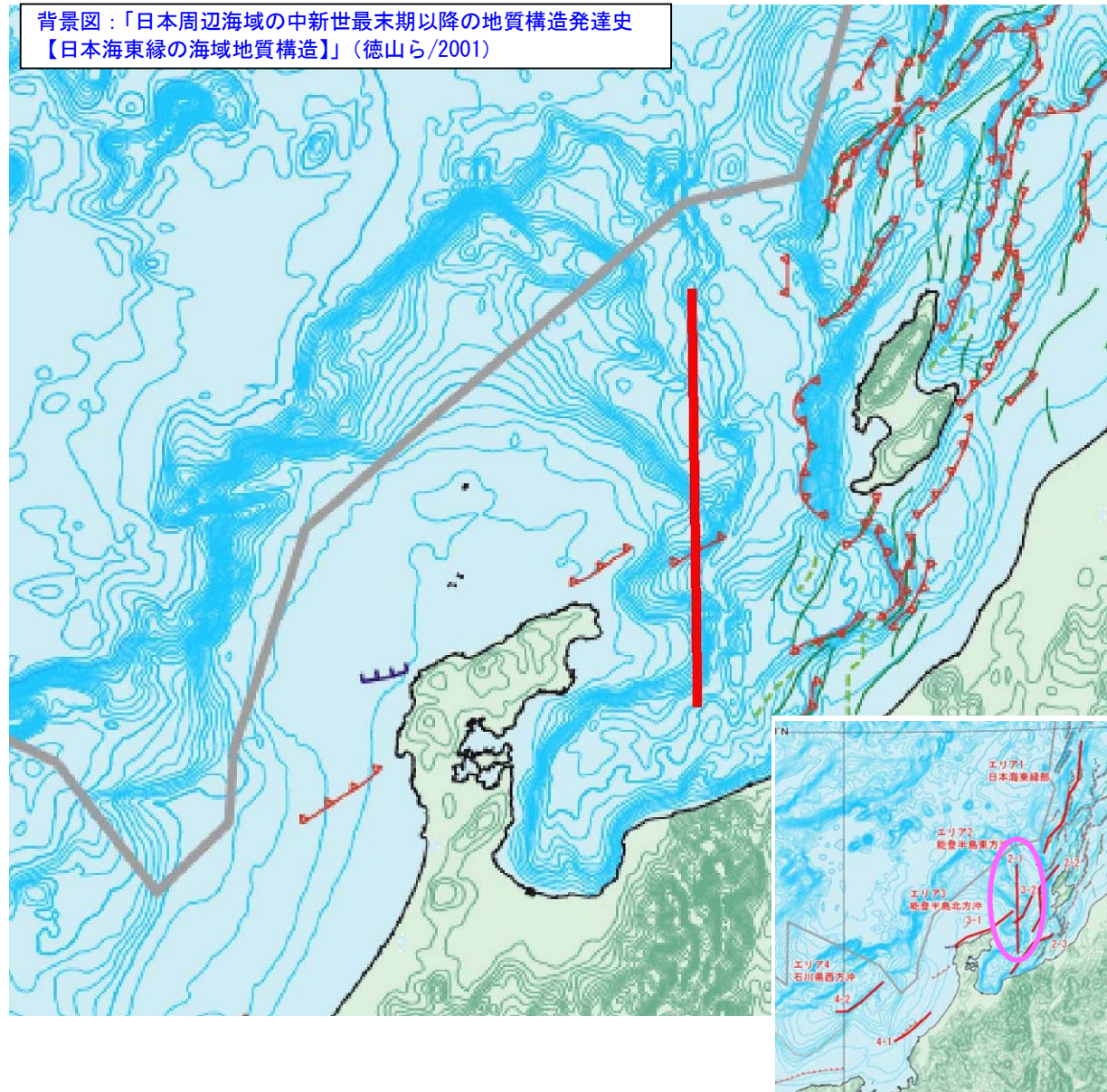
背斜地形の周囲・下層には、断層が存在することから、断層として設定する。

背景図：「日本周辺海域の中新世最末期以降の地質構造発達史【日本海東縁の海域地質構造】」（徳山ら/2001）
 参考資料：日本海東縁部の地震活動の長期評価について／地震調査研究推進本部

◆各波源の設定根拠

エリア：2. 能登半島東方沖 断層名：2-1. H7波源

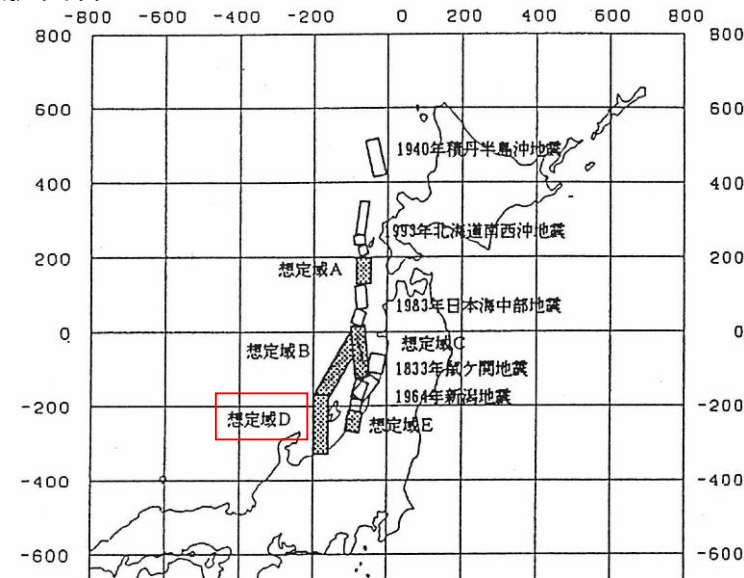
◆平成7年度の想定断層のパラメータを踏襲した。



想定マグニチュード M_w	7.8	-
断層長 L (km)	120	-
断層幅 W (km)	45	-
すべり量 D (m)	5	-
上縁深さ d (km)	2	-
傾斜角 θ (°)	40	-
すべり角 λ (°)	90	-

※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

根拠資料



石川県にとって最も危険となる地震発生場所を空白域内で設定

想定域D 富山県北方沖

※日本海東縁部地震津波防災施設整備計画調査 H8.3

津波を起こした地震 地震発生日 マグニチュード	断層	長さ (km)	幅 (km)	深さ (km)	走向角 (度)	傾斜角 (度)	すべりの方向 (度)	すべり量 (cm)
積丹半島沖地震 ※1 1940年8月2日 M7.5		100	35	-	347	40	90	150
新潟地震 ※2 1964年6月16日 M7.5	北	50	35	1	200	60	115	400
	南	30	30	1	189	60	90	300
日本海中部地震 ※3 1983年5月26日 M7.7	北	60	40	1	340	30	90	400
	南	60	40	1	20	30	90	500
北海道南西沖地震 ※4 1993年7月12日 M7.8	①	70	30	10	195	20	90	400
	②	40	30	5	170	30	80	400
	③	30	25	0	130	55	50	800

※1はSatake(1986)、※2は松橋ら(1987)、※3はSatake(1985)、※4は橋本ら(1994)による。これらは津波波源を意識した震源断層パラメータである。

日本海東縁部で発生した主要な津波の震源断層パラメータ

- 断層面積：佐藤の式よりマグニチュードから算出した。(佐藤の式は： $\log S = M - 4.07$)
- 断層面の長さ：既往地震断層モデルの平均的比率を参考に、断層面積から導いた。
- 断層面上端の深さ：既往地震断層モデルの値を参考にした。
- 走向角：日本海東縁プレート説を意識して設定した。
- 傾斜角：既往地震断層モデルの値を参考にした。
- すべりの方向：同上
- すべり量：既往地震断層モデルの値をマグニチュードに照らして考慮した。

