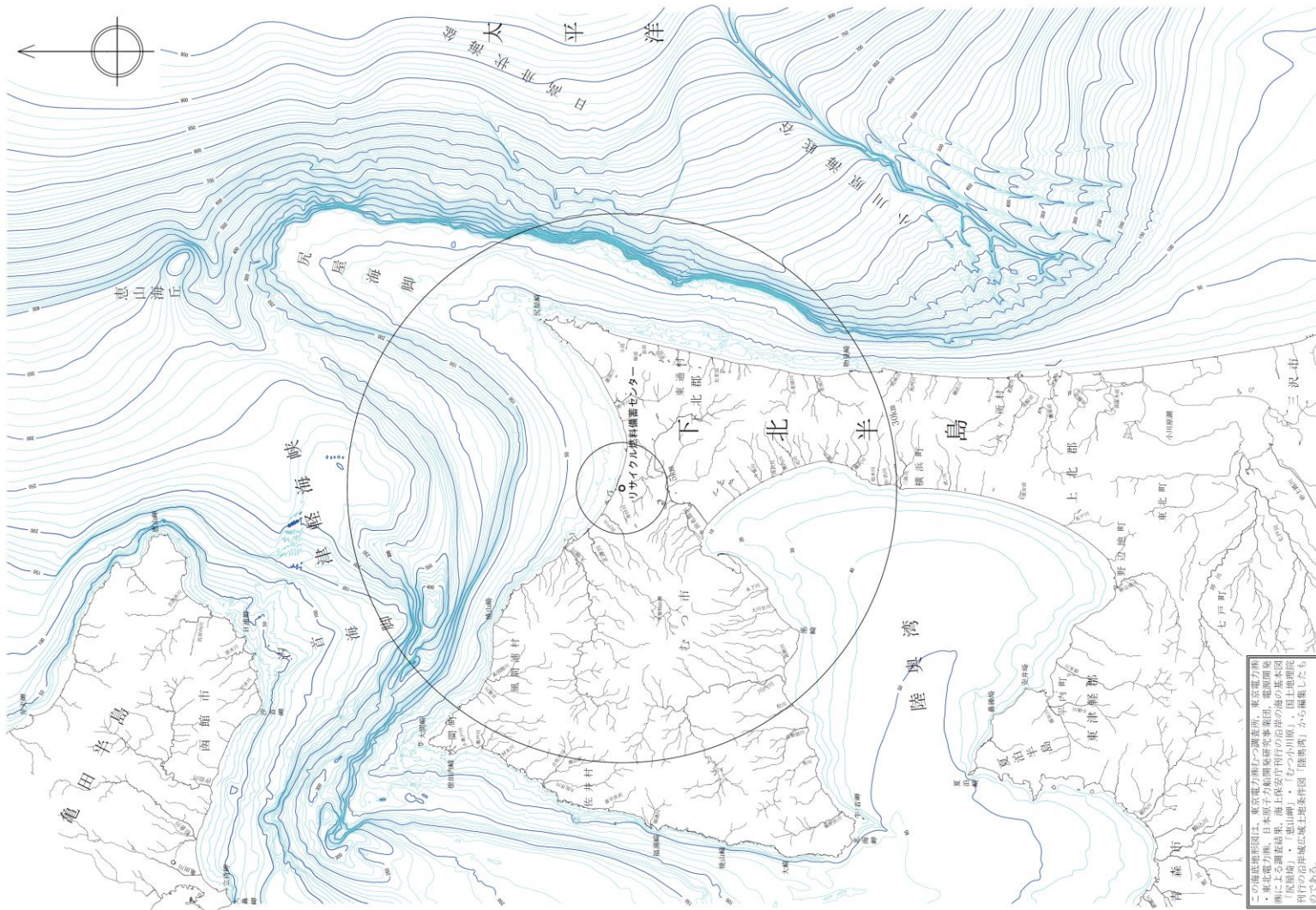


2. 敷地周辺海域の地質・地質構造

2. 1 敷地周辺海域の地形、地質・地質構造

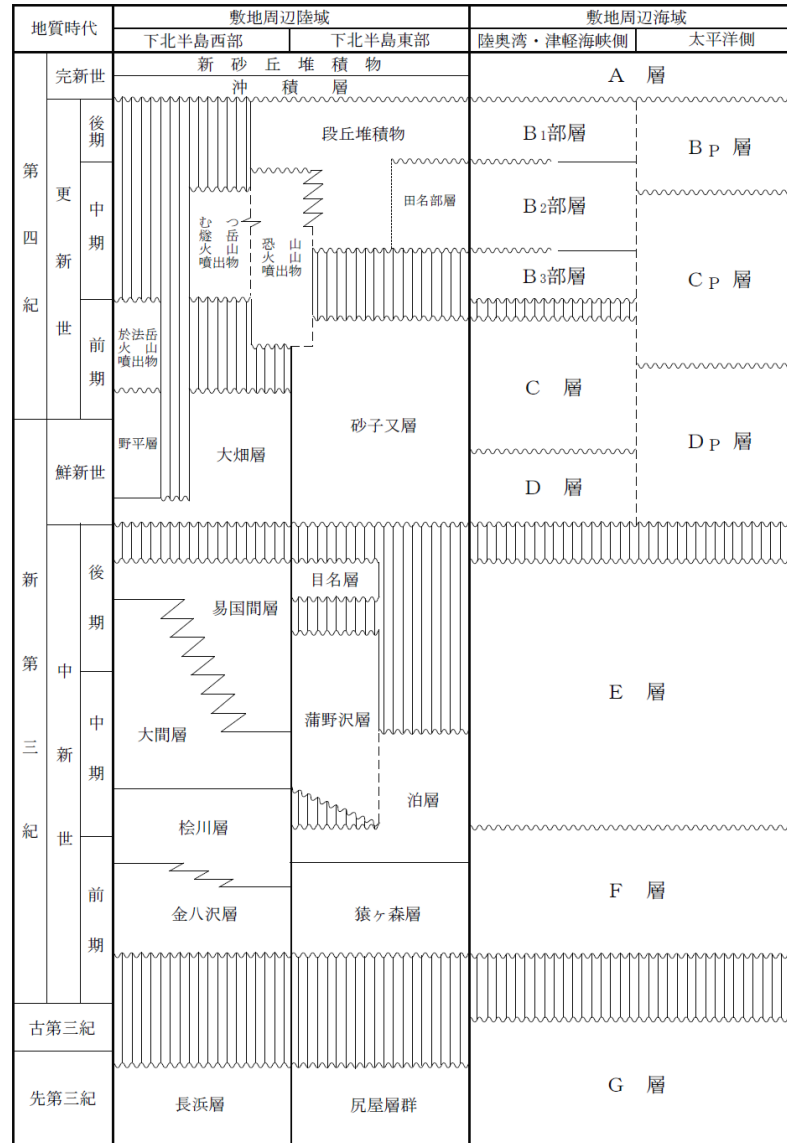
(1) 敷地周辺海域の地形



敷地周辺海域の地形図

- 敷地周辺海域は、太平洋、津軽海峡及び陸奥湾からなる。
- 太平洋側の海底地形は、大陸棚及びその外縁から東方に広がる大陸斜面からなる。
- 太平洋と津軽海峡とは尻屋海脚で境される。
- 津軽海峡では、沿岸部に太平洋及び尻屋海脚から連続する大陸棚が分布する。

(3) 敷地周辺海域の地層区分



—— 整合 ~~~~~ 不整合 — 指交関係 | 関係不明

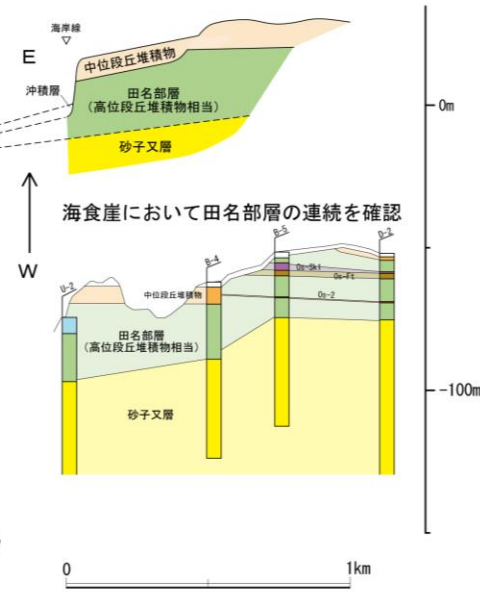
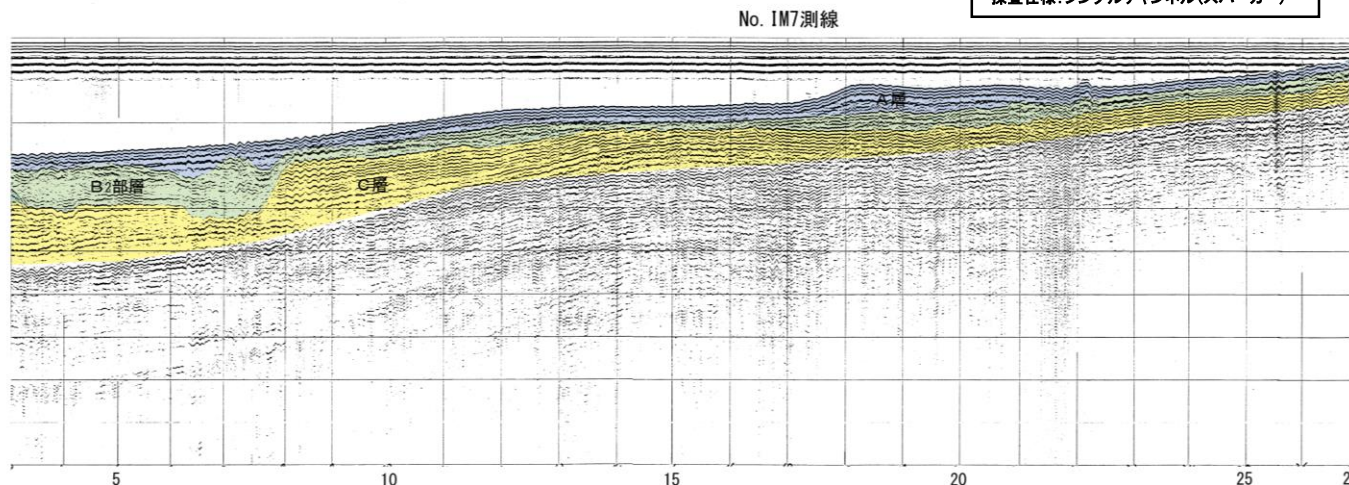
- B₂部層は、津軽海峡に面した海岸付近まで分布し、陸域の田名部層に連続している。
- C層は、津軽海峡側及び陸奥湾側で陸域の砂子又層上部に連続している。
- D層は、津軽海峡側で陸域の大畑層に連続している。

