

東海第二発電所 敷地周辺及び近傍の地質・地質構造について (コメント回答)

平成28年5月27日
日本原子力発電株式会社

コメント及び回答の骨子一覧(敷地周辺及び近傍の地質・地質構造について)

コメント		回答骨子	該当頁
1	赤城水沼9,10テフラの降灰年代について、東茨城台地の地質層序との整合性も踏まえて、説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	- 文献調査結果によれば、赤城水沼9、10(MzP-9・10)は、テフラ分析の結果等から、箱根吉沢下部6～8(KP-6～8)とほぼ同時期の降灰とされている。KP-6及びKP-8の降灰年代はフィッショントラック年代測定結果から約13万年前と評価されている。 - KP-6～8は、東京・横浜地域で下末吉段丘堆積物の上位に堆積した風成ローム層下部に確認されていることから、MIS5eのピーク(最新の知見では約12.3万前)直後の海退期(約12万年前)に降灰したものと判断される。 - 一方、MzP-9・10についても、M1段丘堆積物の海成層の上位の堆積物(海退期の堆積物)中に確認されていることから、KP-6～8と同時期に降灰したものと評価することは、層序的にも矛盾はない。	12頁
2	東茨城台地周辺の段丘堆積物の形成年代等の検討にあたっては、山元(2013)等の最新の知見も踏まえて、説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	山元(2013)は、東茨城台地に分布する更新統の層序について、海水準変動に関連付けた地層区分及びテフラの対比により検討を行った。これらについて、当社の段丘面区分の年代対比との間に矛盾はない。	13頁
3	5万分の1図幅「磯浜」「那珂湊」に記載のある大谷川沿いの非構造性の小断層について説明すると共に、その地域の地質断層についても説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	地質図幅に記載されている涸沼周辺の非構造性の表層滑落については、追加の地表地質調査も実施し、いずれも非構造性の表層滑落であることを確認した。 - 涸沼周辺の段丘崖に認められる断層は、正断層センスであり、走向はいずれも段丘崖の方向と調和的である。 - 断層の延長方向に分布するM1段丘面にリニアメントは判読されない。 「5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)」に示されている断層については、活構造であることを指摘している文献はなく、また当社の地形判読結果からも当該付近には変動地形が認められないことから、当該断層は活構造ではないと判断される。 なお、敷地近傍及び周辺の地質・地質構造の評価にあたっては、刊行されている5万分の1地質図幅や20万分の1地質図幅等の資料については全て文献調査の対象としている。	18～26頁
4	海域断層のグループ化について、その必要性を踏まえて再検討すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	敷地周辺海域の断層等については、位置、走向、落下方向、形態等の性状が類似するものをグループ化した上で評価をしていたが、断層の活動時期の評価にあたっては、必ずしもグループ化を行う必要はないことから、各断層毎に活動時期等の評価を記載することとした。 なお、F11断層については、F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、安全側に活動性を評価することとする。	31～43頁
5	F1断層と北方陸域断層の同時活動性における塩ノ平地震断層の取り扱いについて検討すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	F1断層と北方陸域の断層に加え、塩ノ平地震断層も含めた同時活動性については、塩ノ平地震断層が既に応力解放されているため、これらの断層が同時活動する可能性は極めて低いものと判断される。 しかしながら、断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し、安全側に評価する方針とし、これらの断層の同時活動を考慮することとした。	47頁
6	「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」に記載されている馬場平断層について説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	「新編 日本の活断層(1991)」において、井戸沢断層の北方約9km(塩ノ平地震断層の北方約6km)に長さ約4kmの確実度Ⅲのリニアメントが指摘されているが、活動性や性状の記載はない。また「新編 日本の活断層(1991)」以外に活構造を指摘する文献はない。 「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」では、当該リニアメント位置に馬場平断層が記載されており本断層の南方延長は「大風断層で一たん切られて西に転移する」とされている。大風断層については、活構造を指摘する文献はない。 「20万分の1地質図幅「白河」(2007)」及び「50万分の1活構造図「新潟」(1984)」では馬場平断層は記載されていない。	73～74頁

目 次

1. 鹿島台地・行方台地周辺の活傾動	 5
2. 敷地周辺海域の断層	 29
3. F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について	 45
4. まとめ	 75
5. 参考文献	 77

余白

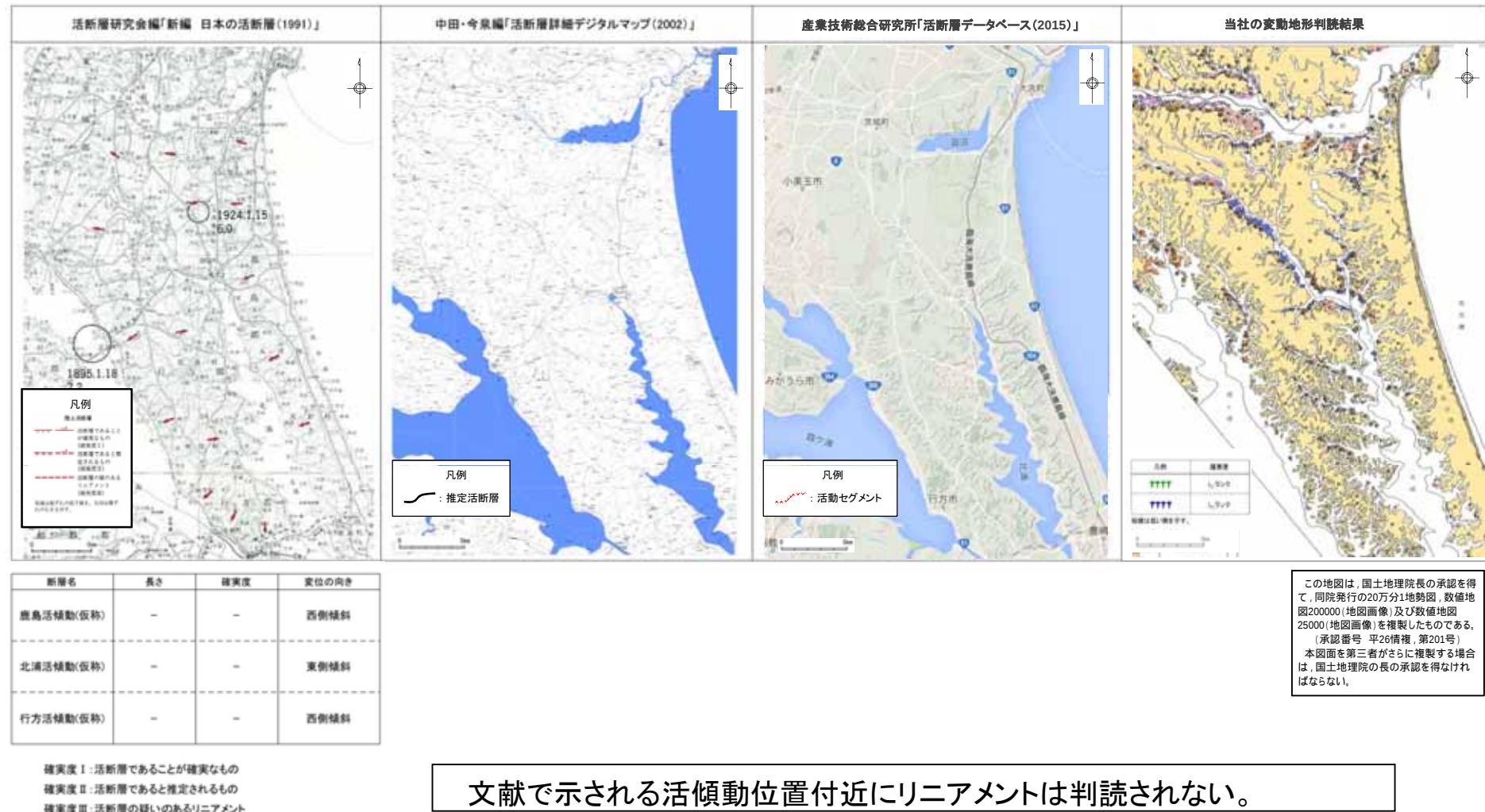
1. 鹿島台地・行方台地周辺の活傾動

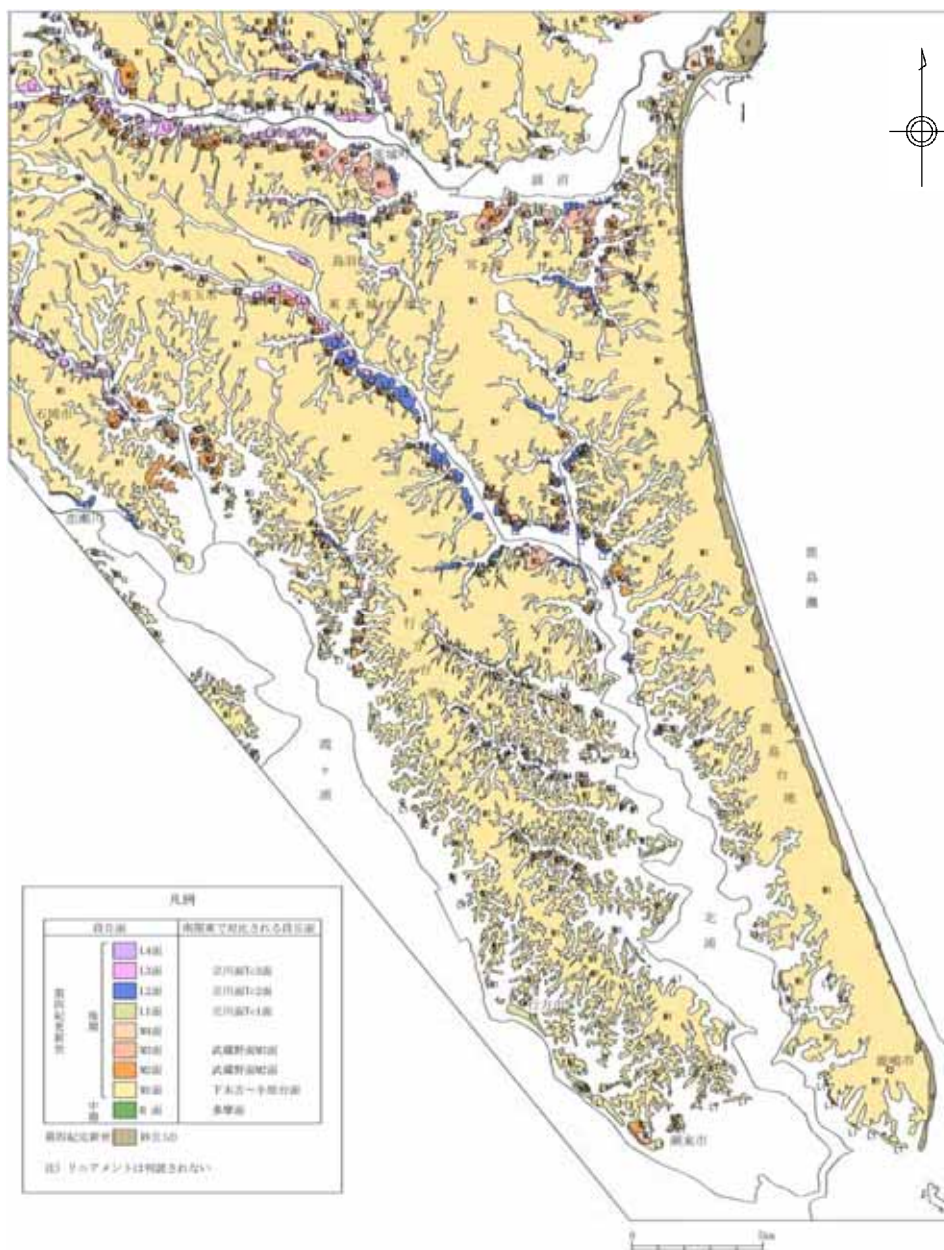
1. 鹿島台地・行方台地周辺の活傾動

審査会合(H28.2.26)におけるコメント及び回答の骨子

コメント		回答骨子	該当頁
1	赤城水沼9,10テフラの降灰年代について、東茨城台地の地質層序との整合性も踏まえて、説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	・文献調査結果によれば、赤城水沼9, 10(MzP-9・10)は、テフラ分析の結果等から、箱根吉沢下部6～8(K_PP-6～8)とほぼ同時期の降灰とされている。K_PP-6及びK_PP-8の降灰年代はフィッション・トラック年代測定結果から約13万年前と評価されている。 ・K_PP-6～8は、東京・横浜地域で下末吉段丘堆積物の上位に堆積した風成ローム層下部に確認されていることから、MIS5eのピーク(最新の知見では約12.3万前)直後の海退期(約12万年前)に降灰したものと判断される。 ・一方、MzP-9・10についても、M1段丘堆積物の海成層の上位の堆積物(海退期の堆積物)中に確認されていることから、K_PP-6～8と同時期に降灰したものと評価することは、層序的にも矛盾はない。	12頁
2	東茨城台地周辺の段丘堆積物の形成年代等の検討にあたっては、山元(2013)等の最新の知見も踏まえて、説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	山元(2013)は、東茨城台地に分布する更新統の層序について、海水準変動に関連付けた地層区分及びテフラの対比により検討を行った。これらについて、当社の段丘面区分の年代対比との間に矛盾はない。	13頁
3	5万分の1図幅「磯浜」「那珂湊」に記載のある大谷川沿いの非構造的な小断層について説明すると共に、その地域の地質断層についても説明すること。 (第334回審査会合、平成28年2月26日)	地質図幅に記載されている涸沼周辺の非構造的な表層滑落については、追加の地表地質調査も実施し、いずれも非構造的な表層滑落であることを確認した。 ・涸沼周辺の段丘崖に認められる断層は、正断層センスであり、走向はいずれも段丘崖の方向と調和的である。 ・断層の延長方向に分布するM1段丘面にリニアメントは判読されない。 「5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)」に示されている断層については、活構造であることを指摘している文献はなく、また当社の地形判読結果からも当該付近には変動地形が認められないことから、当該断層は活構造ではないと判断される。 なお、敷地近傍及び周辺の地質・地質構造の評価にあたっては、刊行されている5万分の1地質図幅や20万分の1地質図幅等の資料については全て文献調査の対象としている。	18～26頁

文献調査結果及び変動地形学的調査結果





変動地形判読結果によると、文献で示される活
傾動位置付近に、リニアメント*は判読されない。

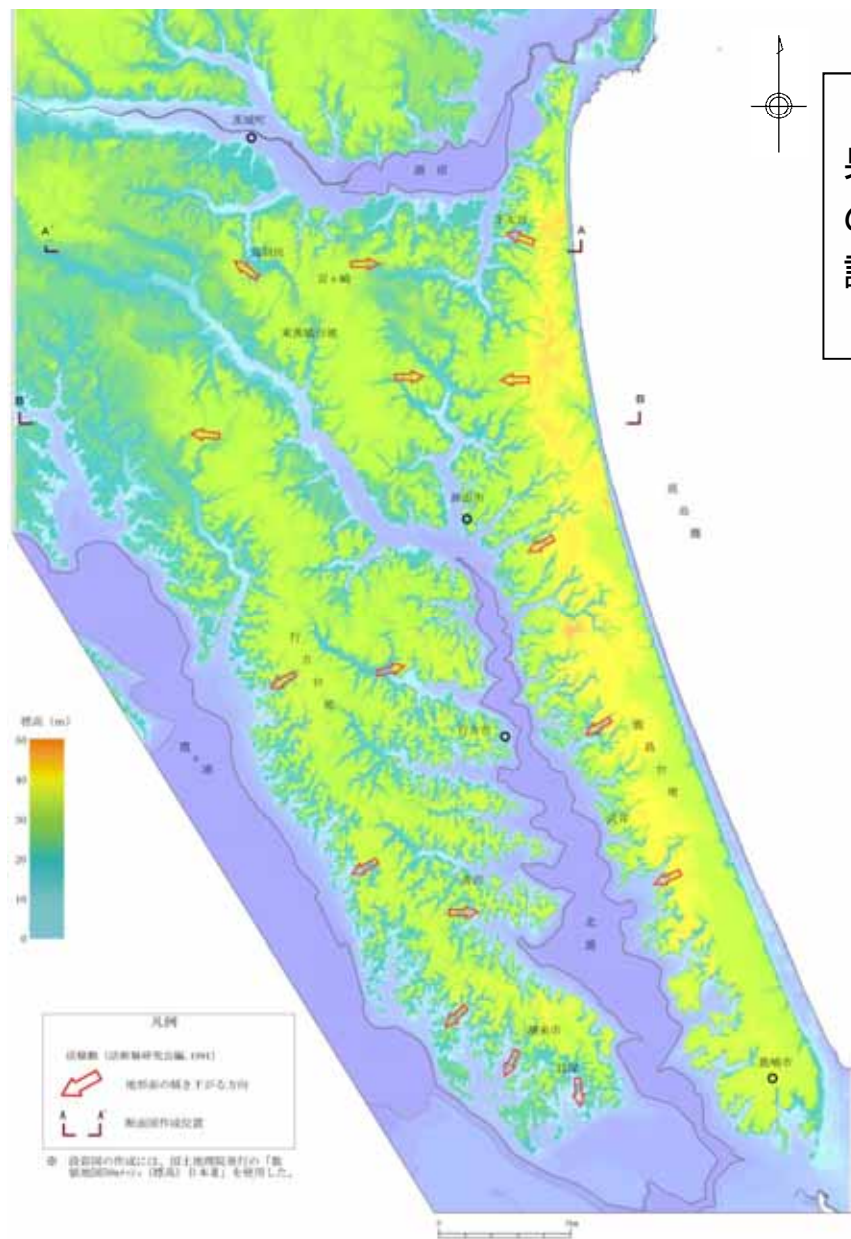
*活傾動を含む。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平26情複,第201号)

本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならぬ。

変動地形学的調査結果(2/2)

第334回審査会合
資料1再掲



文献で示される活傾動位置周辺の地形面解析の結果、いずれもM1段丘面に高度差が認められるが、その境界は入り組んだ形態を示しており、リニアメント*は認められない。

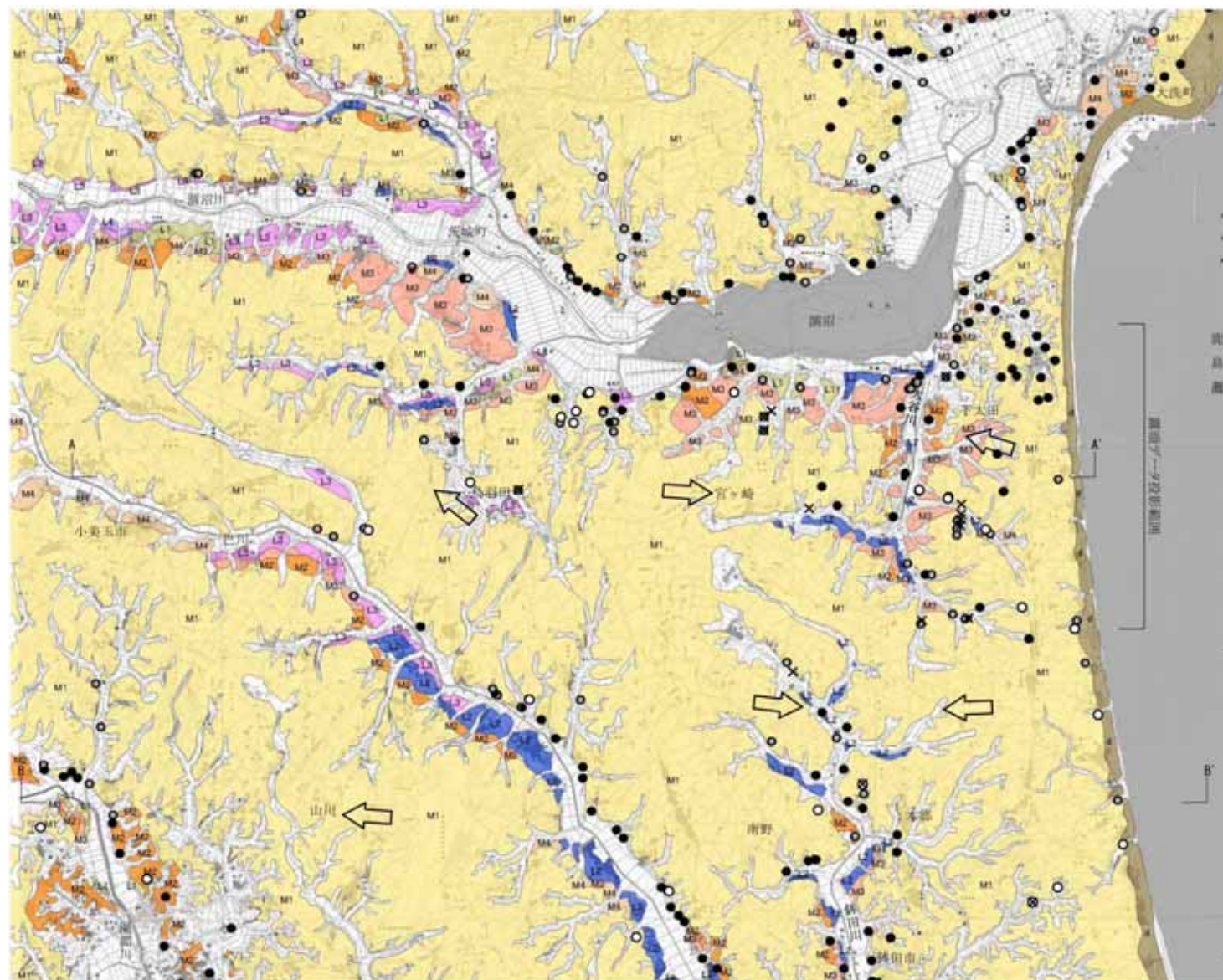
*活傾動を含む。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000 (地図画像) 及び数値地図25000 (地図画像) を複製したものである。
(承認番号 平26情覆 第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

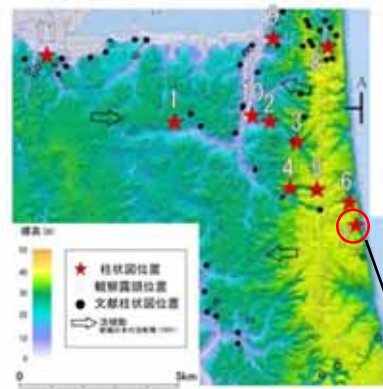
地表地質調査等位置図

第334回審査会合
資料1再掲

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平26情複 第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院長の承認を得なければならない。



当該地点の地質層序と形成年代



露頭7において赤城水沼9,10テフラ
(約13万年前, 鈴木, 1990)を確認

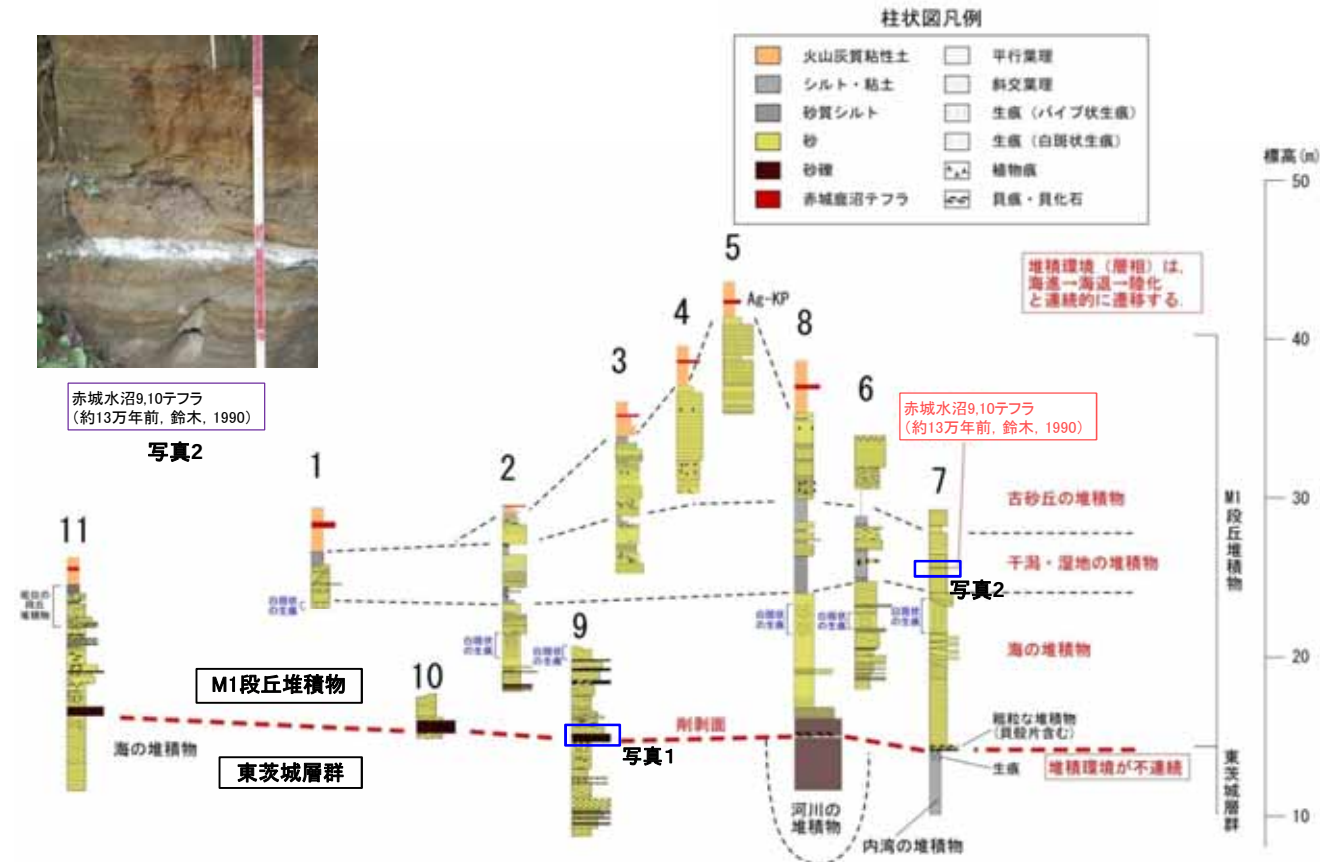


写真1



赤城水沼9,10テフラ
(約13万年前, 鈴木, 1990)

写真2



- 文献調査, 地表地質調査等の結果によれば, 本地域の第四系は下位から東茨城層群, M1段丘堆積物が分布している。
- M1段丘堆積物は基底に礫層を伴い, 下位の東茨城層群と不整合関係で接している。また, M1段丘堆積物の下部は, 貝殻片含む浅海性の海成層から成り, その上部には白斑状生痕を伴う層準が認められる。
- 海成層の上位の堆積物には, 赤城水沼9,10テフラ(約13万年前, 鈴木, 1990)が認められる。

以上のことから, M1段丘堆積物の下部は, MIS5eの堆積物であると考えられる。

赤城水沼9,10の降灰年代について

- ・文献調査結果によれば、赤城水沼9, 10(MzP-9・10)は、テフラ分析の結果等から、箱根吉沢下部6～8(K_P-6～8)とほぼ同時期の降灰とされている。K_P-6及びK_P-8の降灰年代はフィッション・トラック年代測定結果から約13万年前と評価されている。
- ・K_P-6～8は、東京・横浜地域で下末吉段丘堆積物の上位に堆積した風成ローム層下部に確認されていることから、MIS5eのピーク(最新の知見では約12.3万前)直後の海退期(約12万年前)に降灰したものと判断される。
- ・一方、MzP-9・10についても、M1段丘堆積物の海成層の上位の堆積物(海退期の堆積物)中に確認されていることから、K_P-6～8と同時期に降灰したものと評価することは、層序的にも矛盾はない。

町田・鈴木(1971) 町田(1977)	鈴木(1989)	鈴木(1990)
・箱根火山を給源とする東京・横浜地域の下末吉ローム層下部に含まれる箱根吉沢下部8(K_P-8)及び箱根吉沢下部6(K_P-6)のフィッション・トラック年代測定を実施 ・上記結果から、箱根吉沢下部7(K_P-7)を約13万年前と評価	・テフラ分析の結果から、那珂台地北東部の見和層上部層最上部の砂層中に確認されたテフラのうち、Miwa-MがK_P-7に対比されることを確認 ・町田・鈴木(1971), 鈴木(1977)を踏まえ、Miwa-Mを約13万年前と評価	・テフラ分析の結果から、水沼の下部ローム層から確認されたMzP-9・10はMiwa-Lに、赤城一水沼第8a軽石(MzP-8a)はMiwa-Uに対比されることを確認 ・鈴木(1989)に示したMiwa-L～Uは厚さ約1.4mの砂層中に確認されるため、いずれも約13万年前と評価
テフラ分析結果から対比 K_P-8, K_P-6のフィッション・トラック年代測定結果から約13万年前と評価	見和層上部層最上部 町田・鈴木(1971), 町田(1977)を踏まえ約13万年前と評価	テフラ分析結果から対比 約1.4mの砂層中に確認されるため、いずれも約13万年前と評価 両者とも約13万年前と評価

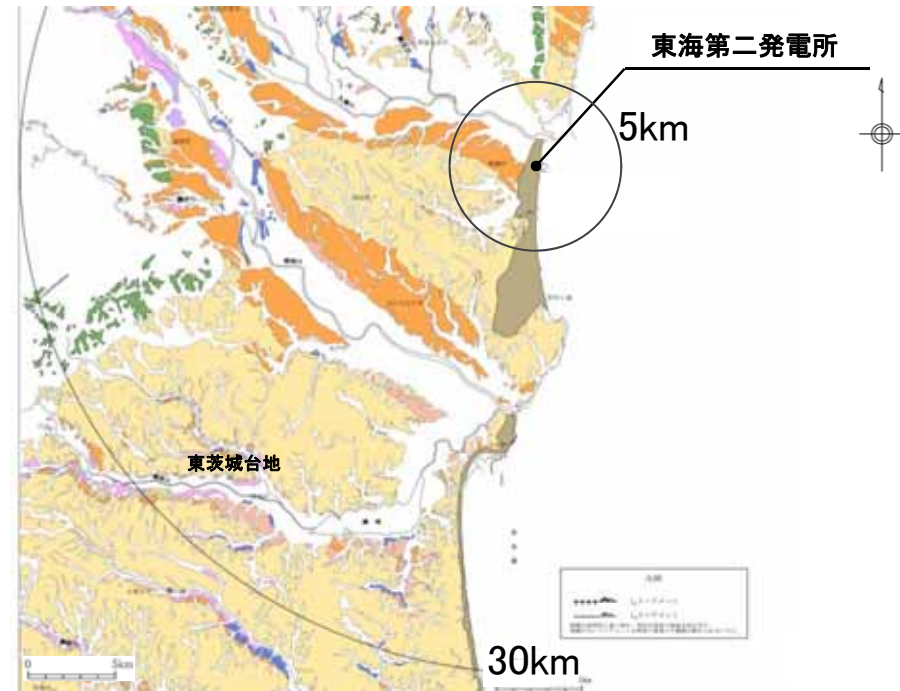
※町田・新井(2011):新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺]における名称