長さ (km)	幅 (km)	深さ (km)	走向角 (度)	傾斜角 (度)	すべりの方向 (度)	すべり量 (cm)
120	45	2	0	40	90	500

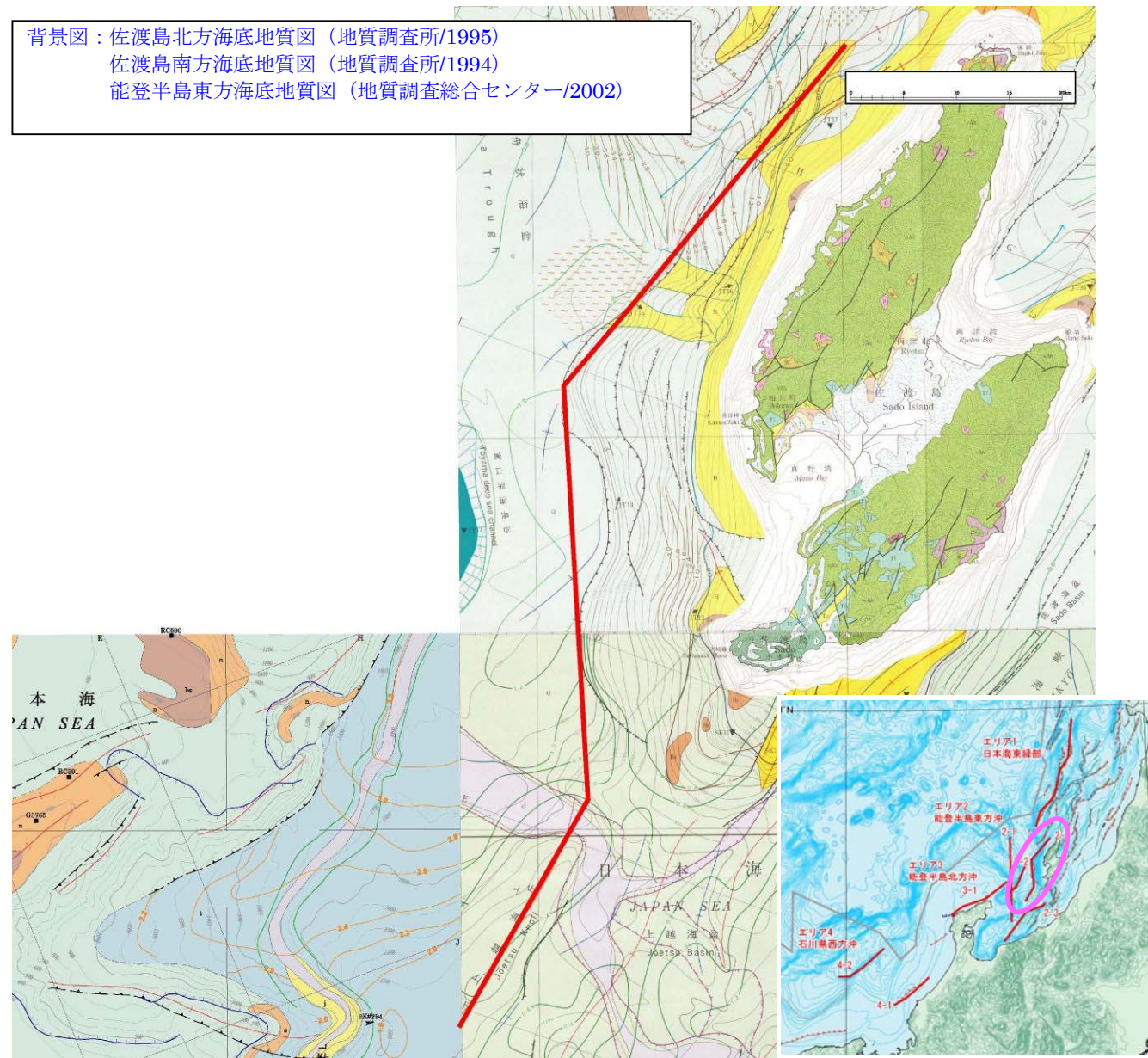
※南北に長く、東側に傾斜するモデルである。

◆各波源の設定根拠

エリア：2. 能登半島東方沖 断層名：2-2. 佐渡島南西1

◆佐渡島方沖において、連動すると考えられる断層を接続した。なお、上越海丘には、背斜構造が見られることから、背面には断層があるものとして取り扱った。

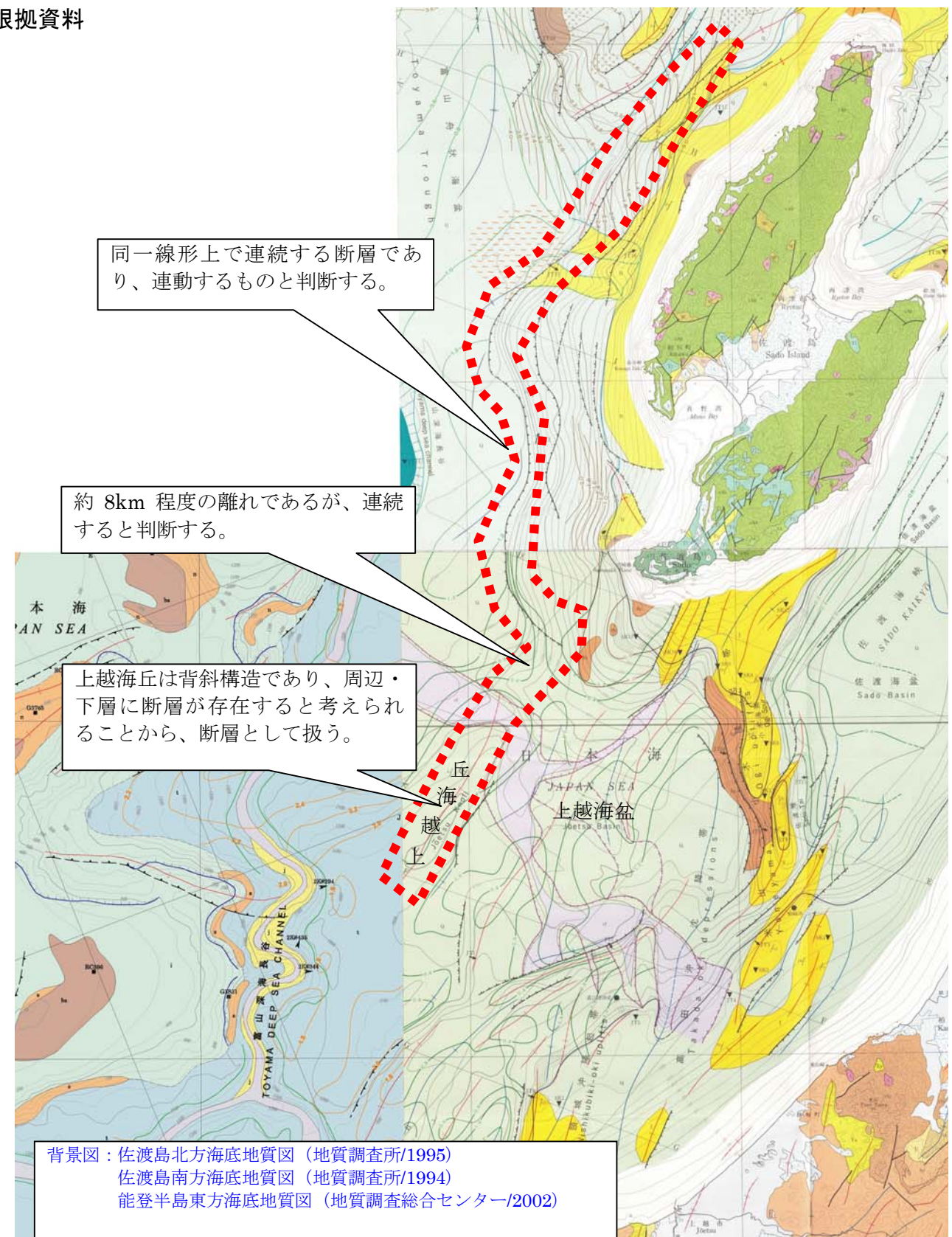
背景図：佐渡島北方海底地質図（地質調査所/1995）
佐渡島南方海底地質図（地質調査所/1994）
能登半島東方海底地質図（地質調査総合センター/2002）



想定マグニチュード M_w	7.73	7.73
断層長 L (km)	106	106
断層幅 W (km)	17.32	21.21
すべり量 D (m)	7.71	6.3
上縁深さ d (km)	0	0
傾斜角 θ (°)	60	45
すべり角 λ (°)	90	90

※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

根拠資料



同一線形上で連続する断層であり、連動するものと判断する。

約 8km 程度の離れであるが、連続すると判断する。

上越海丘は背斜構造であり、周辺・下層に断層が存在すると考えられることから、断層として扱う。

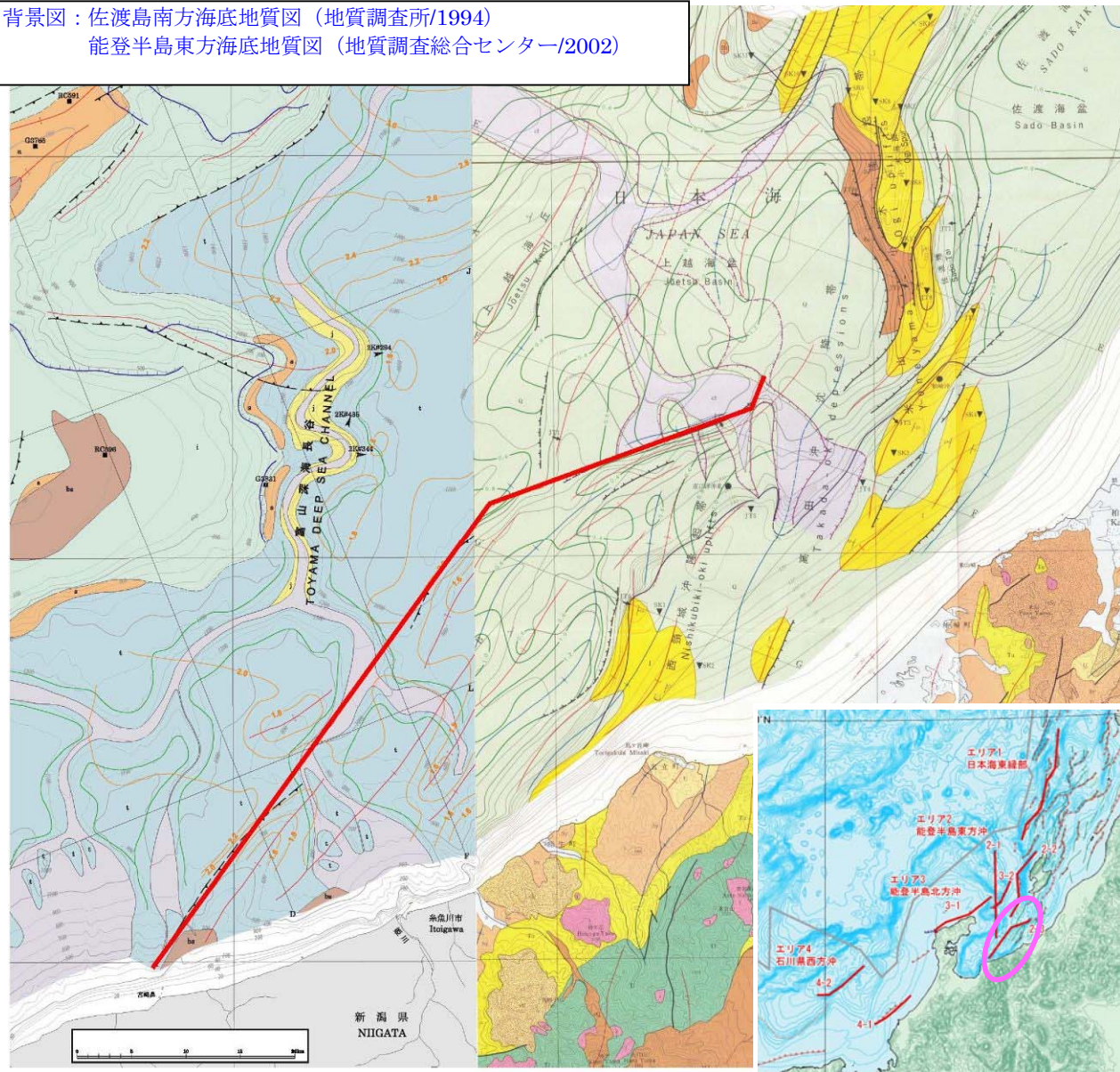
背景図：佐渡島北方海底地質図（地質調査所/1995）
佐渡島南方海底地質図（地質調査所/1994）
能登半島東方海底地質図（地質調査総合センター/2002）