- 【活断層の判断基準】**
- 陸奥湾・津軽海峡側：B₁部層の堆積開始時期が後期更新世初頭であることから、確実に後期更新世よりも古いB₂部層に変位及び変形を及ぼしている断層を評価。
 - 太平洋側：B_p層に変位及び変形を及ぼしている断層を評価。

敷地周辺陸域と海域の地質対比

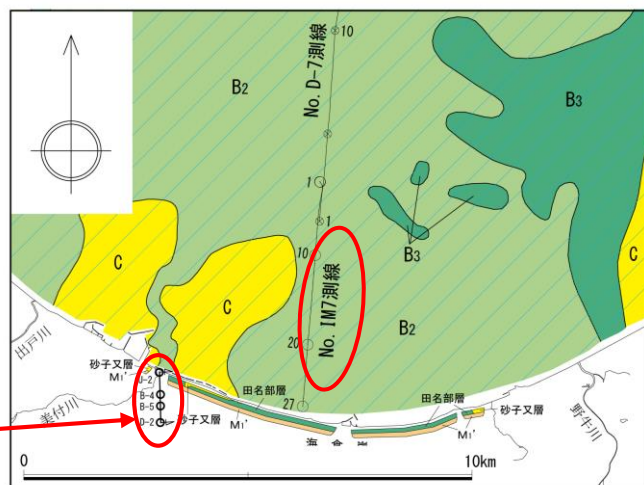
(4) 田名部層とB₂部層の連続性

No.IM7
調査者:東京電力㈱むつ調査所
調査時期:2001年、2002年
探査仕様:シングルチャンネル(スパーカー)



海上音波探査の解釈図

ボーリング調査結果



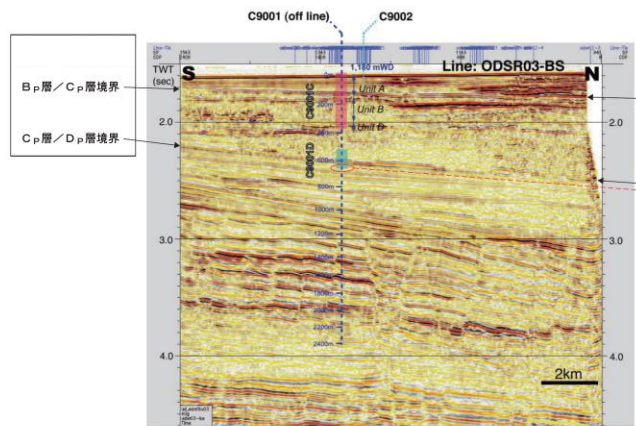
- 凡例
- A層
 - M1' 面堆積物
 - 田名部層 (高位段丘堆積物相当), B₂部層
 - B₃部層
 - 砂子又層, C層
 - 東京電力株式会社むつ調査所による音波探査測線 (現 東京電力ホールディングス株式会社)
 - 陸域断面線

ボーリング調査位置(陸域)

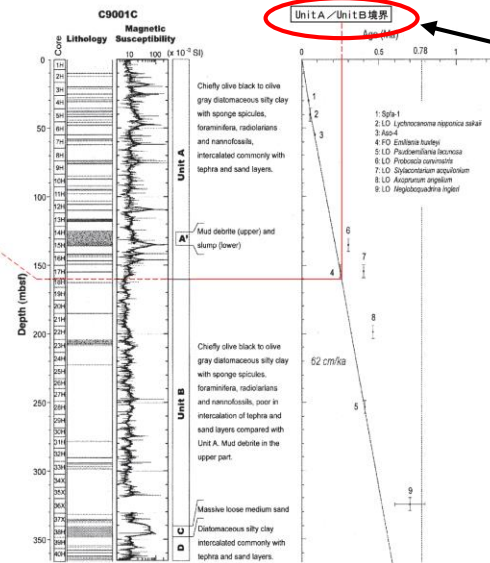
津軽海峡沿岸部における海底地質図

- B₂部層は津軽海峡に面した海岸付近まで分布し、海食崖に分布する田名部層(高位段丘堆積物相当)と連続していることから、その堆積年代は中期更新世と判断される。
- C層は、津軽海峡及び陸奥湾側に分布し、陸域の砂子又層上部に連続していることなどから、その堆積年代は後期鮮新世～前期更新世と判断される。

(5) 地層の堆積年代 (B_p/C_p境界及びC_p/D_p境界) ①



Kobayashi et al. (2009)より抜粋・一部加筆
C9001C,Dと音波探査記録との対比

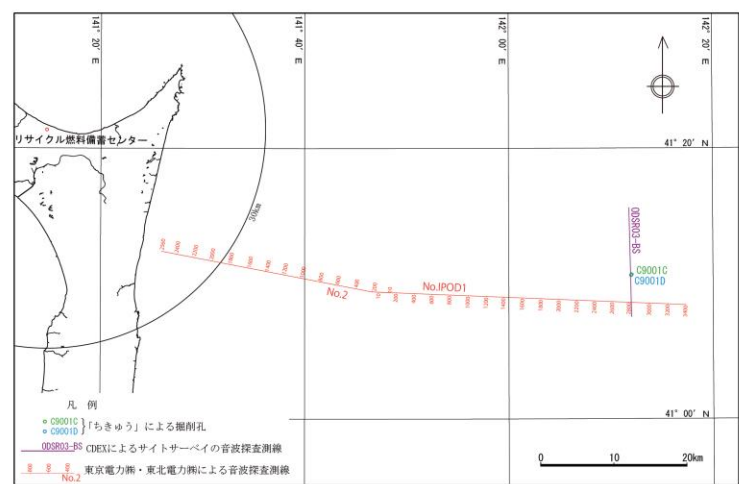


年代モデル

List of Stratigraphic events for C9001C and D, determined onboard.

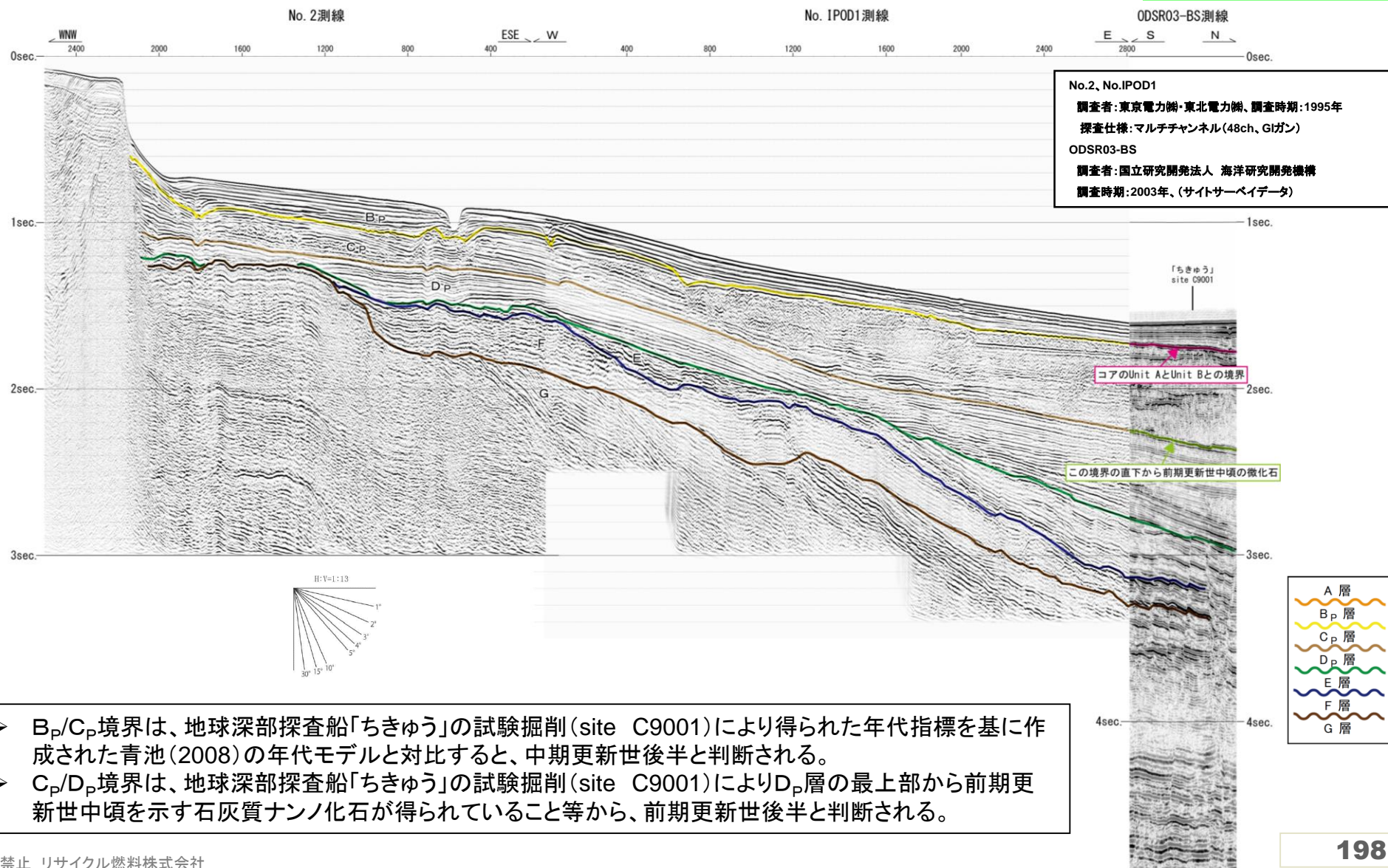
| Event | Hole Code | Section Interval (cm) | Depth (mbsf) | Age (ka) | Remarks |
|--|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------|
| Spta-1 | C9001C-4H-4 | 57-66cm | 34.3 | 43 ± 1 | Tephra |
| T Lychocanoma nipponica saskai | C9001C-4H-CC | C9001C-5H-CC 34cm | 35.3 - 44.9 | 50 | |
| Aso-4 | C9001C-7H-4 | 40-42.5cm | 58.7 | 87.5 ± 2.5 | Tephra |
| T Sphaerostoma aculeatum | C9001C-16-CC | C9001C-17-CC 90cm | 149.3 - 158.6 | 400 | Rad |
| T Akiopurum argenteum | C9001C-21H-CC | C9001C-22H-CC 80cm | 193.9 - 203.3 | 460 ± 40 | Rad |
| T Neoglyphocrinus iglei | C9001C-35X-CC | C9001C-37X-CC 13cm | 319.2 - 337.8 | 800 ± 100 | Foram |
| B large Gephyrocapsa app. - B medium Gephyrocapsa spp. | C9001D-25SMW | | 642 - 644 | (1700 - 1480) | Isotope |