山元(2013)の指摘する段丘年代について

関東北部の更新統下総層群の従来の層序には、地層の区分や年代について改訂すべき問題が含まれていた。そこで本報では、茨城県中央部の東茨城台地で掘削されたボーリング資料の検討と地層中のテフラの対比によって、上位から茨城層、見和層、夏海層、笠神層からなる層序を新たに定義した。各層は氷期の海面低下によって形成された谷地形を埋積しており、茨城層はMIS 5cに形成された海岸平野や河川・潮流口の堆積物、見和層はMIS 5eに形成されたエスチュアリー・外浜・海浜などの堆積物、夏海層はMIS 7c-7aに形成された河川・潮流口の堆積物、笠神層はMIS 7eに形成されたエスチュアリー・外浜・海浜などの堆積物からなる。

山元(2013)より抜粋

- 山元(2013)は東茨城台地に分布する更新統の層序について、海水準変動に関連付けた地層区分及びテフラの対比により検討を行い、下位から笠神層(MIS7e)、夏海層(MIS7a-c)、見和層(MIS5e)、茨城層(MIS5c)に区分した。
- 当社は敷地周辺の段丘面について、中位段丘面を4つ(高位からM1面、M2面、M3面、M4面)に、高位段丘面を1つ(H面)に区分した。
- M1段丘面は、その地形面高度、地質層序、テフラの分布等から、南関東の下末吉面～小原台面(貝塚・松田編, 1982等)に対比され、その形成年代はMIS5e～5cと考えられる。M1段丘堆積物は山元(2013)の見和層及び茨城層に対比される。山元(2013)においてこれらはMIS5e～5cの堆積とされており、当社の年代対比と整合している。
- H面はその地形面高度、その段丘面を構成する東茨城層群の地質層序、テフラの分布等から、南関東の多摩面(貝塚・松田編, 1982等)に対比され、その形成年代はMIS13～7と考えられる。東茨城層群は山元(2013)の笠神層及び夏海層等に対比される。山元(2013)においてこれらはMIS7e～7cの堆積とされており、当社の年代対比との間に矛盾はない。



敷地周辺陸域の段丘面区分図

段丘面	南関東で対比される段丘面	山元(2013)の区分
第四紀完新世 d 砂丘 後期 L4 L4面 L3 L3面 L2 L2面 L1 L1面 M4 M4面 M3 M3面 M2 M2面 M1 M1面 中期 H 高位面	立川面 Tc3面 (MIS2) 立川面 Tc2面 (MIS3) 立川面 Tc1面 (MIS3) 武蔵野面 M3面 (MIS4) 武蔵野面 M2面 (MIS5a) 下末吉～小原台面 (MIS5e～5c) 多摩面 (MIS13～7)	MIS5e(見和層)～5c(茨城層) MIS7e(笠神層)～MIS7a-c(夏海層)

M1段丘堆積物の基底面に関する調査結果(1/2)

第334回審査会合
資料1再掲



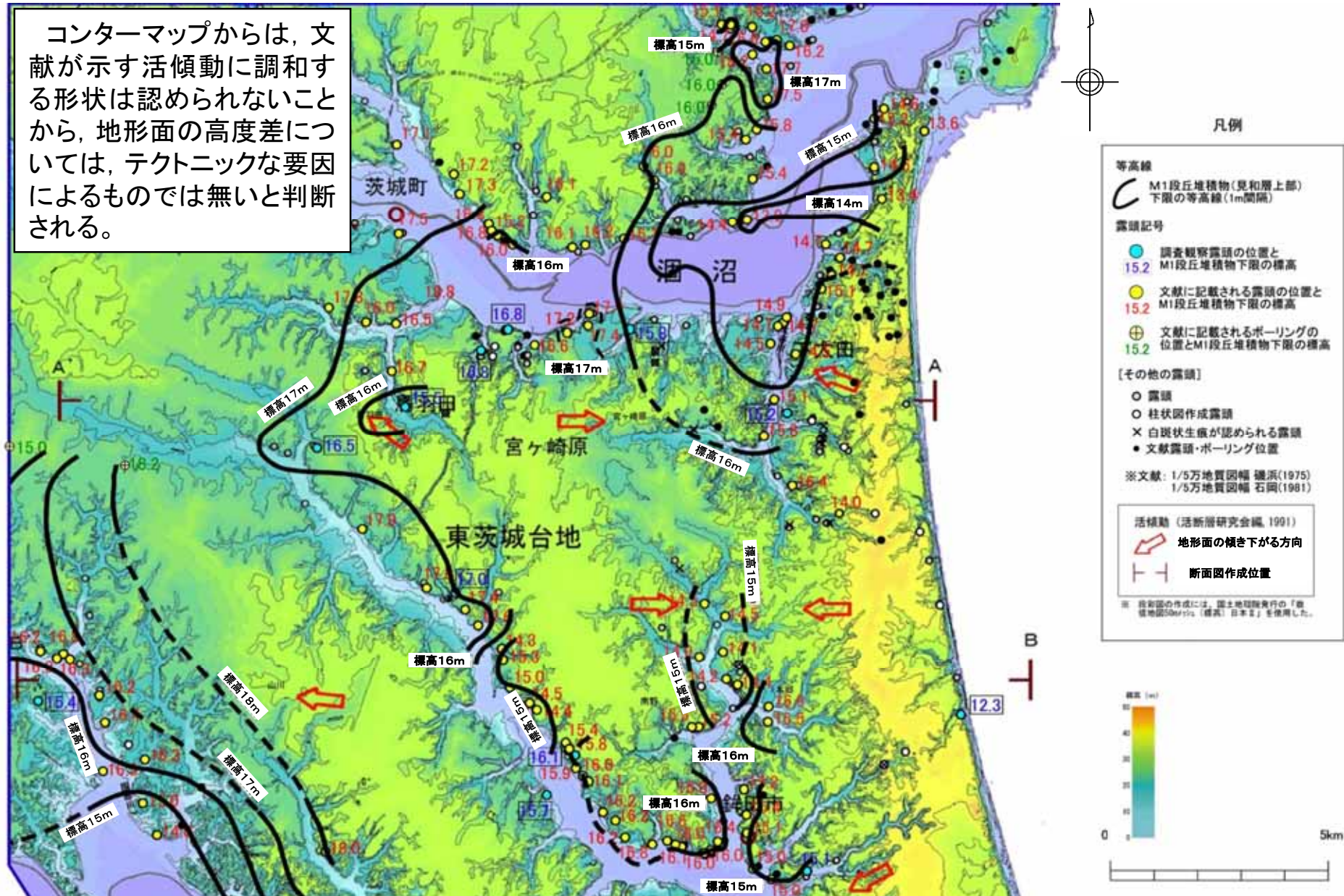
M1段丘堆積物の基底面には、M1段丘面と調和的な高度差が認められず、ほぼ水平に連続して分布している。
なお、M1段丘堆積物中の白斑状生痕を含む砂層も、ほぼ水平に連続して分布している。



地形面の高度差については、テクトニックな要因によるものではないと判断される。

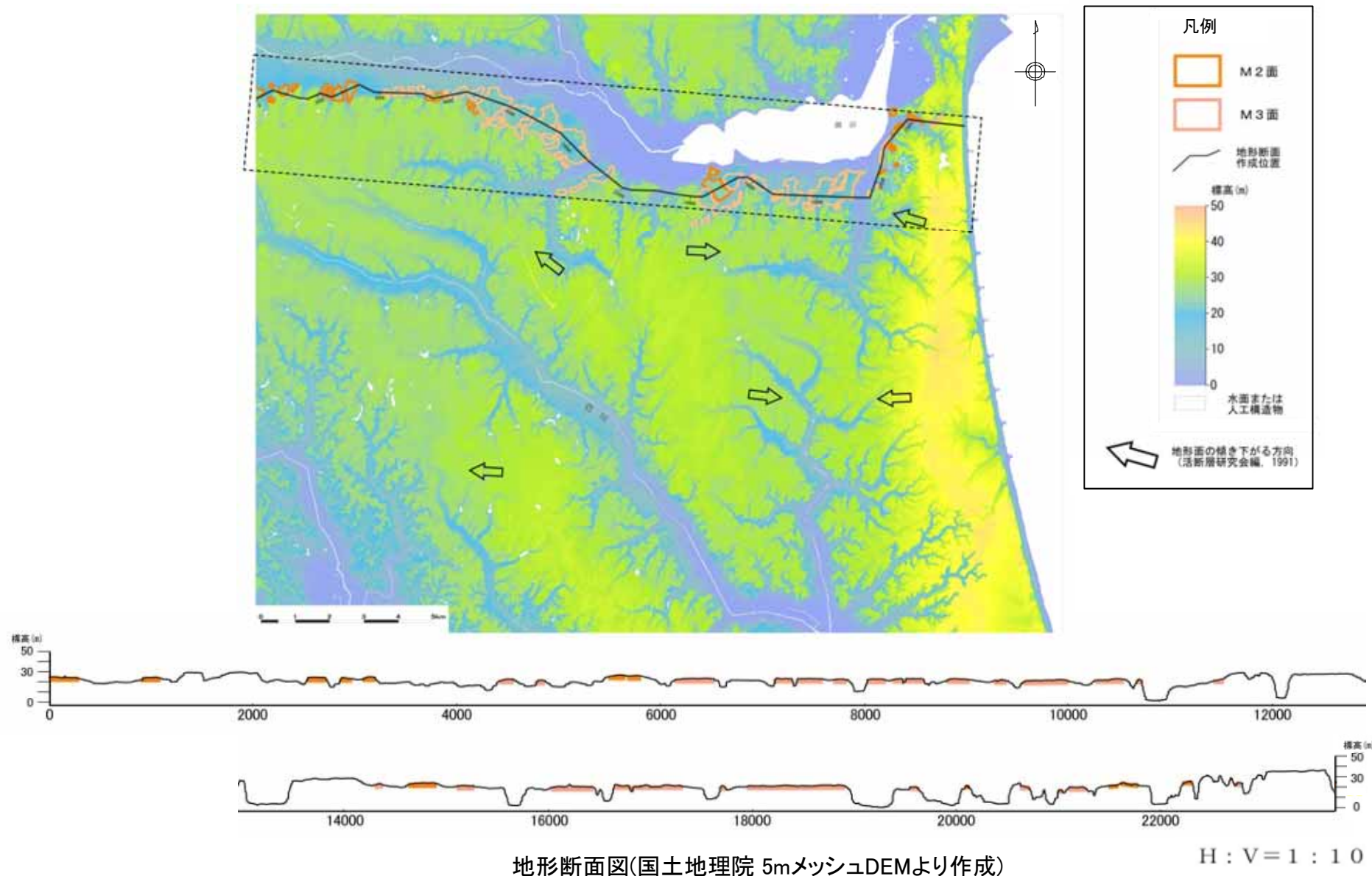
M1段丘堆積物の基底面に関する調査結果(2/2)

第334回審査会合
資料1再掲



M2, M3段丘面に関する調査結果(1/2)

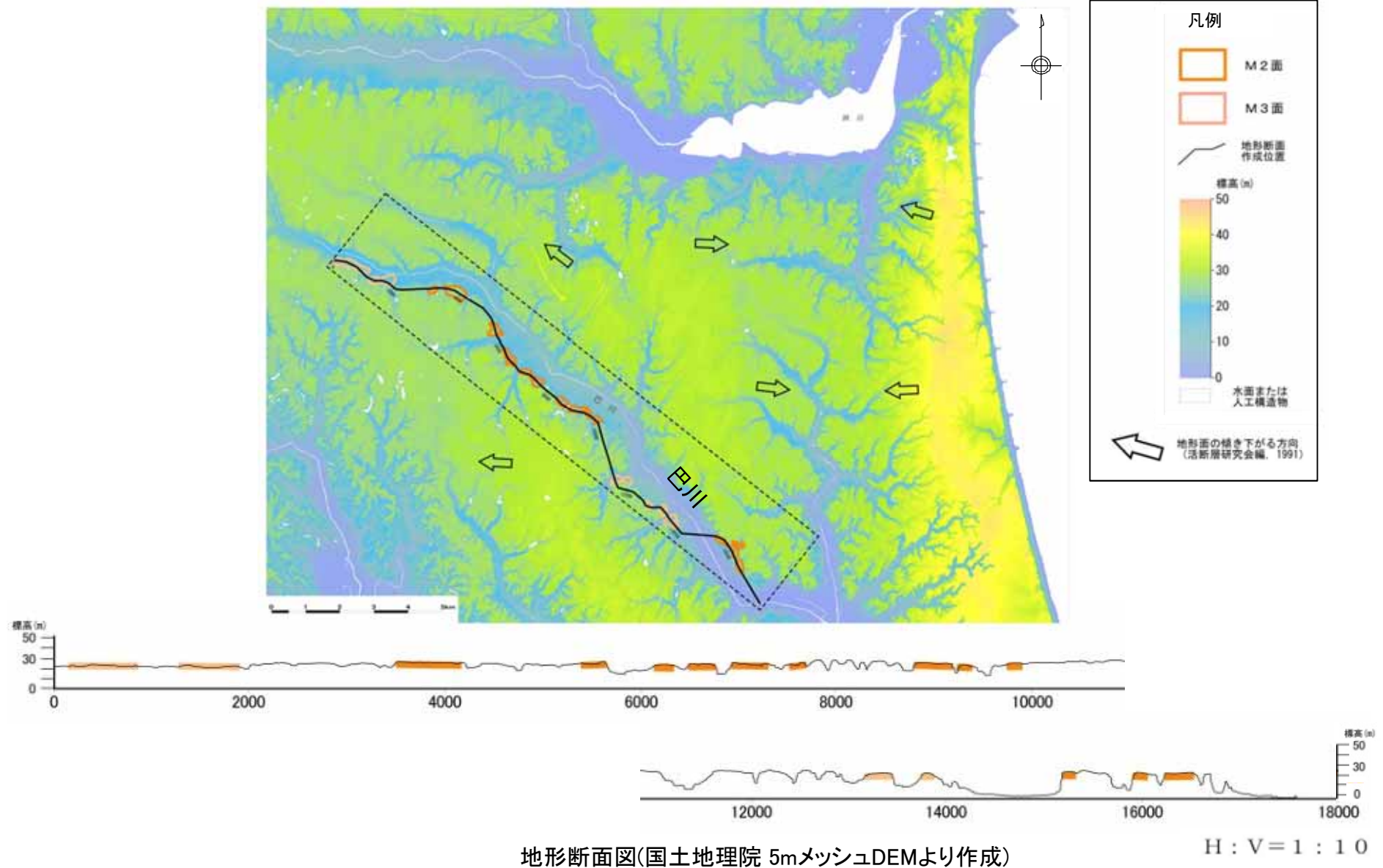
第334回審査会合
資料1再掲



文献が示す活傾動の北方に分布するM2段丘面及びM3段丘面の分布状況を確認した結果、両段丘面はほぼ水平に分布しており、文献が示す活傾動に対応する高度差は認められない。

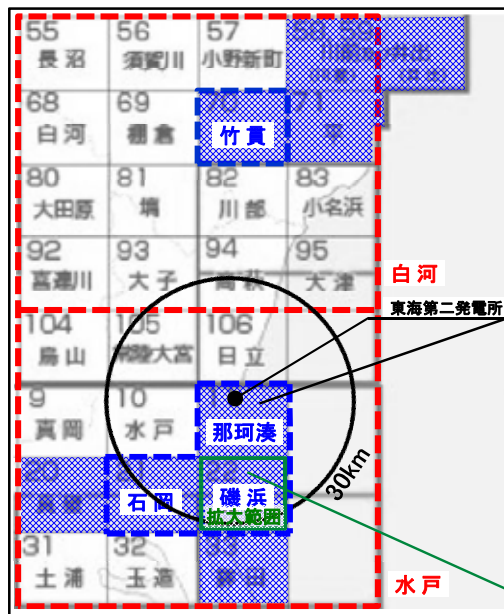
M2, M3段丘面に関する調査結果(2/2)

第334回審査会合
資料1再掲

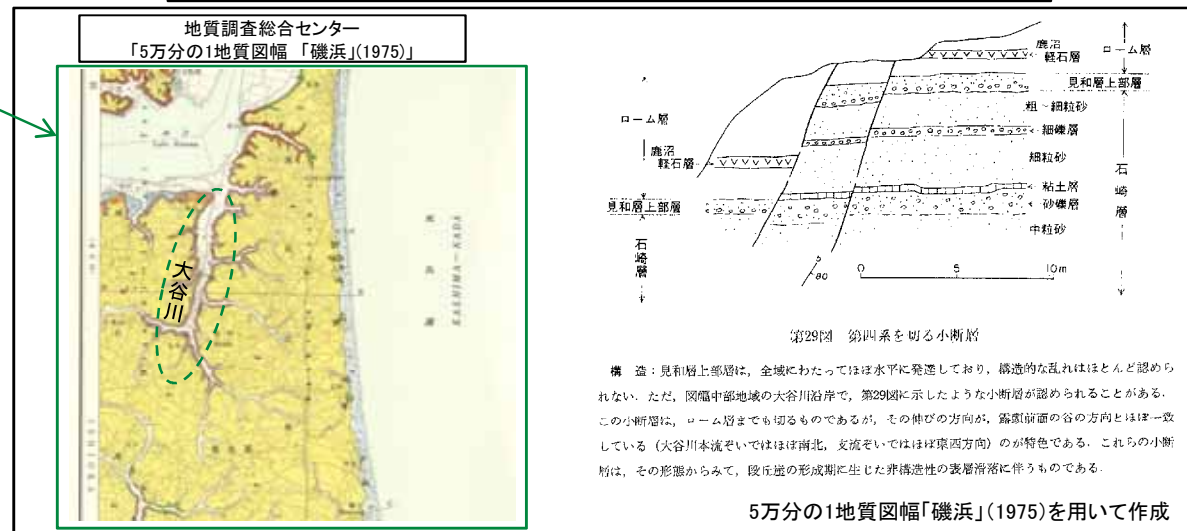
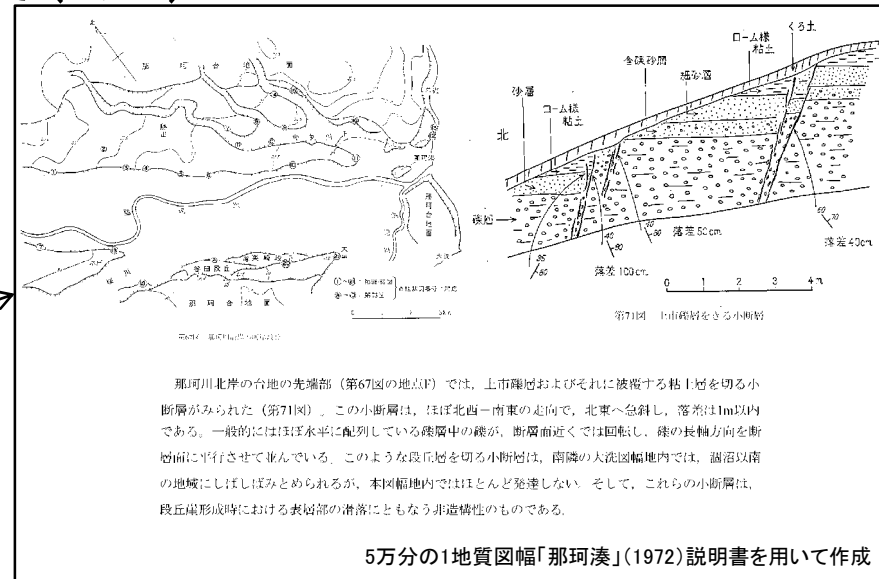


巴川の河川沿いに分布するM2段丘面及びM3段丘面の分布状況を確認した結果、両段丘面はほぼ水平に分布しており、文献が示す活傾動に対応する高度差は認められない。

湊沼周辺の小断層について(1/6)



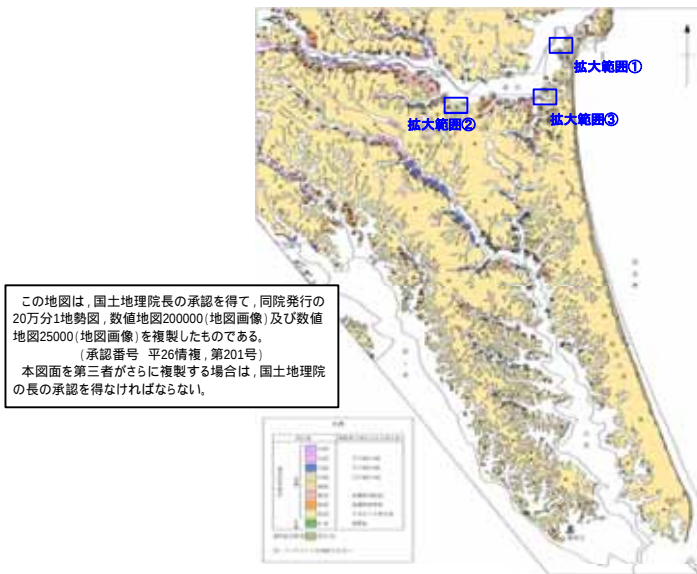
- : 文献調査の対象とした図幅(5万分の1)
- : 文献調査の対象とした図幅(20万分の1)
- : 5万分の1地質図幅が発行されている範囲



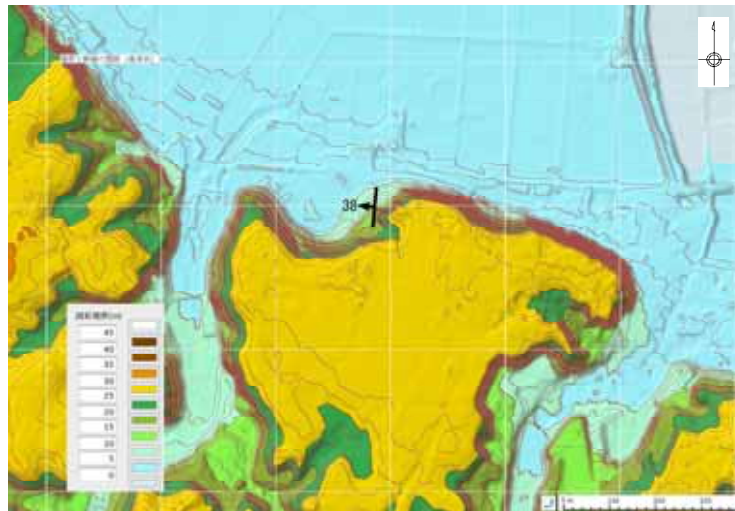
- ・「5万分の1地質図幅「磯浜」(1975)」によると、大谷川沿いに小断層が認められ、小断層の伸びの方向が前面の谷の方向とほぼ一致することから、段丘崖の形成期に生じた非構造性的な表層滑落としている。
- ・「5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)」によると、那珂川北岸の台地の先端部に小断層が認められ、段丘崖形成時における表層部の滑落にもなる非構造性的なものであるとしている。

涸沼周辺の小断層について(2/6)

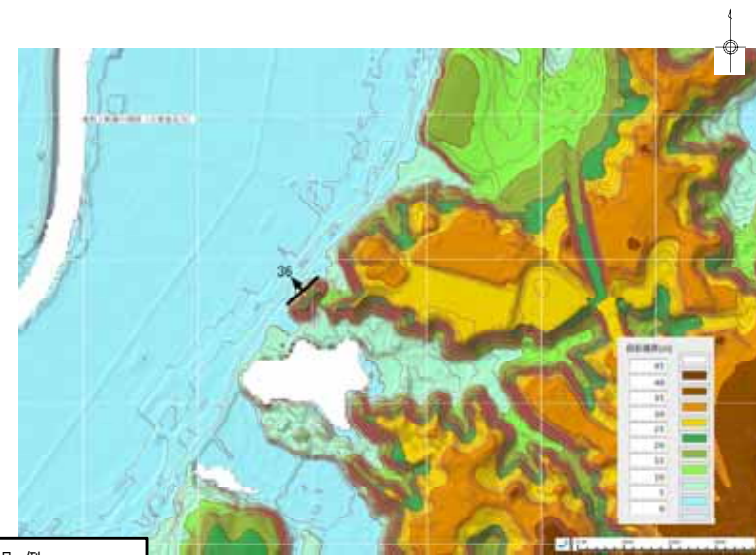
図幅に記載されている小断層の性状を確認するため、大谷川周辺の小断層について地表地質調査を行った。



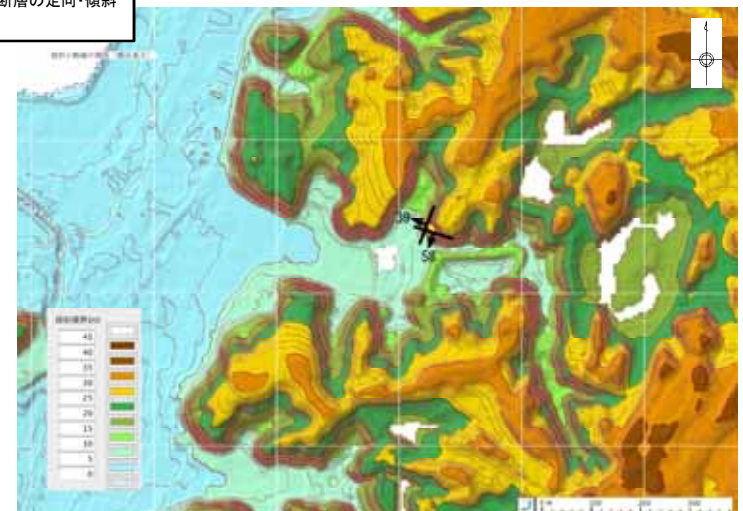
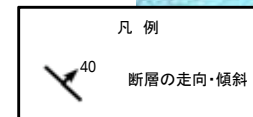
変動地形学的調査結果



②海老沢地点



①大貫池北方地点

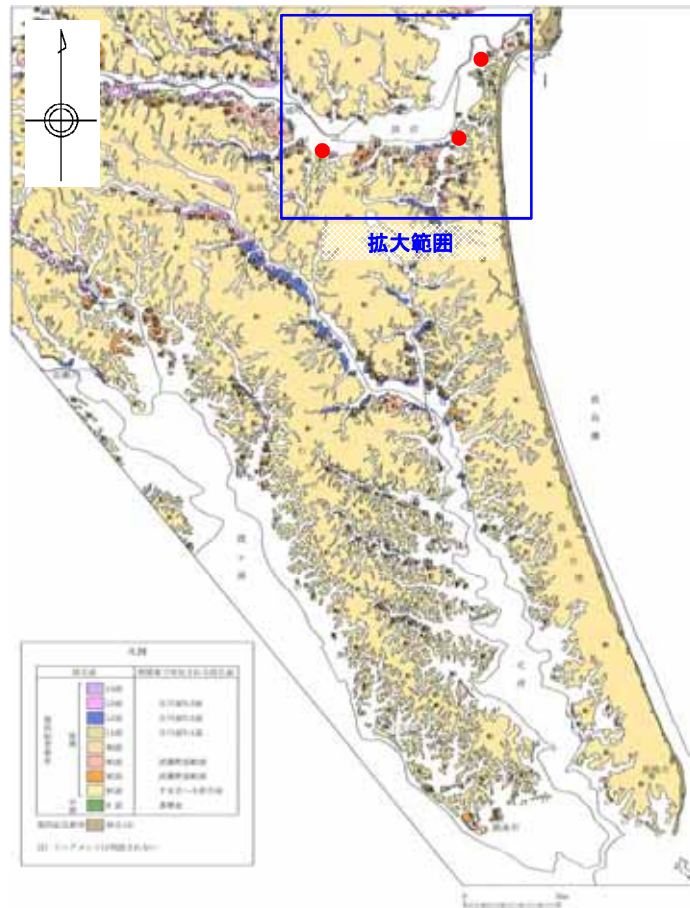


③横田東方地点

各露頭位置及び断層の走向・傾斜(国土地理院による10mメッシュDEMに基づく段彩陰影図)

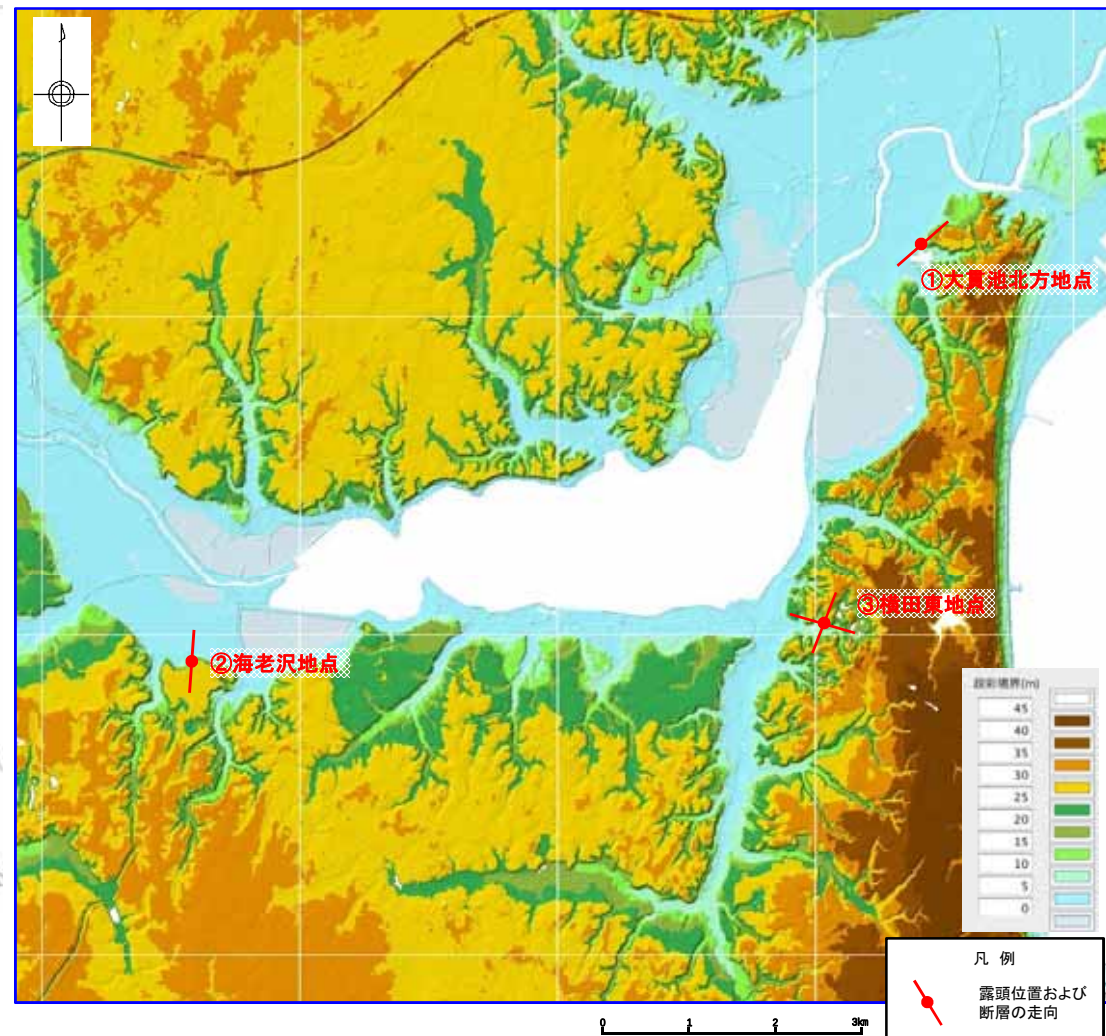
・段丘崖に認められる断層は、正断層センスであり、走向はいずれも段丘崖の方向と調和的である。