◆各波源の設定根拠

エリア：2. 能登半島東方沖 断層名：2-3. 佐渡島南西2

- ◆佐渡島南方沖において、断層と背斜構造より、一連の断層が存在すると考えた。
- ◆なお、この断層は、陸域(富山県魚津付近)から伸びる断層と考えられる。

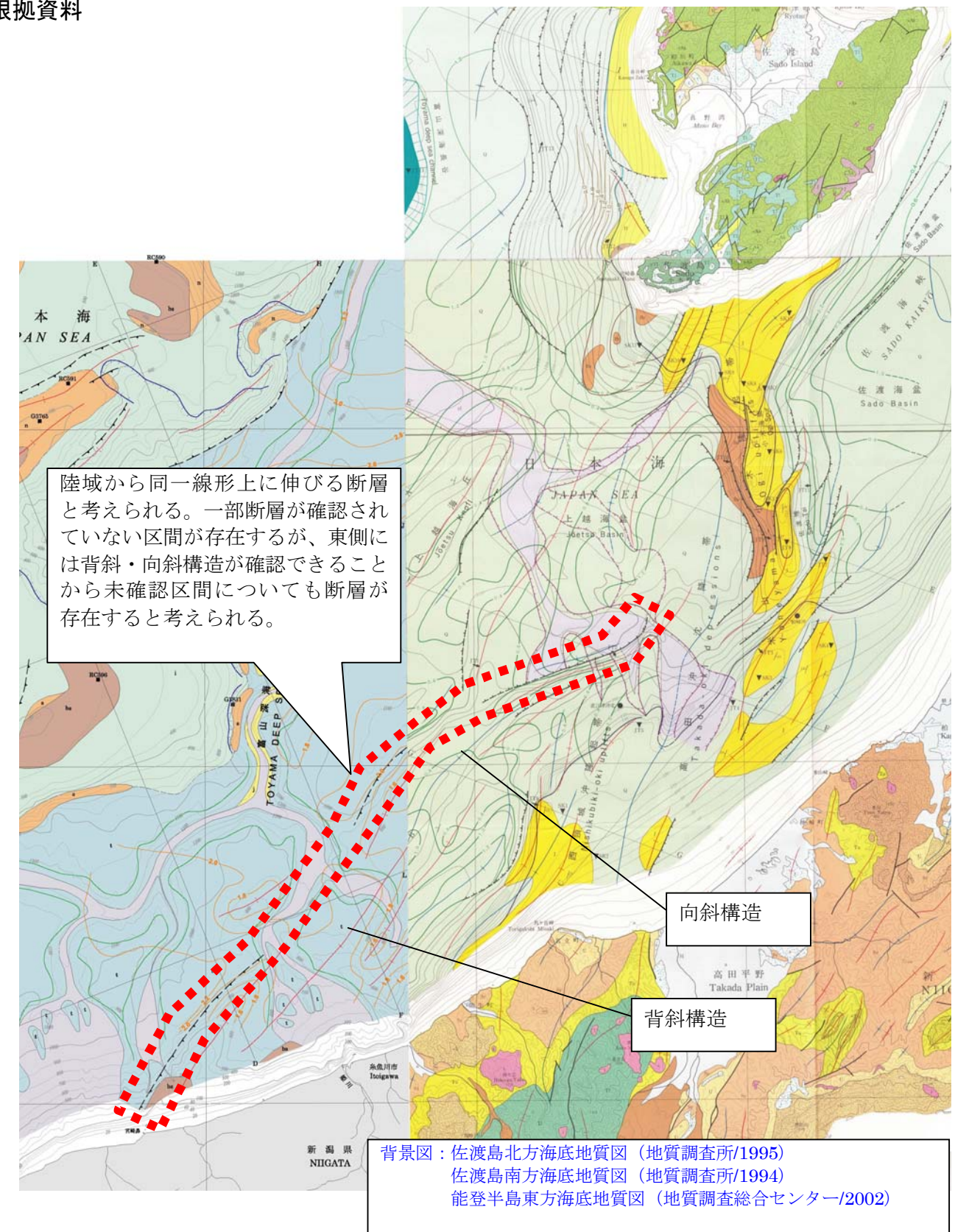
背景図：佐渡島南方海底地質図(地質調査所/1994)
能登半島東方海底地質図(地質調査総合センター/2002)



想定マグニチュード M_w	7.58	7.58
断層長 L (km)	82	82
断層幅 W (km)	17.32	21.21
すべり量 D (m)	5.94	4.85
上縁深さ d (km)	0	0
傾斜角 θ (°)	60	45
すべり角 λ (°)	90	90