Kobayashi et al. (2009)より抜粋・一部加筆
年代指標

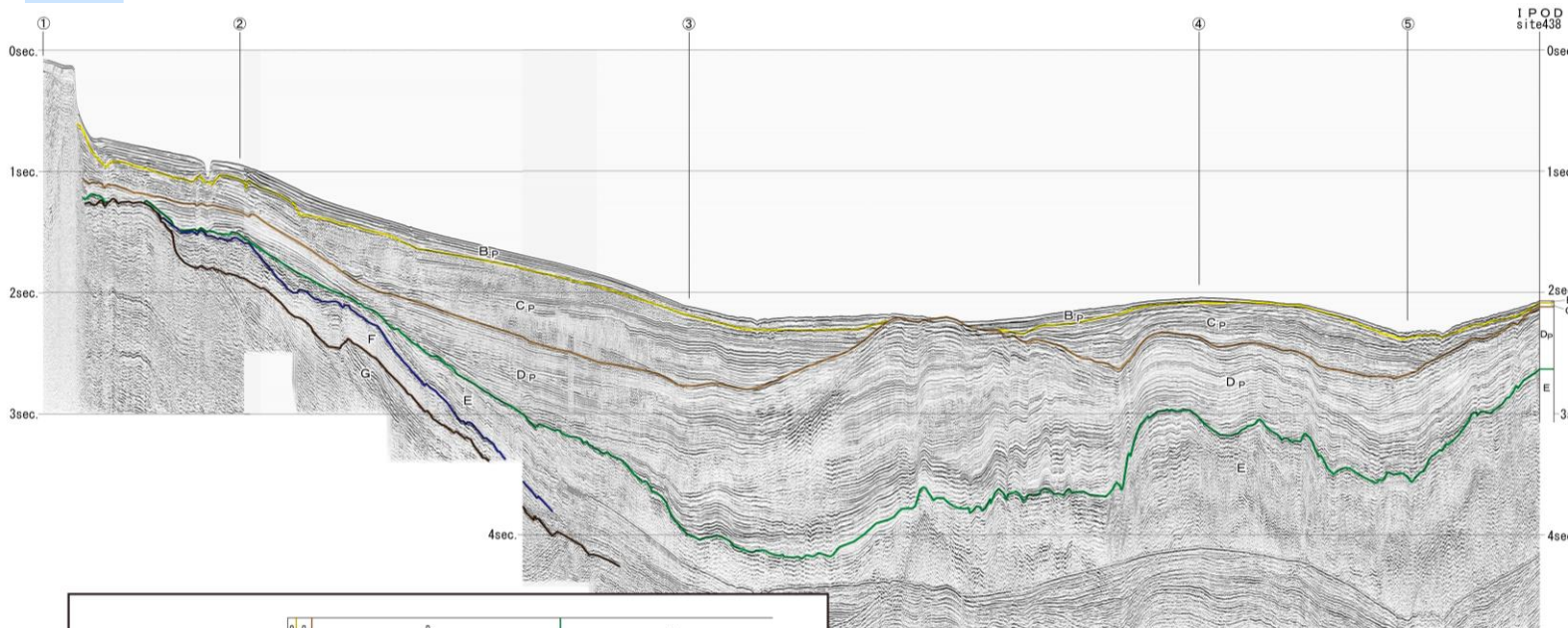


- B_p/C_p境界は、地球深部探査船「ちきゅう」の試験掘削 (site C9001) により得られた年代指標を基に作成された青池 (2008) の年代モデルと対比すると、中期更新世後半と判断される。
- C_p/D_p境界は、地球深部探査船「ちきゅう」の試験掘削 (site C9001) によりD_p層の最上部から前期更新世中頃を示す石灰質ナノ化石が得られていること等から、前期更新世後半と判断される。

(5) 地層の堆積年代 (B_p/C_p境界及びC_p/D_p境界) ②

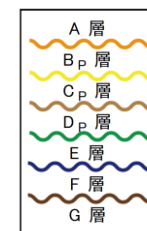
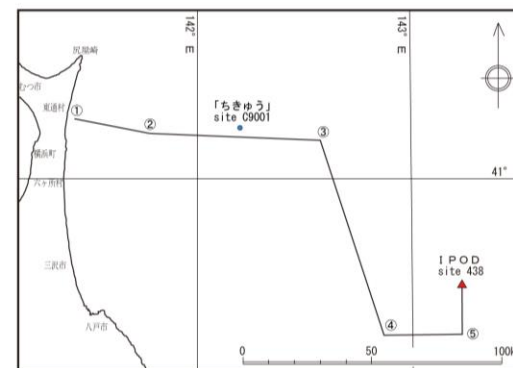
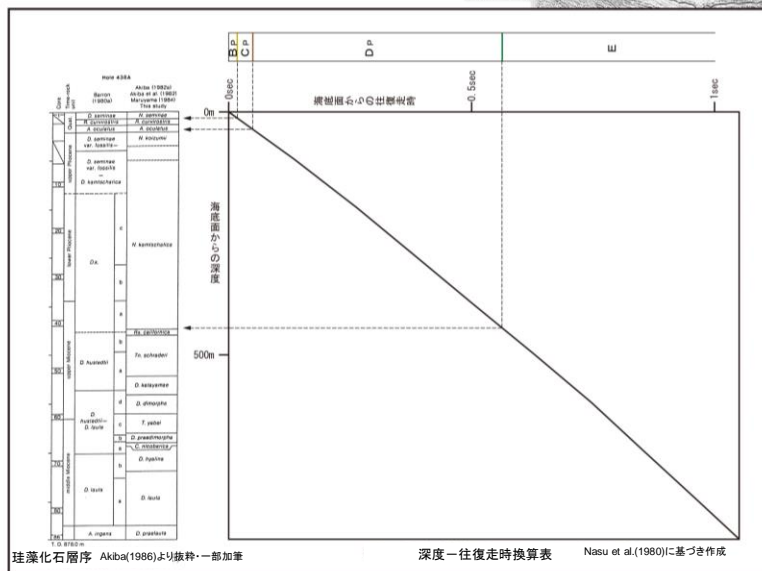


(6) 地層の堆積年代 (D_p/E境界)

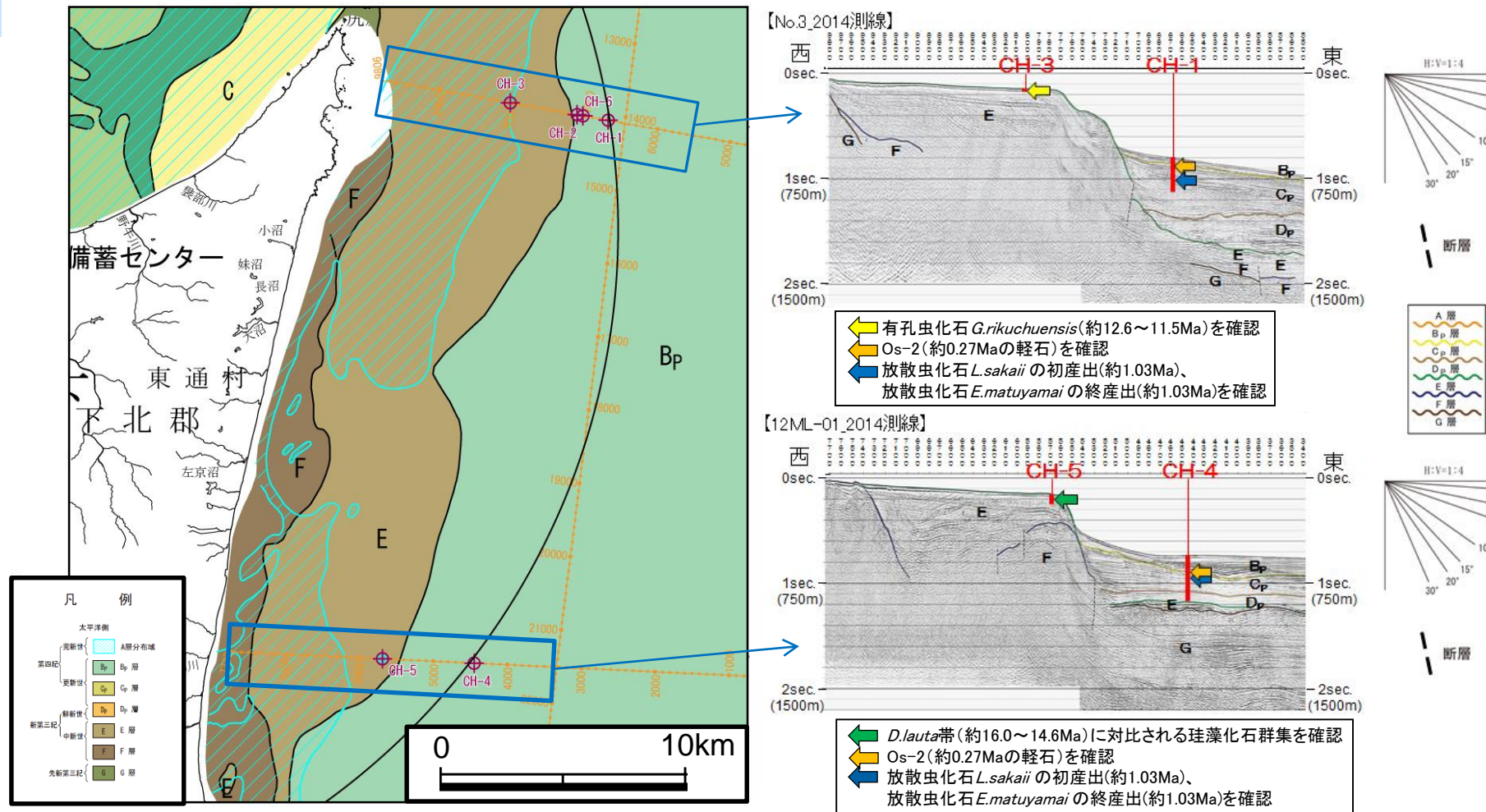


No.2(①-②)、No.IPOD(③-IPODsite438)
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1995年
探査仕様: マルチチャンネル(48ch、GIガン)

➤ D_p/E境界は、深海掘削 (IPOD site438) の珪藻化石層序と対比すると、*Neodenticula kamtschatica zone* と *Rouxia californica zone* の境界付近にあたることから、後期中新世であると判断される。



(7) 棚上及び棚下の地層の堆積年代に係る調査 (海上ボーリング調査結果)



- 棚上で採取した試料の微化石分析の結果、CH-3孔から有孔虫化石 *G.rikuchuensis* (約12.6~11.5Ma) が、CH-5孔から *D.lauta*帯 (約16.0~14.6Ma) に対比される珪藻化石群集が確認されたことから、棚上の地層は陸域の蒲野沢層相当の地層であり、E層に区分されると考えられる。
- 棚下で採取した試料の火山灰分析の結果、CH-1孔及びCH-4孔の両孔でOs-2 (約0.27Maの軽石) を確認した。
- これらは、既往の調査結果を踏まえた解釈と整合的である。