湊沼周辺の小断層について(3/6)



変動地形学的調査結果

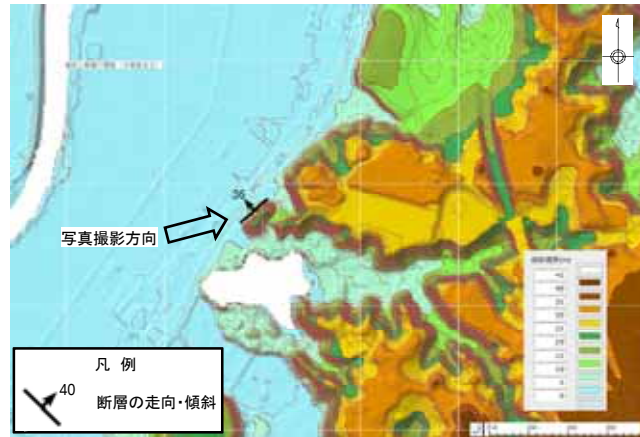
この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平26情保、第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院長の承認を得なければならない。



各露頭位置及び断層の走向(国土地理院による10mメッシュDEMに基づく段彩陰影図)

- ・断層の延長方向に分布するM1段丘面にリニアメントは判読されない。
- ・変位センスや走向の状況も踏まえると、これらの断層は非構造的な表層滑落と判断される。

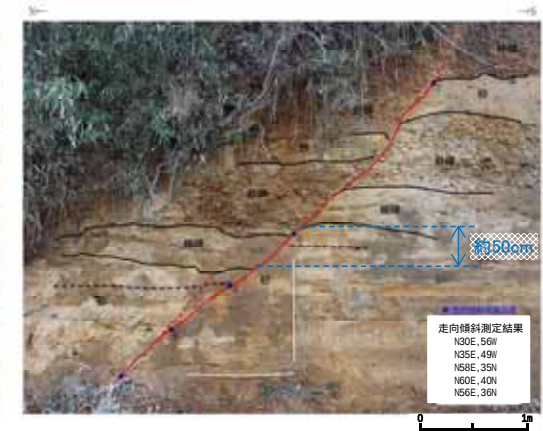
涸沼周辺の小断層について(4/6)



①大貫池北方地点



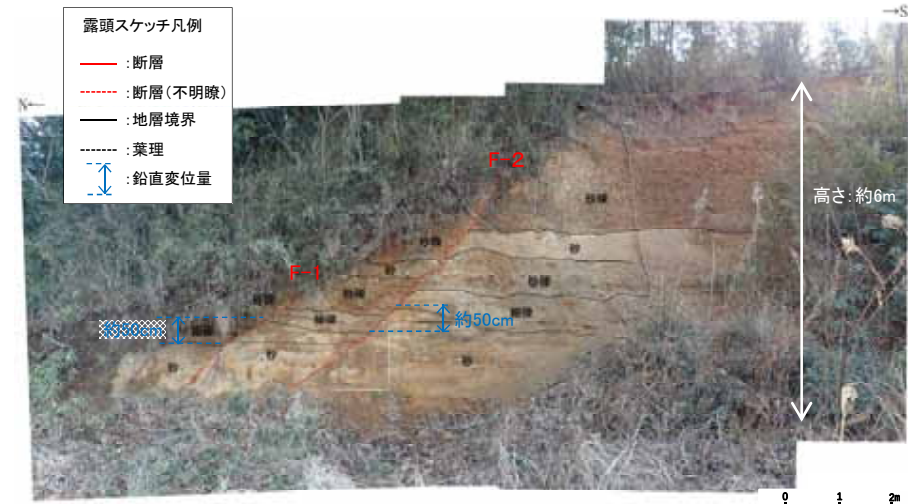
写真2 断層部拡大



露頭スケッチ(断層部)



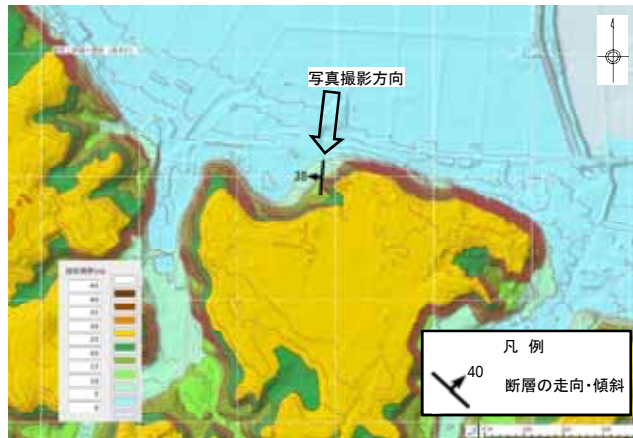
写真1 露頭全景



露頭スケッチ(全景)

- ・露頭の北西端に、F-1及びF-2の断層が認められる。断層面の走向は段丘崖と同様概ねNE-SWであり、傾斜は最上部で約56° W、露頭下方に向かって緩くなり、最下部で約36° Nと、円弧状の形態を呈する。
- ・両断層とも見かけの鉛直変位量は約50cmで、北西側落下の正断層である。

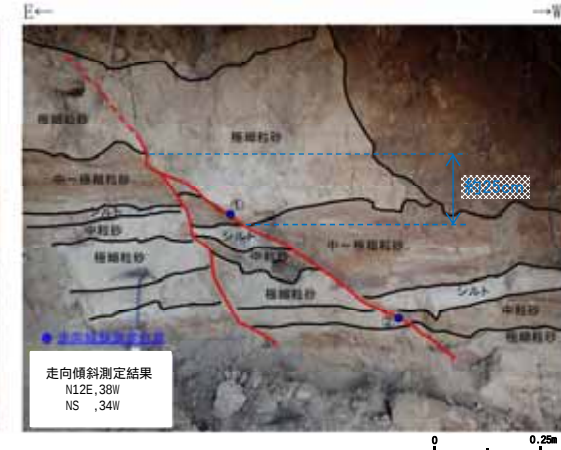
涸沼周辺の小断層について(5/6)



②海老沢地点



写真2 断層部拡大



露頭スケッチ(断層部)

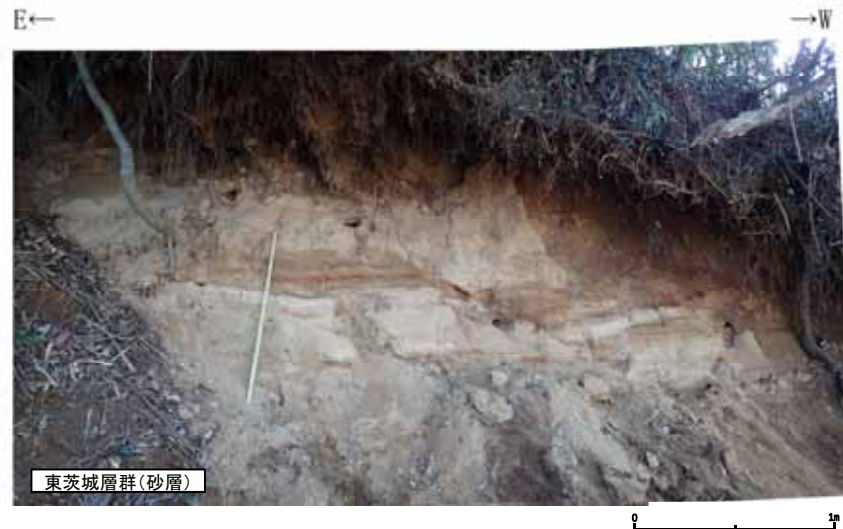


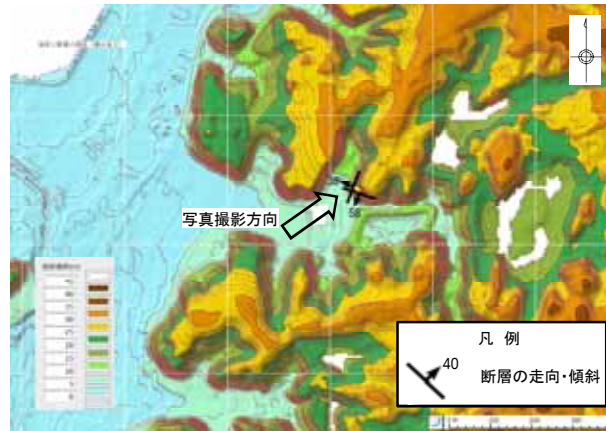
写真1 露頭全景



露頭スケッチ(全景)

- 断層面の走向は段丘崖と同様概ねN-Sであり、傾斜は上部で約38° W、露頭下方に向かって緩くなり、下部で約34° Wと円弧状の形態を呈する。
- 見かけの鉛直変位量は付随する小断層も含めて約25cmで、西側落下の正断層である。

涸沼周辺の小断層について(6/6)



③横田東方地点

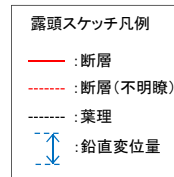
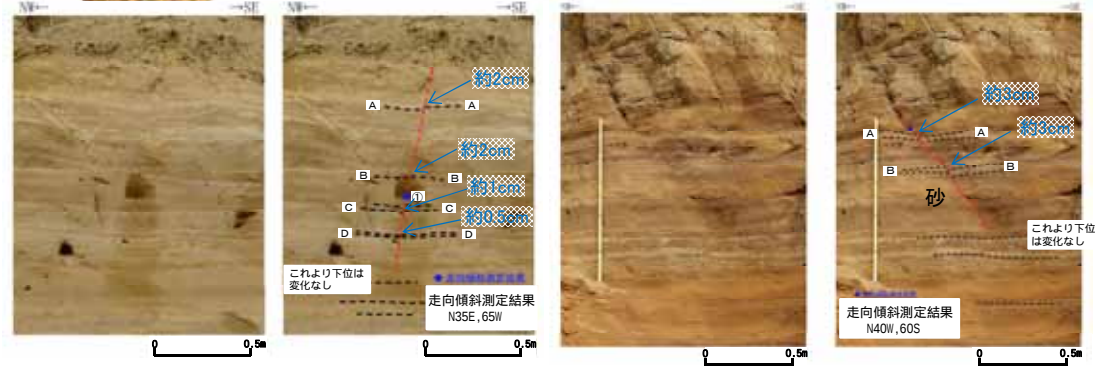
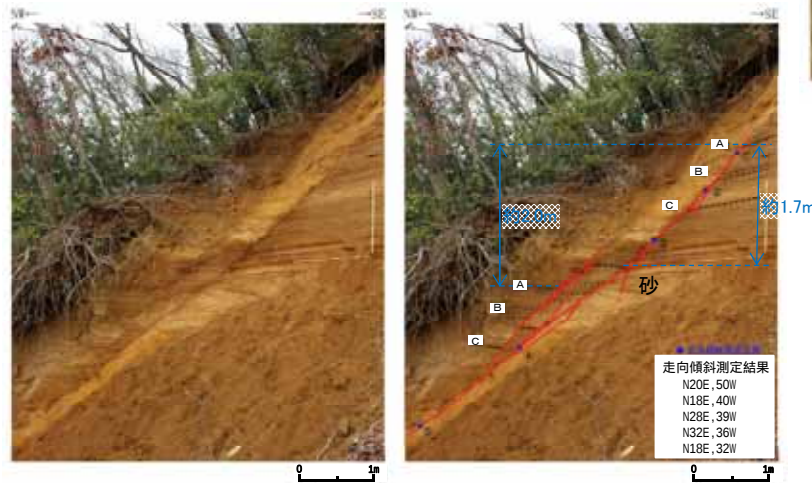


写真1 露頭全景

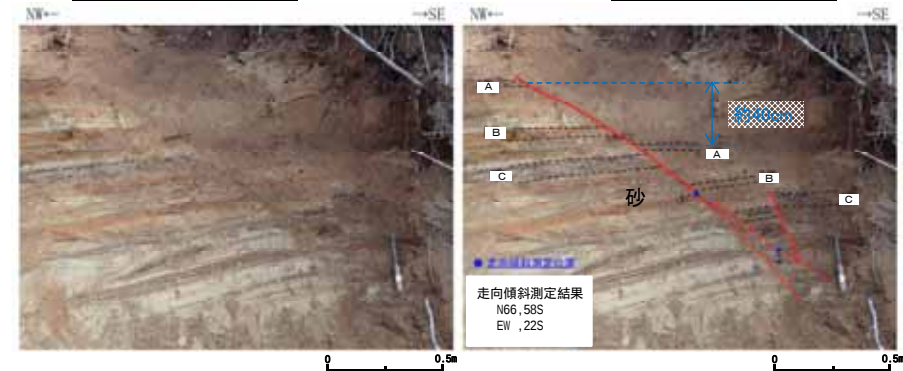


露頭スケッチ(F-2)

露頭スケッチ(F-3)



露頭スケッチ(F-1)



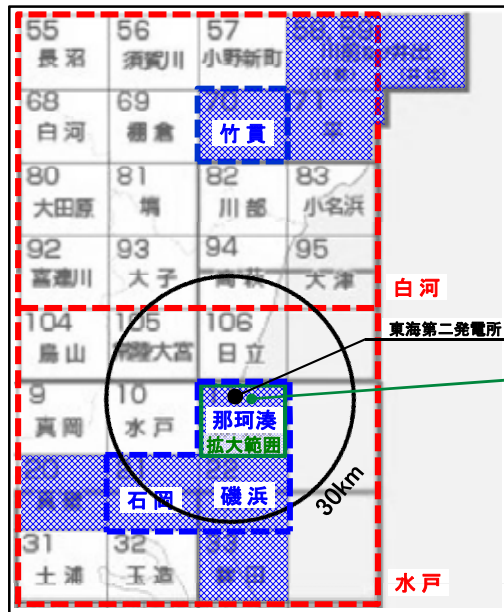
露頭スケッチ(F-4)

- ・露頭の西端に認められるF-1断層の走向は段丘崖の走向と同様概ねNNE-SSWであり、傾斜は最上部で約50° W、露頭下方に向かって緩くなり、最下部で約32° Wと、円弧状の形態を呈する。見かけの鉛直変位量は付随する小断層も含めて約2mで、西側落下の正断層である。
- ・露頭の東端に認められるF-4断層の走向は概ねWNW-ESEであり、傾斜は上部で約58° S、露頭下方に向かって緩くなり、下部で約22° Sと、円弧状の形態を呈する。見かけの鉛直変位量は約40cmで、南側落下の正断層である。
- ・F-2, F-3断層については、見かけの鉛直変位量は約3cm~2cmの小規模な正断層で、断層面は露頭下方には連続しない。

1. 鹿島台地・行方台地周辺の活傾動

那珂湊付近の断層について(1/2)

地質調査総合センター「5万分の1地質図幅 那珂湊(1972)」に加筆



- : 文献調査の対象とした図幅(5万分の1)
- : 文献調査の対象とした図幅(20万分の1)
- : 5万分の1地質図幅が発行されている範囲



築港層は那珂湊港北東方に孤立してきわめて狭く露出する。本層と他の白亜紀層との層序的關係は明らかでなく、また上渚白亜系あるいは古第三系と考えられる西側の大洗層とは断層關係にあるものと推定される。いっぽう、築港層と北側の中新統殿山層とは傾斜不整合の關係にあるとされている(尾崎・斎藤, 1955; SAITO, 1961)。

大洗層は那珂湊市街地周辺の台地周縁部に露出する。本層は中新統多賀層に傾斜不整合におおわれ、東側の那珂湊層群築港層と断層關係にあると推定される。

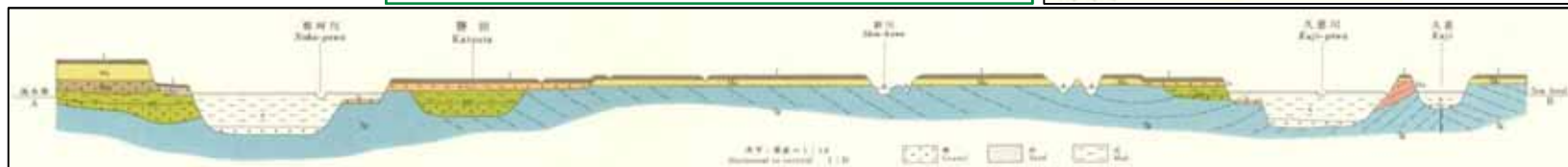
平磯層^{注1)}

平磯層は南西側の中新統殿山層と断層關係^{注1)}にあるため、下限は不明であるが、上位の磯合層に整合におおわれる。厚さは580m内外である。平磯層は磯合層に比べてはるかに泥質岩に富む。

平磯層の下部はおもにシルト岩からなり、2枚の顕著な砂岩層(厚さ7~9m)をはさむ。シルト岩

注1) 平磯層と殿山層とを境する断層は、Saito (1961) によると、N10°W-S10°Eの走向をもつ、幅約30mの断層帯をなす。

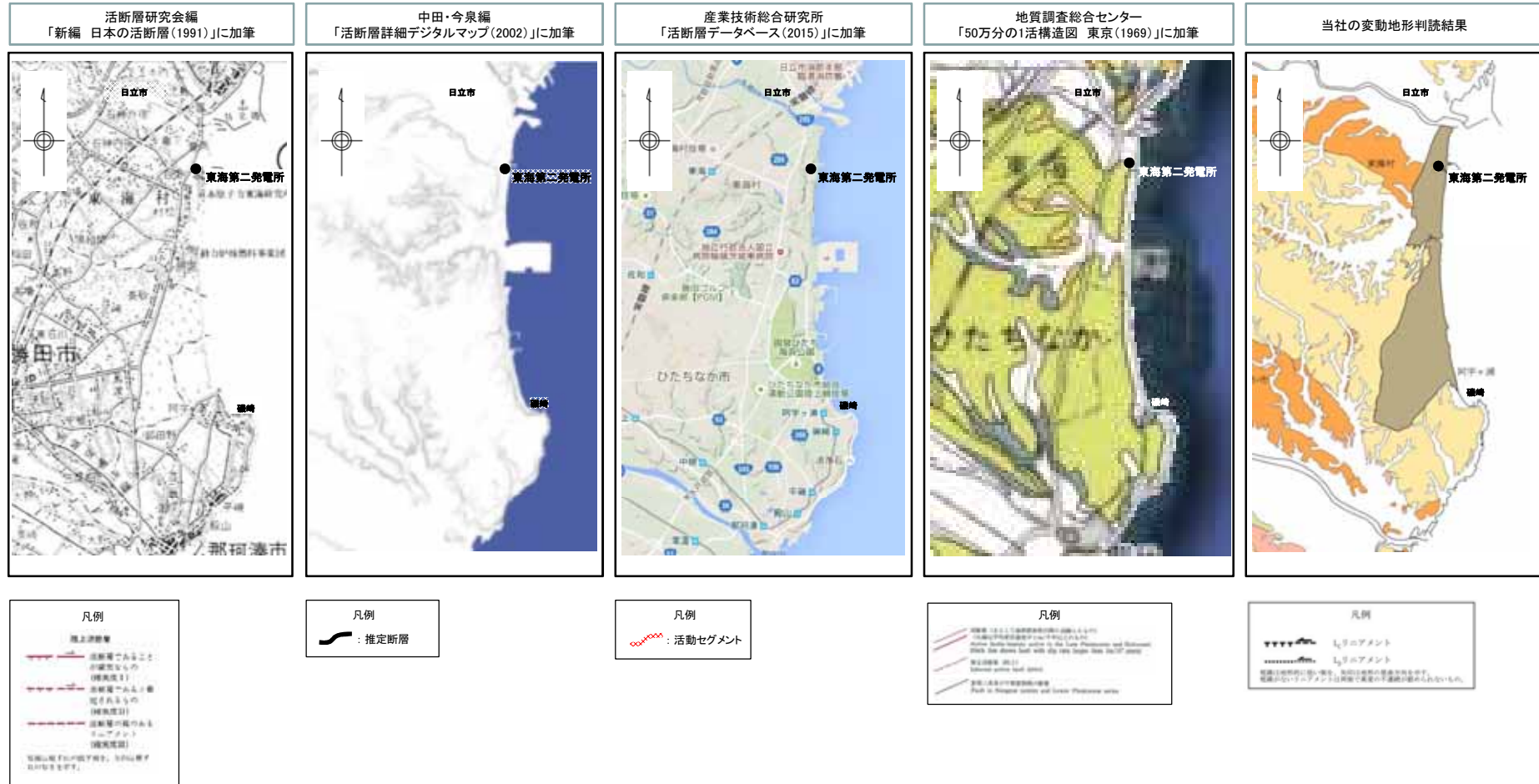
5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)説明書に加筆



- ・「5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)」によると、磯崎の海岸付近に白亜系の平磯層と中新統の殿山層を境するNNW-SSE方向の断層及び白亜系～古第三系の大洗層と東側に分布する白亜系との間にNNE-SSW方向の断層が推定されているが、いずれも上部更新統の見和層上部層に覆われるとされている。
- ・「20万分の1地質図幅「水戸」(2001)」にこれらの断層は図示されていない。
- ・日立市付近にも中新統の多賀層にNNW-SSE方向の断層が図示されている。地質断面図では、断層の両側の多賀層の上位に分布する見和層上部層には断層を挟んで分布高度に差は認められない。
- ・上記に加えて、地形判読結果においても、周辺に広く分布するM1面にもリニアメントが判読されないことから、後期更新世以降の活動は無いと判断される。

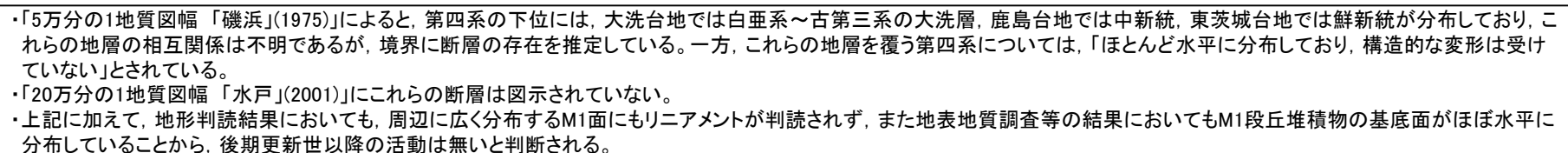
1. 鹿島台地・行方台地周辺の活形動

那珂湊付近の断層について(2/2)

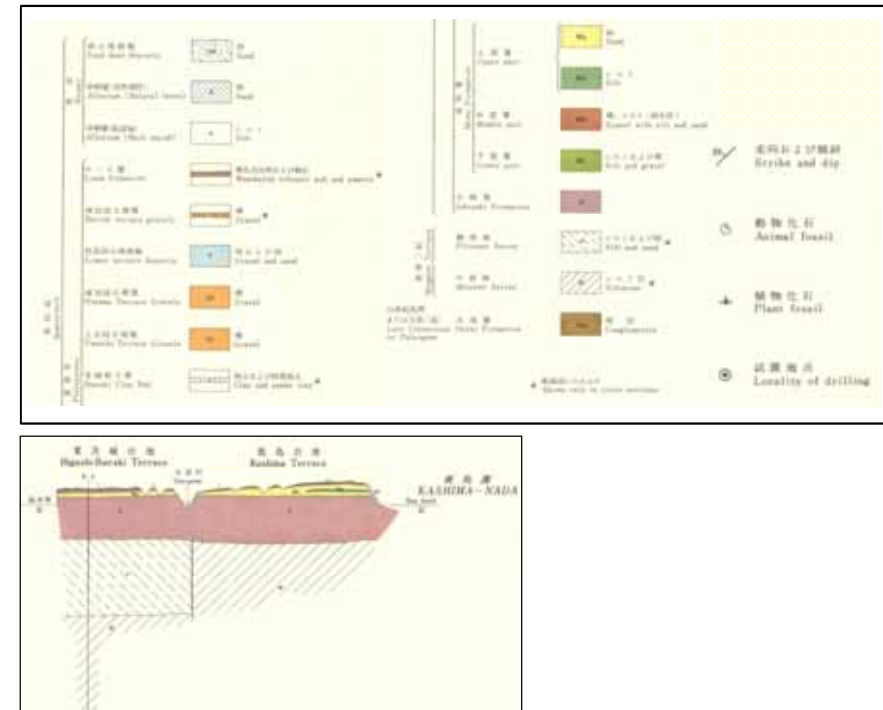


- ・「5万分の1地質図幅「那珂湊」(1972)」に示されている断層付近に活構造を指摘している文献はない。
- ・当社の地形判読の結果, 上記位置に変動地形は認められない。
- ・以上のことから, 当該断層を含め, 付近には活構造はないものと判断される。

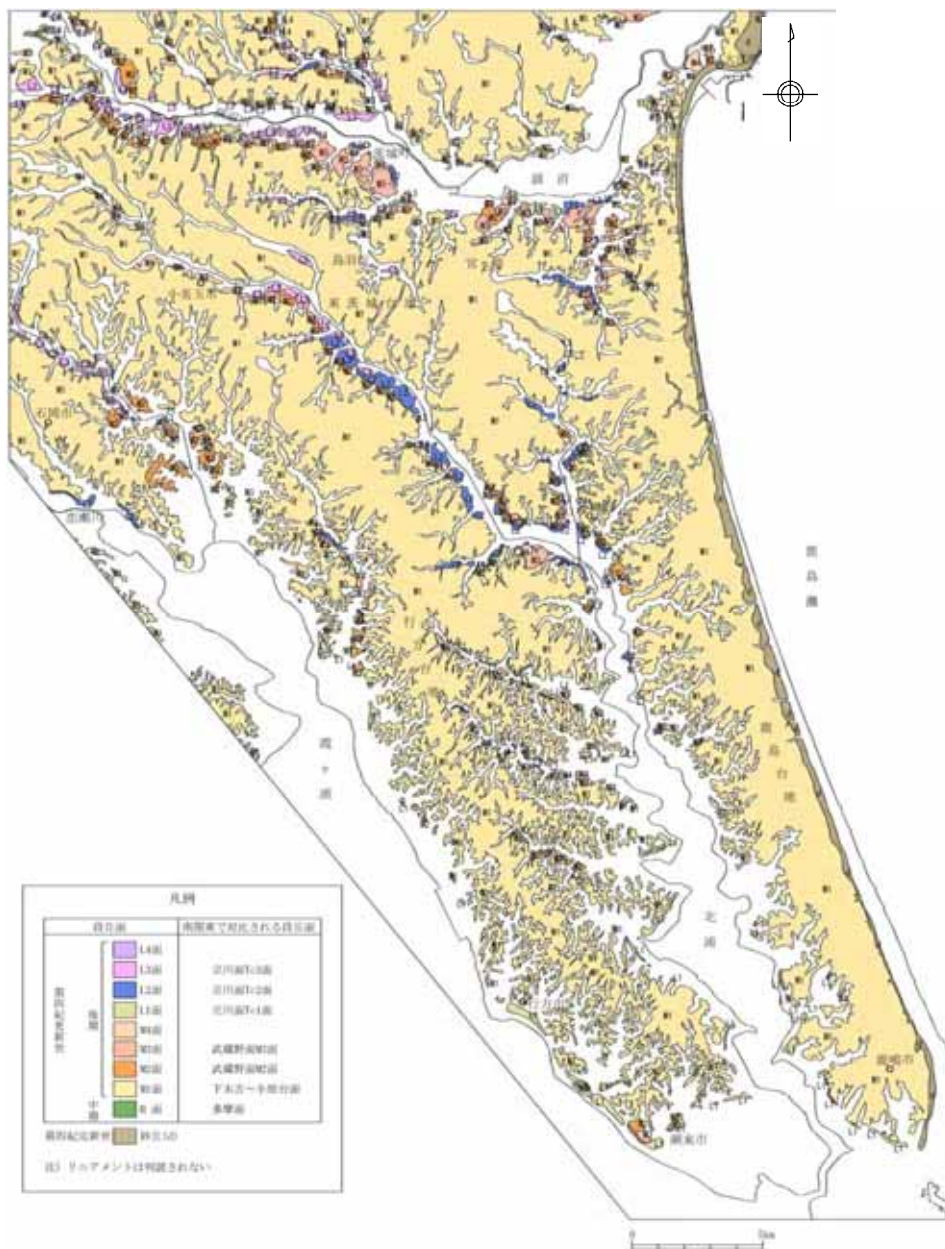
大洗町付近の断層について



磯浜図幅説明書(1975)より抜粋



評価



- 変動地形学的調査の結果によれば、当該範囲には変動地形は判読されない。
- 文献調査及び地表地質調査の結果によれば、当該範囲には活構造は認められず、またM1段丘堆積物基底面はほぼ水平に分布している。

鹿島台地・行方台地周辺において文献で指摘される範囲には活構造はないものと判断した。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平26情複 第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

山元(2013)の指摘する東茨城台地の地殻変動について

- ・山元(2013)においては、ラビンメント面等の傾斜から、東茨城台地において南へ傾斜する傾動運動を指摘しており、小池・町田(2001)の指摘する長さ250kmに及ぶ曲動運動とも整合するとしている。
- ・また、ラビンメント面の比高から東茨城台地の隆起沈降傾向を示しており、東茨城台地のMIS5eとMIS7eのラビンメント面の標高はMIS7eの方が低いことから、少なくとも24万年～12万年間は沈降しており、隆起は約9万年前以降に開始したとしている(ただし、地層の圧密の効果やMIS毎の海面変化量の違い等のかかなりの誤差を無視しての仮定ではあるとしている)。