※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

根拠資料

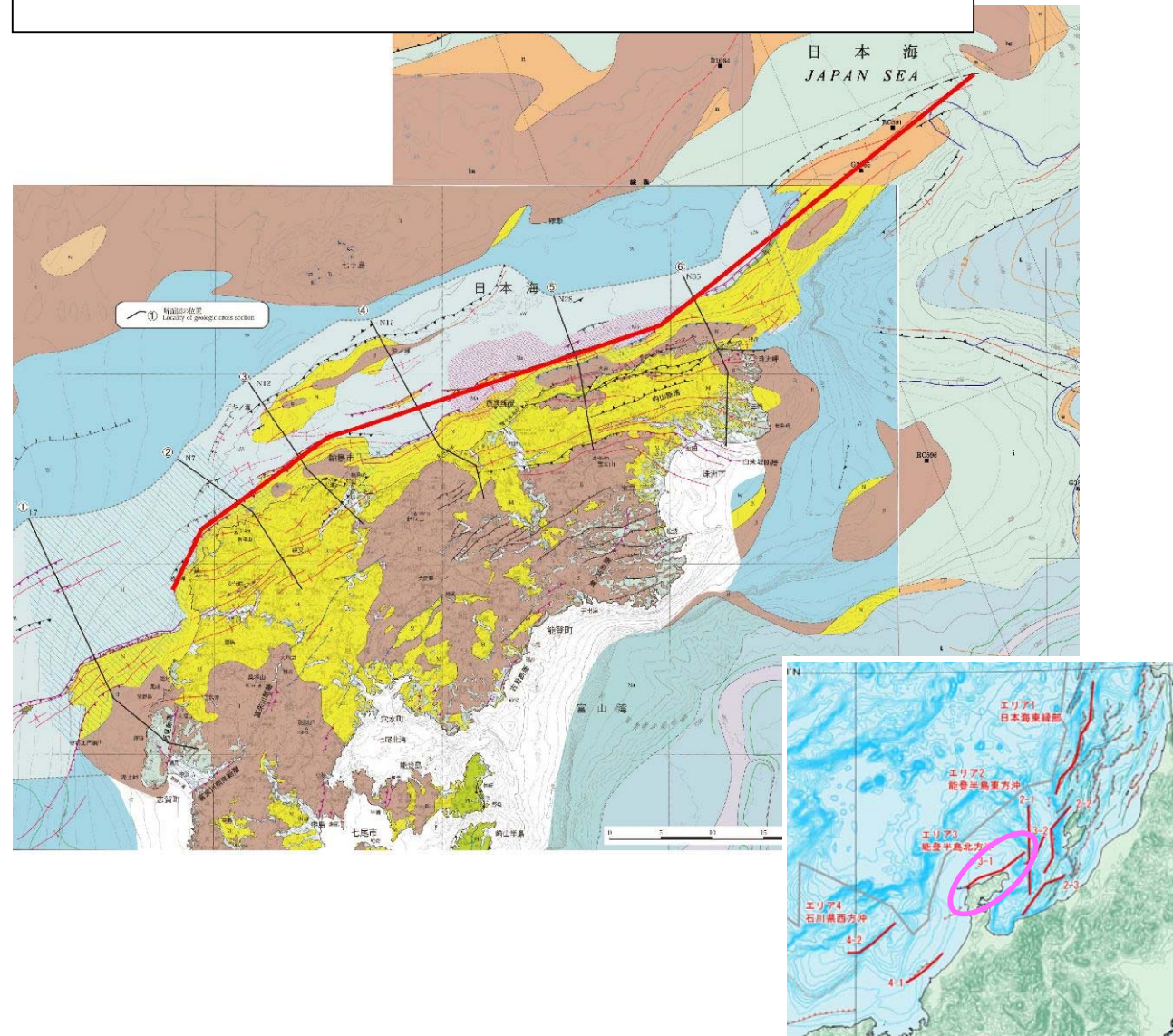


◆各波源の設定根拠

エリア：3. 能登半島北方沖 断層名：3-1. 北方沖1

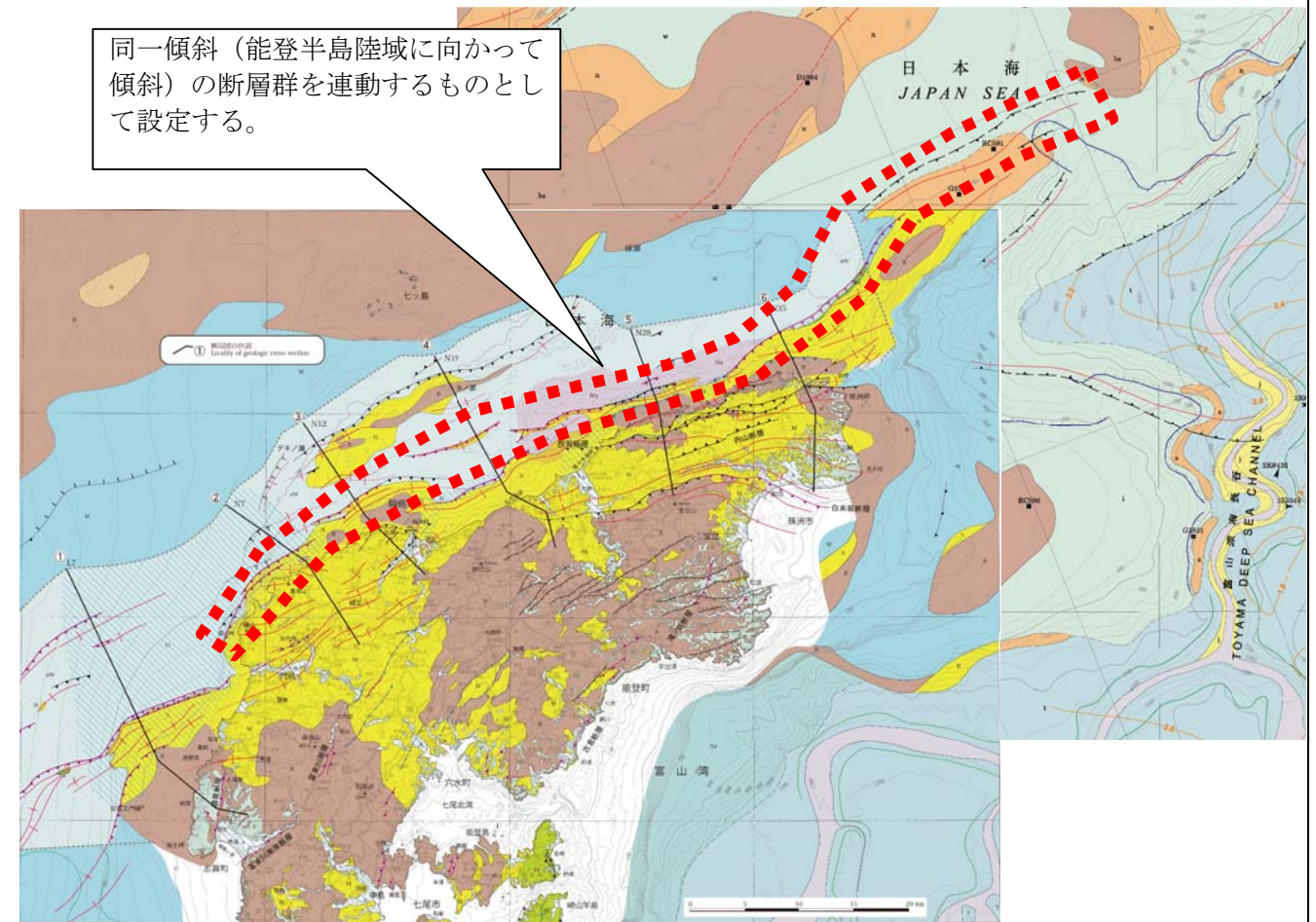
◆能登半島北方において、連動すると考えられる断層を接続し、最も長くなるものを採用した。なお、接続に当たっては、断層の傾斜方向を考慮して設定している。

背景図：海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」(地質調査総合センター/2010)
能登半島東方海底地質図(地質調査総合センター/2002)



根拠資料

同一傾斜(能登半島陸域に向かって傾斜)の断層群を連動するものとして設定する。



背景図：海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」(地質調査総合センター/2010)
能登半島東方海底地質図(地質調査総合センター/2002)

想定マグニチュード M_w	7.66	-
断層長 L (km)	95	-
断層幅 W (km)	17.32	-
すべり量 D (m)	6.76	-
上縁深さ d (km)	0	-
傾斜角 θ (°)	60	-
すべり角 λ (°)	90	-

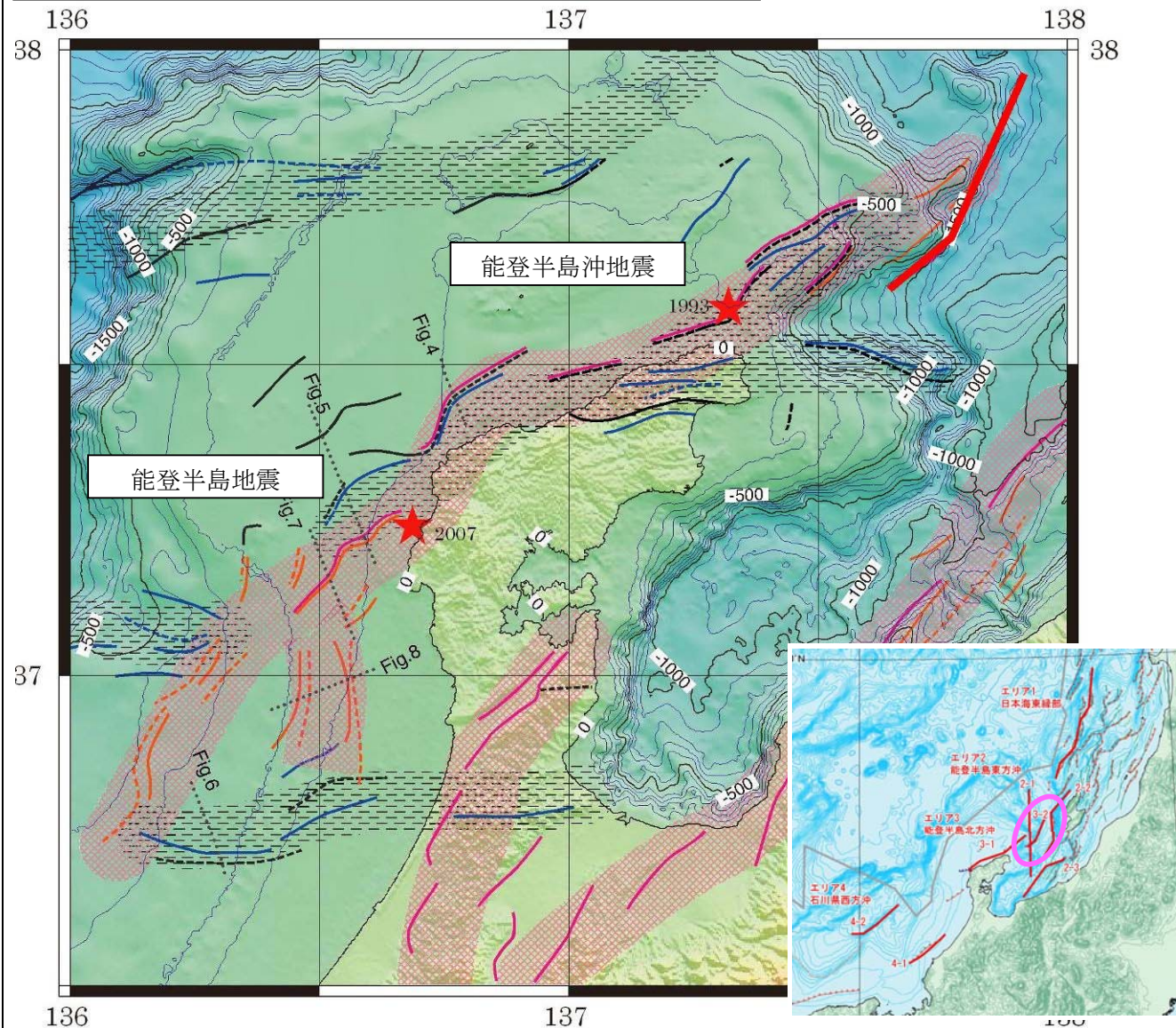
※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

◆各波源の設定根拠

エリア：3. 能登半島北方沖 断層名：3-2. 北方沖2

- ◆能登半島北方の海底地形に沿う断層である。なお、地形の状況を考慮し、延伸している。
- ◆断層位置が深い地点に位置する。

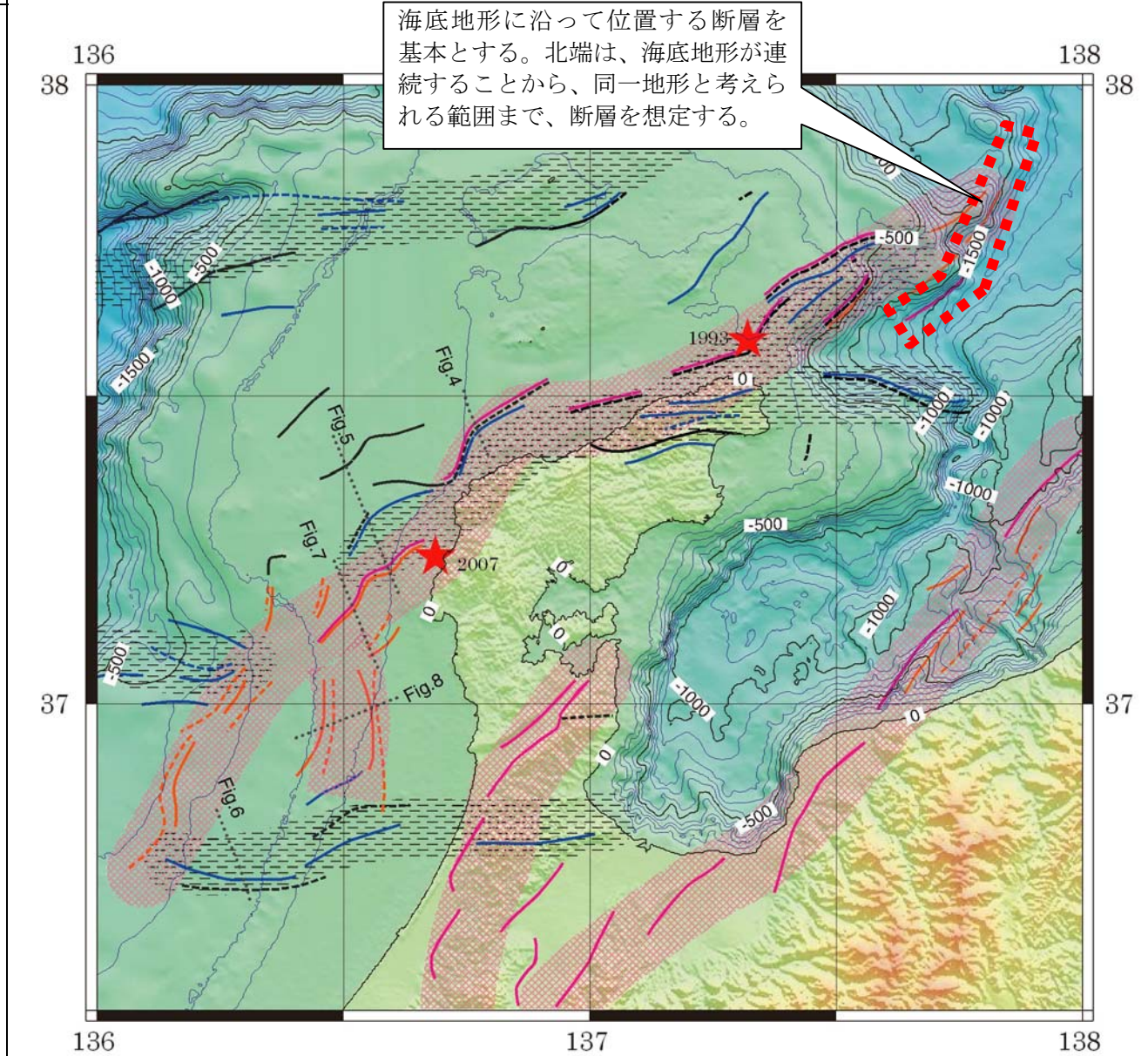
背景図：能登半島及びその周辺海域の地質構造発達史と活構造
 「活断層・古地震研究報告, No.7, p.179-207, 2007」