(8) 敷地周辺海域の地質断面図①

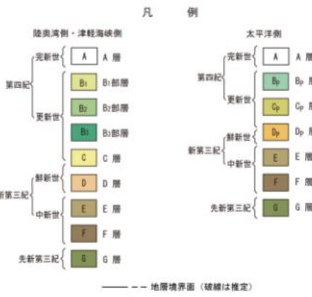
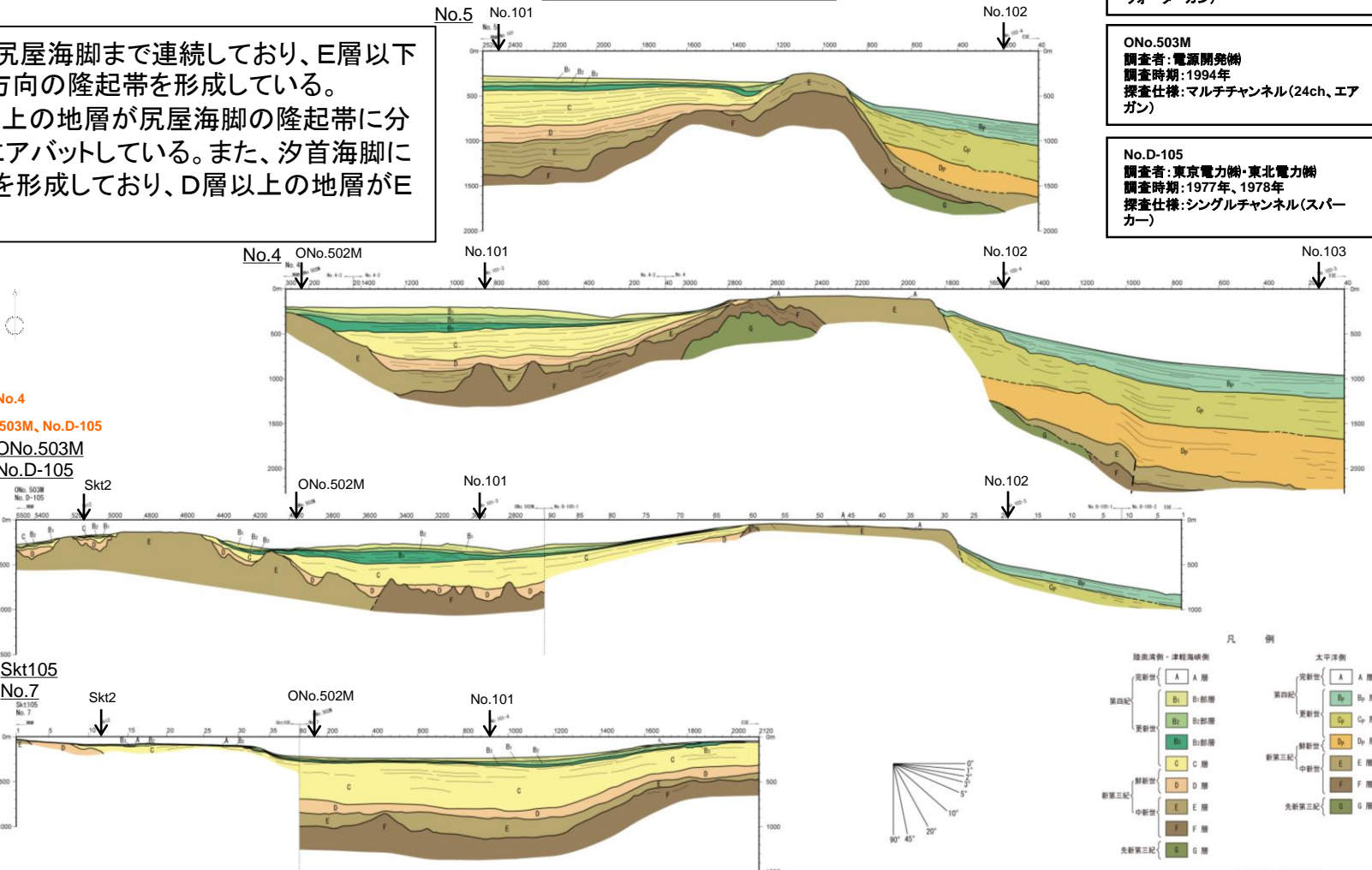
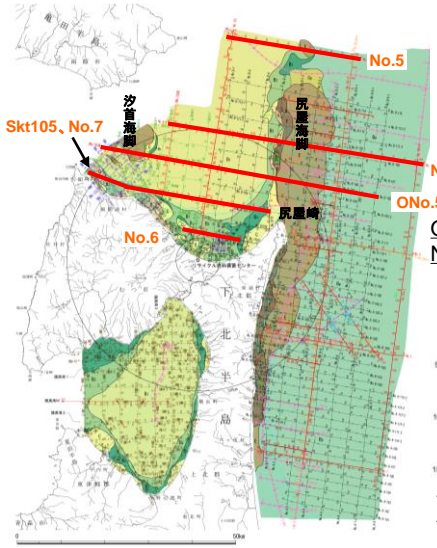
- 大陸棚は尻屋崎北方の尻屋海脚まで連続しており、E層以下の地層がNNE-SSW方向の隆起帯を形成している。
- 津軽海峡側では、D層以上の地層が尻屋海脚の隆起帯に分布するE層以下の地層にアバットしている。また、汐首海脚においても、E層が隆起帯を形成しており、D層以上の地層がE層にアバットしている。

No.4, No.5
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1995年
探査仕様: マルチチャンネル(48ch, GIガン)

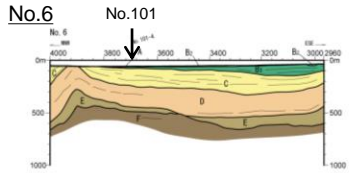
No.6, No.7
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1995年
探査仕様: マルチチャンネル(24ch, ウォーターガン)

ONo.503M
調査者: 電源開発㈱
調査時期: 1994年
探査仕様: マルチチャンネル(24ch, エアガン)

No.D-105
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1977年, 1978年
探査仕様: シングルチャンネル(スパーカー)

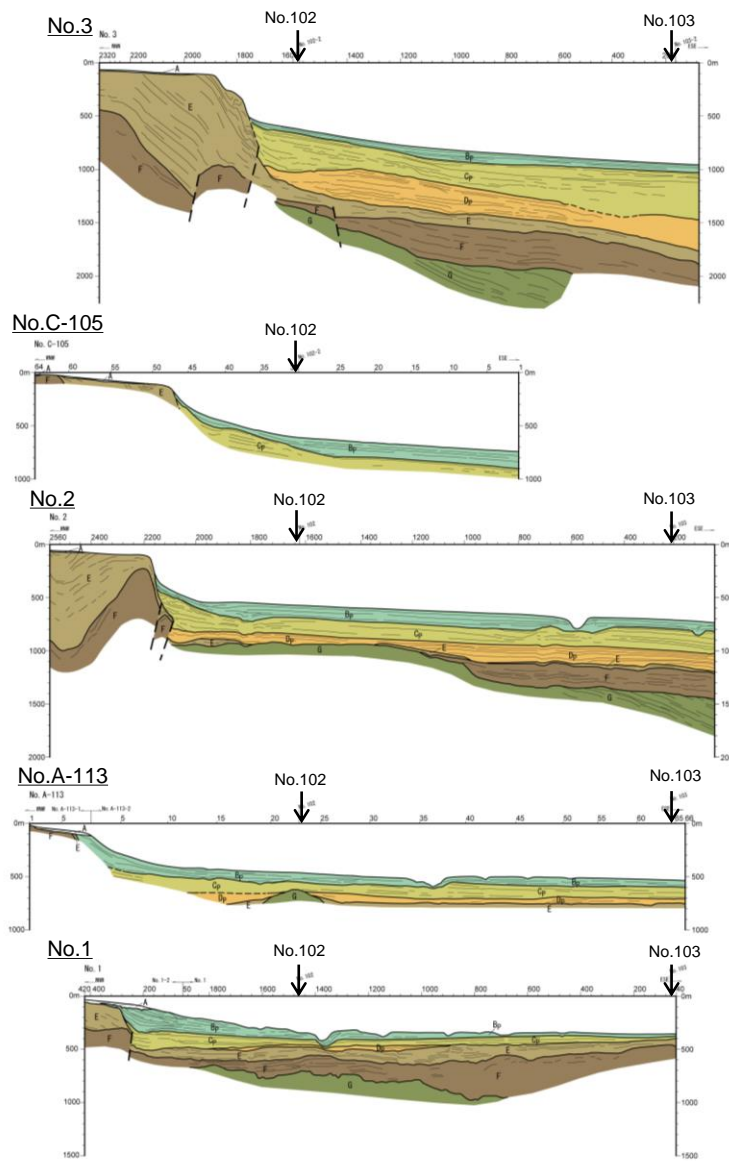


- 津軽海峡側の大陸棚外縁部より沖合では、B層~D層は海峡中央部の凹型の構造を埋めるように堆積し、尻屋海脚側、下北半島側及び亀田半島側に向かって、各層の層厚は徐々に薄くなる。



※この図面は、以下の機関が実施した海上音波探査の記録を、リサイクル燃料貯蔵㈱が独自に解釈・作成したものである。
No. 5・No. 4・No. D-105・No. 7: 東京電力㈱・東北電力㈱
ONo. 503M: 電源開発㈱
Skt105: 日本原子力船研究開発事業団

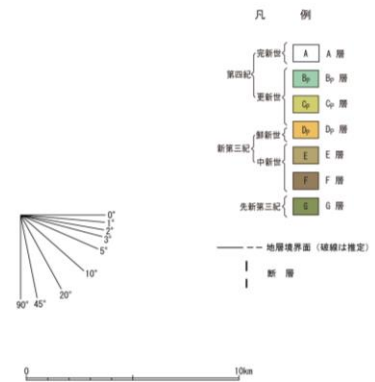
(8) 敷地周辺海域の地質断面図②



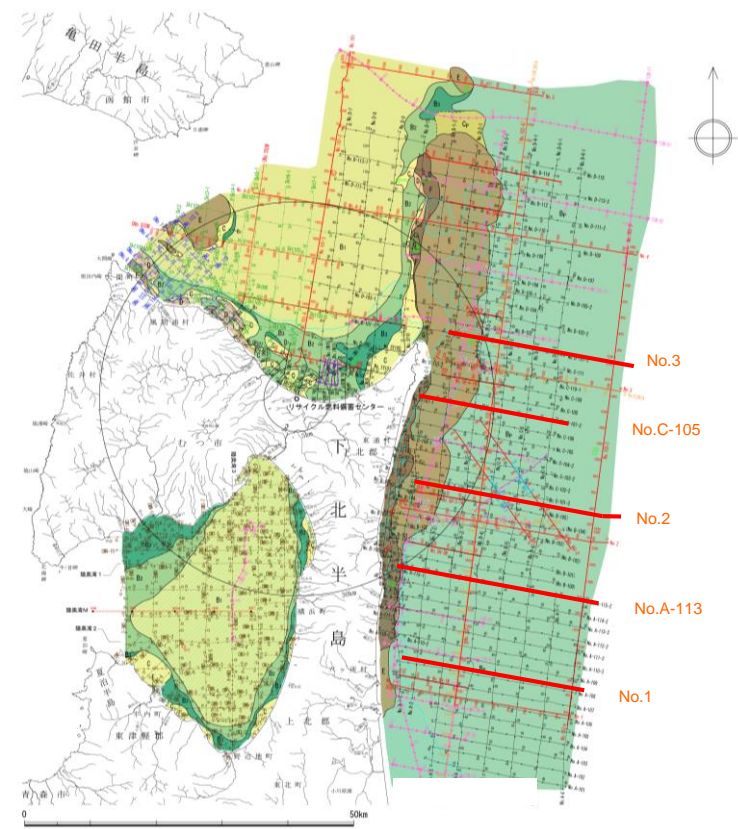
No.1 (沖合部)、No.2、No.3
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1995年
探査仕様: マルチチャンネル(48ch、GIガン)