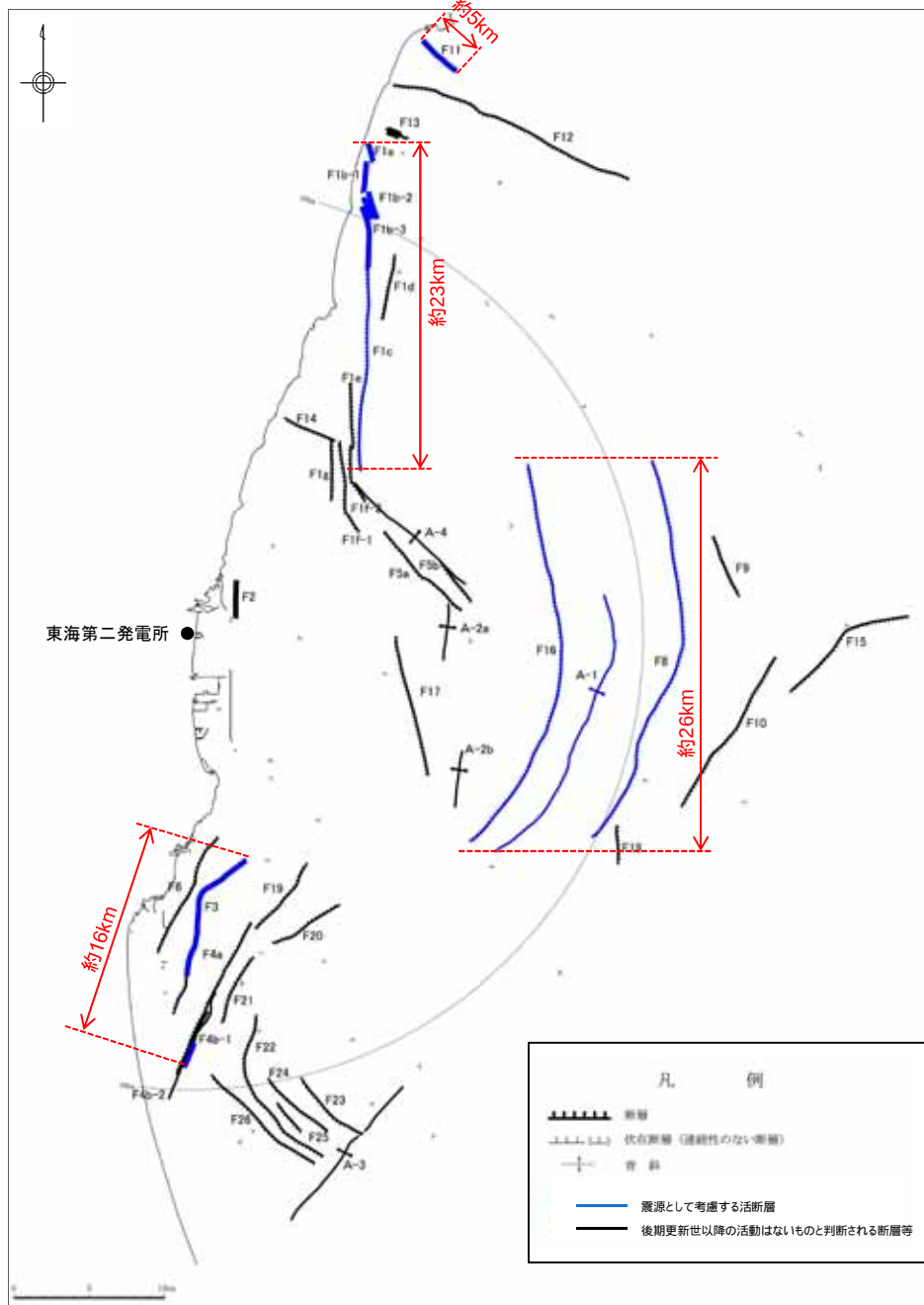
2. 敷地周辺海域の断層

審査会合(H28.2.26)におけるコメント及び回答の骨子

コメント		回答骨子	該当 頁
4	海域断層のグループ化について、その必要性を踏まえて再検討すること。 (第334回審査会合, 平成28年2月26日)	敷地周辺海域の断層等については、位置、走向、落下方向、形態等の性状が類似するものをグループ化した上で評価をしていたが、断層の活動時期の評価にあたっては、必ずしもグループ化を行う必要はないことから、各断層毎に活動時期等の評価を記載することとした。 なお、F11断層については、F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、安全側に活動性を評価することとする。	31～ 43頁

2. 敷地周辺海域の断層

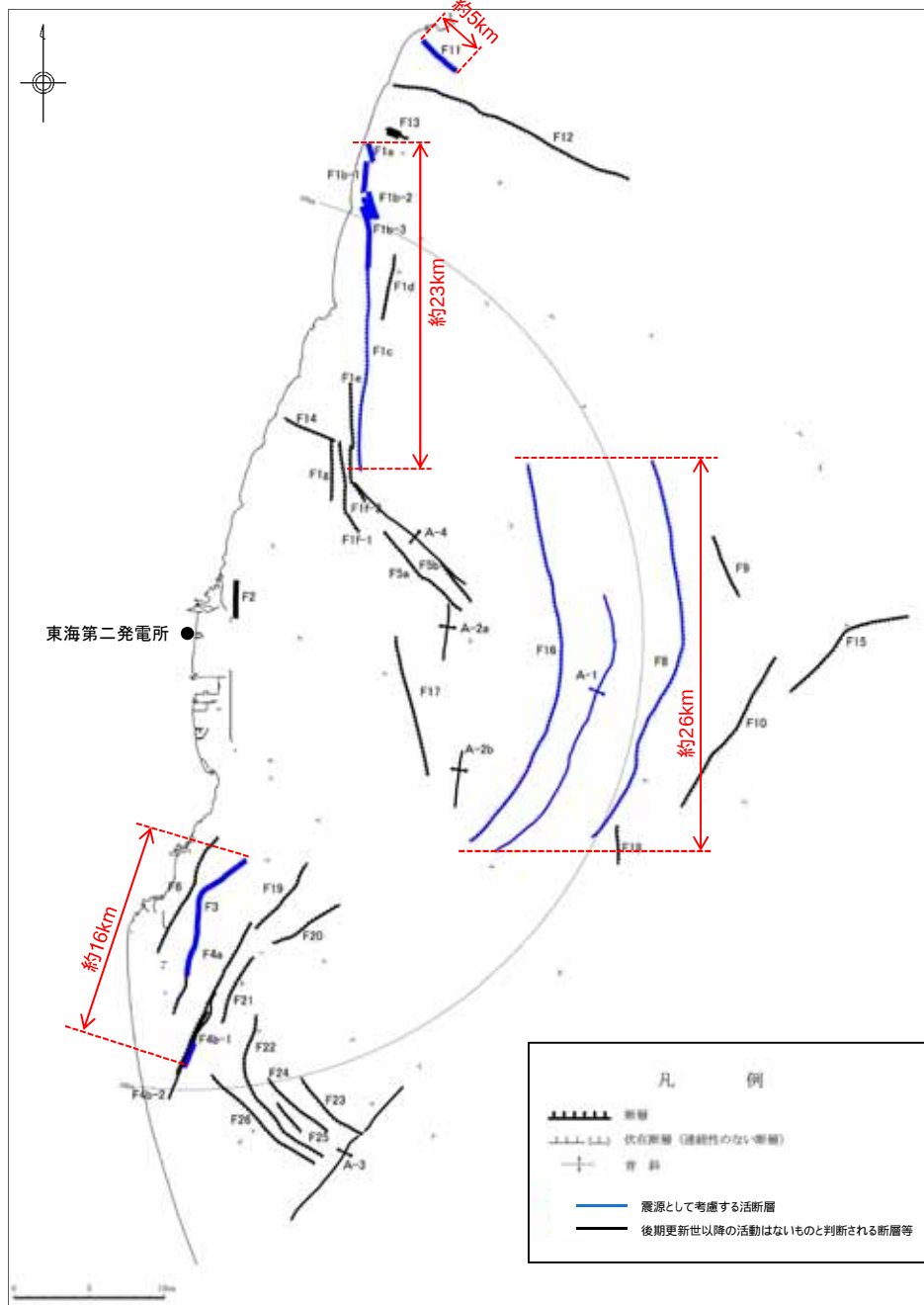
敷地周辺海域断層の活動性評価(1/2)



名称	評価	長さ
F12断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C2層(鮮新統)上部に変位・変形なし。	—
F11断層	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。 ➢ しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、安全側に活動性を評価することとする。	約5km
F13断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ 西部では上載地層が分布しておらず、上載地層法による判断ができないものの、東部ではD1層(中新統)上部には変位・変形が認められず、F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。	—
F1断層	[F1a, F1b-1, F1b-2, F1b-3及びF1c] 震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で明確に後期更新世以降の活動が否定できない。 [F1d断層, F1e断層, F1f-1断層, F1f-2断層, F1g断層] ➢ 中期更新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。	約23km
F5a断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F5b断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
A-4背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)に変形なし。	—
F14断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
F2断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ 海底面付近に露出する後期更新世以前の地層に変位・変形が認められるが、D1層(中新統)下部以下の地層に変位・変形が認められないことから地震を起こすような断層ではないと評価	—
F17断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
A-2a背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B3層(下部更新統)に変形なし。	—
A-2b背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)に変形なし。	—
F16断層	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約26km
A-1背斜	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約19.5km

2. 敷地周辺海域の断層

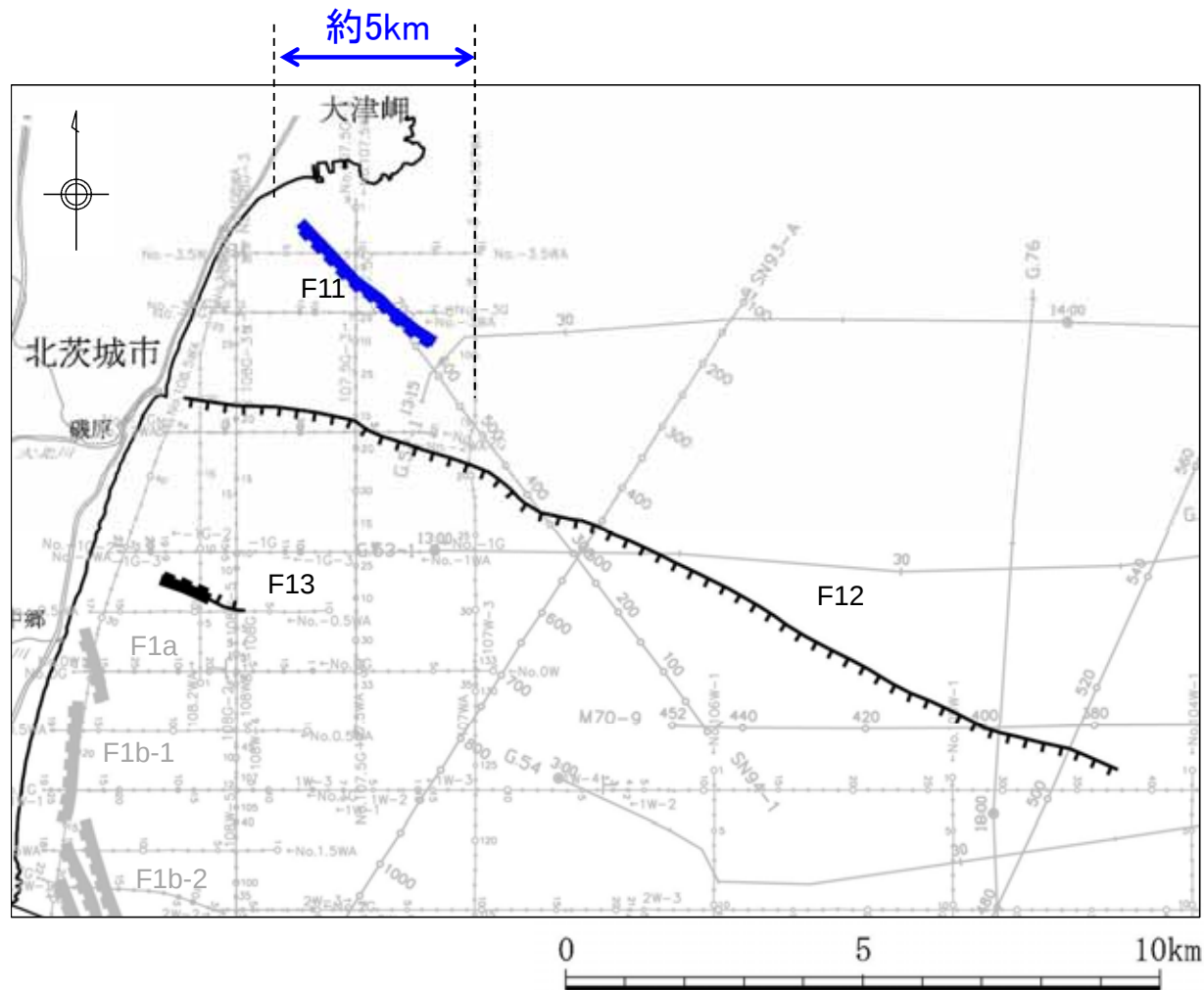
敷地周辺海域断層の活動性評価(2/2)



名称	評価	長さ
F8断層	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約26km
F18断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)に変位・変形なし。	—
F9断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B3層(下部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F10断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F15断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F3断層	[F3断層(北部及び中部), F4断層(F4b-1南部)] 震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 海底面付近に分布するB2層(中期更新世)より古い地層に変位・変形を与えており、後期更新世の地層が分布していないことから、後期更新世以降の活動性が否定できない。 [F3断層南部, F4a断層, F4b-1断層北部, F4b-2断層] 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中期更新世)より新しい地層に変位・変形を与えていない。	約16km
F4断層		
F6断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F19断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C2層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F20断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F21断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
F22断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
F23断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F24断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F25断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
F26断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
A-3背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変形なし。	—

F11, F12, F13断層の評価

震源として考慮する活断層として評価する。



凡 例

-  震源として考慮する活断層
-  後期更新世以降の活動はないものと判断される断層
-  後期更新世以降の活動はないものと判断される伏在断層

【 F11断層】

上載地層で後期更新世以降の活動が否定できない。

- F12 断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。
- しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、安全側に活動性を評価することとする。

【F12断層】

少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。

- 鮮新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

【 F13断層】

少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。

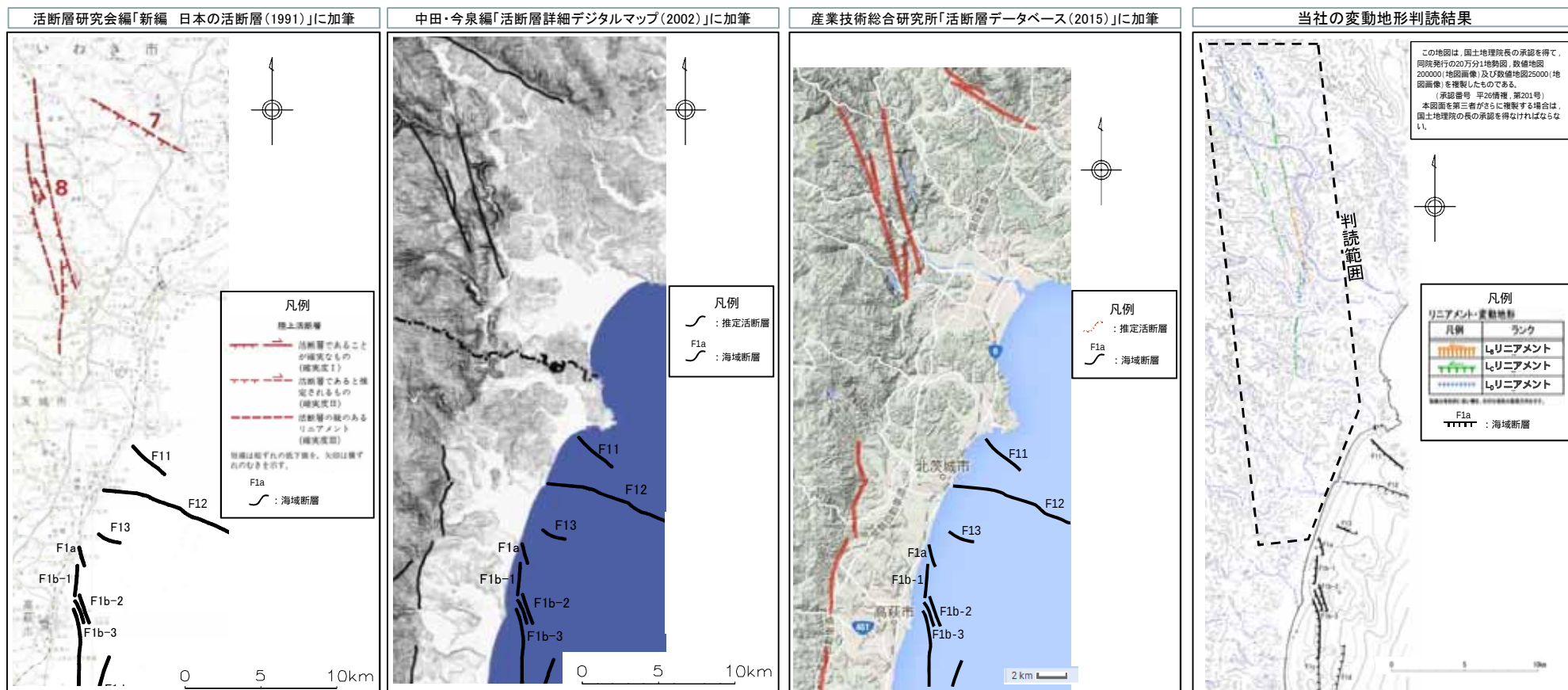
- 西部では上載地層が分布しておらず、上載地層法による判断ができないものの、東部ではD1層(中新統)上部には変位・変形が認められず、F12断層とも同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。

【陸域の延長部】

F11, F12, F13断層の西方陸域には、F11, F12, F13断層と調和的な活構造を指摘する文献はなく、またリニアメントも判読されない。

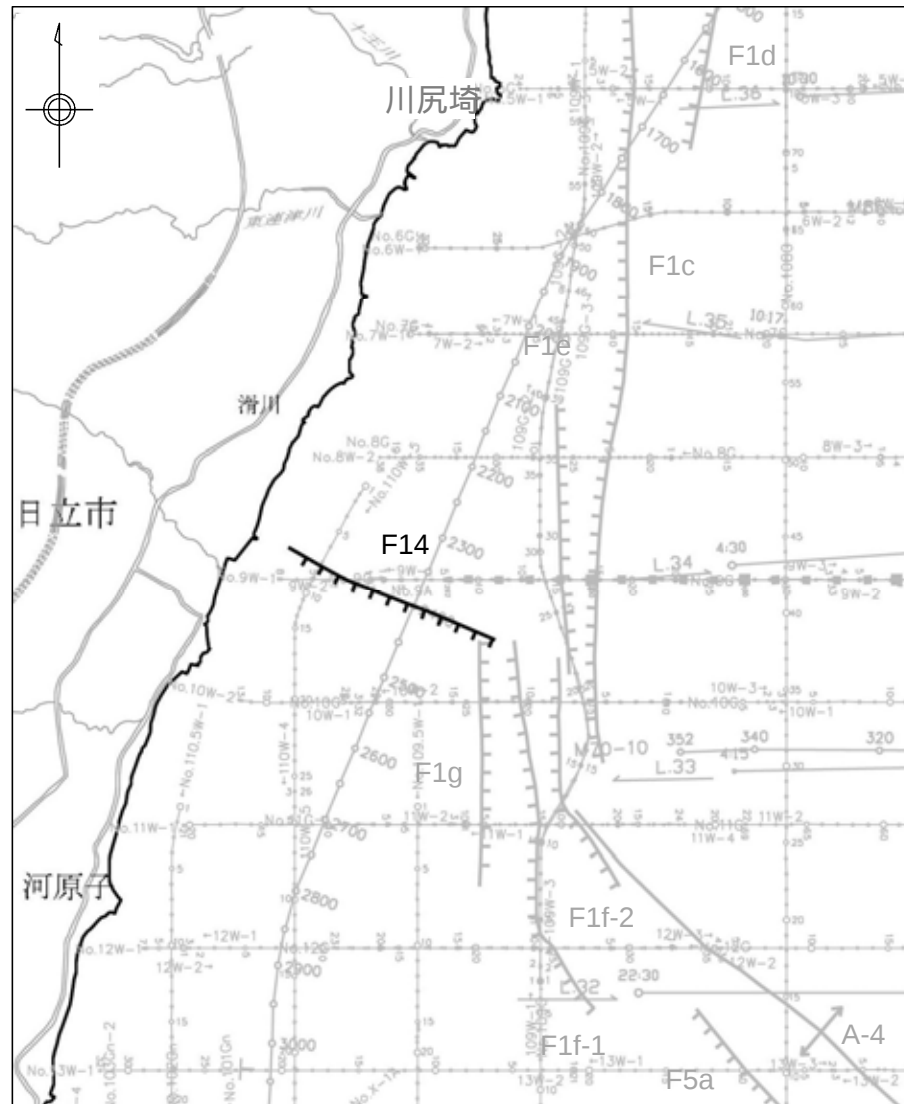
2. 敷地周辺海域の断層

F11, F12, F13断層西方陸域の文献調査結果及び変動地形学的調査結果



F11, F12, F13断層の西方陸域には、F11, F12, F13断層と調和的な活構造を指摘する文献はなく、またリニアメントも判読されない。

F14断層の評価

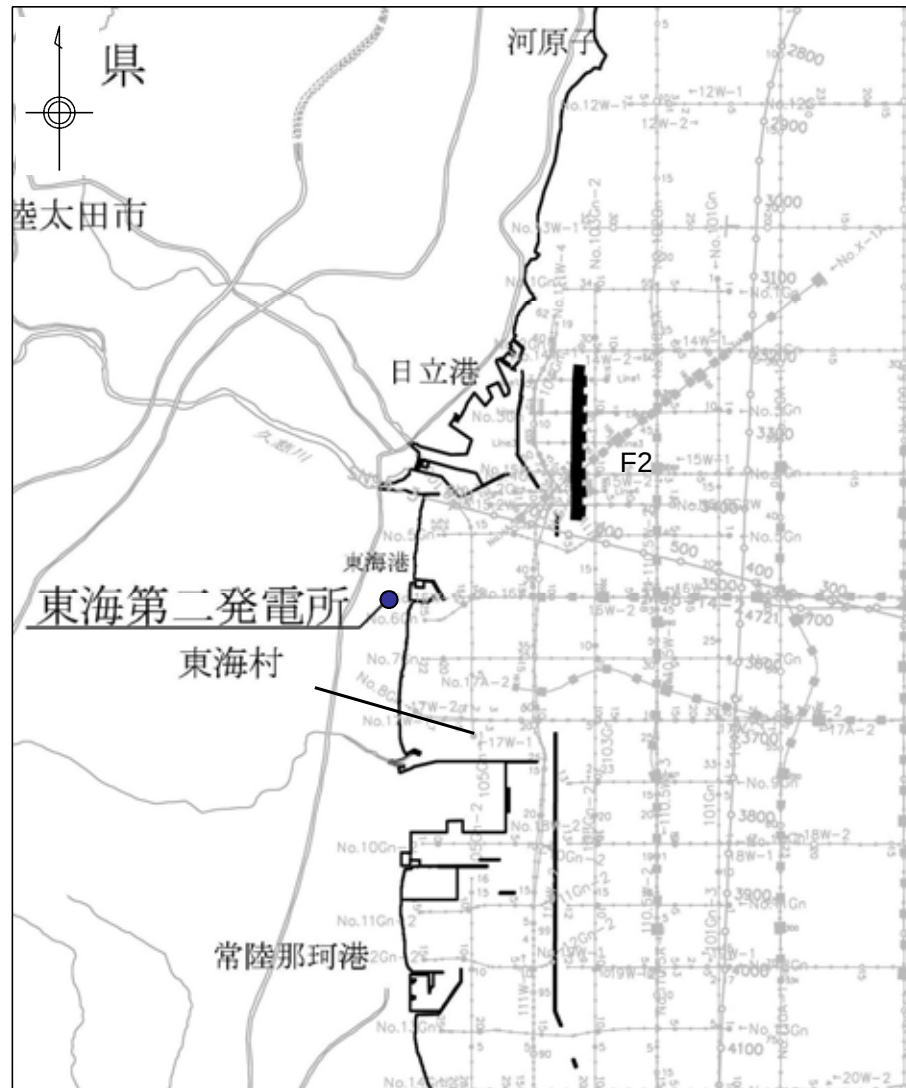


【F14断層】
 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ➤ 中新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

凡 例

----- 後期更新世以降の活動はないものと判断される伏在断層

F2断層の評価



【F2断層】

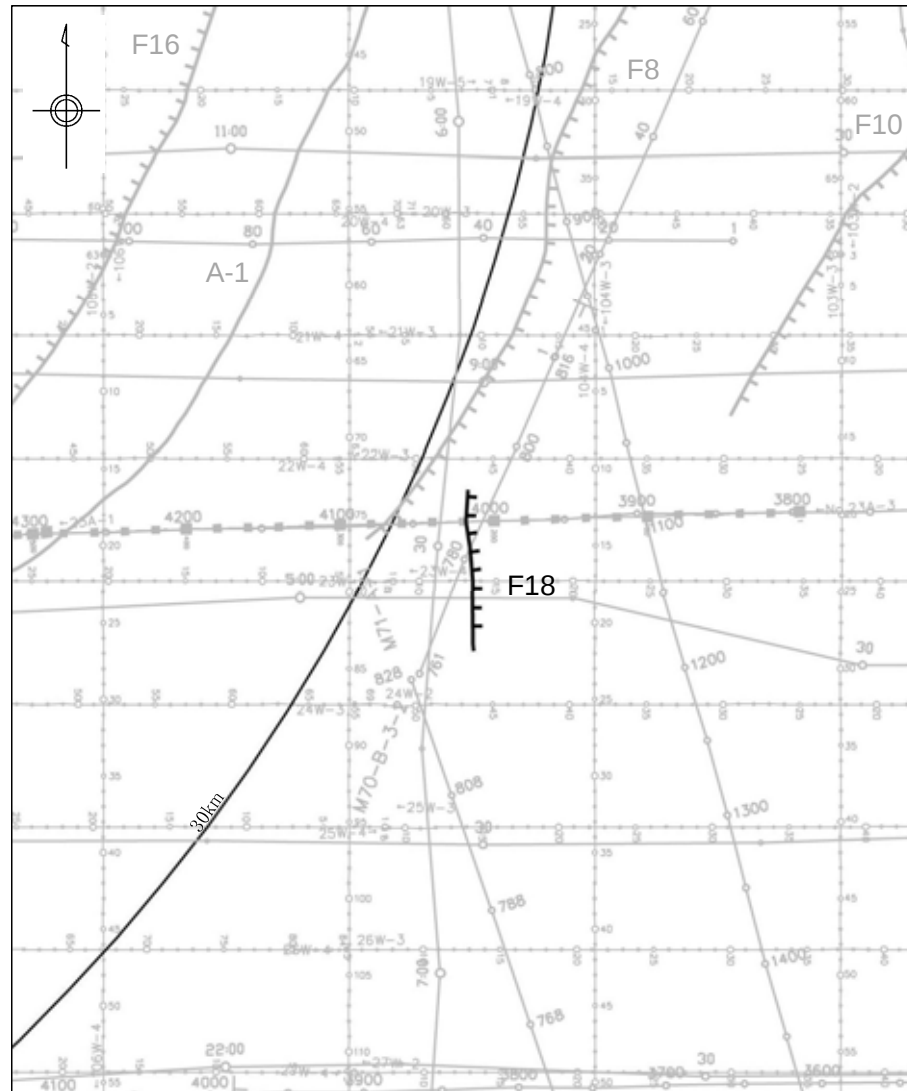
構造的な断層ではないものと判断される。

➤ 深部の中新世より古い地層に変位・変形を与えていない。

凡 例

 構造的な断層ではないものと判断される断層

F18断層の評価



【F18断層】

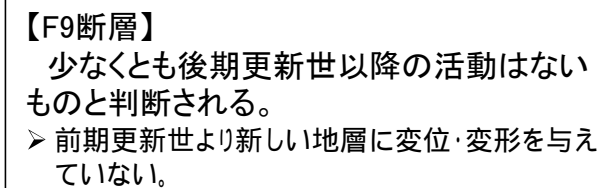
少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。

➢ 中新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

凡 例

----- 後期更新世以降の活動はないものと判断される伏在断層

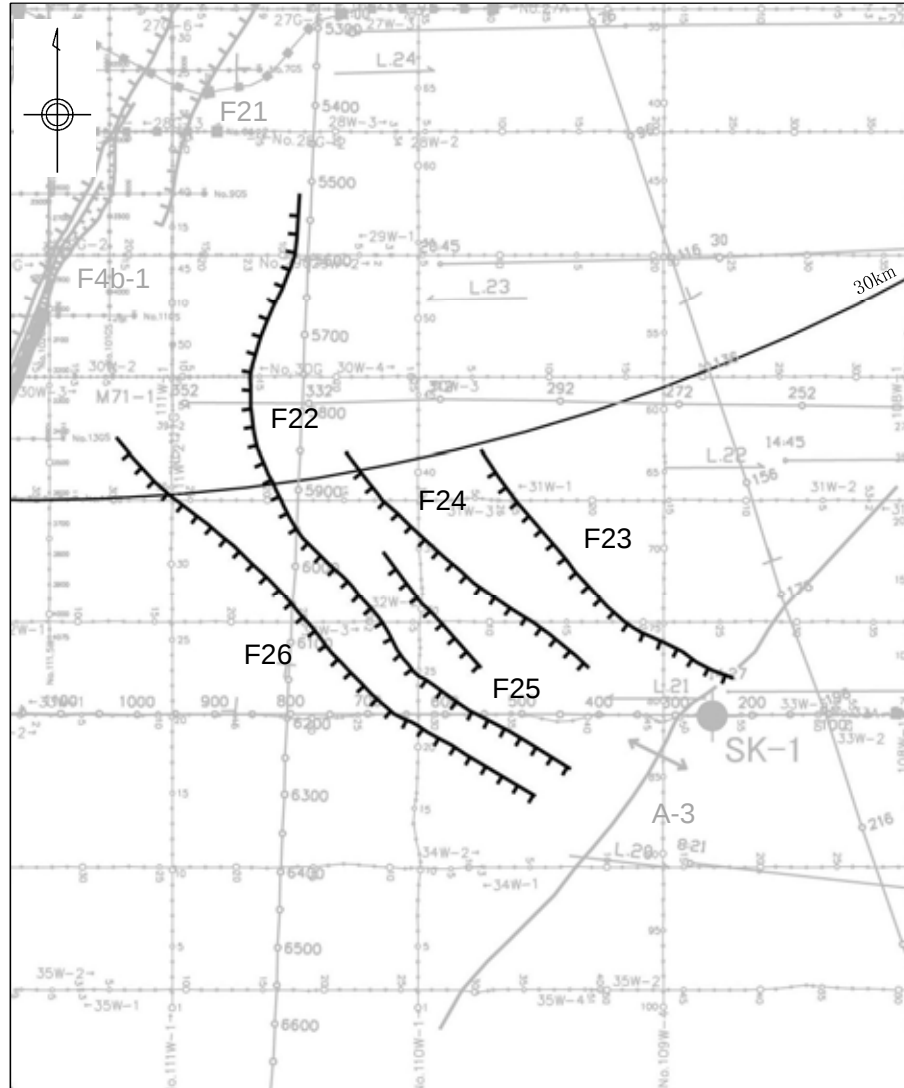
2. 敷地周辺海域の断層 F9, F10, F15断層の評価



【F10, F15断層】
少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
➤ 中期更新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