想定マグニチュード M_w	7.24	7.24
断層長 L (km)	46	46
断層幅 W (km)	17.32	21.21
すべり量 D (m)	3.27	2.67
上縁深さ d (km)	0	0
傾斜角 θ (°)	60	45
すべり角 λ (°)	90	90

※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

根拠資料



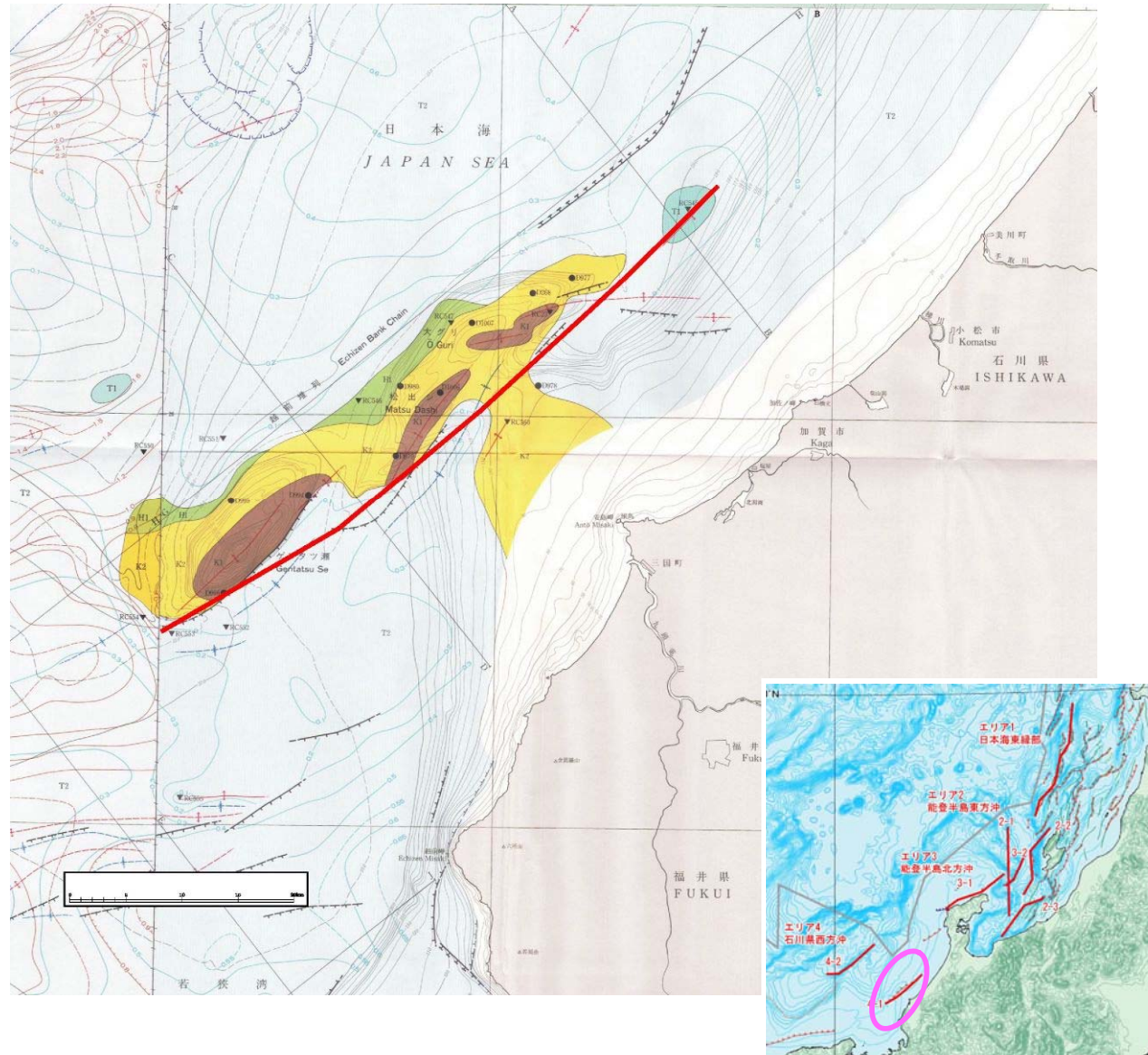
背景図：能登半島及びその周辺海域の地質構造発達史と活構造
 「活断層・古地震研究報告, No.7, p.179-207, 2007」

◆各波源の設定根拠

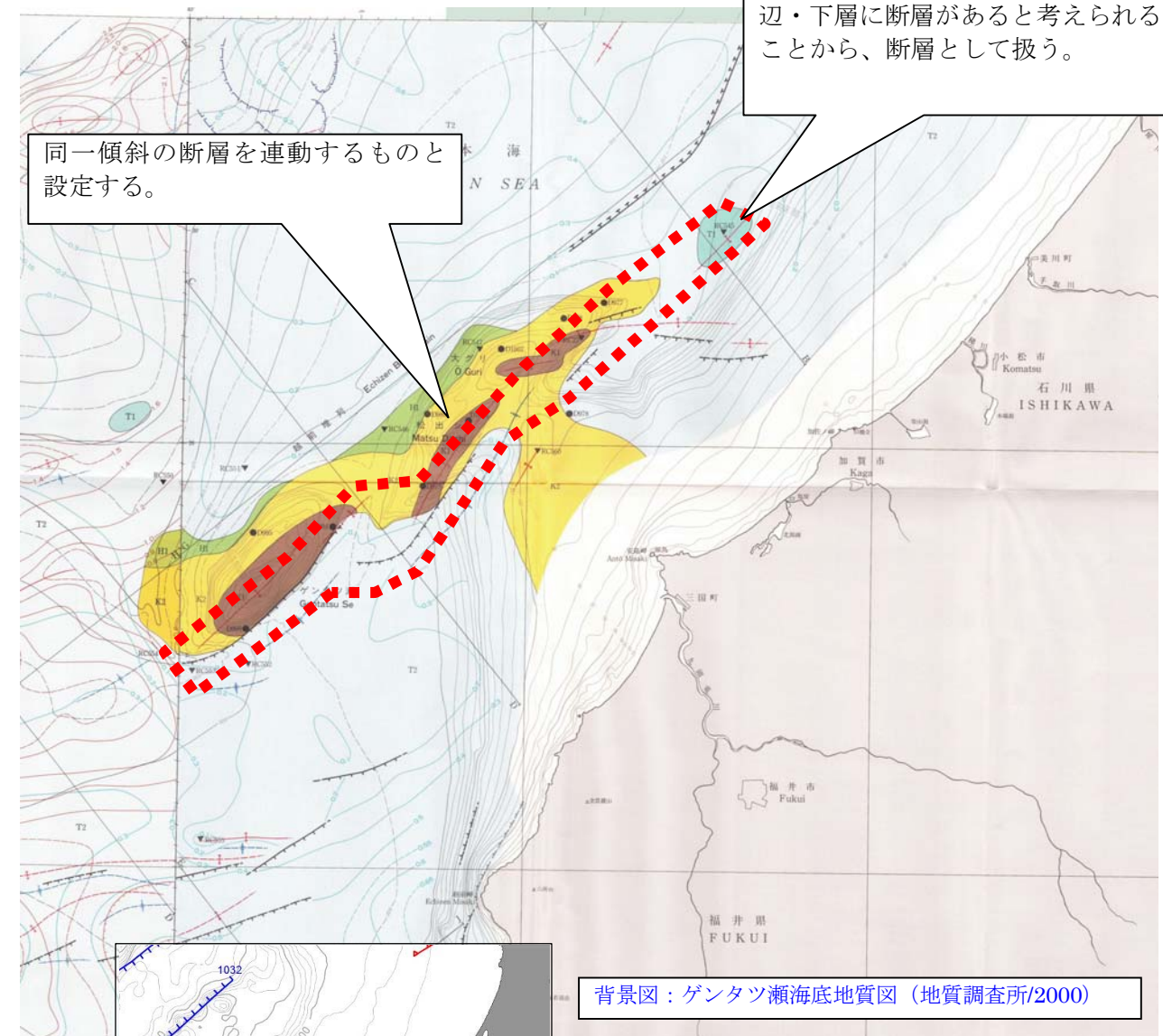
エリア：4. 石川県西方沖 断層名：4-1. 能登・北陸断層系南縁

◆石川県西方沖に位置する断層を接続し設定した。接続に当たっては、断層の傾斜方向を考慮して設定している。北端部については、背斜地形であることから、地底に断層があるものと判断した。

背景図：ゲンタツ瀬海底地質図（地質調査所/2000）



根拠資料



背景図：「日本周辺海域の中新世最末期以降の地質構造発達史【日本海東縁の海域地質構造】」（徳山ら/2001）

想定マグニチュード M_w	7.44	-
断層長 L (km)	65	-
断層幅 W (km)	17.32	-
すべり量 D (m)	4.62	-
上縁深さ d (km)	0	-
傾斜角 θ (°)	60	-
すべり角 λ (°)	90	-