No.1 (沿岸部)
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1995年
探査仕様: マルチチャンネル(24ch、ウォーターガン)

No.A-113、No.C-105
調査者: 東京電力㈱・東北電力㈱
調査時期: 1977年、1978年
探査仕様: シングルチャンネル(スパーカー)

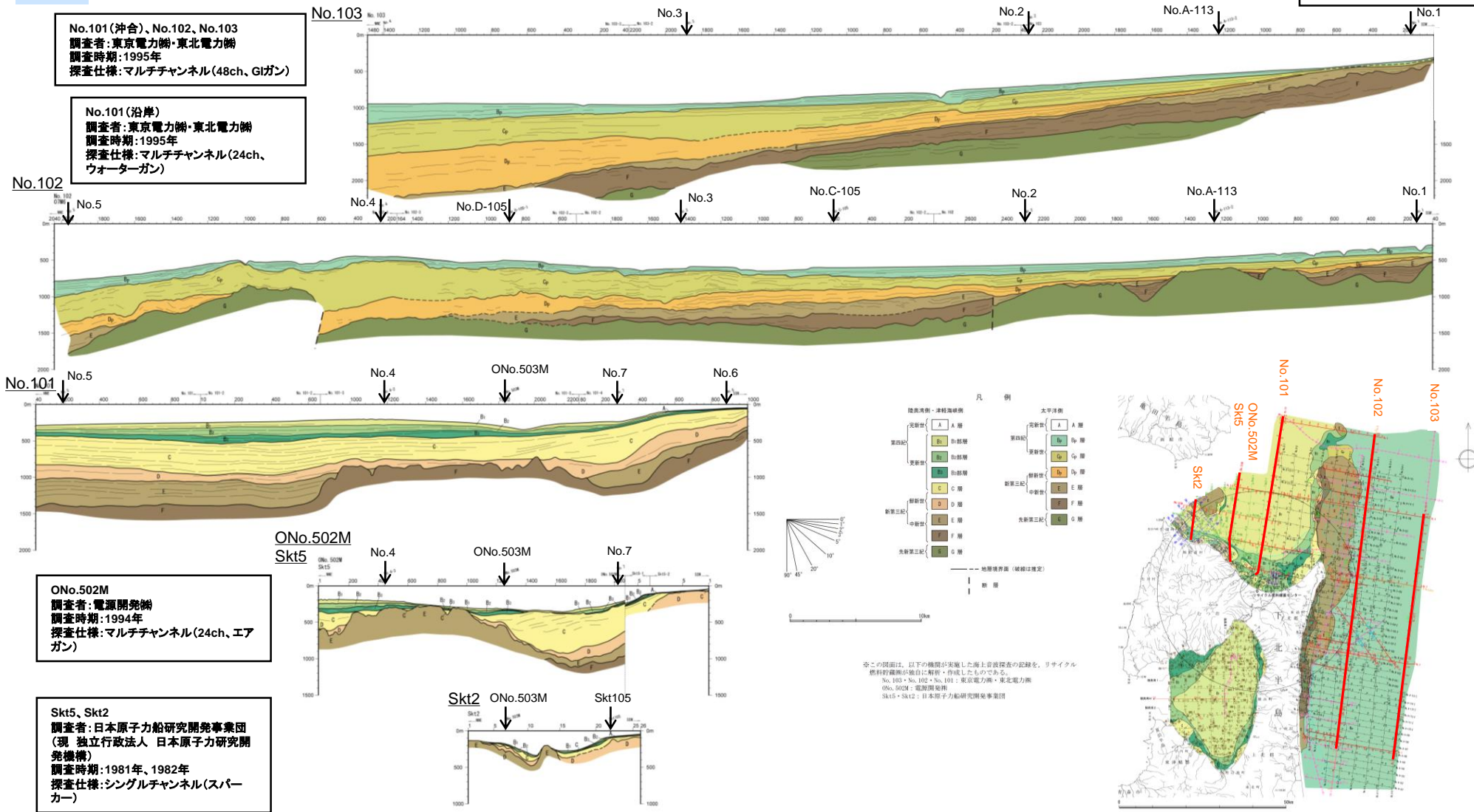


※この図面は、東京電力㈱・東北電力㈱が実施した海上音波探査の記録を、リサイクル燃料貯蔵㈱が独自に解析・作成したものである。



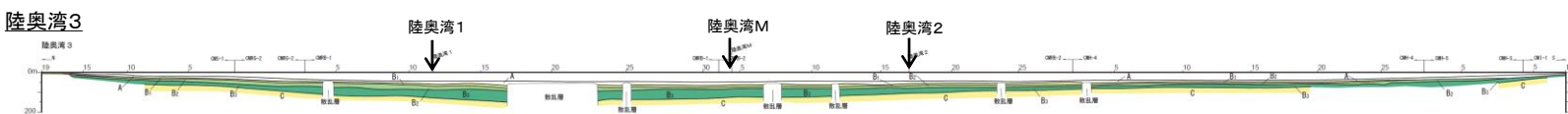
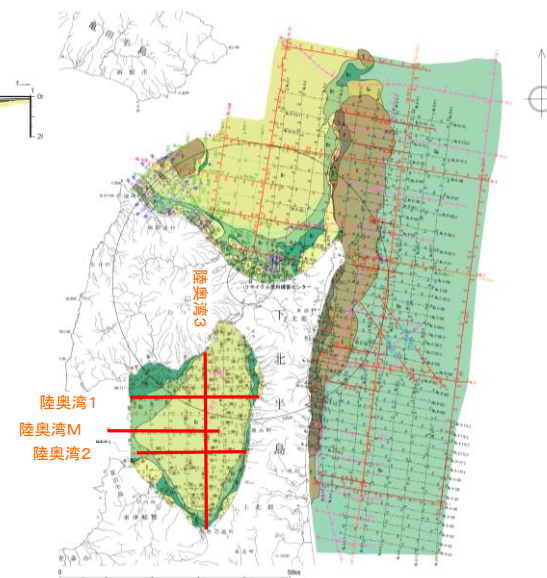
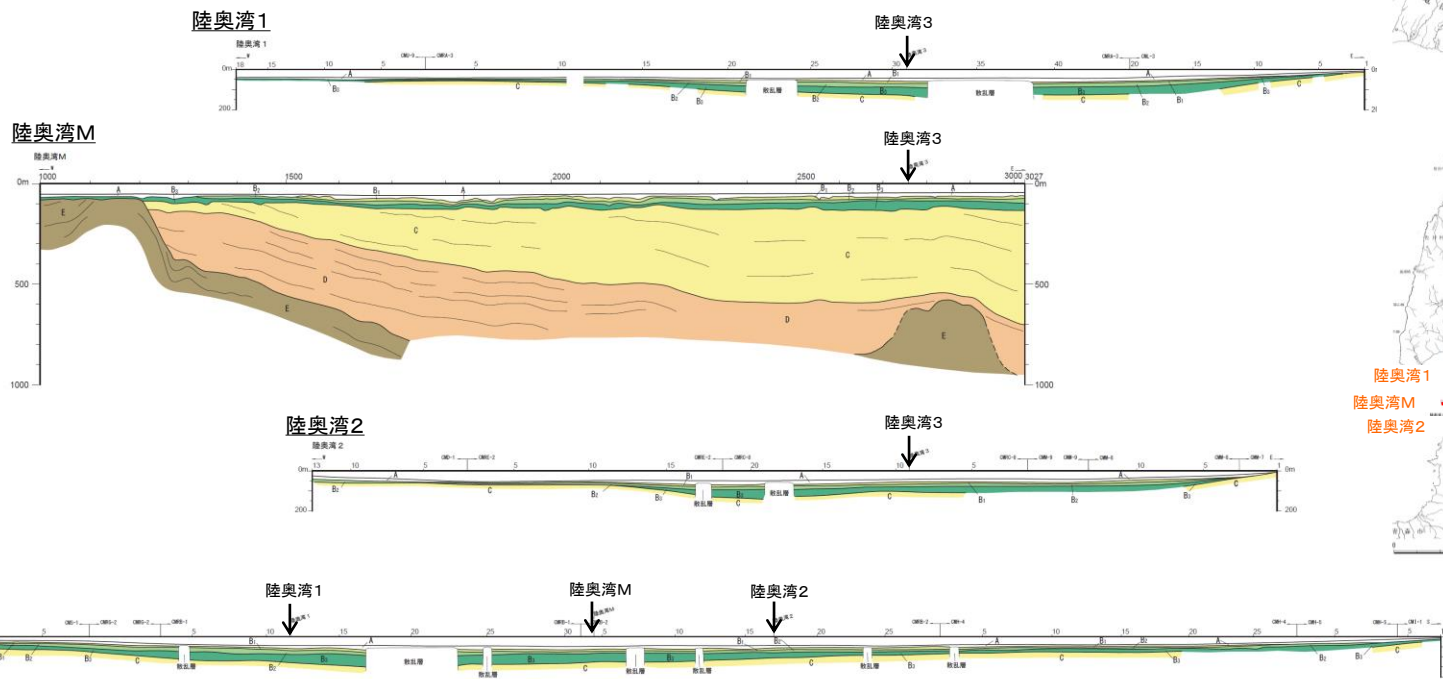
➤ 大陸棚には主にE層及びF層が分布しており、大陸棚外縁のNNE-SSW方向の急崖付近で、C_p層及びB_p層がE層あるいはF層にアバットしている。

(8) 敷地周辺海域の地質断面図③

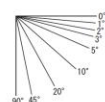


- 太平洋側の大陸棚外縁部より沖合では、Bp層～F層は海底面とほぼ平行に、北東方向にやや傾斜した緩やかな構造を示し、層厚も北東方向に増加する。太平洋側南部にはG層の高まりが存在し、上位層はG層上面の凹凸を埋めて堆積している。
- 津軽海峡側の大陸棚外縁部より沖合では、B層～D層は海峡中央部の凹型の構造を埋めるように堆積し、尻屋海脚側、下北半島側及び亀田半島側に向かって、各層の層厚は徐々に薄くなる。