後期更新世以降の活動はないものと判断される伏在断層

F22, F23, F24, F25, F26断層の評価

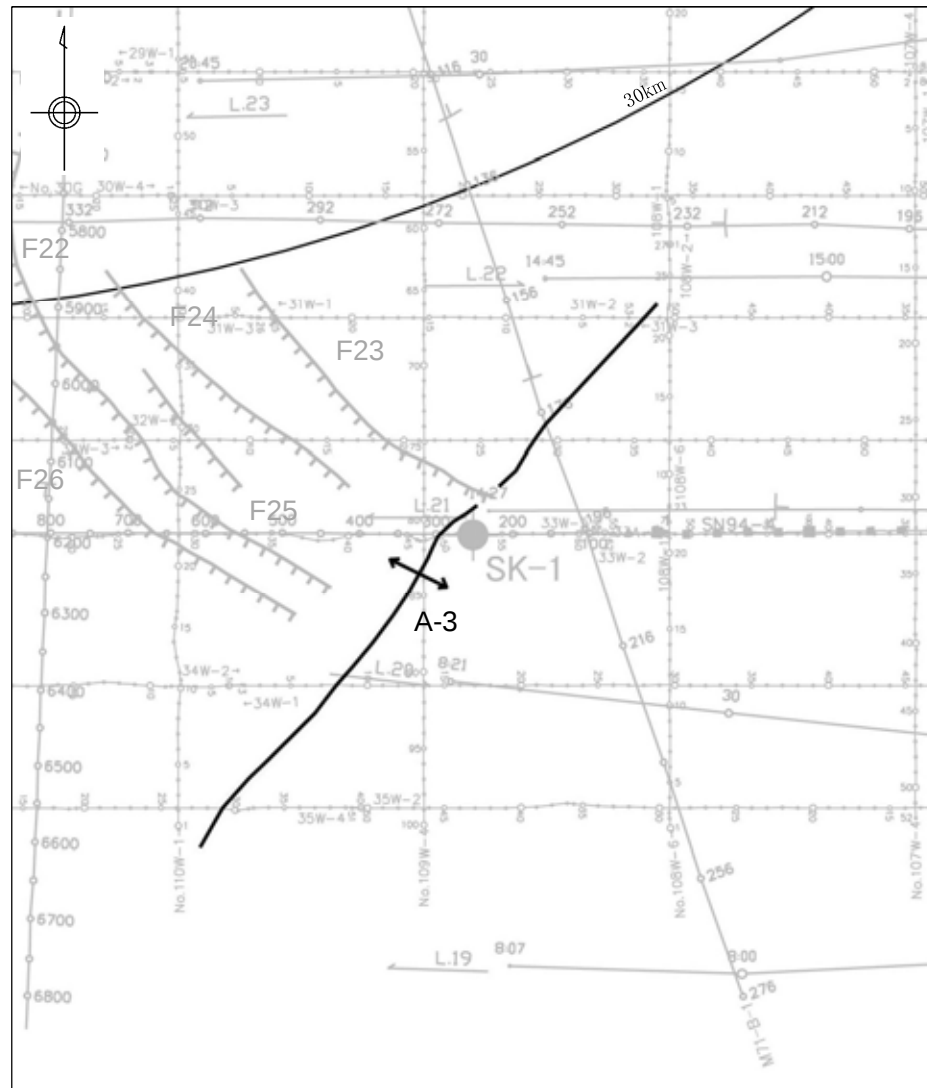


【F22, F23, F24, F25, F26断層】
少なくとも後期更新世以降の活動は
ないものと判断される。
➤ 中新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

凡 例

----- 後期更新世以降の活動はないものと判断される伏在断層

A-3背斜の評価



【A-3背斜】

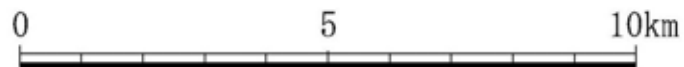
少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。

➢ 中新世より新しい地層に変形を与えていない。

凡 例

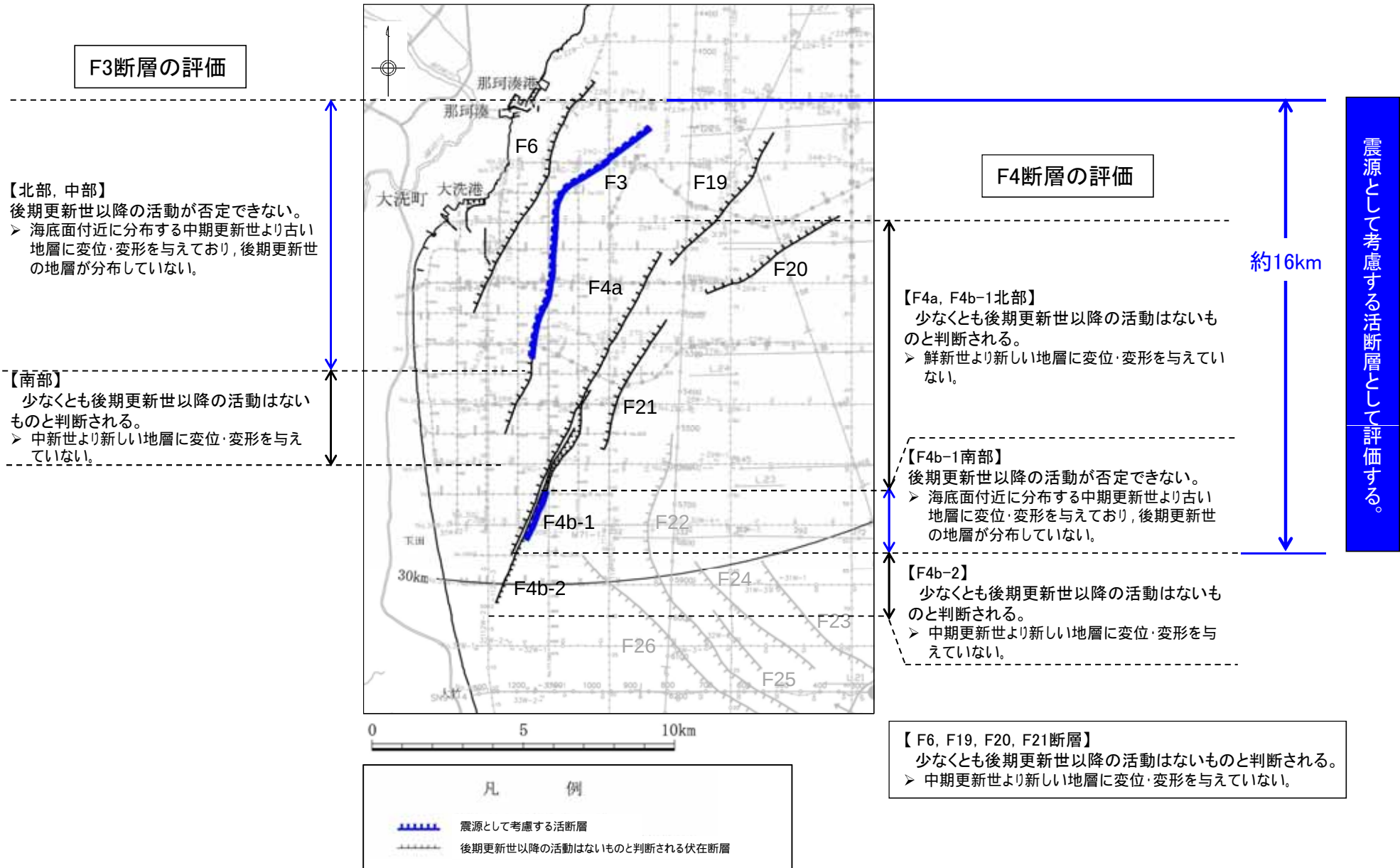


後期更新世以降の活動はないものと判断される背斜



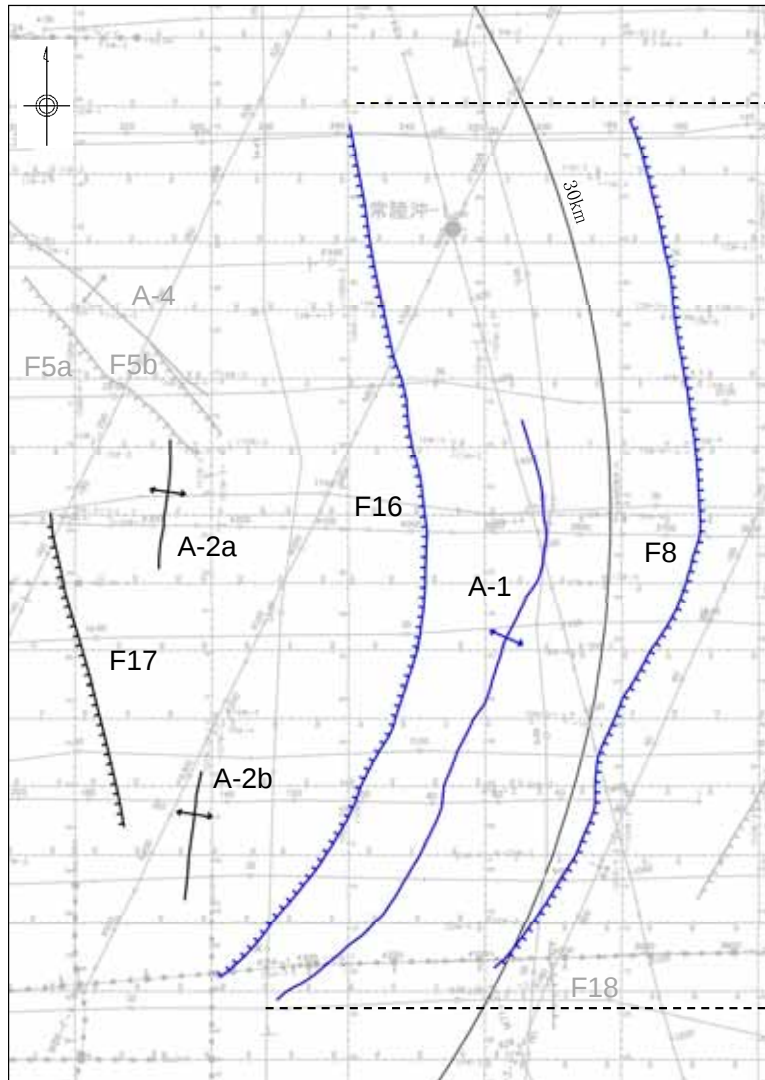
2. 敷地周辺海域の断層

F3, F4, F6, F19, F20, F21断層の評価



2. 敷地周辺海域の断層

F8, F16, F17断層及びA-1, A-2a, A-2b背斜の評価



【F8断層】

少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ➤ 中新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

【F16断層】

少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ➤ 前期更新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

【A-1背斜】

少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ➤ 前期更新世より新しい地層に変形を与えていない。

東北地方太平洋沖地震以降、F16断層、F8断層及びA-1背斜の近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。

約26km

【F17断層及びA-2a, A-2b背斜】

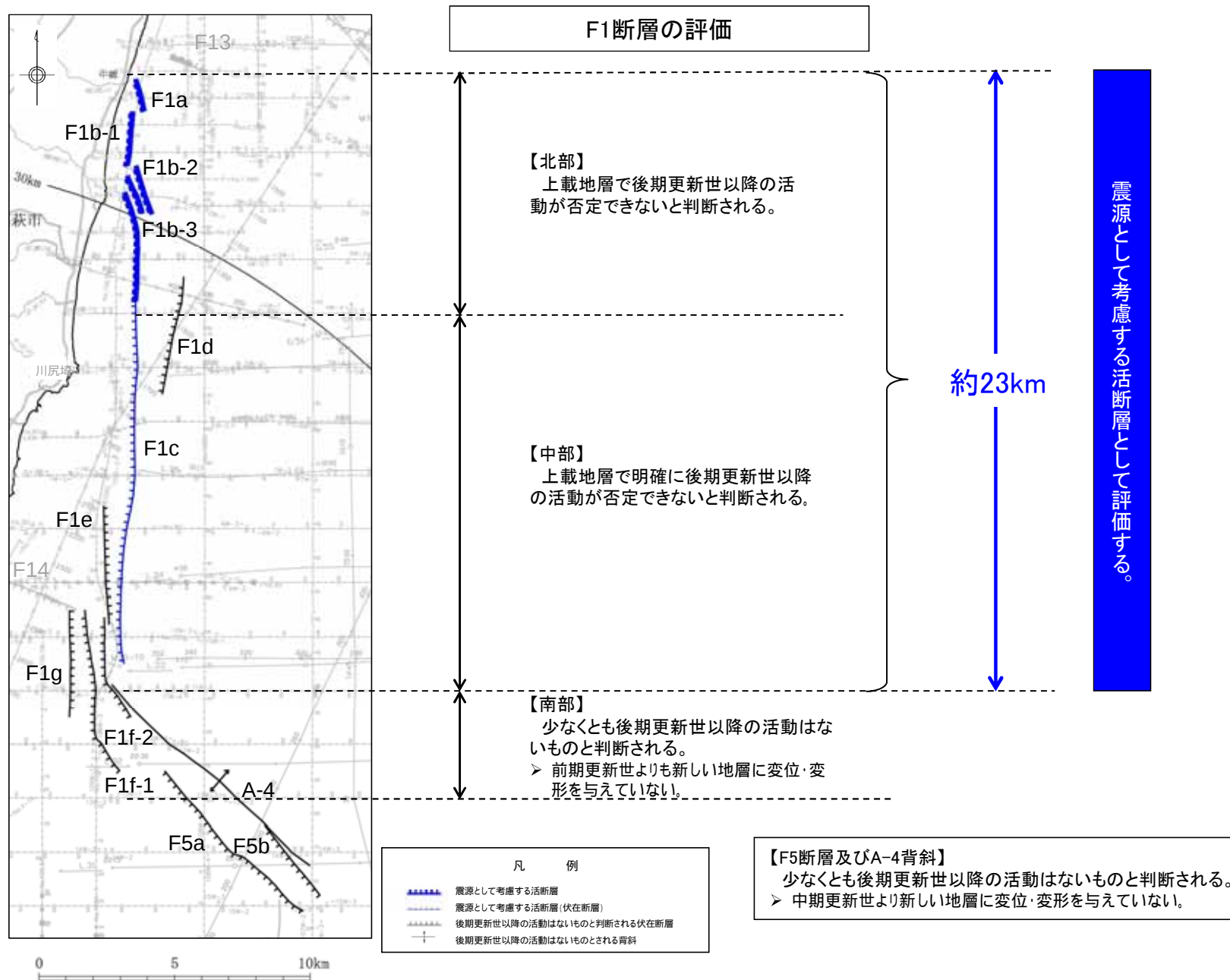
少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。
 ➤ 前期更新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。

震源として考慮する活断層として評価する。

凡 例

- 震源として考慮する活断層 (伏在断層)
- 後期更新世以降の活動はないものと判断される伏在断層
- 震源として考慮する背斜
- 後期更新世以降の活動はないものとされる背斜

F1，F5断層及びA-4背斜の評価



余白

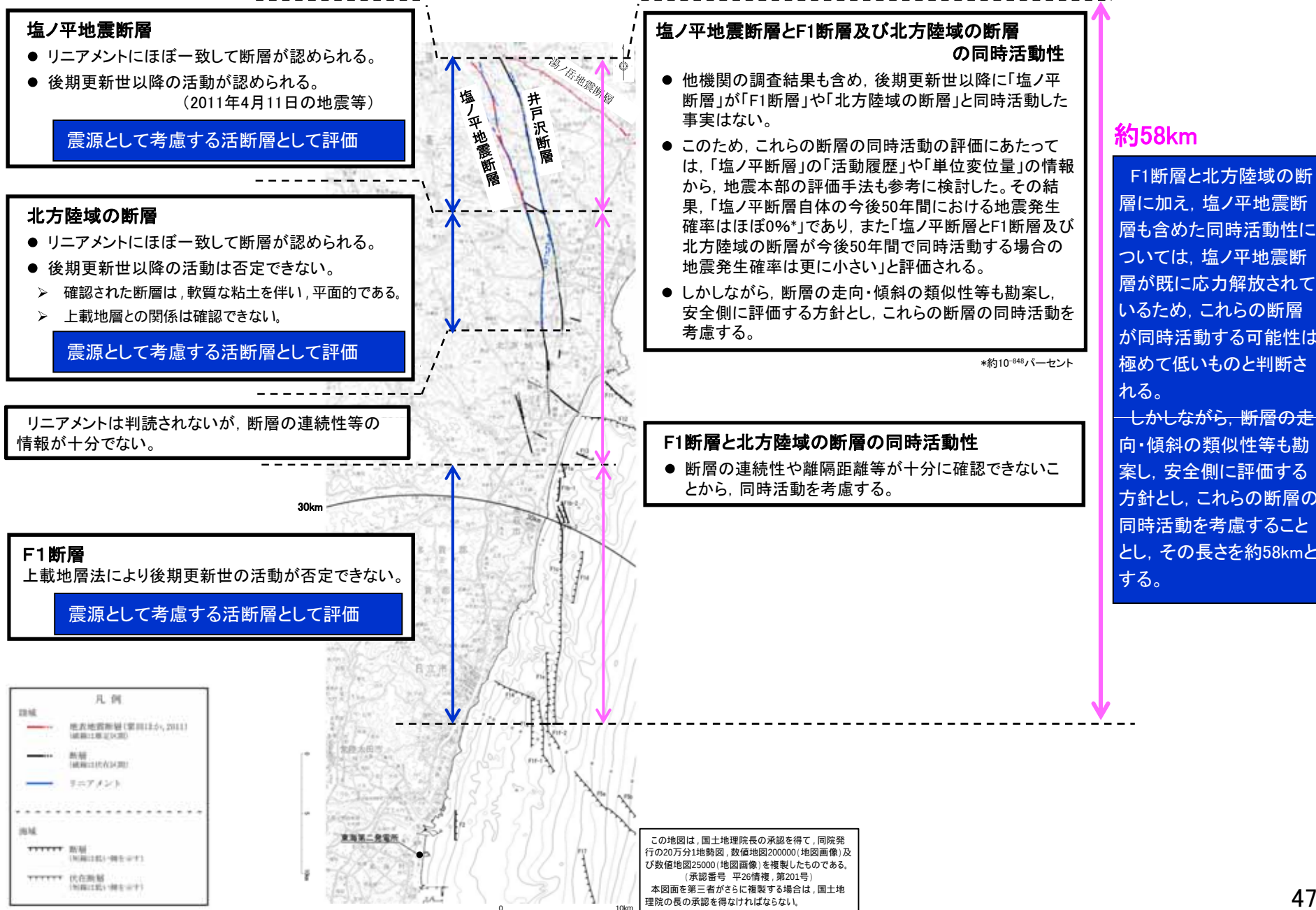
3. F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

審査会合（H28.2.26）におけるコメント及び回答の骨子

コメント		回答骨子	該当 頁
5	F1断層と北方域断層の同時活動性における塩ノ平地震断層の取り扱いについて検討すること。 （第334回審査会合，平成28年2月26日）	F1断層と北方陸域の断層に加え，塩ノ平地震断層も含めた同時活動性については，塩ノ平地震断層が既に応力解放されているため，これらの断層が同時活動する可能性は極めて低いものと判断される。 しかしながら，断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し，安全側に評価する方針とし，これらの断層の同時活動を考慮することとした。	47頁
6	「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」に記載されている馬場平断層について説明すること。 （第334回審査会合，平成28年2月26日）	「新編 日本の活断層(1991)」において，井戸沢断層の北方約9km(塩ノ平地震断層の北方約6km)に長さ約4kmの确实度Ⅲのリニアメントが指摘されているが，活動性や性状の記載はない。また「新編 日本の活断層(1991)」以外に活構造を指摘する文献はない。 「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」では，当該リニアメント位置に馬場平断層が記載されており本断層の南方延長は「大風断層で一たん切られて西に転移する」とされている。大風断層については，活構造を指摘する文献はない。 「20万分の1地質図幅「白河」(2007)」及び「50万分の1活構造図「新潟」(1984)」では馬場平断層は記載されていない。	73～ 74頁

F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価結果

第334回審査会合
資料1加筆修正

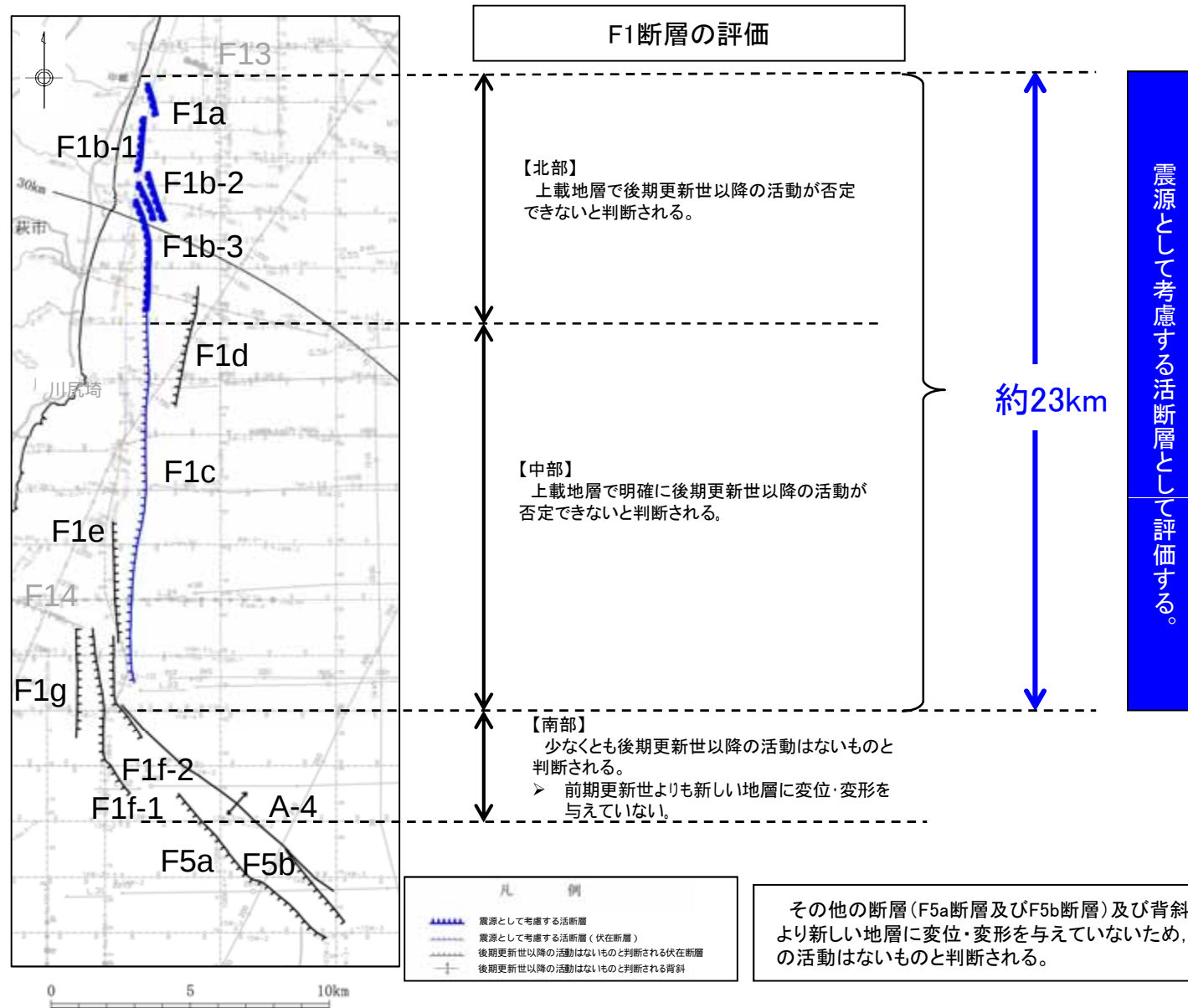


余白

F1断層，北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層に関する調査結果

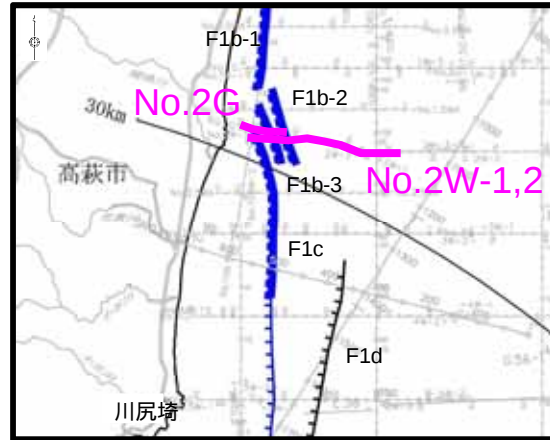
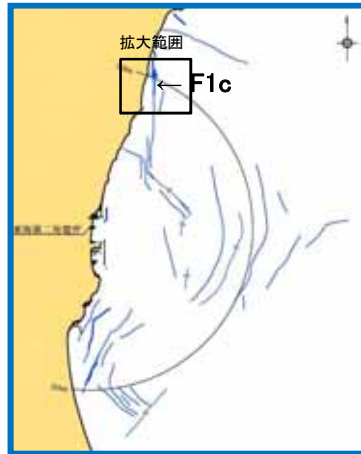
F1断層の評価結果

第334回審査会合
資料1加筆修正



F1断層の音波探査記録(測線: No.2W-1,2 / No.2G)【北部】

第334回審査会合
資料1再掲

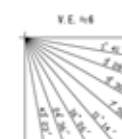
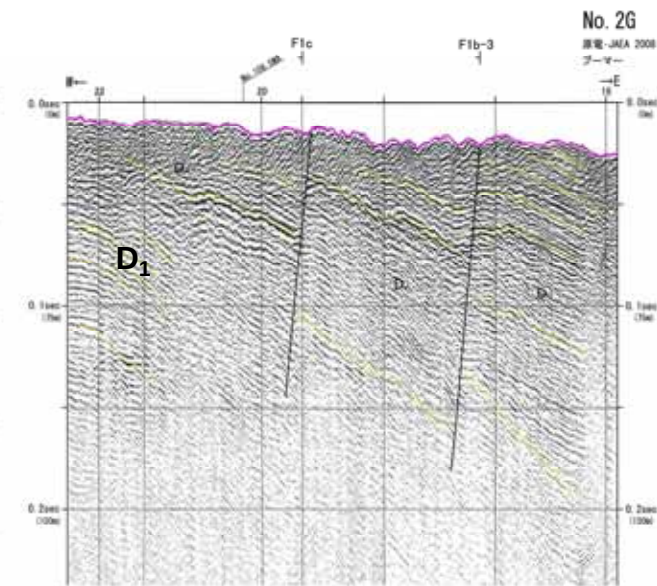
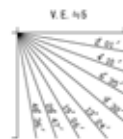
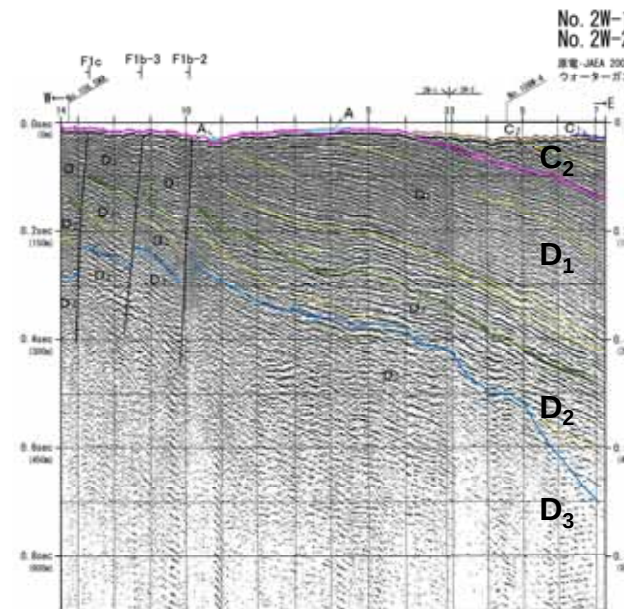


- F1c断層はD₁層上部まで変位を与えている。
- F1b-3断層はD₁層上部まで変位を与えている。

(凡 例)

地質時代	音響層序区分
第四紀	A
更新世	B ₁
更新世	B ₂
更新世	B ₃
更新世	C ₁
更新世	C ₂
第三紀	D ₁
第三紀	D ₂
第三紀	D ₃
第三紀	E

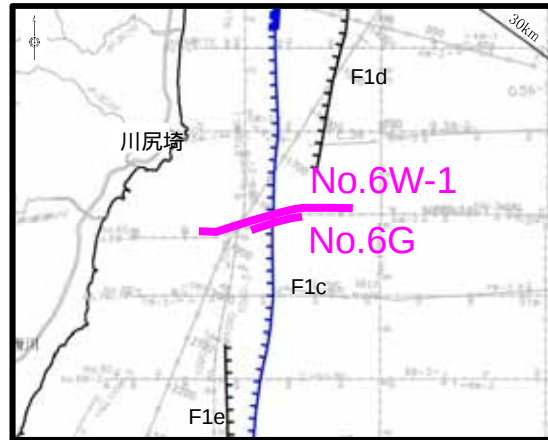
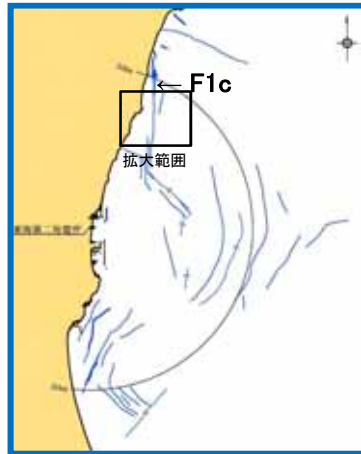
断層及び断層記号
断層及び断層記号
断層又は断層の延長位置
調査深度外に認められる断層



3. F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

F1断層の音波探査記録(測線: No.6W-1 / No.6G)【中部】

第334回審査会合
資料1再掲



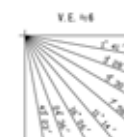
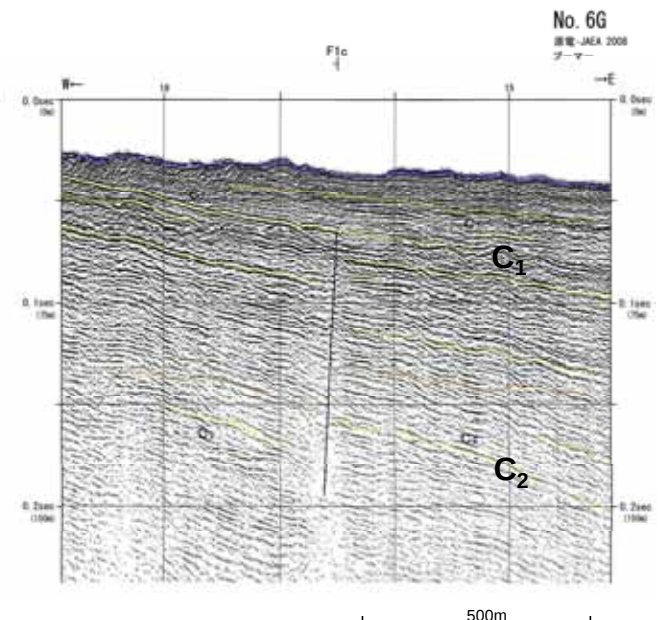
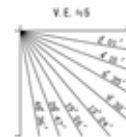
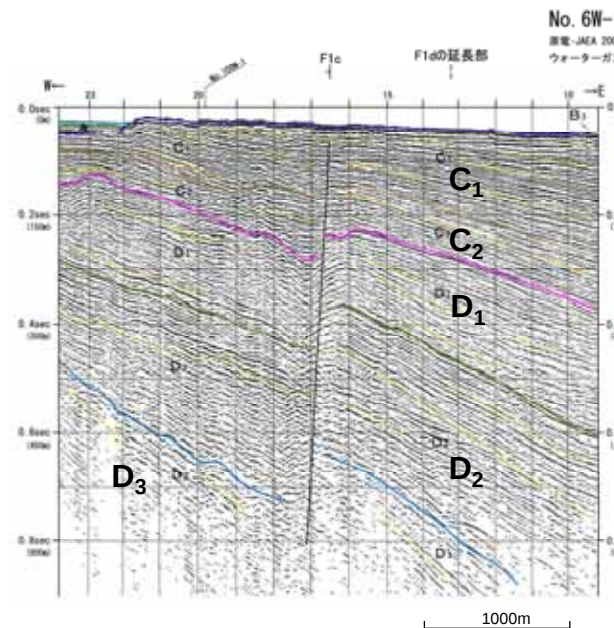
F1c断層はC₁層上部には変位・変形を与えていない。