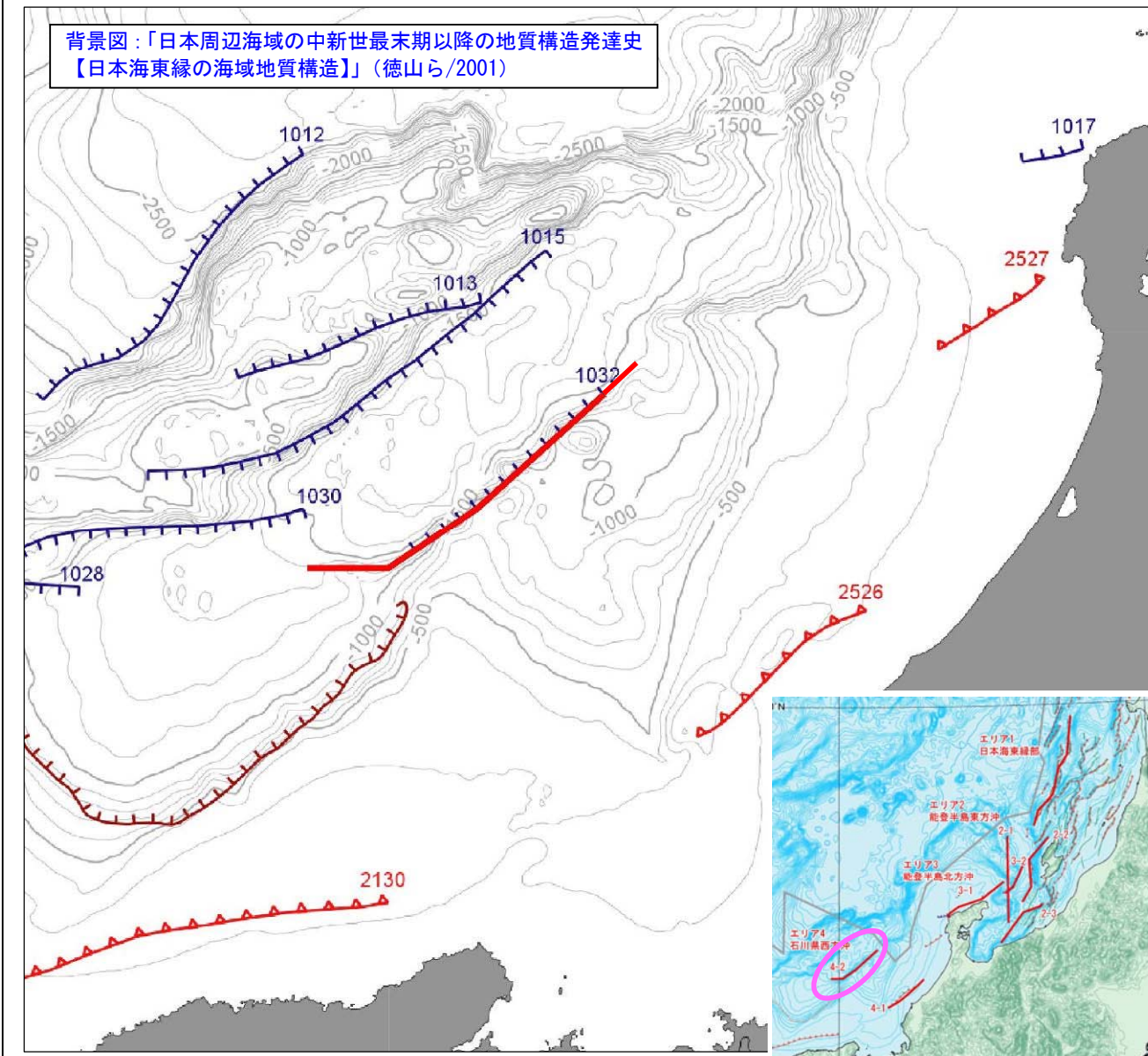
※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

◆各波源の設定根拠

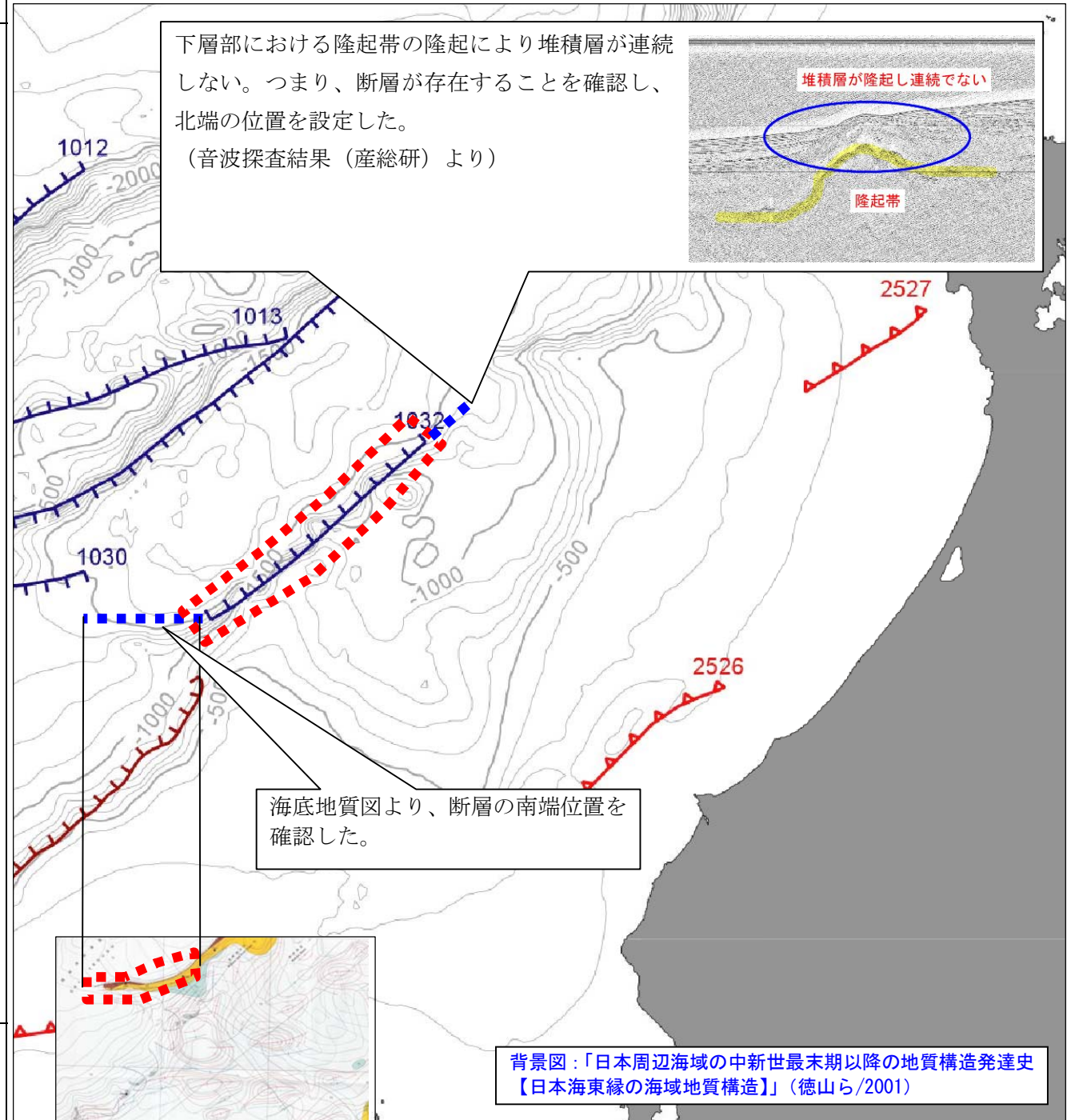
エリア：4. 石川県西方沖 断層名：4-2. 隠岐断層系南縁

◆石川県西方沖の隠岐断層系南縁に位置する断層を基本として設定した。

◆海底地質図より南端を確認した。また、音波探査結果(産総研)より北端を確認した。



根拠資料



想定マグニチュード M_w	7.63	-
断層長 L (km)	90	-
断層幅 W (km)	17.32	-
すべり量 D (m)	6.43	-
上縁深さ d (km)	0	-
傾斜角 θ (°)	60	-
すべり角 λ (°)	90	-