(8) 敷地周辺海域の地質断面図④



- 陸奥湾側では、夏泊半島の北方延長部にE層の高まりが存在し、この高まりにC層及びD層がアバットしており、C層以下の地層は湾中央部に向かって傾斜した構造を示す。
- 湾中央部では再びE層が高まりを形成し、D層最上部以上の地層はこの高まりを被覆している。C層以下の地層は一部でやや急な傾斜を示すものの、これらを不整合に覆うB層以上の地層は、陸奥湾の全域においてほぼ水平な構造を示す。



※この図面は、以下の機関が実施した海上音波探査の記録を、リサイクル燃料貯蔵部が職員に解析・作成したものである。
陸奥湾1・陸奥湾2・陸奥湾3 国土地理院
陸奥湾M (財)電力中央研究所

凡例

| | |
|------|-------|
| 完新世 | A層 |
| 第四紀 | B1部層 |
| | B2部層 |
| | B3部層 |
| 鮮新世 | C層 |
| 新第三紀 | D層 |
| | E層 |
| 中新世 | F層 |
| | G層 |
| 先第三紀 | 地層境界面 |
| | 新層 |

陸奥湾M
調査者: (財)電力中央研究所、調査時期: 2000年
探査仕様: マルチチャンネル(24ch、エアガン)

陸奥湾1 (CMU-9、CMRA-3、CML-3)
調査者: 国土地理院、調査時期: 1981年
探査仕様: シングルチャンネル(スパーカー)

陸奥湾2 (CMD-1、CMRE-2、CMRC-8、CMM-9、CMM-8、CMM-7)
調査者: 国土地理院、調査時期: 1981年
探査仕様: シングルチャンネル(スパーカー)

陸奥湾3 (CMS-1、CMRG-2、CMRB-1、CMRB-2、CMH-4、CMH-5、CMH-1)
調査者: 国土地理院、調査時期: 1981年
探査仕様: シングルチャンネル(スパーカー)

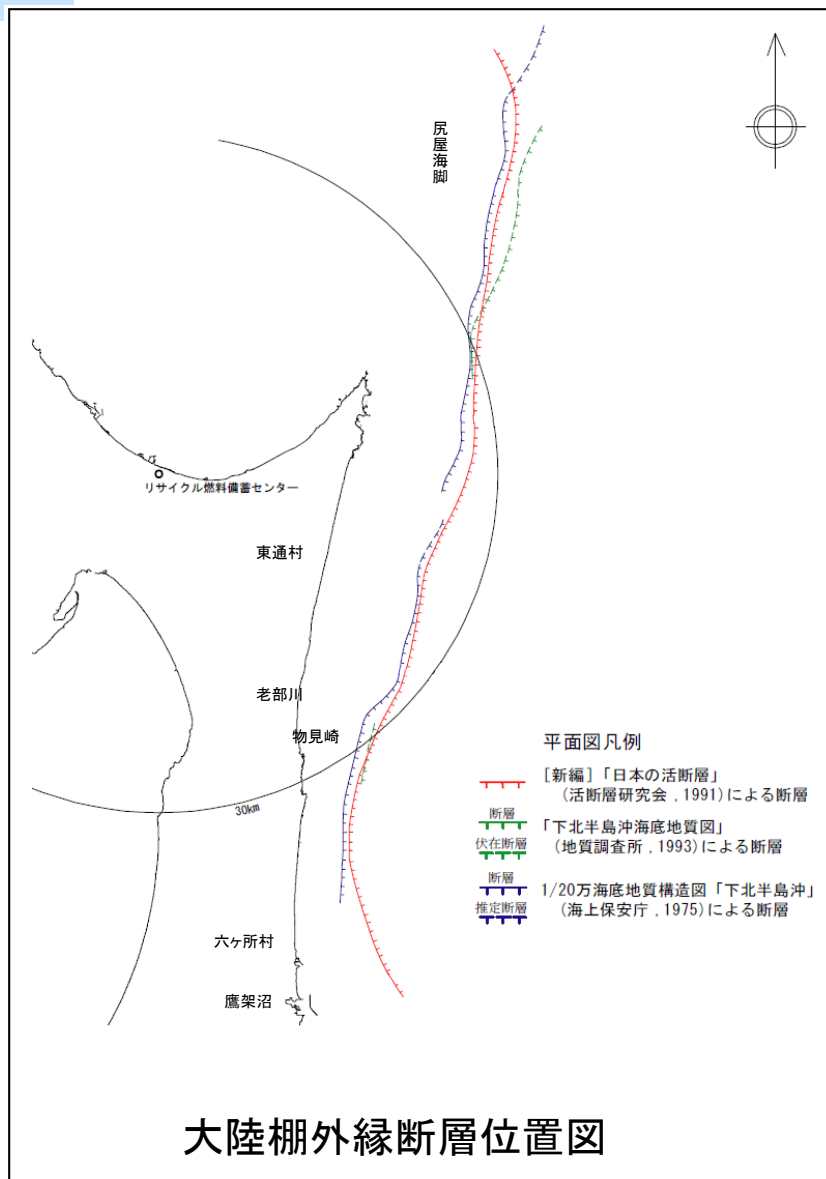
余白

2. 敷地周辺海域の地質・地質構造

2. 2 敷地周辺海域の断層評価（敷地の中心から半径30km範囲）

2.2.1 大陸棚外縁断層

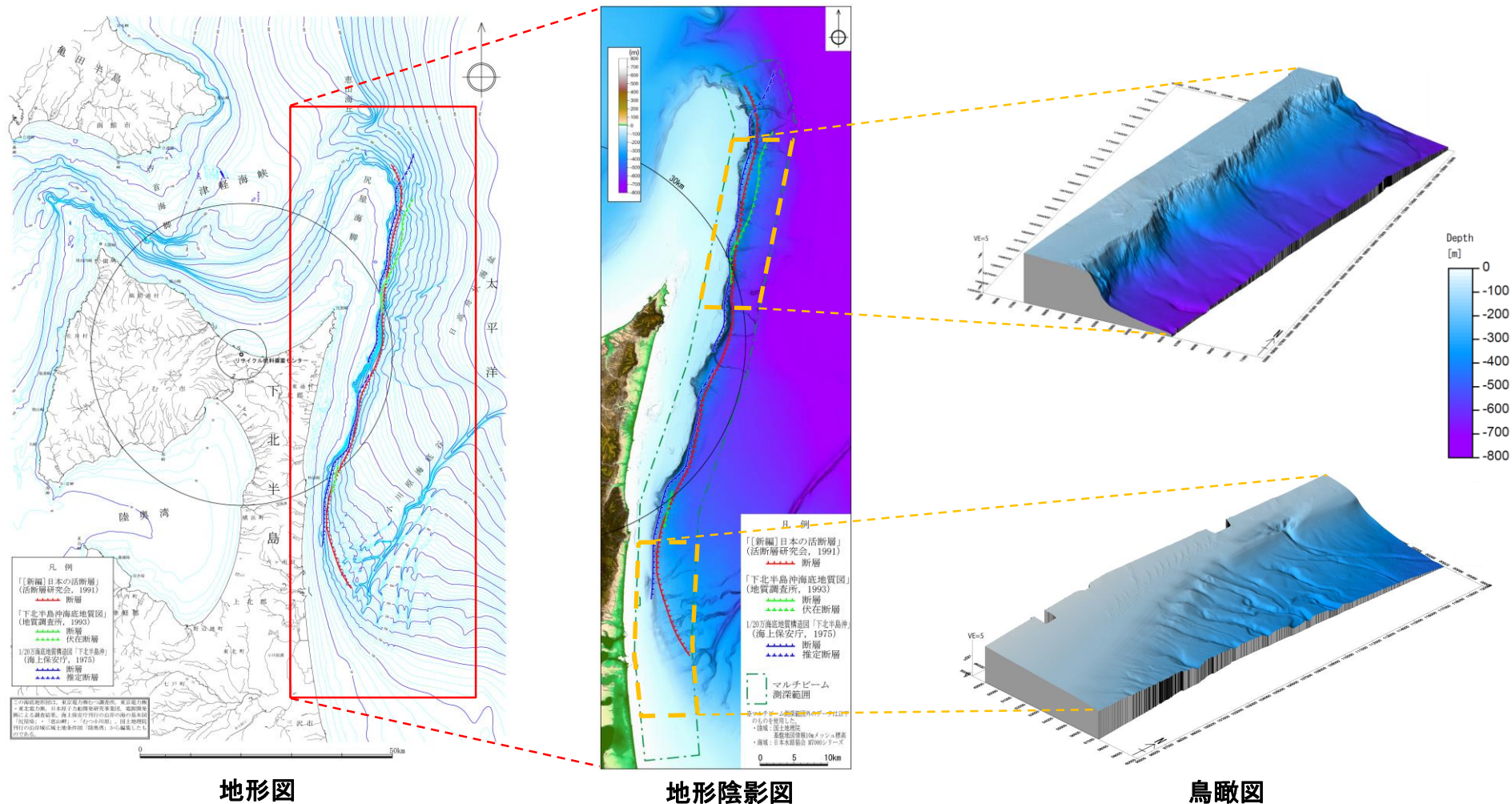
(1) 文献による評価



- 海底地質構造図「下北半島沖」(1975)は、六ヶ所村北部沖から東通村沖の大陸棚外縁に沿ってNNE-SSW走向、長さ約37km、東落ちの断層を示し、さらに、その北方の尻屋海脚東縁に沿って、NNE-SSW走向、長さ約45kmの東落ちの断層を示している。
- 「[新編]日本の活断層」(1991)は、海底地質構造図「下北半島沖」(1975)とほぼ同位置に、崖高200m以上、長さ約84kmの東落ちの活断層を示している。
- 「下北半島沖海底地質図」(1993)は、尻屋海脚東縁に沿ってNNE-SSW走向、長さ約23.5kmの東落ちの断層を示し、そのうち、北部の約19.5km区間は伏在断層としている。また、その南方の物見崎沖にも、大陸棚外縁に沿ってNNE-SSW走向、長さ約6kmの伏在断層を示している。しかし、同文献によれば、エアガン記録の解析結果から、「[新編]日本の活断層」(1991)により活断層が示されている大陸棚外縁部には、少なくとも長さ20kmを超える活断層は存在しないとしている。
- 沿岸の海の基本図「尻屋埼」(1998)には大陸棚外縁に沿う断層は示されていない。
- 池田(2012)は、事業者の海上音波探査記録に地質学的解釈を加筆し、大陸棚外縁断層の動きは最近12年間も継続していると指摘している。