旧原子力安全・保安院における審議において「上載地層法による判断ができない」との意見があった。

(凡 例)

地質時代	音響層序区分
第四紀	A
更新世	B ₁
中期	B ₂
前期	B ₃
第三紀	C ₁
中新世	C ₂
古第三紀	D ₁
	D ₂
	D ₃
先第三紀	E

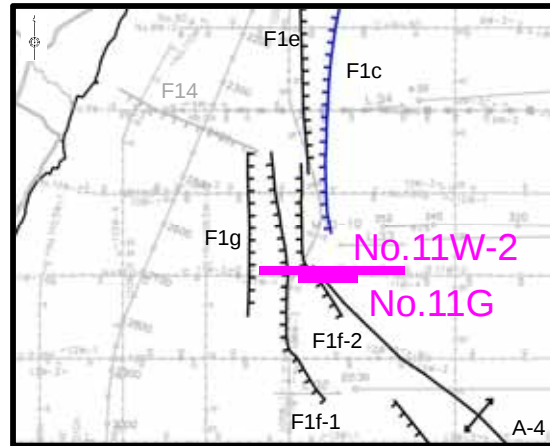
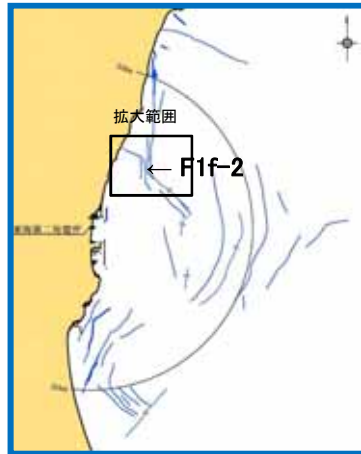
断層及び断層記号
換曲及び換曲記号
断層又は換曲の延長位置
調査深度外に認められる断層



3. F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

F1断層の音波探査記録(測線: No.11W-2 / No.11G)【南部】

第334回審査会合
資料1再掲

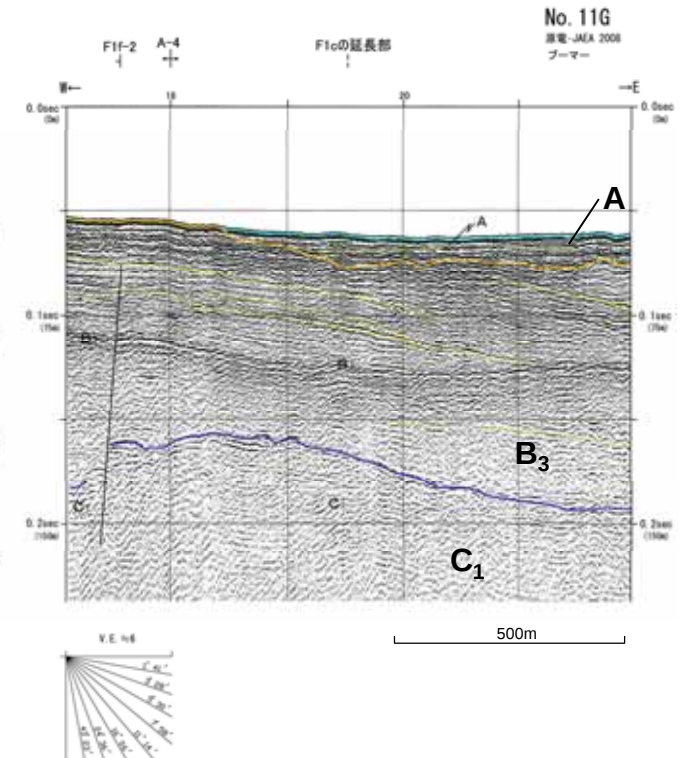
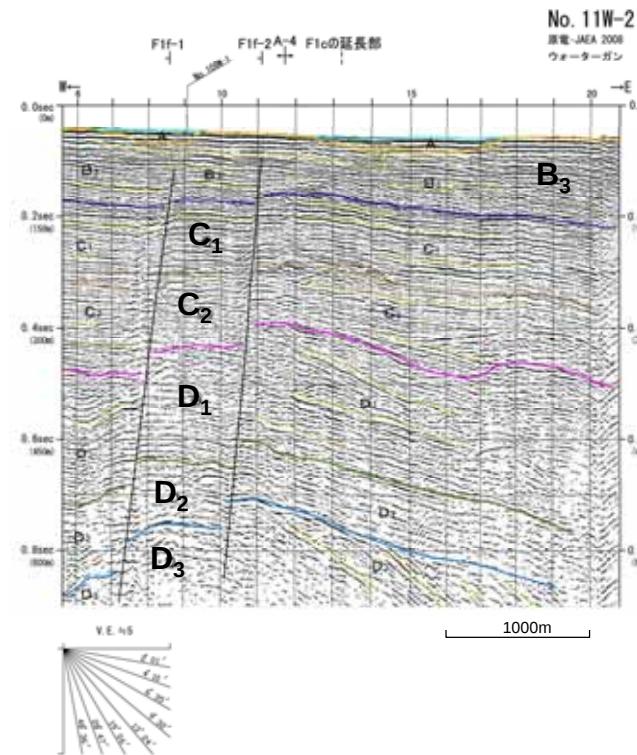


- F1c断層の延長部には変位・変形が認められない。
- F1f-2断層はB₃層上部には変位・変形を与えていない。

(凡 例)

地質時代	音響層序区分
第四紀	A
更新世	B ₁
中期	B ₂
前期	B ₃
第三紀	C ₁
白垩紀	C ₂
中新世	D ₁
	D ₂
古第三紀	D ₃
先第三紀	E

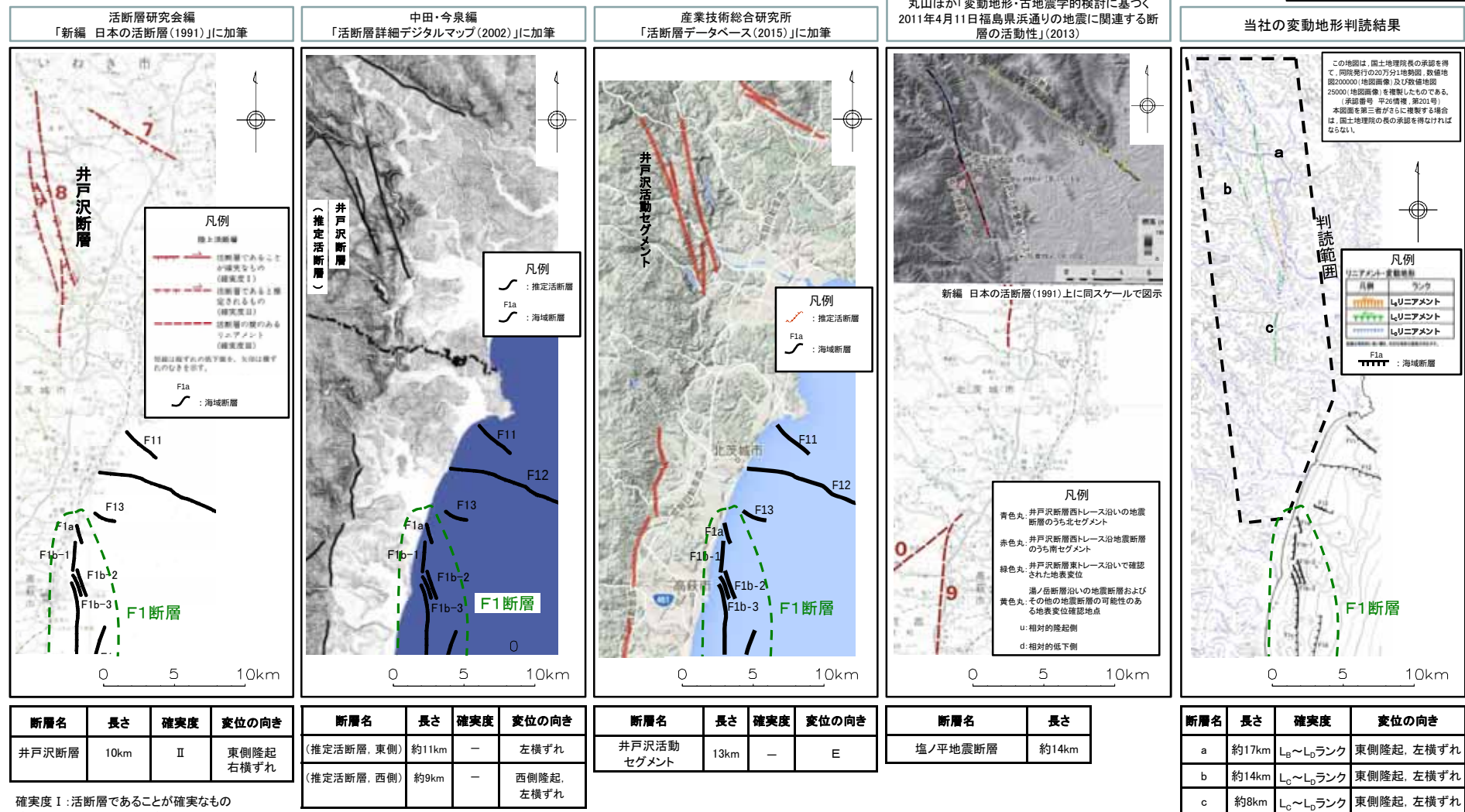
断層及び断層記号
断層又は断層の延長位置
調査深度外に認められる断層



3. F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の文献調査及び変動地形学的調査結果

第334回審査会合
資料1加筆修正



確実度 I : 活断層であることが確実なもの
 確実度 II : 活断層であると推定されるもの
 確実度 III : 活断層の疑いのあるリニアメント

活断層 : 過去に繰り返し動いてきた跡が地形に現れ、今後も活動を繰り返すと考えられる断層
 推定活断層 : 地形的な特徴により活断層の存在が推定されるが、現時点では明確に特定できないもの

L_Aランク: 変動地形である可能性が高い
 L_Bランク: 変動地形である可能性がある
 L_Cランク: 変動地形である可能性が低い
 L_Dランク: 変動地形である可能性が非常に低い

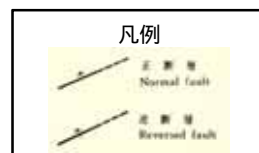
- ・ 福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)に伴い、「新編 日本の活断層(1991)」、「活断層詳細デジタルマップ(2002)」、「活断層データベース(2015)」で示されている井戸沢断層(井戸沢活動セグメント)付近に地震断層(塩ノ平地震断層)が出現した。(丸山ほか, 2013等)
- ・ 当社の変動地形判読においても、井戸沢断層(井戸沢活動セグメント)付近に、同方向のリニアメントが判読される。

3. F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

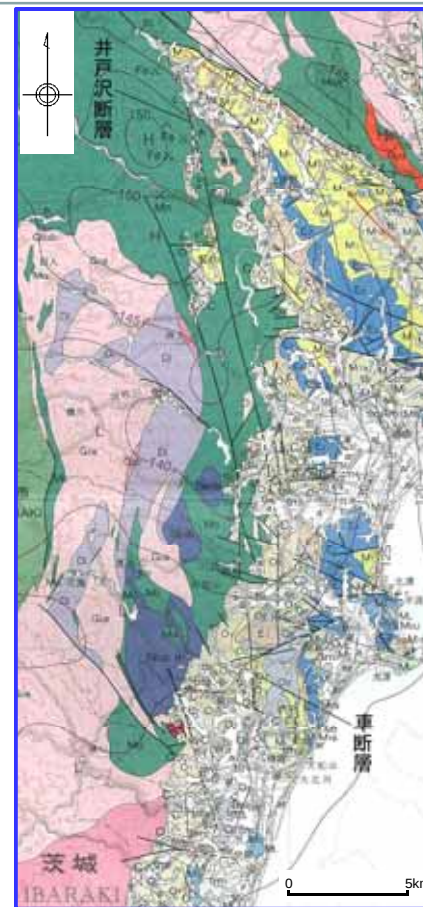
北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の文献調査結果

第334回審査会合
資料1加筆修正

地質調査総合センター
「5万分の1 日本炭田図 常磐炭田地質図(1957)」



地質調査総合センター
「20万分の1地質図幅 白河(2007)」



「5万分の1 日本炭田図 常磐炭田地質図(1957)」及び「20万分の1地質図幅 白河(2007)」において、当社が判読したリニアメントにほぼ一致する位置に断層が示されている。

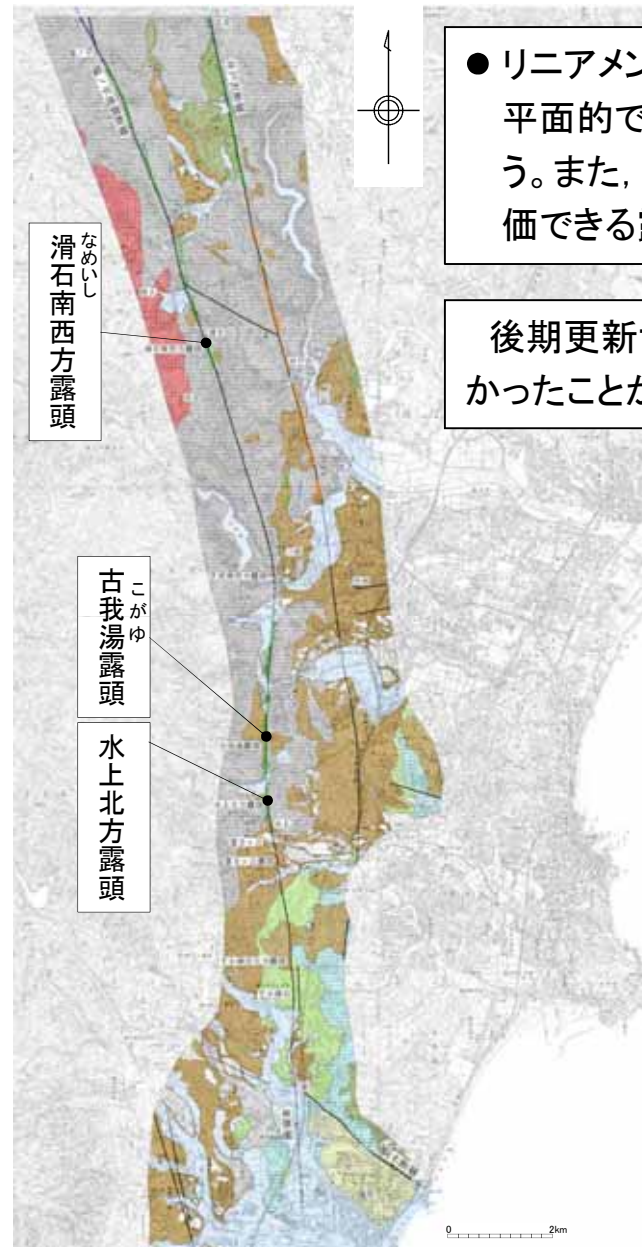
3. F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

北方陸域の断層の地表地質調査結果

第334回審査会合
資料1加筆修正



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。(承認番号 平26情複、第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。



● リニアメントとほぼ一致して分布する断層の最新活動面は平面的であり、一部の露頭では軟質な粘土状破碎部を伴う。また、上載地層による後期更新世以降の活動性が評価できる露頭は認められなかった。

後期更新世以降の活動の有無に関するデータが得られなかったことから、後期更新世以降の活動が否定できない。

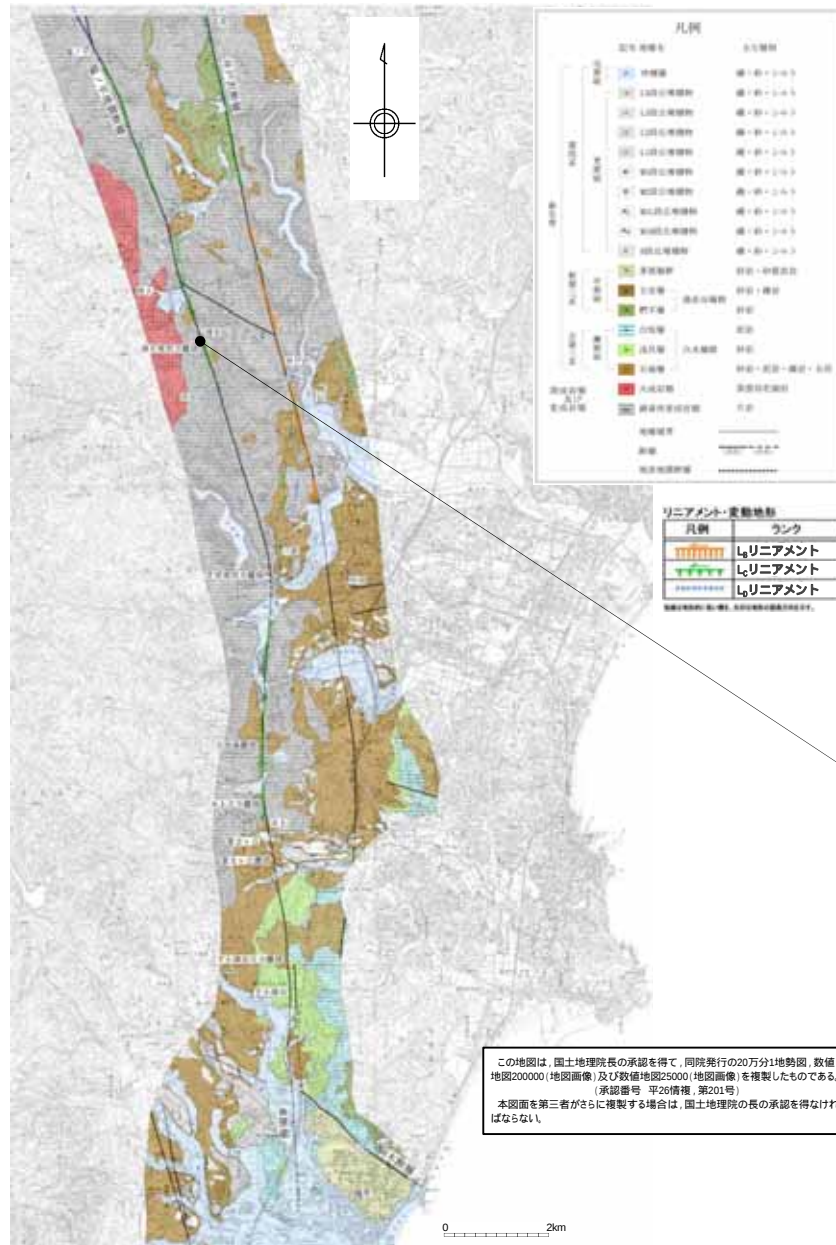


リニアメント・変動地帯	
凡例	ラシク
	L1リニアメント
	L2リニアメント
	L3リニアメント

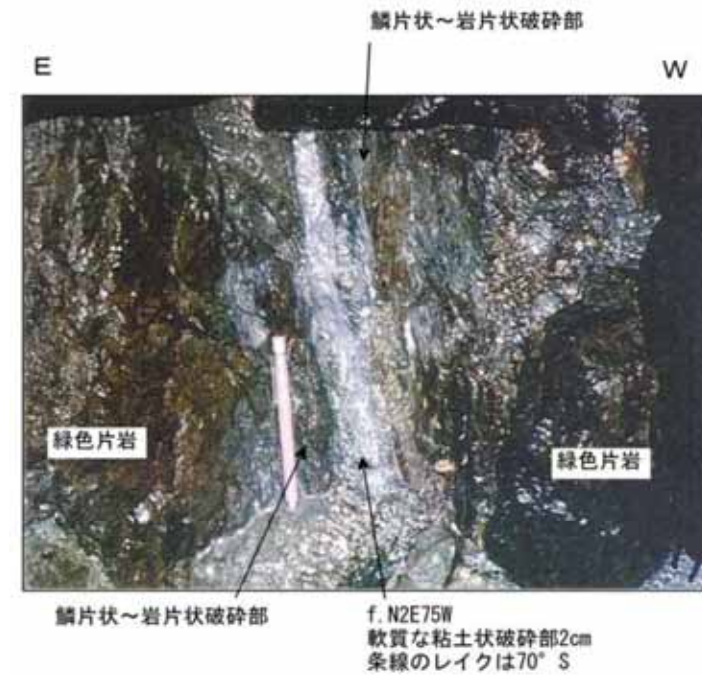
3. F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

北方陸域の断層の露頭写真(1/2)

第334回審査会合
資料1加筆修正



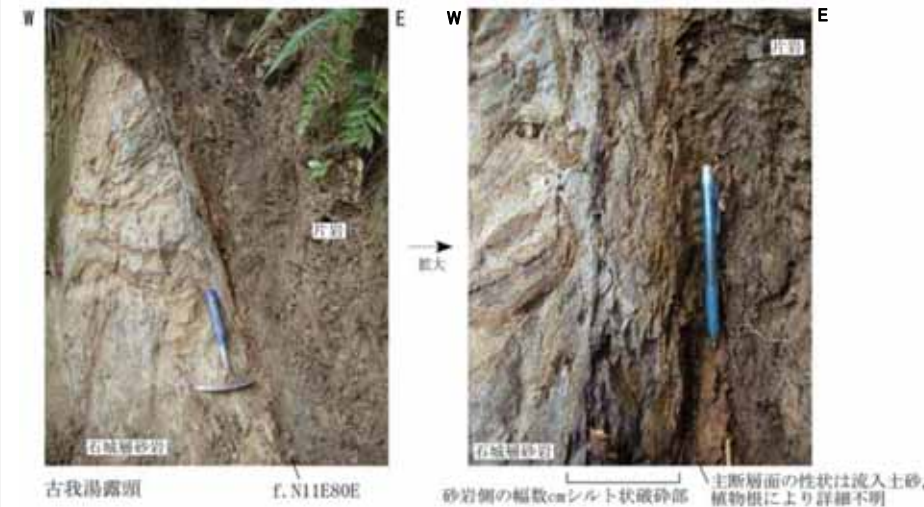
【滑石南西方露頭】



御斎所変成岩類の緑色片岩中の破砕部では、平面的な断層面に条線が認められ、幅2cmの軟質な粘土状破砕部を伴う。周囲は鱗片状～岩片状破砕部である。

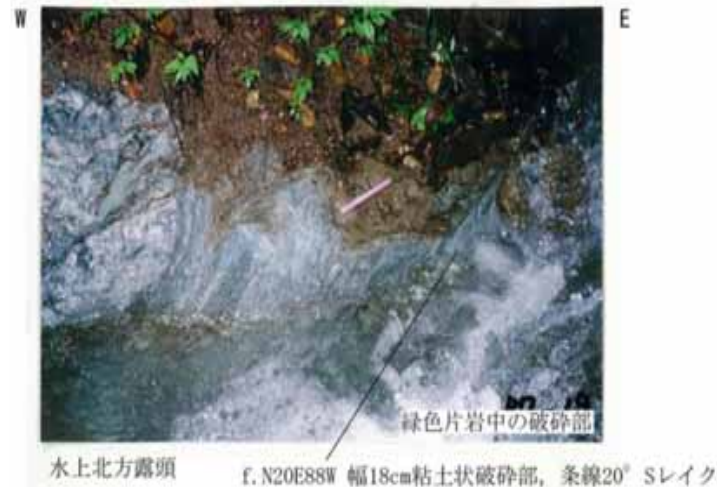
北方陸域の断層の露頭写真(2/2)

【古我湯露頭】



断層の西側には石城層の砂岩、東側には御斎所變成岩の片岩が分布している。砂岩側の幅数cmはシルト状破砕部からなる。主断層面は概ね平面的であるが、地表から土砂、植物根が侵入し、性状の詳細は不明である

【水上北方露頭】

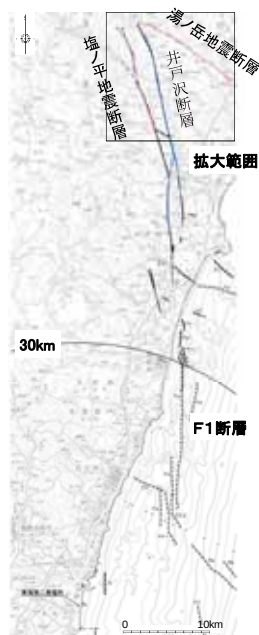


御斎所變成岩中の断層露頭は、幅約3cmの角礫混じり砂状破碎部からなり、幅18cmの軟質粘土状破碎部を伴う。平面的な断層面が認められる。

塩ノ平地震断層の文献調査結果(1/3)

第334回審査会合
資料1加筆修正

福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)の最大規模の地震に伴って, 2条の地震断層が出現したことが確認された。塩ノ平地震断層の長さは端点間距離で14.2km, 湯ノ岳地震断層(藤原地震断層を含む)の長さは端点間距離で15.6kmであった(栗田ほか, 2011)。



この地図は, 国土地理院長の承認を得て, 同院発行の20万分1地勢図, 数値地図200000(地図画像)及び数値地図250000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平26情複, 第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は, 国土地理院の長の承認を得なければならない。

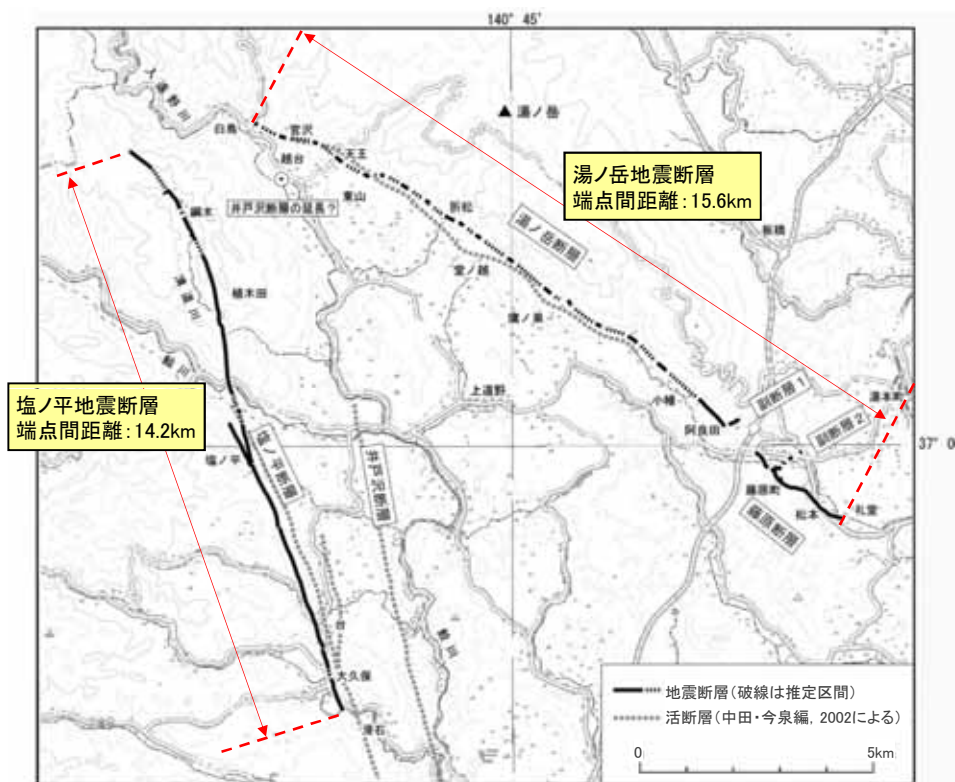


図1 2011年福島県浜通りの地震に伴って出現した地震断層および既知の活断層の分布
基図は国土地理院発行の数値地図200000「白河」を使用。

(栗田ほか, 2011)に加筆

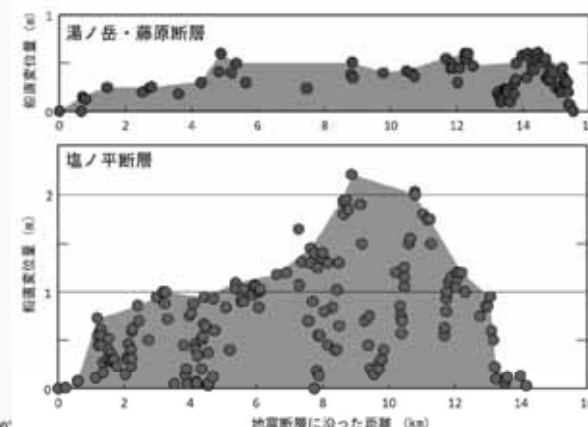
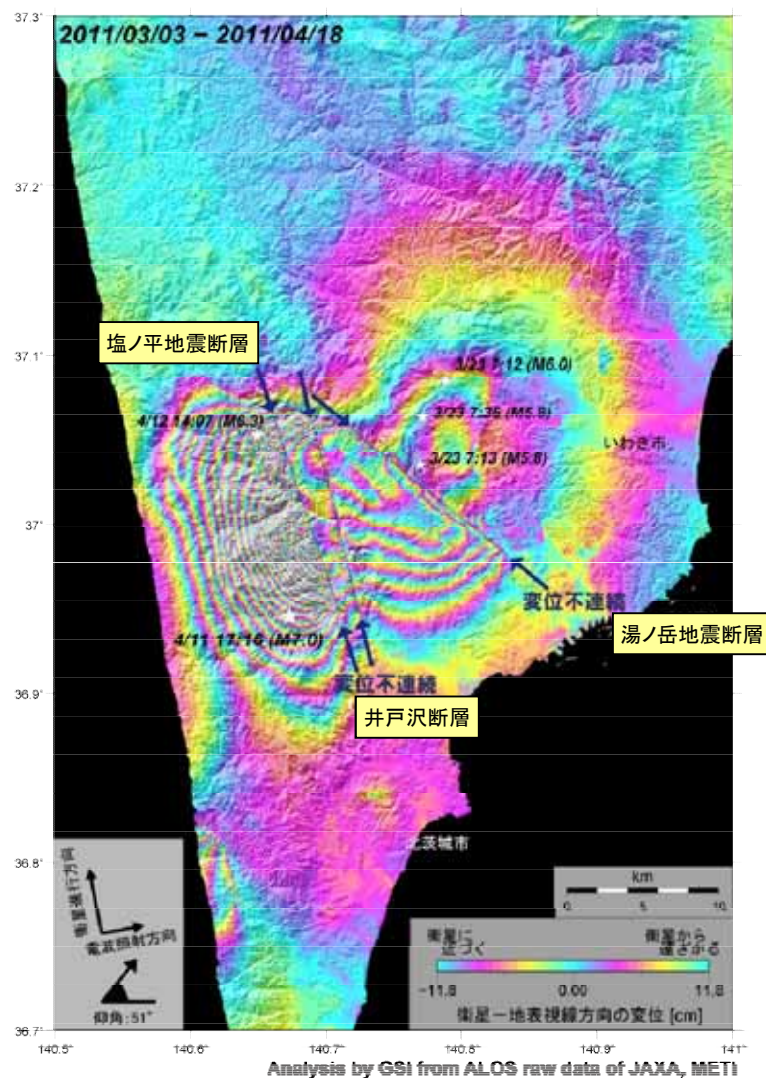