※断層パラメータの設定については、“2-5 断層パラメータの設定”にて解説する。

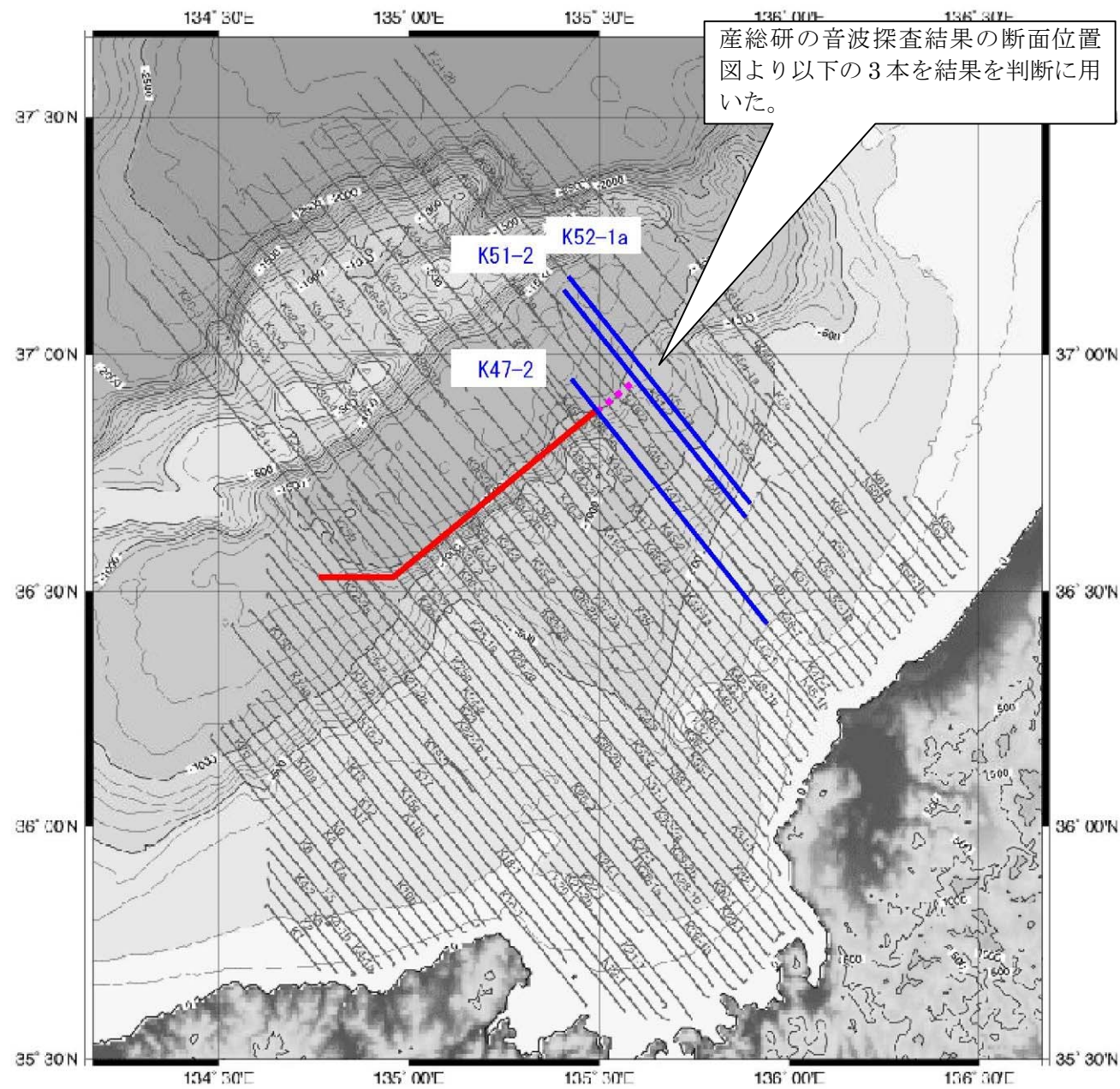
参考文献

- ・日本海の未知の大地震による津波のシミュレーション：若狭湾北方沖の場合 / 石橋克彦 (神戸大学)・原田智也 (神戸大学)
- ・若狭湾周辺海域の第四紀構造運動 / 山本文博 (福井大学) / 2009

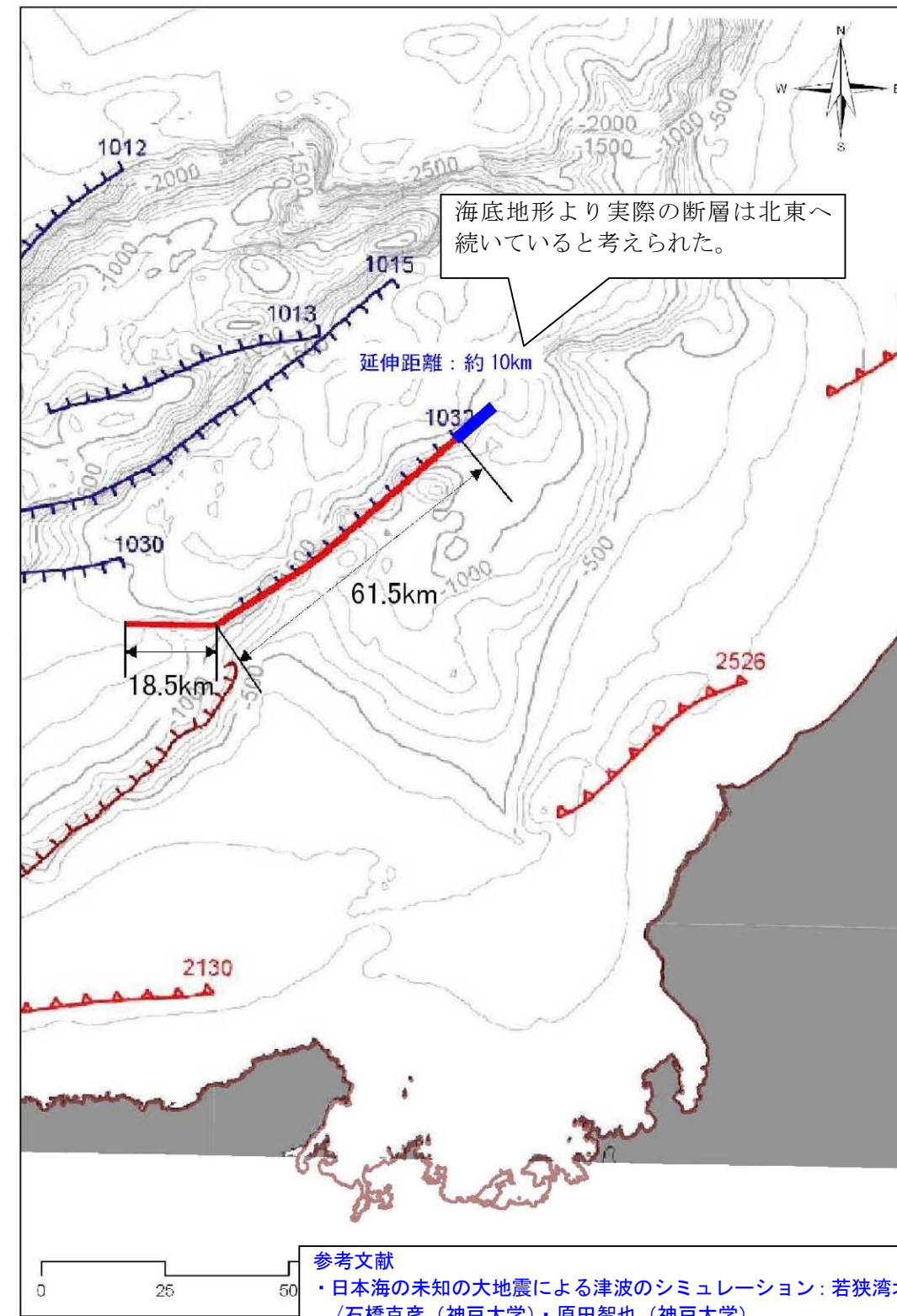
背景図：経ヶ岬沖海底地質図 (地質調査所/1993)

参考資料

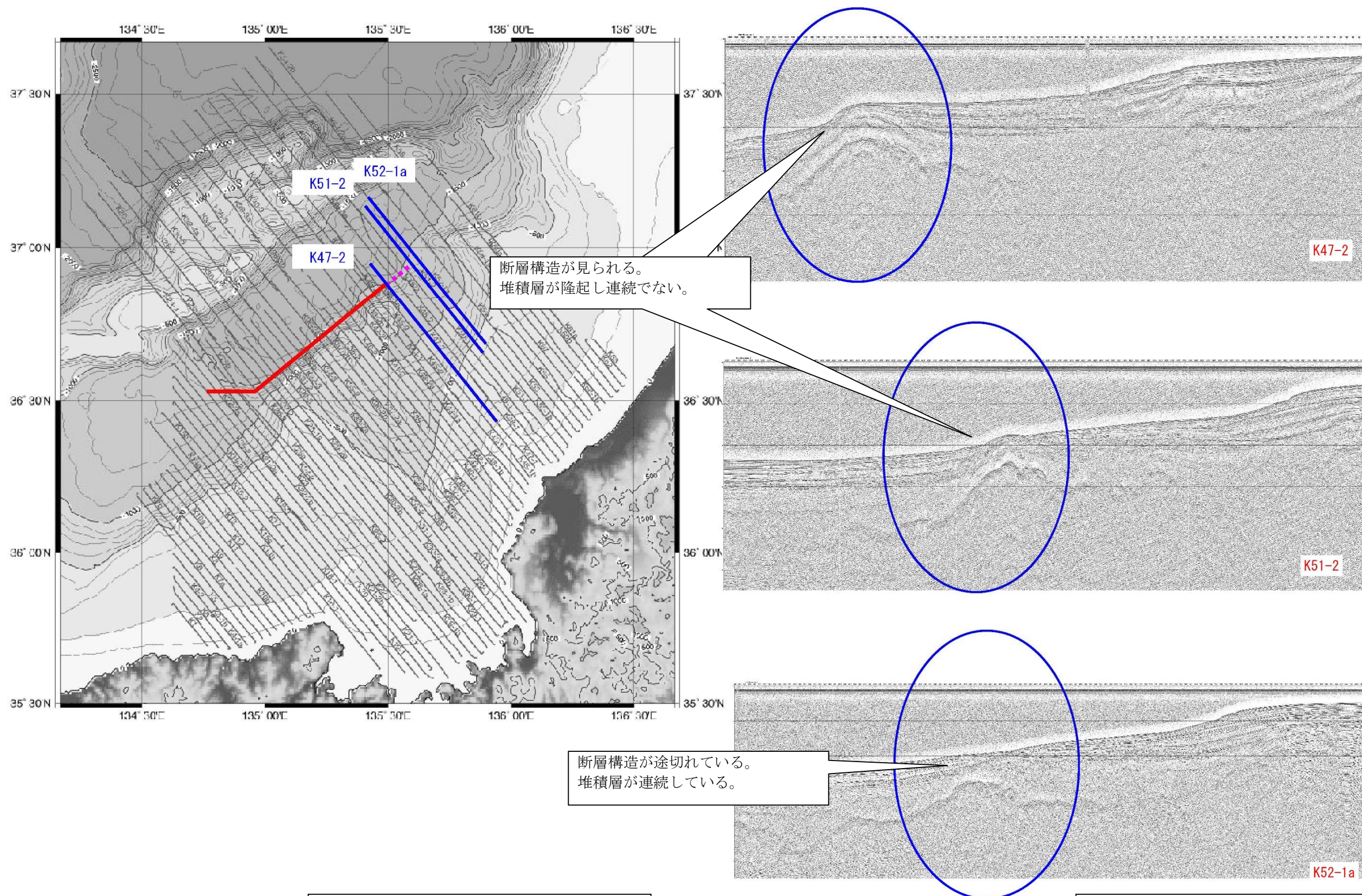
4-2. 隠岐断層系南縁における北端部確認資料



参考文献
・音波探査側線（産総研）



参考文献
・日本海の未知の大地震による津波のシミュレーション：若狭湾北方沖の場合 / 石橋克彦（神戸大学）・原田智也（神戸大学）



参考文献
・音波探査側線 (産総研)