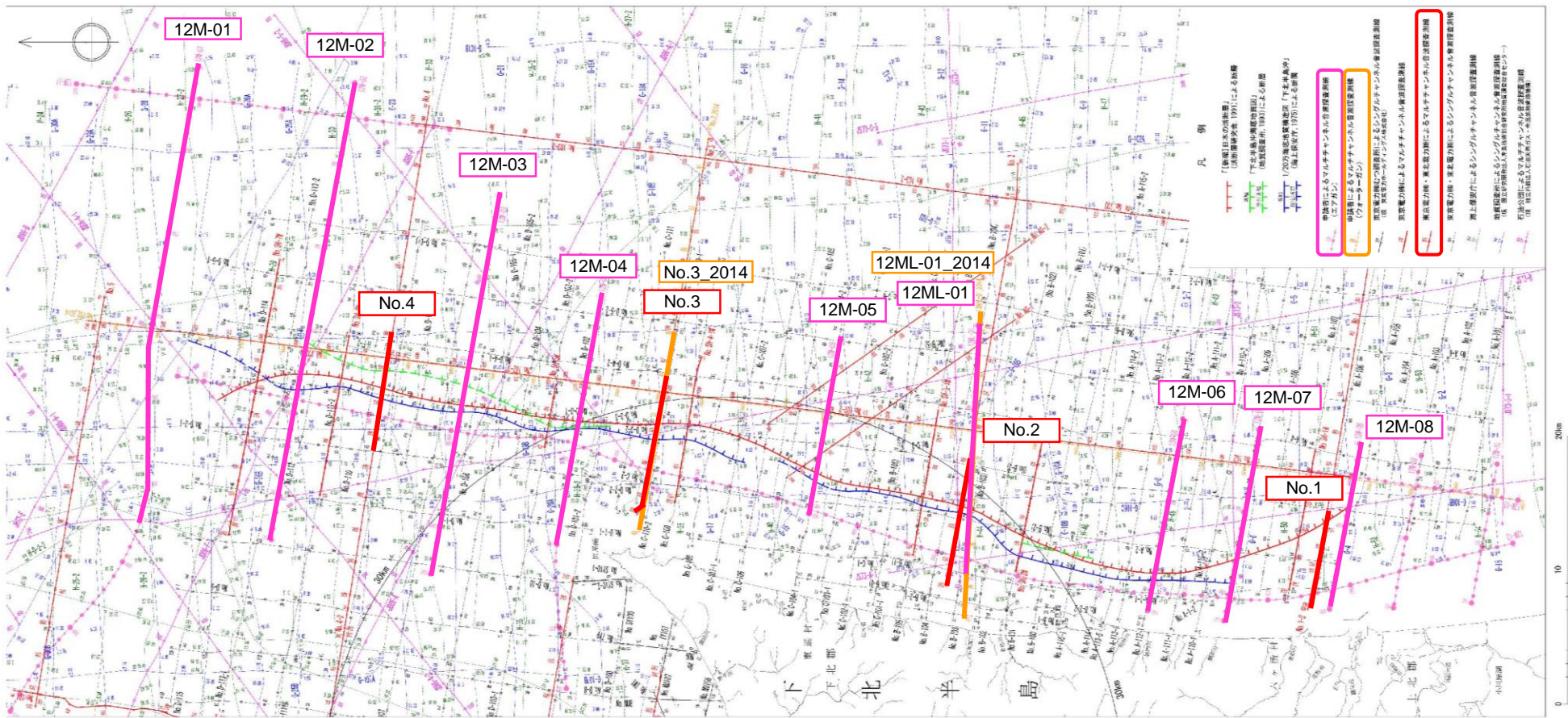
2.2.1 大陸棚外縁断層

(2) 海底地形面調査結果



- 文献により断層が示されている位置付近には、急斜面が認められるものの、そのトレースは直線的ではなく、凹凸を繰り返しており、多くの谷地形が認められる。
- 大陸棚外縁の北部・中部は、急峻な崖地形となっており、浸食が卓越した地形である。
- 大陸棚外縁の南部は、なめらかな斜面地形となっており、堆積が卓越した地形である。

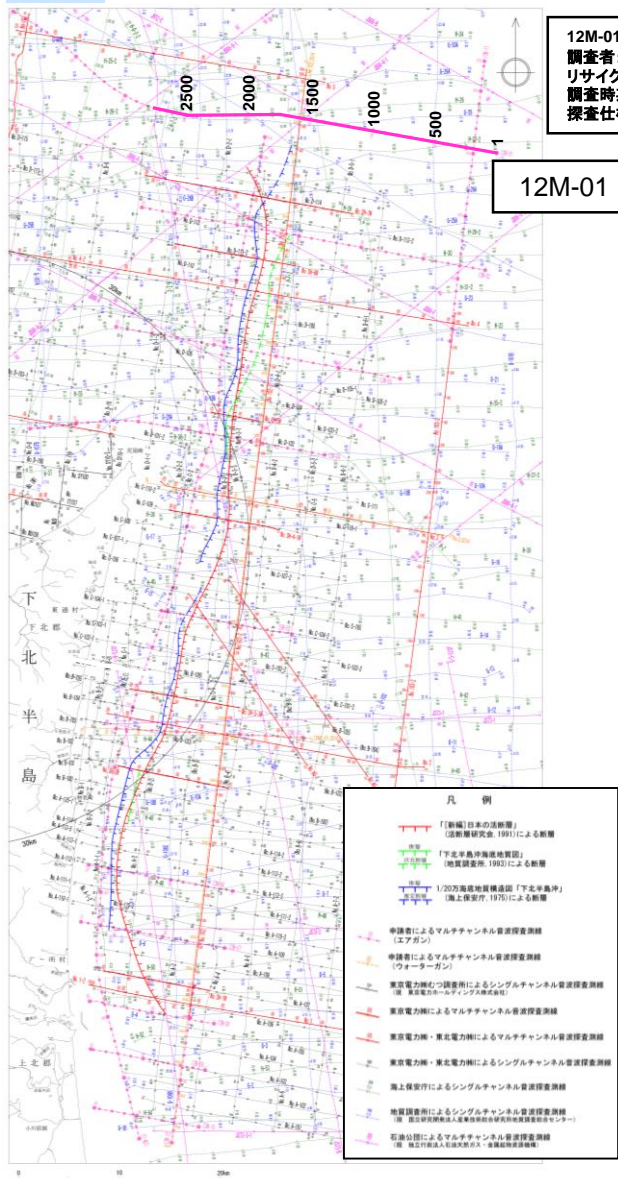
2.2.1 大陸棚外縁断層 (3) 測線位置



大陸棚外縁断層と測線位置図

2.2.1 大陸棚外縁断層

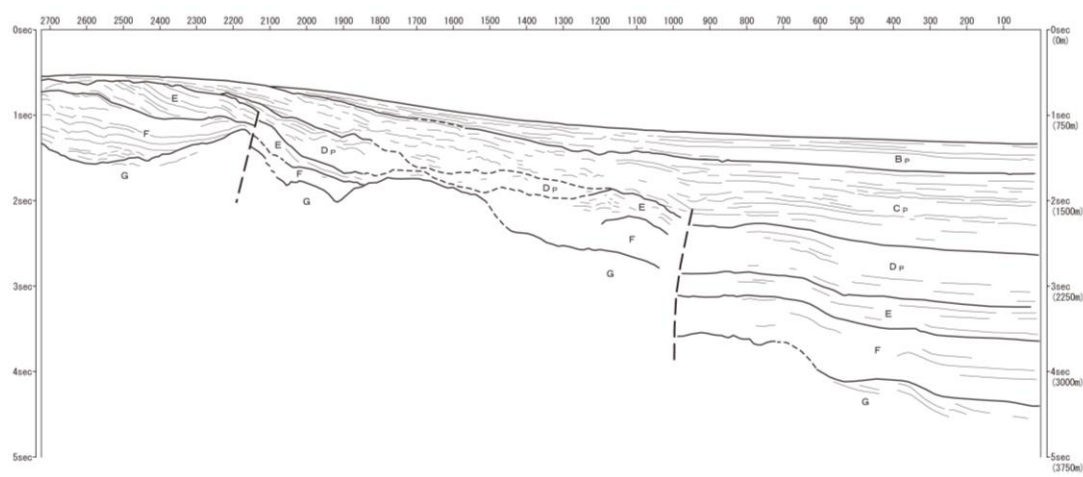
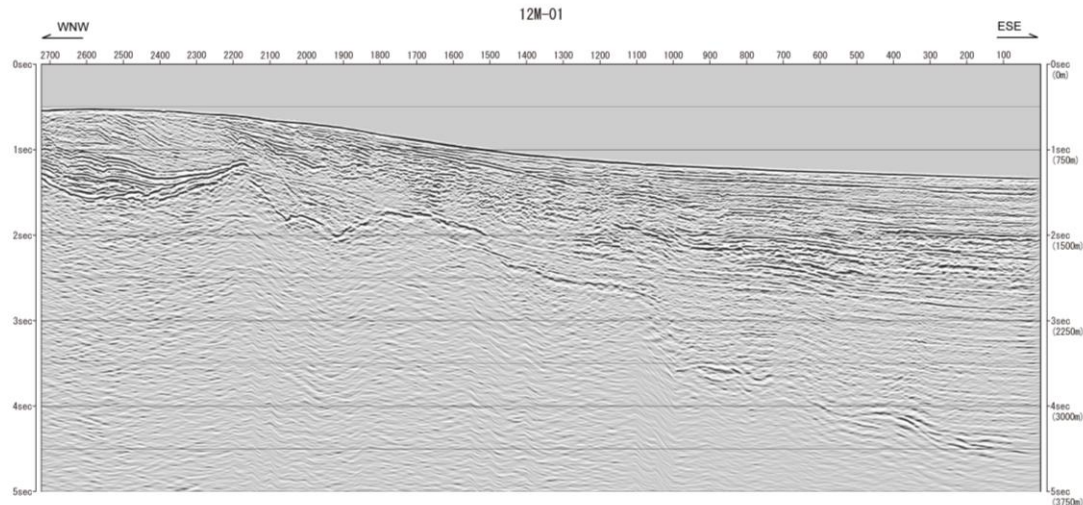
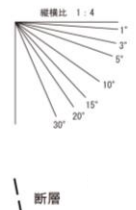
(4) 音波探査記録解析結果 (12M-01測線)



12M-01
調査者: 日本原燃㈱、東京電力㈱、東北電力㈱、
リサイクル燃料貯蔵㈱
調査時期: 2012年、2013年
探査仕様: マルチチャンネル(156ch、エアガン)