図2 塩ノ平断層および湯ノ岳・藤原断層に沿って出現した地震断層の鉛直変位量分布

距離は, 地震断層の北西端から計測。

塩ノ平地震断層の文献調査結果(2/3)

第334回審査会合
資料1加筆修正



- GPS観測結果によると, 福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)に伴い, いわき4観測点(福島県)で北北西方向に約29cmの水平移動, 約50cmの沈降等の地殻変動が観測されている。また, 陸域観測技術衛星「だいち」に搭載された合成開口レーダー(SAR)のデータによると, この地震に伴い, 震央付近で地殻変動が観測された(地震本部HP)。
- 塩ノ平地震断層, 湯ノ岳地震断層及び井戸沢断層に沿って変位不連続が指摘されている(国土地理院)。

Analysis by GSI from ALOS raw data of JAXA, METI

2011/4/18のデータは予測起動情報使用

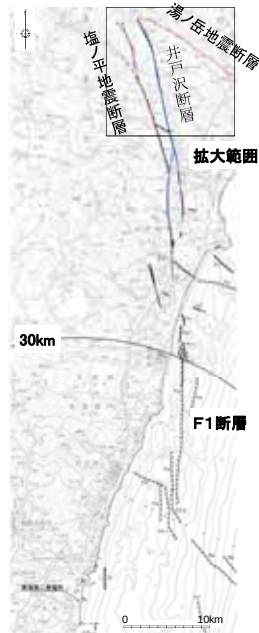
【謝辞: 本研究で用いたPALSARデータは地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ(地震WG)を通じて提供を受けた。PALSARデータの所有権は経済産業省及び宇宙航空研究開発機構(JAXA)にある。】

国土地理院資料

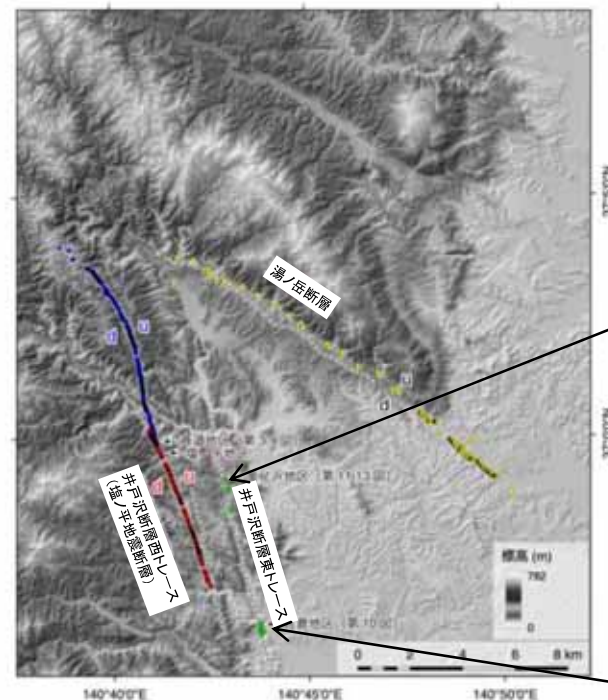
塩ノ平地震断層の文献調査結果(3/3)

第334回審査会合
資料1加筆修正

- 福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)に伴い、井戸沢断層西トレース北部及び湯ノ岳断層沿いに地震断層が出現した。
- また、井戸沢断層東トレースにおいては、いくつかの地点で地震断層を確認し、その出現位置が地質境界をなす井戸沢断層に一致している可能性が高いことを確認した(丸山ほか, 2013)。



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平26情複, 第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。



第1図 井戸沢断層および湯ノ岳断層の分布と2011年福島県浜通りの地震に伴い出現した地震断層。井戸沢断層西トレース沿いの地震断層のうち北セグメントを青色丸、南セグメントを赤色丸で示す。井戸沢断層東トレース沿いで確認された地表変位を緑色丸で示す。湯ノ岳断層沿いの地震断層およびその他の地震断層の可能性のある地表変位確認地点を黄色丸で示す。u, dは相対的隆起側、低下側を示す。斎田地区、佐倉地区および釜ノ沢地区を示す。推定活断層(黒色破線)の分布は中田・今泉編(2002)に基づく。



第11図 遠野町釜ノ沢を流れる天ノ川右岸側護岸擁壁の変位(矢印で示す)。南に向かって撮影。2012年4月28日撮影。



第10図 田代町佐倉地区でみられた井戸沢断層東トレース沿いでみられたアスファルト道路を切断する地表変位(矢印で示す)。北に向かって撮影。2011年12月16日撮影。

余白

F1断層, 北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価

同時活動性評価の考え方

【規制基準の要求事項】

- ・「震源として考慮する活断層」は、後期更新世以降(約12～13万年前以降)の活動が否定できないもの。
- ・活動区間は、活動履歴、地震1回の変位量分布・平均変位速度分布等を総合して評価。

【規制基準に照らした塩ノ平断層の評価】

◆ 活動性 ◆

後期更新世以降(約12～13万年前以降)に活動したことから、「震源として考慮する活断層」として評価。

◆ 活動区間 ◆

塩ノ平断層については、「活動履歴」や「単位変位量」が詳細に把握されていることから、これらも踏まえて総合的に判断。

「活動履歴」に関する観測事実

・過去数万年間で複数回活動

→ 現在の広域応力場に応じた活動履歴が把握されている。

→ 再来期間は数万年間。

・過去数万年間の活動はいずれも正断層センス

・最新活動時期は2011年4月11日

・各種研究機関及び当社によるこれまでの調査結果によれば、後期更新世以降に「塩ノ平断層」が「北方陸域の断層」及び「F1断層」と同時活動した事実は得られていない。

「単位変位量」に関する観測事実

・過去数回の活動における単位変位量は、1m程度と概ね一定

・2011年4月11日の活動の単位変位量は1m程度であり、活動範囲は10数km

上記観測事実に基づく推察

・塩ノ平断層は、現在の広域応力場において繰り返し活動し、いずれの活動も正断層センスであることから、2011年東北地方太平洋沖地震型の地震の発生(地震本部によれば約600年間隔で発生)によらず、安定した応力場(引張場)で活動。

・塩ノ平断層の地震規模は概ね一定であることから、固有の規模で活動を繰り返している。

・2011年4月11日の地震では、固有の地震規模に相当するエネルギーが解放された。

「塩ノ平断層」と「F1断層」と「北方陸域の断層」との同時活動性の評価

・他機関の調査結果も含め、後期更新世以降に「塩ノ平断層」が「F1断層」や「北方陸域の断層」と同時活動した事実はない。

・しかしながら、「塩ノ平断層」の「活動履歴」や「単位変位量」の情報が得られていることから、地震本部の評価手法も参考に、これら断層の同時活動性について検討した。

・その結果、「塩ノ平断層自体の今後50年間における地震発生確率はほぼ0%(約 10^{-848} パーセント)」であり、また「塩ノ平断層とF1断層及び北方陸域の断層が今後50年間で同時活動する場合の地震発生確率は更に小さい」と評価される。

↓

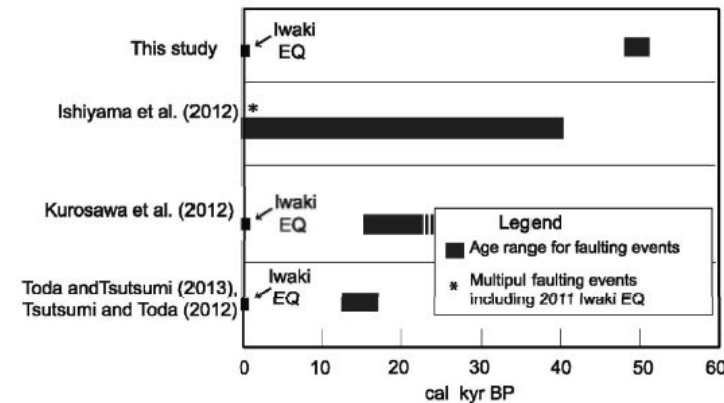
「塩ノ平断層」の「活動履歴」、「単位変位量」も踏まえて総合的に判断した結果、「塩ノ平断層と隣接する北方陸域の断層及びF1断層」の同時活動する可能性は極めて低いものと判断される。

しかしながら、断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し、安全側に評価する方針とし、これらの断層の同時活動を考慮することとした。

3. F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

塩ノ平断層の活動履歴及び単位変位量について(文献調査結果1/4)

第334回審査会合
資料1再掲



塩ノ平断層の古地震ダイアグラム 丹羽ほか(2013)を修正 (Kurosawa et al. (2012) の年代表示)

表(既往文献調査結果一覧)

文献	地点	調査方法	前回の活動年代	変位速度	前回の上下変位量	最新活動(2011.4.11)の上下変位量
石山ほか(2012)	塩ノ平	トレンチ	約4万年前以降	(1.5m/4万年=約4cm/1000年)	(0.8m以下)	0.7m
黒澤ほか(2012)	塩ノ平 マングロ沢地区	ボーリング	約1.5万年前以前			1.8m
丸山ほか(2012)	齊道	ビット	AT降灰以降、鎌倉～室町時代以前	7cm/1000年以下	0.6m以下	1.3m
堤・遠田(2012)	掛橋の別当川南岸	トレンチ	12500～17000年前	(1.5m/1.9万年=約8cm/1000年)	0.3m	1.2m
丹羽ほか(2013)	塩ノ平	ボーリング	約5万年前	(2.5m/5万年=約5cm/1000年)	0.8m(以下)	1.7m

()は文献中に計算値の表示はない

- トレンチ調査等の結果から、過去数回の活動が検出されており、後期更新世以降に2011年4月11日の地震の規模を上回るような地震が発生した痕跡は認められない(→塩ノ平地震断層とその他の断層が連動した痕跡は認められない)。
- 今回の単位変位量は過去の単位変位量より十分に大きいことから、十分な応力解放がなされている。

3. F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

塩ノ平断層の活動履歴及び単位変位量について(文献調査結果2/4)

第334回審査会合
資料1再掲

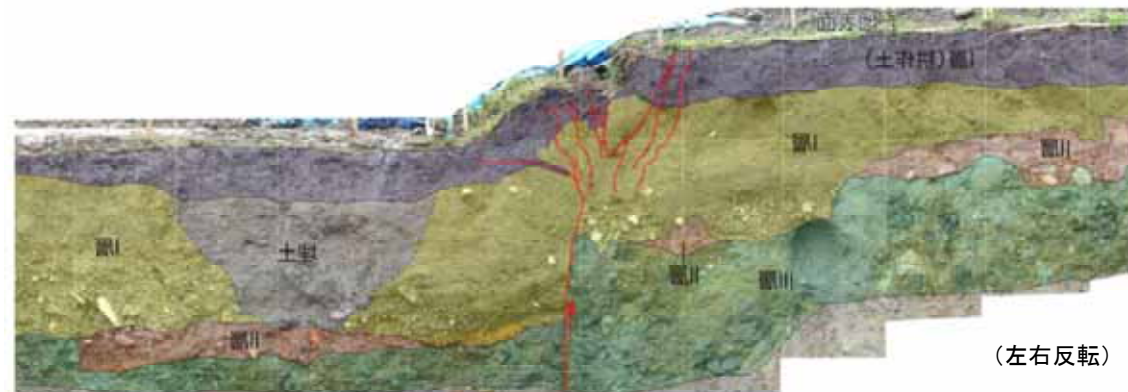


図 2 塩ノ平トレンチ南面の解釈図。太実線は断層および亀裂を示す。

新第三系ないしは古第三系と推定される固結した砂礫層(III層)およびこれを不整合に覆う河成堆積物は、I層およびII層に区分され、これらは不整合関係にあり、I層は地表面(谷底面)を直接構成する地層である。

I層に不整合に覆われるII層の分布高度は、断層の北側が南側に対して1.5 m 程度高くなっており、これは今回の地震にともなう上下変位量の約2倍である。このことは、II層が今回の地震の前に少なくとも1回の断層変位を受けていることを示唆する。

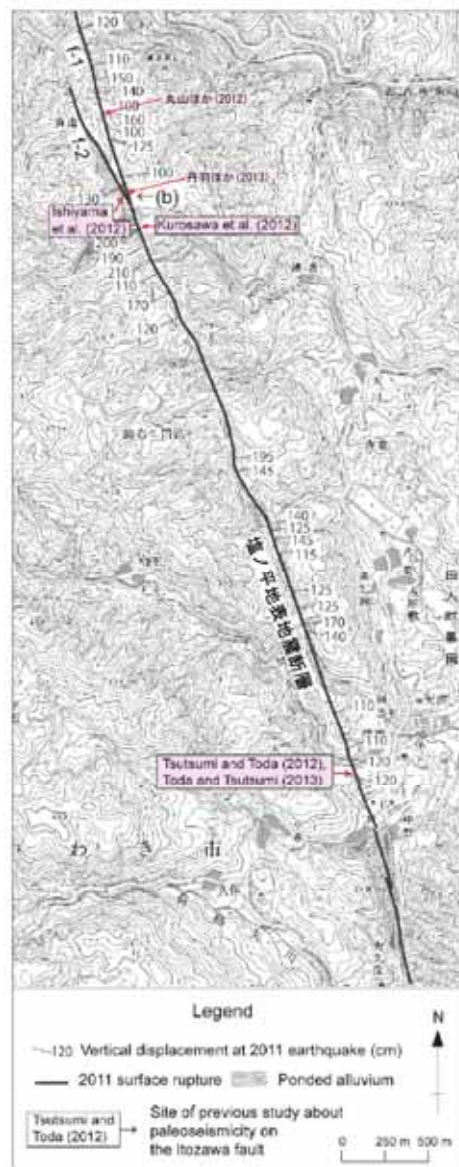
II層から得られた炭化木片の年代値はCal BP41920 to 41370 であり、約4万年以降に今回も含めて少なくとも二回の地震イベントがあったと考えられる。

石山ほか(2012)に加筆

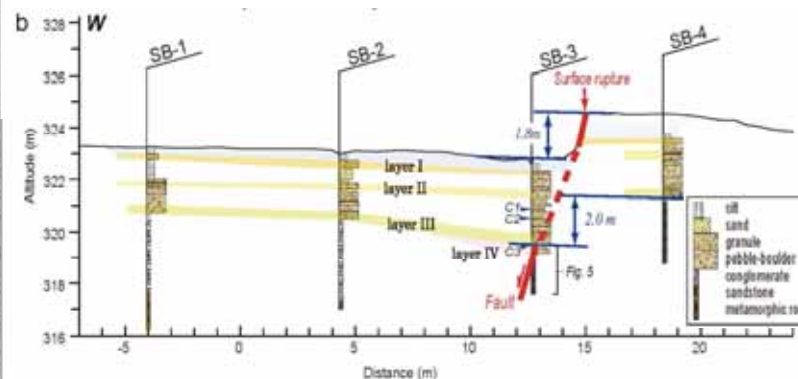
3. F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

塩ノ平断層の活動履歴及び単位変位量について(文献調査結果3/4)

第334回審査会合
資料1再掲



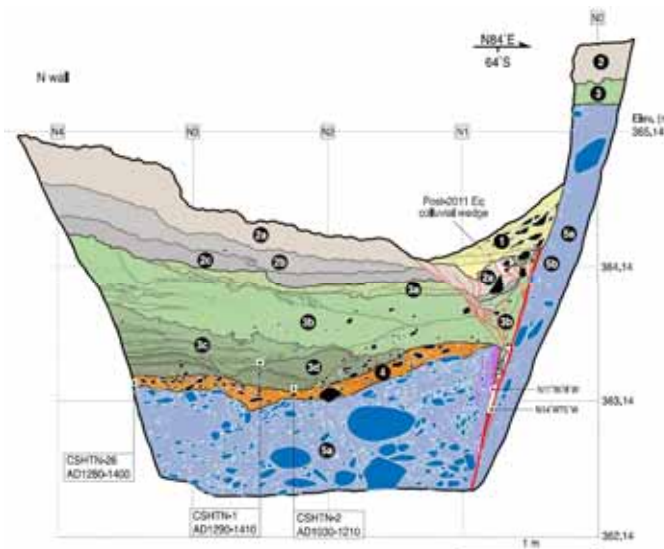
丹羽ほか(2013)に加筆



layer I~IIIの下限を変位基準とした場合、地表地震断層を挟んで西側が相対的に約2 m低下していると読める(第4図b)。この落差を断層による上下変位とみなすと、その量は今回の地震による上下変位量(地表面で1.8 m)には等しい。このことから、layer III堆積以後の断層運動は、今回の地震のみである可能性が高い。

断層活動の時期や回数については検討できる証拠が得られていないものの、断層粘土が形成されていることから、おそらく活動は複数回であり、layer IVの上位が緩傾斜であり、下位の砂層がlayer Vにアバットするように堆積した地層であることから、layer IV堆積以前(約15万年前より前)にも活動があった可能性が示唆される。

黒澤ほか(2012)に加筆



壁面には、下位から基盤岩(礫岩)(5層)、河道充填礫層(4層)、崩積堆積物(斜面堆積物)(3層)、耕作土壌および表土(2層)と今回の地震で生じた断層崖が崩壊して堆積した特徴的なくさび状の崩積土(1層)が出現しました(第7図)。

断層を境に3層の層厚が断層西側で明らかに厚く、同層の下半分は断層面沿いで基盤岩からなる崖にぶつかるように接しています(第7図)。西側落下の断層変位により生じた西向きの崖が保持され、それが鎌倉~室町時代以降に埋積されたことを示している可能性があります。

西側落下の断層変位による崖が鎌倉~室町時代以降に埋積されたことを示す。

丸山ほか(2012)に加筆

塩ノ平断層の活動履歴及び単位変位量について

(文献調査結果4/4)

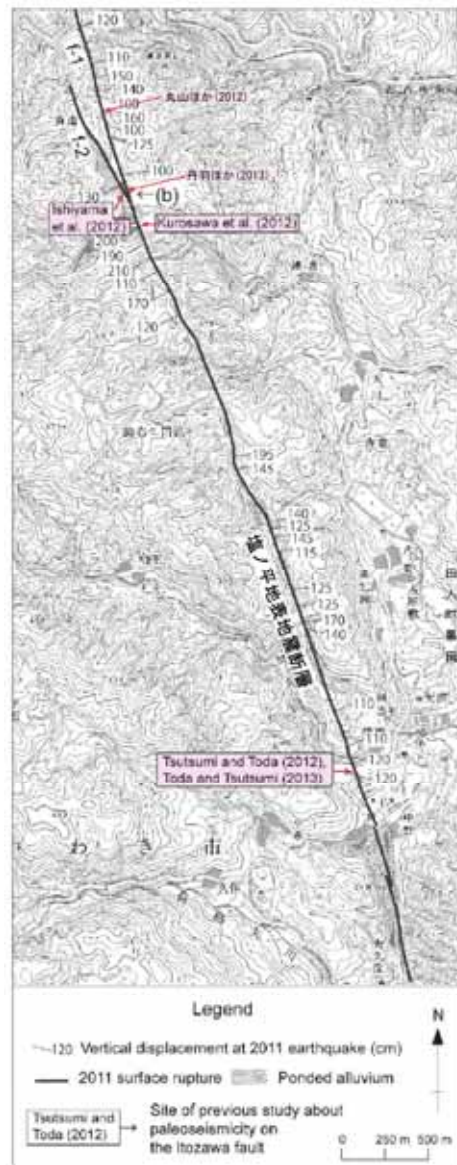
第334回審査会合
資料1再掲

トレンチ断面には、別当川が運んできた礫層とそれを覆う砂質・シルト層・腐植土層、およびそれらを変位させる高角度西傾斜の正断層が露出した(Fig. 9)。断層帯の東西両側に分布する地層を層相に基づいてA～F層に区分し、さらに断層の低下側(西側)のみに分布するあるいは厚く堆積する地層をX・Y層として区分した。

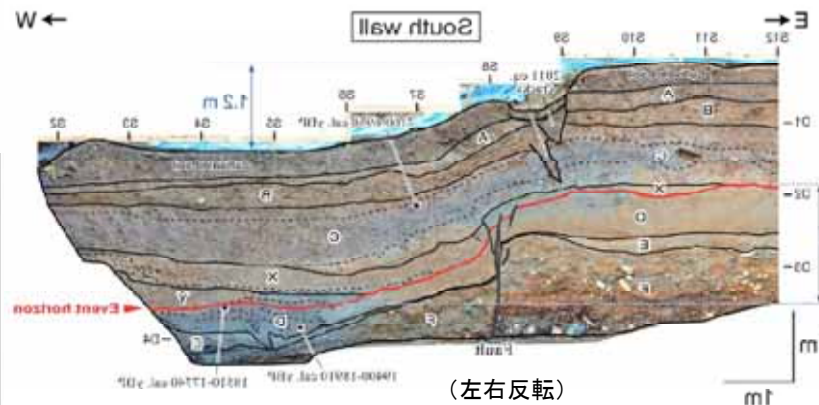
地層の上下変位量や変形構造に基づき、2011年4月11日の地震に先行する1回の地震イベントを解説した。A～C層の上下変位量は、地表と同様に約1.2 mである。それに対して、下位のD～F層の上下変位量は約1.5 mであり、地表や上位の地層の変形量よりも大きい。またA～E層は変形帯を挟んで層厚がほぼ同じであるのに対して、断層の低下側のC層とD層の間には低地を埋めた堆積物であるX層とY層が分布する。X層とY層は、D層上面をオンラップで覆い、傾斜不整合の関係にある。また、S4.5～5付近のD層とE層には開口クラックとそれを埋めた構造が見られ(Fig. 9c)。北面では同じ層準に腐植質シルト層に挟まれた粗～中粒砂層が液状化して流動した痕跡が認められる(Fig. 9b)。これらの観察事項に基づき、2011年地震に先行する断層活動のイベント層準をD層の上面に認定した。

イベント層準の下位のD層やE層からは19400年～16820 cal. yBPの4つの年代値が得られ、イベント層準の直上のX層からは、12890～12620 cal. yBPの年代値が得られた。よって先行するイベントは、12500～17000年前に発生したと考えられる。

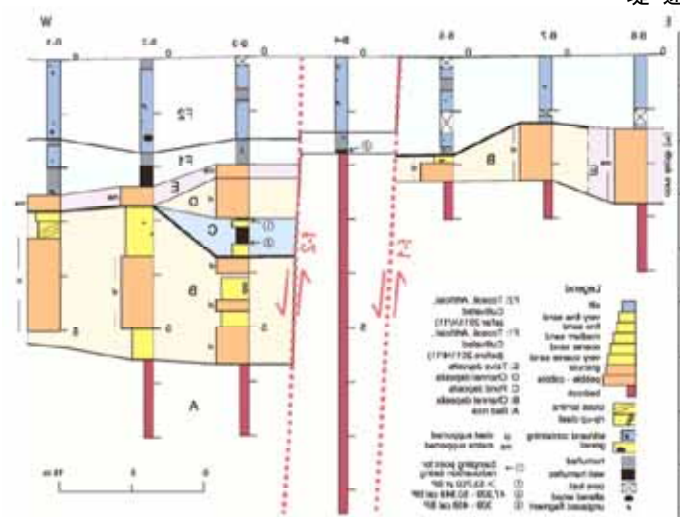
堤・遠田(2012)に加筆



丹羽ほか(2013)に加筆



(左右反転)



(左右反転)

第4図 塩ノ平地点の推定地質断面図

基盤岩であるA層上面高度は、二条の断層を挟んで西側が相対的に最大約3.4 m低下している。これらの変位の累積から、2011年4月の地震以前B層堆積後、および、B層堆積以前もしくは堆積中にそれぞれ1回以上の断層活動が推定される。

B-3のB層からC層への急激な細粒化は、河川から池もしくは低湿地への環境変化を示し、有機質シルト～細粒砂層からなるC層は、断層活動による相対的沈降帯を埋めた堆積物であると解釈可能である。このことから、2011年に先行する断層活動のイベント層準のうちの1つはB層とC層の境界に限定される。C層から得られた暦年較正年代から、この断層活動は約50,000年前に発生したと考えられる。

丹羽ほか(2013)に加筆

地震断層の長さ等と地震規模との対応(1/2)

第334回審査会合
資料1再掲

- 福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)によって地表に現れた地震断層と地震規模の関係について検討を実施
- 検討は，地震断層の長さから推定される地震モーメントと地震観測記録から求まる地震モーメント(F-net)の比較により実施

項 目		単位	塩ノ平 地震断層	湯ノ岳 地震断層	塩ノ平地震断層 + 湯ノ岳地震断層	備 考
①断層長さ		km	14.2	15.6		栗田ほか(2011)より
②断層幅		km	15.0	15.0		断層上端深さ5km 断層下端深さ18km 断層傾斜角60°
③断層面積		km ²	213.0	234.0		①×②
④松田式によるマグニチュード			6.8	6.8		①より
地震 モー メント	入倉・三宅(2001)	N・m	2.96×10^{18}	3.40×10^{18}	6.36×10^{18}	③より
	武村(1990)	N・m	4.74×10^{18}	4.74×10^{18}	9.48×10^{18}	④より
	武村(1998)	N・m	7.24×10^{18}	7.24×10^{18}	1.45×10^{19}	④より
	 比較					
	2011年4月11日 F-net	N・m			9.58×10^{18}	

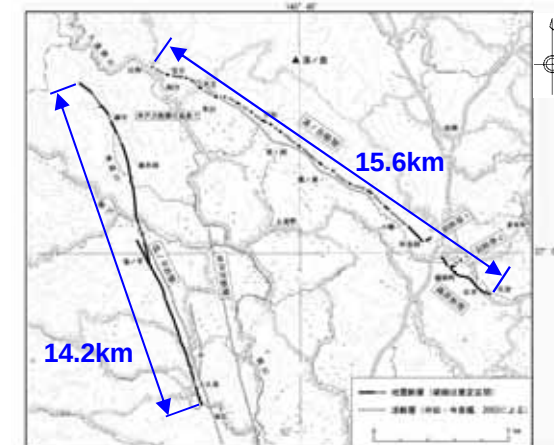


図1 2011年福島県浜通りの地震に伴って出現した地震断層および既知の活断層の分布
基図は国土地理院発行の数値地図 200000「白河」を使用。

(栗田ほか, 2011)に加筆

両地震断層の長さから推定した地震モーメントと地震観測記録から求まる地震モーメントが整合していることを確認した。

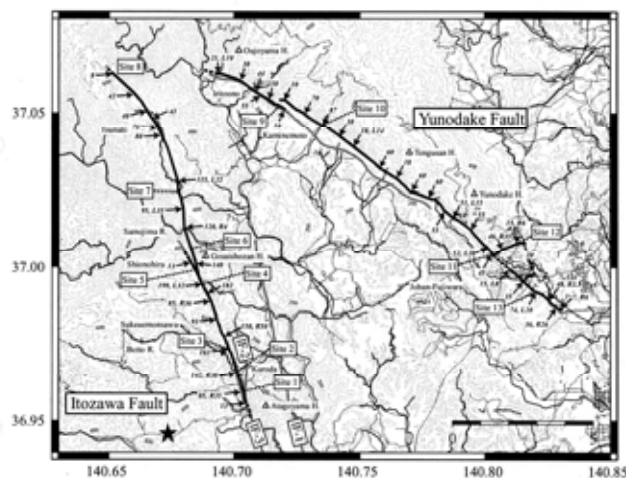
地震断層の長さ等と地震規模との対応(2/2)

第334回審査会合
資料1再掲

○福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)に関する, 地表に現れた断層長さや変位量から推定したモーメントマグニチュードと地震観測記録から求まるモーメントマグニチュードの関係(文献調査)

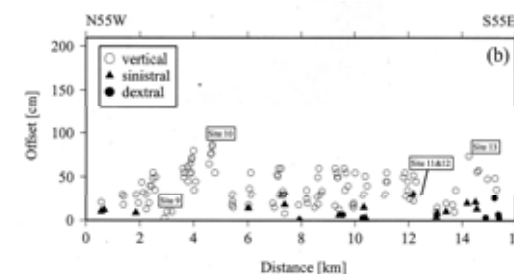
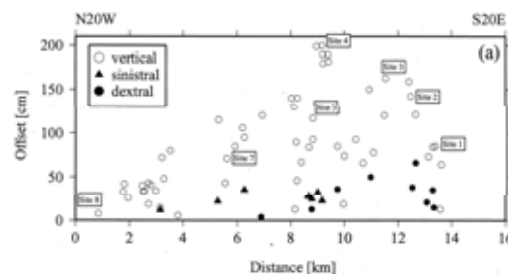
■ Mizoguchi et al(2012)※について

- 福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.7)について現地調査を行い, 変位分布等を調べている。
- 調査の結果得られた地震断層長さや最大変位量, 平均変位量を, Wells and Coppersmith(1994)による経験式に当てはめてモーメントマグニチュードを算定している。
- その結果モーメントマグニチュードは6.5~6.8となり, 地震観測記録から求まる気象庁のモーメントマグニチュード6.6と整合しているとしている。



Mizoguchi et al. (2012)による地表地震断層

Mizoguchi et al.(2012):Surface Fault Ruptures and Slip Distributions of the M_w 6.6 11 April 2011 Hamadoori, Fukushima Prefecture, Northeast Japan, Earthquake, BSSA,vol.102 ,no.5 ,p.1949-1956



Mizoguchi et al. (2012)による変位分布

左: 井戸沢断層(塩ノ平地震断層)

右: 湯ノ岳断層(湯ノ岳地震断層)

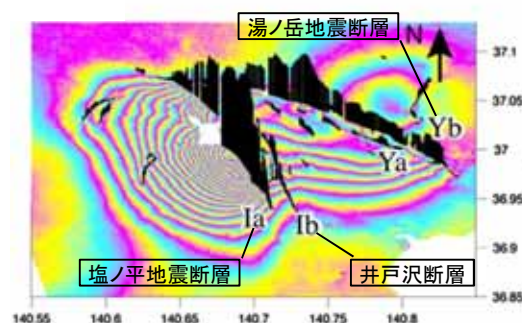
地震断層の長さや変位量から推定したモーメントマグニチュードと地震観測から求まるモーメントマグニチュードが整合していると評価されている。

井戸沢断層の応力解放について(文献調査結果)

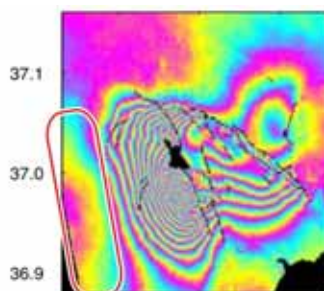
第334回審査会合
資料1再掲

Fukushima et al. (2013)の概要

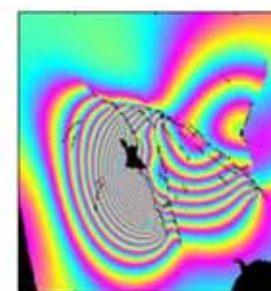
- 福島県浜通りの地震(2011.4.11, Mw6.6)を対象に, SAR画像を用いて面的な地盤変動を検出し, 再現解析のため断層モデルを求めた。
- 地表の変位を再現するよう最適化した断層モデルは, 井戸沢断層と塩ノ平地震断層が深さ約5km以深で収斂することを示唆する。