参考文献
・音波探査断面 (産総研)

2-5 断層パラメータの設定

2-5-1 断層モデルの設定

“2-4 想定波源候補の設定”で設定した波源について、津波解析の根本となる地盤変位と初期水位上昇量を断層モデルにより設定する。

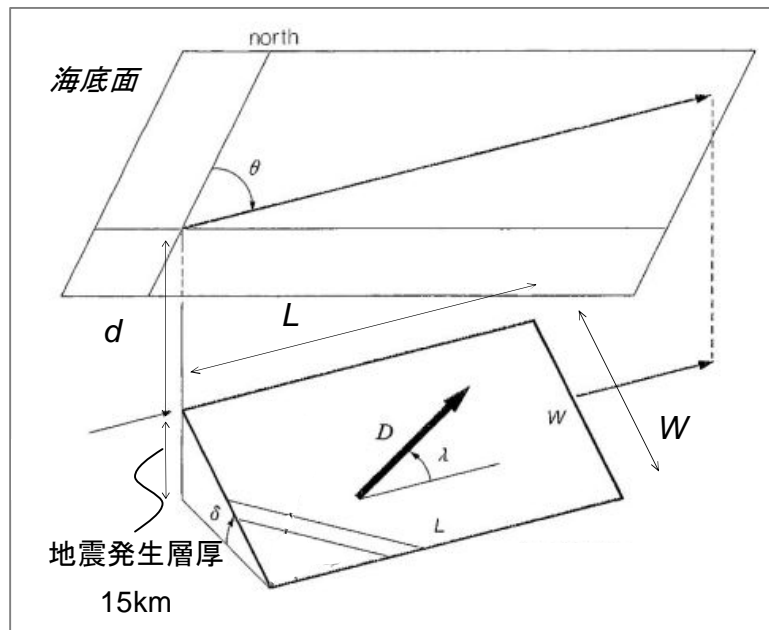


図 2-21 断層モデル (佐藤編(1989)を改変)

断層長 L (km)	活断層調査結果に基づく
断層幅 W (km)	地震発生層の厚さを考慮し傾斜角に応じて決める。 地震発生厚さは 15km とする。
すべり量 D (m)	$\log M_0 \text{ (N}\cdot\text{m)} = 1.5 M_w + 9.1$ $D = M_0 / \mu L W$ により算定する。
上縁深さ d (km)	0 km とする。※解析上 1km として取り扱った。
走向 θ	活断層調査結果に基づいて設定する。
傾斜角 δ	60° とする。
すべり角 λ	90° とする。
剛性率 μ	$3.5 \times 10^{10} \text{ (N/m}^2\text{)}$
波源設定方法 の基本的考え方 スケーリング則	地震発生層の厚さを考慮し、武村 (1998) に基づくスケーリング則を適用する。 武村 (1998) $\log L = 0.75 M_w - 3.77$ L : 断層長さ(km) M_w : モーメントマグニチュード

「原子力発電所の津波評価技術 2002/土木学会原子力土木委員会 津波評価部会」を参考

1) 断層長 L

活断層調査結果等から想定した断層の延長を設定する。

2) 断層幅 W

下図に示すとおり、日本海周辺における既往地震発生層は、海底から15~20kmであることから、すべり量が大きくなる15kmと設定し、断層傾斜角に応じて断層幅を設定する。

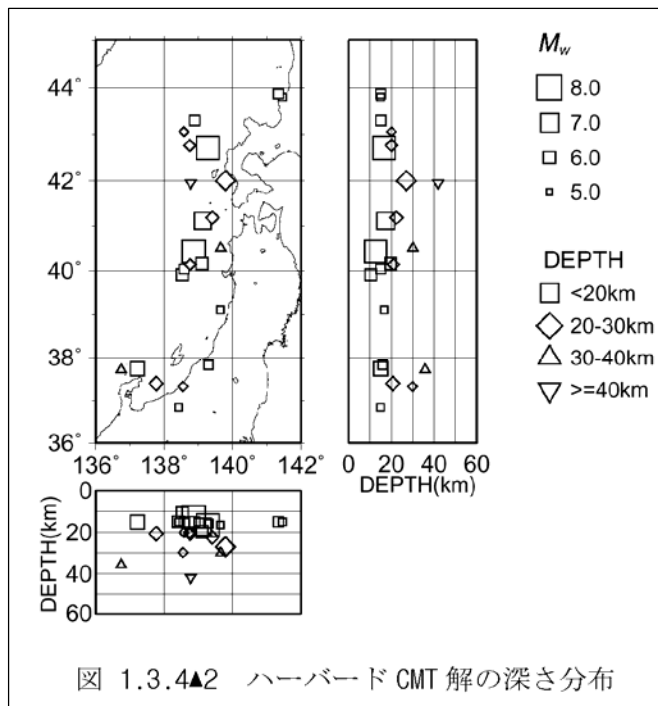


図 2-22 地震発生層

「原子力発電所の津波評価技術 2002/土木学会原子力土木委員会 津波評価部会」より抜粋

3) すべり量 D

すべり量は、地震モーメントと剛性率より次式のとおり表せる。

$$D = M_0 / \mu LW$$

地震モーメントは、モーメントマグニチュードより次式のとおり表せる。

$$\log M_0 (\text{N}\cdot\text{m}) = 1.5 M_w + 9.1$$

4) 上縁深さ d

上縁深さは、断層幅が上限に達しているものとして、0km とする。

5) 走向 θ

活断層調査結果等から想定した断層の走向を設定する。

6) 傾斜角 δ

土木学会の津波評価技術において、日本海東縁部については $30\sim 60^\circ$ 、海域活断層については $45\sim 90^\circ$ としている。本検討会委員の助言より、傾斜角が 90° となることは考えにくいことや、音波探査結果から 60° を基本として設定した。

2-1. H7 波源については、平成7年度の設定を踏襲し 40° とした。

なお、2-2. 佐渡島南西 1、2-3. 佐渡島南西 2、3-2. 北方沖 2 については、傾斜角に関して不明確な点があることから 45° のケースでの検討も行った。津波の初期エネルギーとなるすべり量について、傾斜角 60° と 45° の場合の比較を行った結果、いずれの波源についても傾斜角が 60° の方が、すべり量が大きくなる結果でありこれを採用した。検討結果については、参考資料編に掲載する。

7) すべり角 λ

土木学会の津波評価技術においては、日本海東縁部については 90° 、海域活断層については断層面の走向・傾斜角と主応力軸方向範囲に基づき設定することとされている。波源候補のうち、3-1. 北方沖 1、4-1. 能登北陸断層系南縁、4-2. 隠岐断層系南縁については、走向が東西方向に伸びる断層であり、東西方向の応力場においては、断層の滑る方向に横ずれ成分が考えられるため、主応力軸方向範囲に基づきすべり角の設定を行ったが、応力場を考慮する手法は不確定性が多く、東日本大震災を踏まえ、最大規模の津波想定を行うという目的にそぐわないとの検討会委員の助言から、すべり角は最もすべり量が高くなる 90° とした。検討結果については、参考資料編に掲載する。

8) 剛性率 μ

震源付近の媒質の剛性率は、次式から算定される。

$$\mu = \rho V_s^2$$

V_s : S 波速度, ρ : 媒質の密度

9) スケーリング則

地震規模モーメントマグニチュードは武村の式(1998)を基に算定する。断層幅を固定する(地震発生層厚 15km とする) と以下の関係が成り立つ。

スケーリングの変曲点を境に、 M_w が大きいとき武村(1998)の関係

$$\log L(\text{km}) = 0.75M_w - 3.77,$$

$$L \propto D, W = \text{const.}$$

が、 M_w が小さいとき

$$W = \frac{2}{3}L, L \propto W \propto D$$

の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。

2-5-2 想定波源候補のパラメータ

各断層のパラメータは次の通りである。

表 2-7 想定波源候補のパラメータ

エリア		エリア1	エリア2			エリア3		エリア4	
		日本海東縁部	能登半島東方沖			能登半島北方沖		石川県西方沖	
断層名		1 東縁部	2-1 H7波源	2-2 佐渡島南西 1	2-3 佐渡島南西 2	3-1 北方沖1	3-2 北方沖2	4-1 能登北陸 断層系南縁	4-2 隠岐 断層系南縁
想定 マグニチュード	M _w	7.99	7.80	7.73	7.58	7.66	7.24	7.44	7.63
断層長(km)	L	167	120	106	82	95	46	65	90
幅(km)	W	17.32	45	17.32	17.32	17.32	17.32	17.32	17.32
地震モーメント (N・m)	M ₀	1.22E+21	—	4.95E+20	2.95E+20	3.89E+20	9.12E+19	1.82E+20	3.51E+20
すべり量(m)	D	12.01	5.00	7.71	5.94	6.76	3.27	4.62	6.43
上縁深さ(km)	d	0	2	0	0	0	0	0	0
傾斜角	θ	60	40	60	60	60	60	60	60
すべり角	λ	90	90	90	90	90	90	90	90
剛性率(N/m ²)	μ	3.50E+10	—	4.E+10	4.E+10	4.E+10	4.E+10	4.E+10	4.E+10

2-1. H7波源：前回(H7)検討時のパラメータを使用。

※剛性率の単位を N/m² としているが地震学的には Pa を用いることが多い。

※M₀（地震モーメント）：地震の大きさを示す指標のひとつで、断層運動の力のモーメント（エネルギー）の大きさを表す。地震そのものの大きさを表す指標としては最も的確な指標。

【2-1. H7 波源の取り扱いについて】

この波源については、平成 7 年当時、日本海沿岸において既往最大である北海道南西沖地震（1993）相当を空白域に設定したものである。そのため、実際に平成 7 年に設定したような直線的な断層が存在しないことから、津波波源候補からは除外した。

なお、これに変わる津波候補としては、同一エリアで根拠のある断層から設定した“2-2. 佐渡島南西沖 1”及び“2-3. 佐渡島南西沖 2”がある。