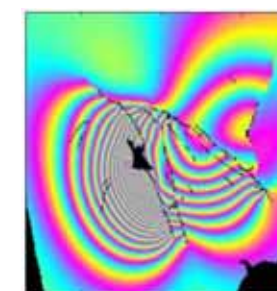
<干渉SAR画像と変位不連続トレースにおける衛星からの距離変化量>



(a)干渉SAR画像(観測結果)



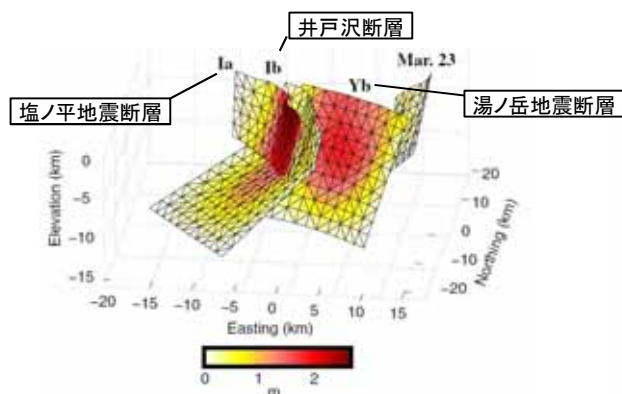
(b)井戸沢断層と塩ノ平地震断層が収斂するモデルによる解析結果



(c)井戸沢断層と塩ノ平地震断層が収斂しないモデルによる解析結果

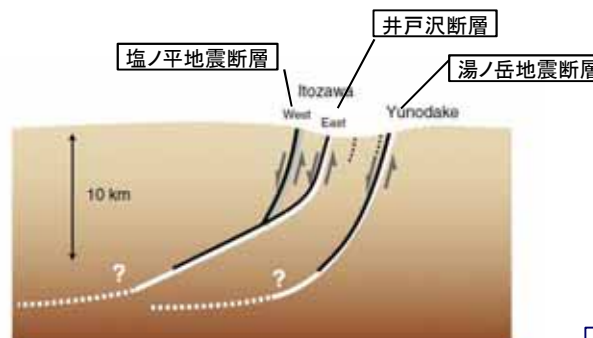
<最適断層モデルの評価>

(b)の解析結果は(a)の観測結果を良好に再現している((c)の解析結果は赤枠部分が再現されない)。



<最適断層モデルの配置とすべり量分布>

- ・最大すべり量は塩ノ平地震断層の地表付近で2.7m



<断層モデルの推定に基づく地下構造の模式図>

- ・井戸沢断層は, 地表付近のスプレー構造で特徴づけられる

井戸沢断層と塩ノ平地震断層は, 深部で収斂する一連の断層構造であることが示唆されているとしている。

(Fukushima et al. (2013)に加筆)

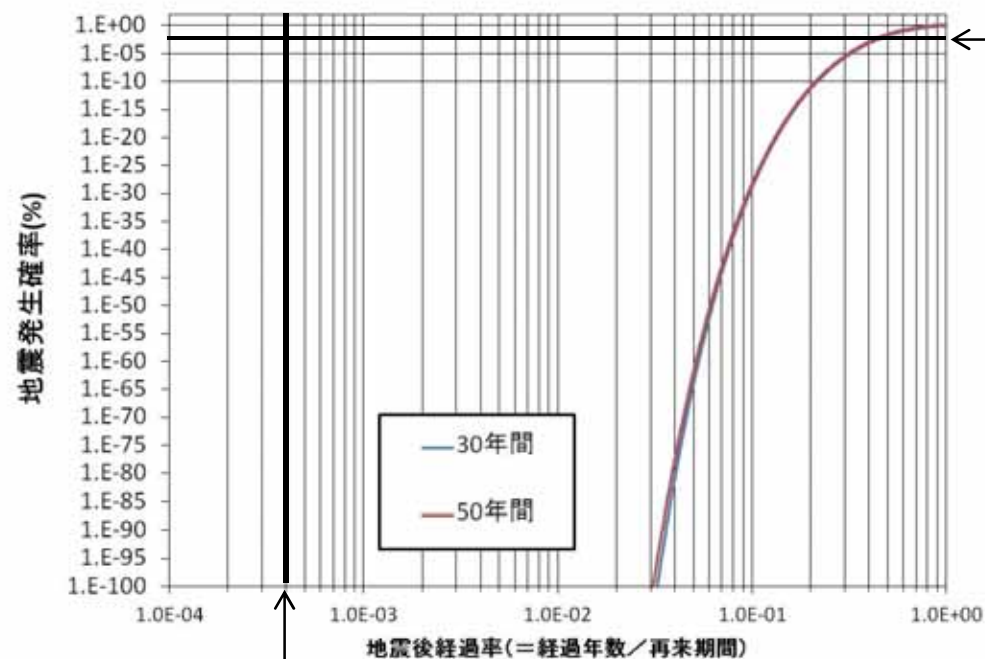
地震本部の手法による塩ノ平断層の地震発生確率

第334回審査会合
資料1加筆修正

以下の条件で，BPT分布に基づく地震発生確率を算定した。

- 再来期間12,500年(文献調査結果のうち最短とした)
- 地震後経過年数 5年(2016年4月時点に相当)
- 地震発生間隔のばらつき $\alpha=0.24$ (地震本部による標準的値)

この結果，今後30年間，50年間の地震発生確率はほぼ0%となった。



← 地震本部では，10の-3乗パーセント未満の場合は地震発生確率を「ほぼ0%」としている。

地震後経過年数:5年
地震後経過率:5年/12,500年間= 4×10^{-4}

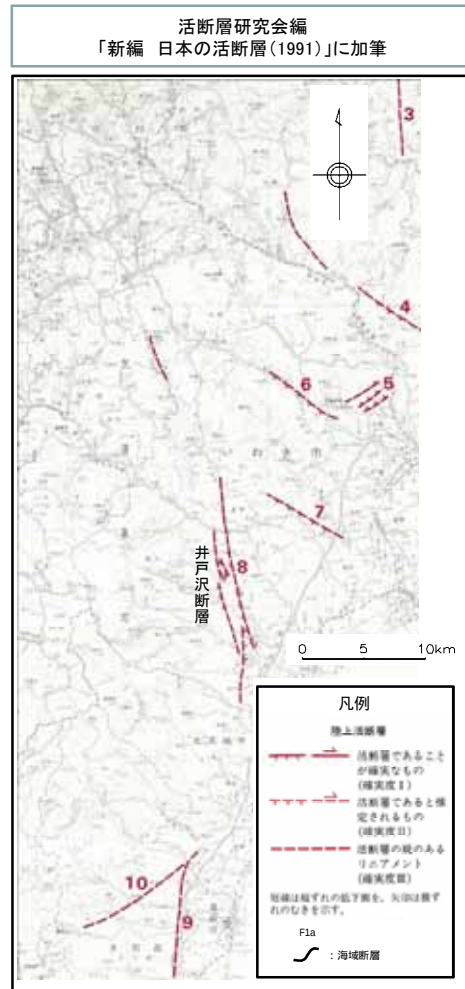
地震発生確率の算定結果

期間	地震発生確率
今後30年間	6×10^{-1338} パーセント
今後50年間	1×10^{-848} パーセント

α を0.2~0.3，再来期間を12,500~50,000年の範囲で変化させても同様の結果となった

3. F1断層，北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価について

井戸沢断層北方に関する文献調査結果(1/2)

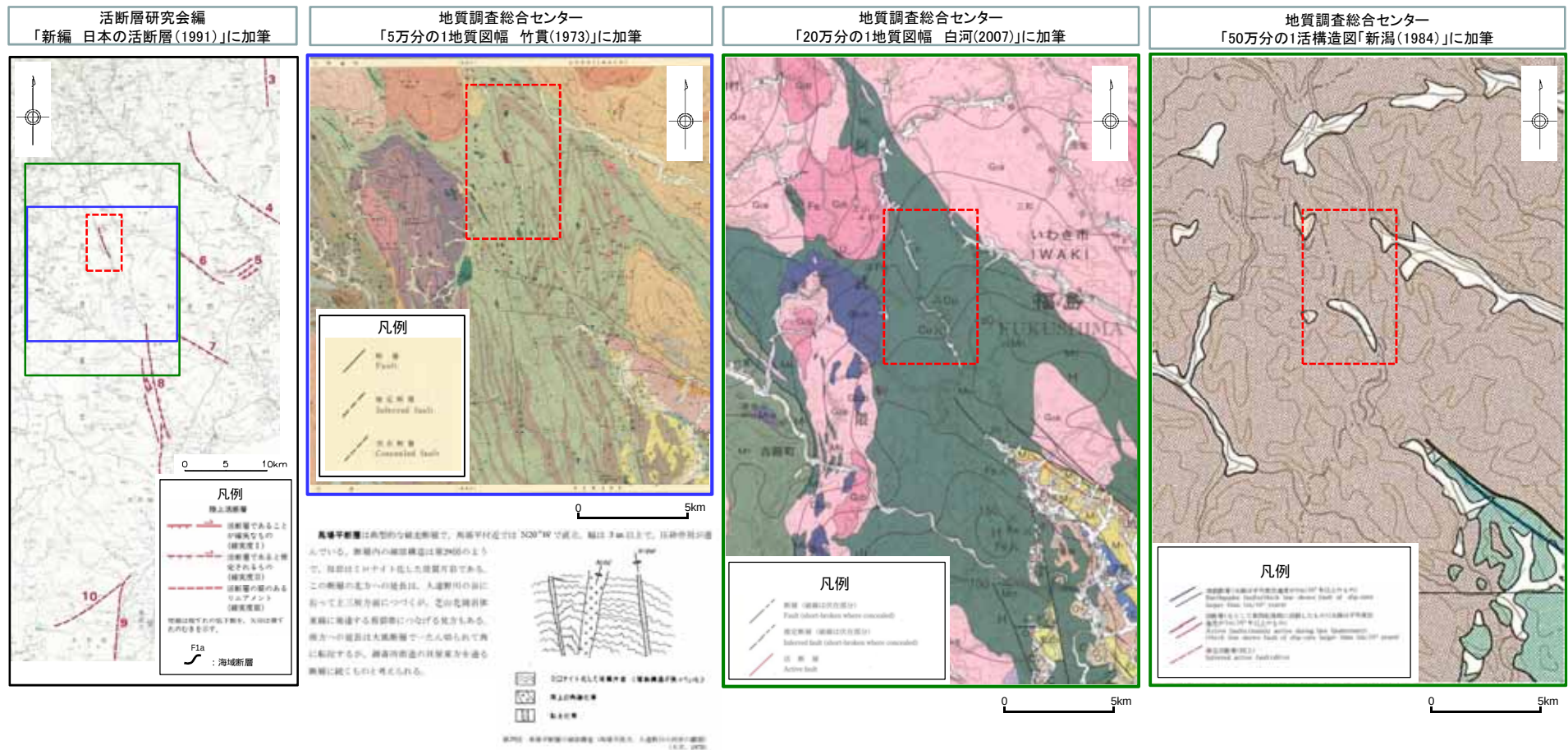


断層名	長さ	確実度	変位の向き
—	4km	Ⅲ	—

確実度Ⅰ：活断層であることが確実なもの
 確実度Ⅱ：活断層であると推定されるもの
 確実度Ⅲ：活断層の疑いのあるリニアメント

- 「新編 日本の活断層(1991)」において、井戸沢断層の北方約9km(塩ノ平地震断層の北方約6km)に長さ約4kmの確実度Ⅲのリニアメントが指摘されているが、活動性や性状の記載はない。
- 「活断層詳細デジタルマップ(2002)」では、上記位置付近に活構造を指摘していない。
- 「活断層データベース(2015)」では、上記位置付近に活構造を指摘していない。

井戸沢断層北方に関する文献調査結果(2/2)



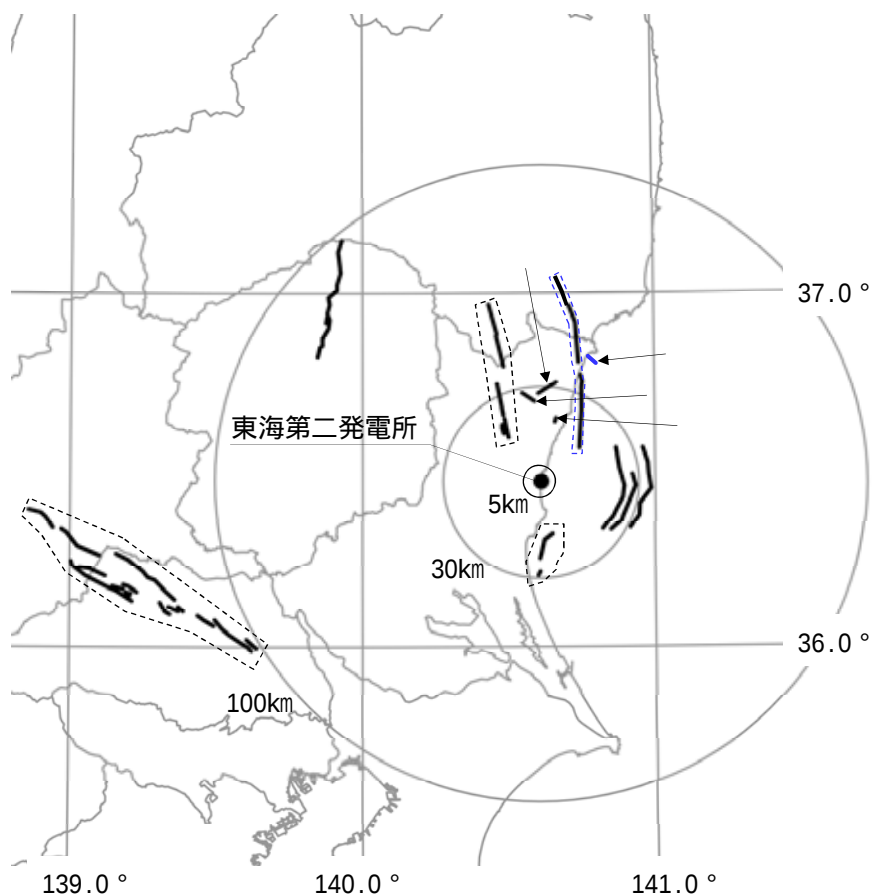
- ・「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」では「新編 日本の活断層(1991)」が指摘するリニアメント位置に断層(馬場平断層)が示されている。
- ・「5万分の1地質図幅「竹貫」(1973)」において、馬場平断層は、「馬場平付近ではN20° Wで直立、幅は3m以上で、圧砕作用が進んでいる。」
「南方への延長は大風断層で一たん切られて西に転移する」とされている。
「新編 日本の活断層(1991)」,「活断層詳細デジタルマップ(2002)」,「活断層データベース(2015)」では、大風断層の位置付近に活構造を指摘していない。(前頁参照)
- ・「20万分の1地質図幅「白河」(2007)」及び「50万分の1活構造図「新潟」(1984)」では、「新編 日本の活断層(1991)」が指摘するリニアメント位置付近に断層を記載していない。

4. まとめ

4. まとめ

評価結果の概要

第334回審査会合
資料1加筆修正



凡 例	
: 連動を考慮する断層	: 震源として考慮する活断層
: 連動を考慮する断層 (申請時 (H26.5.20) の評価から見直したもの)	: 震源として考慮する活断層 (申請時 (H26.5.20) の評価から見直したもの)

断 層 名	長さ(km)
① 棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層, 棚倉破砕帯西縁断層(の一部)*の連動 * 中染付近・西染付近のリニアメントを含む。	42
② 関口ー米平リニアメント	6
③ たつわれ 豎破山リニアメント	4
④ 宮田町リニアメント	1
⑤ F1断層, 北方陸域の断層の連動 ↓ ⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動	44 ↓ 58
⑥ F3断層, F4断層の連動	16
⑦ F8断層	26
⑧ F16断層	26
⑨ A-1背斜	20
⑩ 関谷断層	40
⑪ 関東平野北西縁断層帯	82
⑫ F11断層	5

※ 変動地形の可能性のある地形を「リニアメント」という。
断層の同時活動を考慮した場合は「連動」と記す。

- 敷地周辺の地質・地質構造に関する調査の結果, 上記の断層を震源として考慮する活断層として評価する。
- 敷地近傍(敷地を中心とする半径約5kmの範囲)において, 震源として考慮する活断層は認められない。

5. 参考文献

5. 参考文献(1/3)

- ・地質調査所(1972):5万分の1地質図幅「那珂湊」, 地質調査所
- ・地質調査所(1975):5万分の1地質図幅「磯浜」, 地質調査所
- ・地質調査所(1981):5万分の1地質図幅「石岡」, 地質調査所
- ・地質調査所(1957):日本炭田図I 常磐炭田地質図説明書(5万分の1)
- ・地質調査所(2001):20万分の1地質図幅「水戸」(第2版), 地質調査所
- ・地質調査総合センター(2007):20万分の1地質図幅「白河」, 地質調査総合センター
- ・経済企画庁(1973):土地分類図付属資料「茨城県」(20万分の1)
- ・経済企画庁(1969):土地分類基本調査 地形・表層地質・土壌「水戸」(5万分の1)
- ・茨城県(1980):土地分類基本調査「石岡」(5万分の1)
- ・茨城県(1989):土地分類基本調査「磯浜・鉾田」(5万分の1)
- ・茨城県(1990):土地分類基本調査「那珂湊」(5万分の1)
- ・小池一之(1960):茨城県東海村付近の地形発達, 第四紀研究, vol.1, p.274-279
- ・活断層研究会編(1980):日本の活断層一分布図と資料, 東京大学出版会
- ・活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層一分布図と資料, 東京大学出版会
- ・地質調査所(1997):50万分の1活構造図「東京」(第2版)
- ・地質調査所(1984):50万分の1活構造図「新潟」
- ・地質調査所編(1992):日本地質アトラス(第2版)(300万分の1)
- ・小池一之・町田洋編(2001):日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会
- ・中田高・今泉俊文編(2002):活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会
- ・海上保安庁(1980):海底地質構造図「鹿島灘」(20万分の1)
- ・海上保安庁(1981):海底地質構造図「塩屋埼沖」(20万分の1)
- ・本座栄一・玉木賢策・村上文敏・西村清和(1978):海洋地質図「日本海溝・千島海溝南部およびその周辺広域海底地質図」(100万分の1), 地質調査所
- ・奥田義久(1986):海洋地質図「鹿島灘海底地質図」(20万分の1), 地質調査所
- ・棚橋学・石原文実・駒沢正夫(2001):海洋地質図「塩屋埼沖海底地質図」(20万分の1), 地質調査所
- ・第二港湾建設局横浜調査設計事務所・茨城県(1972):首都圏流通港湾自然条件調査報告書
- ・加賀美英雄・奈須紀幸(1964):古久慈川一後氷期海面上昇による埋積谷一, 日高教授還暦記念論文集, p.538-549
- ・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 壯・阿部寛信・坂井真一・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, 1, p.27-53
- ・米谷盛寿郎・井上洋子・秋葉文雄(1981):鹿島灘, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料「続編」, p.13-17
- ・高柳洋吉(1984):第四紀海洋古環境一鹿島沖SK-1の研究一, 地学雑誌, vol.93, p.436-441
- ・地質調査総合センター編(2013):日本重力データベース DVD版, 数値地質図 P-2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- ・Katsuo Sashida, Hisayoshi Igo and Tadashi Sato(1993):Late Jurassic radiolarians from the Yamizo Mountains, Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, no.19, p.33-42
- ・柳沢幸夫・中村光一・鈴木祐一郎・沢村孝之助・吉田史郎・田中裕一郎・本田裕・棚橋学(1989):常磐炭田北部双葉地域に分布する第三系の生層序と地下地質, 地質調査所月報, vol.40, p.405-467
- ・天野一男・越谷信・高橋治之・野田浩司・八木下晃司(1989):棚倉破碎帯の構造運動と堆積作用, 日本地質学会第96年学術大会見学旅行案内書, p.55-87
- ・大槻憲二郎(1975):棚倉破碎帯の地質構造, 東北大学地質古生物研究邦文報告, vol.76, p.1-71
- ・坂本亨・宇野沢昭(1976):茨城県瓜連丘陵の第四系と久慈川・那珂川の河谷発達史, 地質調査所月報, vol. 27, p.655-664
- ・坂本亨・宇野沢昭(1979):茨城県中部, 友部丘陵の第四系, 地質調査所月報, vol. 30, p.269-283
- ・小池一之・岩崎孝明・檀原徹・百瀬貢(1985):下野火山灰下部層のフィッシュ・トラック年代とその地史的意義, 駒澤地理, 21, p.39-67
- ・貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦編(2000):「日本の地形4 関東・伊豆小笠原」, 東京大学出版会
- ・貝塚爽平・松田磐余編(1982):首都圏の活構造・地形区分と関東地震の被害分布図 解説, 内外地図株式会社
- ・鈴木毅彦(1989):常磐海岸南部における更新世後期の段丘と埋没谷の形成, 地理学評論, vol.62(Ser.A), p.475-494
- ・鈴木毅彦(1990):テフロクロノロジーからみた赤城火山最近20万年間の噴火史, 地学雑誌, 99-2, p.182-197

5. 参考文献(2/3)

- ・町田洋・新井房夫(2011):新編 火山灰アトラス[日本列島とその周辺], 東京大学出版会
- ・柴田賢・内海茂(1983):南部阿武隈山地花崗岩類の角閃石K-Ar年代, 岩石鉱物鉱床学会誌, vol.78, p.405-410
- ・柴田賢・蜂須紀夫・内海茂(1973):八溝山地の花崗岩類のK-Ar年代, 地質調査所月報, vol. 24, p.513-518
- ・長谷川功(1988):地震探査から見た関東平野の基盤構造, 地質学論集, vol.31, p.41-56
- ・気象庁:地震年報2011年版他
- ・社団法人土木学会原子力土木委員会(1999):原子力発電所の立地多様化技術—断層活動性評価技術—(C級活断層の分類と電子スピン共鳴法による断層年代測定)
- ・井上大栄・宮腰勝義・上田圭一・宮脇明子・松浦一樹(2002):2000年鳥取県西部地震震源域の活断層調査, 地震 第2輯, 第54巻
- ・桑原徹(1981):「中新世における棚倉破砕帯の左横ずれ断層活動」, 地質学雑誌, vol.87, p.475-487
- ・鈴木隆介(2004):建設技術者のための地形図読図入門, 第4巻 火山・変動地形と応用読図, 古今書院
- ・桑原徹(1982):東北日本弧南部外側地域の東西性～北西－南東性水平圧縮場を示す中新世横ずれ断層系—東北日本弧の中新世断層系とテクトニック応力場—, 構造地質研究会誌, no.27, p.33-54
- ・東京都防災会議(1976):東京直下地震に関する調査研究(その4)—活断層および地震活動状況等に関する考察—
- ・今泉俊文・越後智雄・後藤秀昭・澤祥・宮内崇裕・八木浩司(2005):「都市圏活断層図 塩原(2万5千分の1)」, 国土地理院技術資料D・1-No.449
- ・地震調査委員会(2004):関谷断層の長期評価について, 地震調査研究推進本部
- ・早川唯弘(1985):碓氷川上流域における河岸段丘の発達と関谷断層の活動, 活断層研究, no.1, p.41-53
- ・岩生周一・今井功(1955):塩原図幅地質説明書, 地質調査所
- ・加藤祐三(1964):那須火山の岩石学的研究, 岩石鉱物鉱床学会誌, Vol.51, p.233-243
- ・財団法人日本自然保護協会編(1971):日光国立公園沼原湯水発電計画に関する調査報告書
- ・宮下由香里・杉山雄一・山元孝広・丸山直樹・大石朗(2002a):栃木県関谷断層の活動履歴調査(1)—黒磯市百村における補足調査—, 活断層・古地震研究報告, No.2
- ・宮下由香里・下川浩一・寒川旭・杉山雄一・丸山直樹・大石朗・斎藤勝(2002b):栃木県関谷断層の活動履歴調査(2)—塩原町関谷におけるトレンチ調査結果—, 活断層・古地震研究報告, No.2
- ・地震調査委員会(2005):関東平野北西縁断層帯の長期評価について, 地震調査研究推進本部
- ・熊原康博・石村大輔・石山達也・岡田篤正・宮内崇裕(2013):都市圏活断層図「高崎」(2万5千分の1)
- ・熊原康博(2013):1:25,000都市圏活断層図関東平野北西縁断層帯とその周辺「高崎」解説書, 国土地理院技術資料D1-No.644, p.19
- ・澤祥・渡辺満久・八木浩司(1996a):都市圏活断層図「深谷」(2万5千分の1)
- ・澤祥・渡辺満久・八木浩司(1996b):都市圏活断層図「熊谷」(2万5千分の1)
- ・澤祥・渡辺満久・八木浩司(1996c):都市圏活断層図「大宮」(2万5千分の1)
- ・後藤秀昭・中田高・今泉俊文・池田安隆・越後智雄・澤祥(2005):都市圏活断層図「本庄・藤岡」(2万5千分の1), 国土地理院技術資料D・1-No.449
- ・群馬県(1997):平成8年度地震関係基礎調査交付金 平井・榎挽断層帯に関する調査成果報告書
- ・埼玉県(1999):平成10年度地震関係基礎調査交付金 関東平野北西縁断層帯(深谷断層)に関する調査成果報告書
- ・埼玉県(2000):平成11年度地震関係基礎調査交付金 関東平野北西縁断層帯(深谷断層)に関する調査成果報告書
- ・杉山雄一・水野清秀・須貝俊彦・伏島祐一郎・遠藤秀典・宮下由香里・山崎晴雄・山口和雄・伊藤久男(2000):群馬県下における深谷断層系の反射法地震探査, 地質調査所速報, No.EQ/00/2
- ・石山達也・水野清秀・杉山雄一・須貝俊彦・中里裕臣・八戸昭一・末廣匡基・細矢卓志(2005):変動地形・ボーリング・反射法地震探査により明らかになった綾瀬川断層北部の撓曲変形, 産業技術総合研究所, 活断層・古地震研究報告, No.5, p.29-37
- ・地震調査委員会(2000):元荒川断層帯の評価, 地震調査研究推進本部
- ・埼玉県(1996):平成8年度地震関係基礎調査交付金 綾瀬川断層に関する調査成果報告書
- ・中澤努・遠藤秀典(2002):大宮地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査総合センター, 41p
- ・亀尾浩司・佐藤時幸(1999):石灰質ナノ化石層序の最近の知見とその応用—とくに常磐海域坑井の新第三系・第四系層序について—, 石油技術協会誌, Vol.64, No.1, p.16-27
- ・独立行政法人日本原子力研究開発機構(2011):大洗研究開発センター(北地区)「原子炉設置変更許可申請書」
- ・栗田泰夫・丸山正・吾妻崇・斎藤英二・楳原京子・杉山雄一・吉岡敏和・谷口薫・安藤亮輔・吉見雅行・林田拓己・斎藤勝(2011):2011年福島県浜通りの地震で塩ノ平断層・湯ノ岳断層に沿って出現した地震断層の特性, シンポジウム「2011年東北地方太平洋沖地震に伴う内陸活断層の挙動と地震活動・地殻変動」及び日本活断層学会2011年度秋季学術大会, 日本活断層学会

5. 参考文献(3/3)

- ・宇佐美龍夫・渡辺唯夫(1977): 関東地方の地震の巣 定義と性質, 東京大学地震研究所彙報 52, p.379-406
- ・防災科学技術研究所(2011): 東北地方太平洋沖地震以降の鉾子付近の地震活動, 地震予知連絡会 会報 第86巻 4-4, p.343-346
- ・防災科学技術研究所(2012): 2012年3月14日 鉾子付近の地震, 地震予知連絡会 会報 第88巻 4-3, p.194-198
- ・文部科学省研究開発局, 東京大学地震研究所(2014): 都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト ①首都直下地震の地震ハザード・リスク予測のための調査・研究 成果報告書
- ・地質調査所(1983): 「房総半島東方海底地質図」(20万分の1)
- ・産業技術総合研究所(2015): 活断層データベース 2015年8月11日変更
- ・地質調査所(1984): 50万分の1活断層図 新潟
- ・地震調査委員会(2015): 「関東地域の活断層の長期評価(第一版)」, 地震調査推進本部
- ・島本昌憲・林広樹・鈴木紀毅・田中裕一郎・斎藤常正(1998): 福島県東部棚倉地域に分布する新第三系の層序と微化石年代, 地質学会誌, vol.104, No.5, p.296-312
- ・地質調査所(1975): 5万分の1地質図幅「磯浜」, 地質調査所
- ・地質調査所(1981): 5万分の1地質図幅「石岡」, 地質調査所
- ・丸山正・吉見雅行・斎藤英二・齋藤勝(2013): 変動地形・古地震学的検討に基づく2011年4月11日福島県浜通りの地震に関連する断層の活動性, 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究中間報告
- ・石山達也・杉戸信彦・越後智雄・佐藤比呂志(2012): 2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層のトレンチ掘削調査(速報), 公益社団法人日本地震学会ニュースレター, vol. 23, No.5, p.36-38
- ・黒澤英樹・楳原京子・三輪敦志・佐藤ふみ・今泉俊文・宮内崇裕・橋本修一・中島秀敏・白澤道生・内田淳一(2012): 2011年4月11日福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層ーいわき市田人町塩ノ平における露頭観察とボーリング調査(速報)ー, 活断層研究, No. 36, p.23-30
- ・丸山正・吉見雅行・斎藤英二・齋藤勝(2012): 変動地形・古地震学的検討に基づく2011年4月11日福島県浜通りの地震に関連する断層の活動性, AFERC NEWS, No.34, p.1-9
- ・堤浩之・遠田晋次(2012): 2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震の地震断層と活動履歴, 地質学雑誌, vol.118, No.9, p.559-570
- ・丹羽雄一・遠田晋次・小俣雅志・森良樹(2013): 井戸沢断層の2011年福島県浜通りの地震に先行する断層活動: 福島県いわき市塩ノ平地区におけるボーリング調査, 活断層研究, No.39, p.1-8
- ・Mizoguchi et al.(2012): Surface Fault Ruptures and Slip Distributions of the M_w 6.6 11 April 2011 Hamadoori, Fukushima Prefecture, Northeast Japan, Earthquake, BSSA, vol.102, no.5, p.1949-1956
- ・Fukushima, Y., Y. Takada, and M. Hashimoto (2013): Complex Ruptures of the 11 April 2011 M_w 6.6 Iwaki Earthquake Triggered by the 11 March 2011 M_w 9.0 Tohoku Earthquake, Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 103, No. 2B, p.1572-1583.
- ・町田洋・鈴木正男(1971): 火山灰の絶対年代と第四紀後期の編年ーフィッション・トラック法による試みー, 科学, 41, p.263-270
- ・町田洋(1977): 火山灰は語る, 蒼樹書房, p.118-119
- ・山元孝弘(2013): 東茨城台地に分布する更新統の新層序とMIS5-7海面変化との関係: 地下地質とテフラ対比による茨城層, 美和層, 夏海層, 笠神層の再定義, 地質調査研究報告, 第64巻, 第9/10号, p.225-249
- ・地質調査所(1973): 5万分の1地質図幅「竹貫」, 地質調査所