12M-01

- 凡例
- (新編)日本の国境線
 - (最新)研究: 1991による新層
 - (最新)研究: 1993による新層
 - 1/20万海底地形構造図「下北半島沖」
 - (海上保安庁: 1970)による新層
 - 申請者によるマルチチャンネル音波探査測線 (エアガン)
 - 申請者によるマルチチャンネル音波探査測線 (ウォーターガン)
 - 東京電力㈱(旧)調査用によるシングルチャンネル音波探査測線 (東京電力カールテック株式会社)
 - 東京電力㈱によるマルチチャンネル音波探査測線
 - 東京電力㈱、東北電力㈱によるマルチチャンネル音波探査測線
 - 東京電力㈱、東北電力㈱によるシングルチャンネル音波探査測線
 - 海上保安庁によるシングルチャンネル音波探査測線
 - 地質調査用によるシングルチャンネル音波探査測線 (独立行政法人地質院地質院地質院地質院地質院)
 - 石油公団によるマルチチャンネル音波探査測線 (独立行政法人石油公団地質院、地質院地質院)

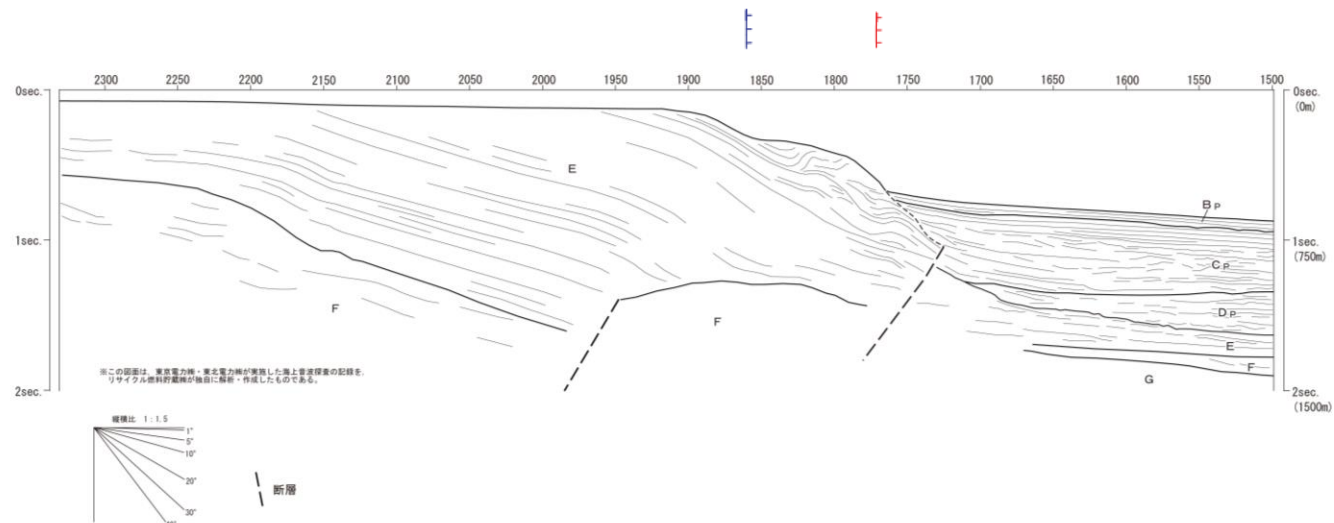
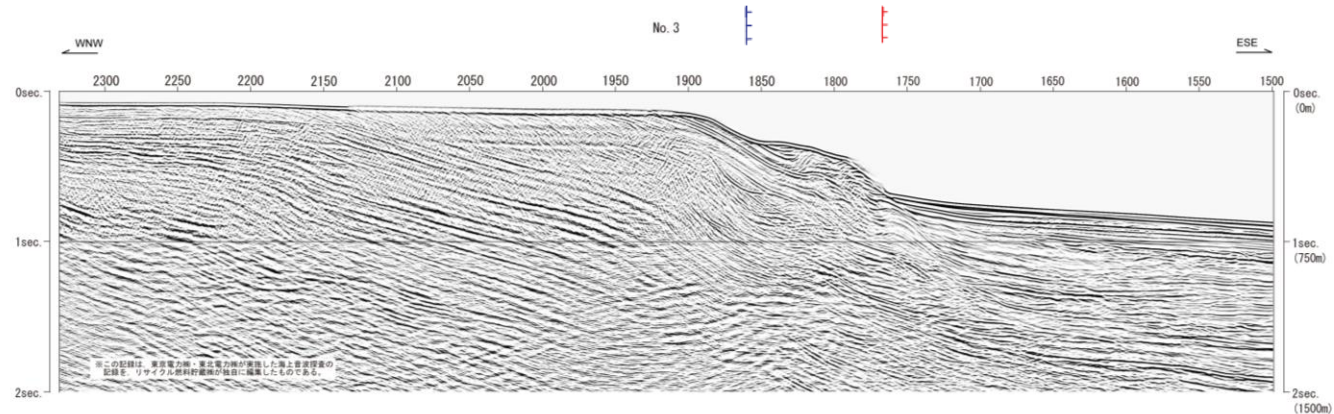
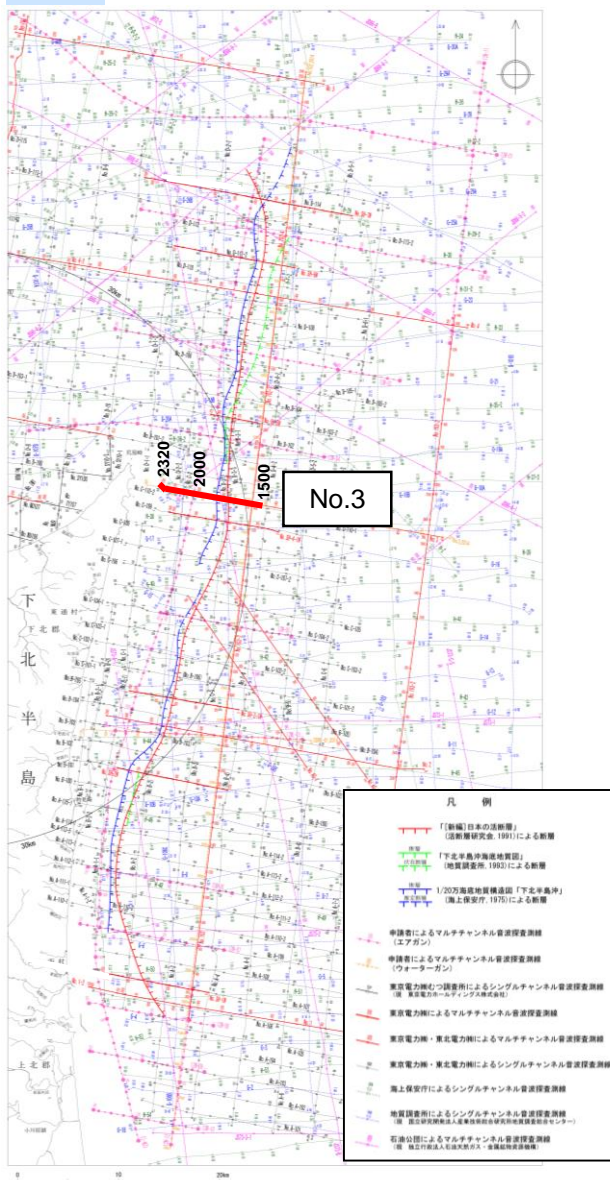


➤ 西側隆起の逆断層が推定されるが、C_p層上部及びB_p/C_p境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(4) 音波探査記録解析結果 (No. 3測線)

No.3
調査者: 東京電力(株)、東北電力(株)
調査時期: 1995年
探査仕様: マルチチャンネル(48ch、Gtガン)

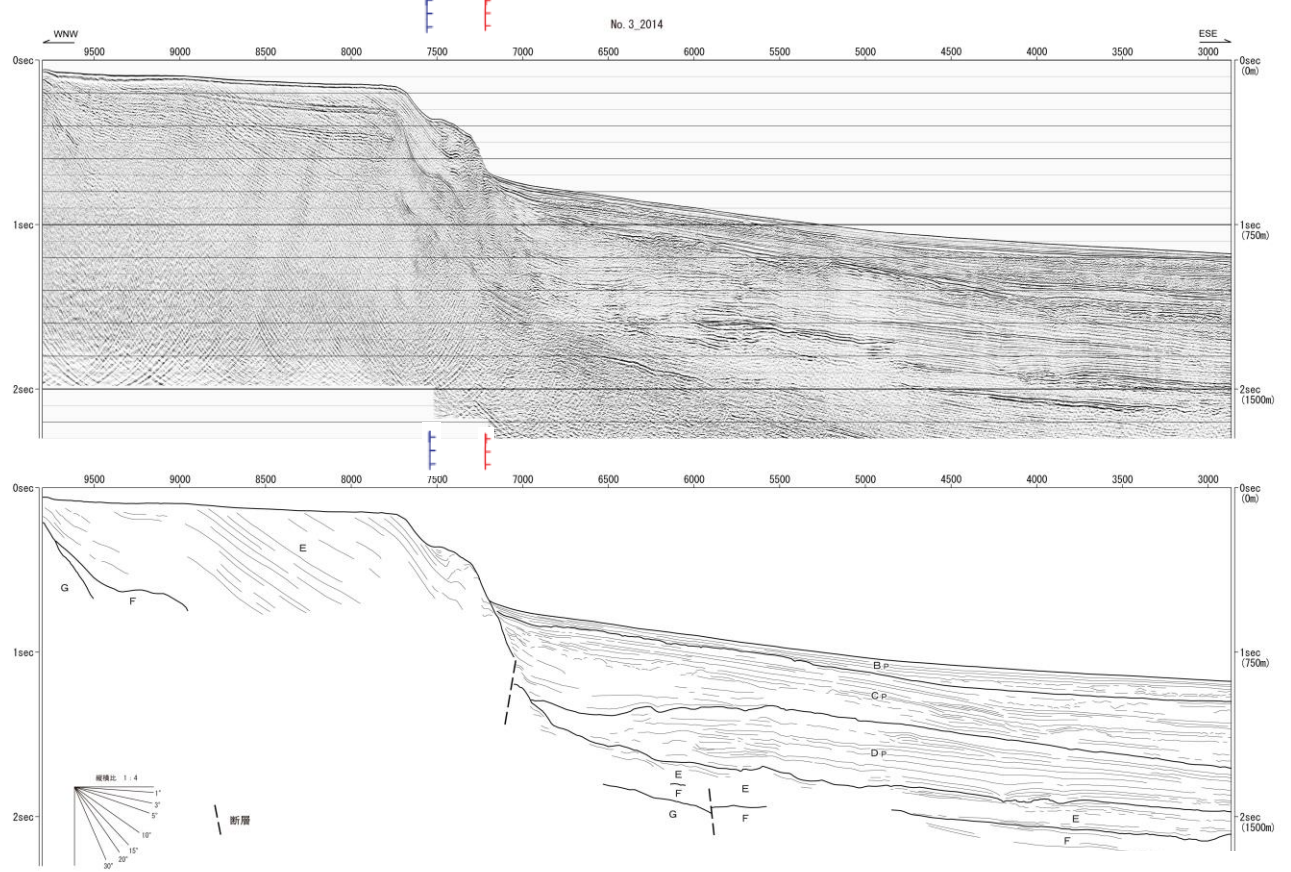
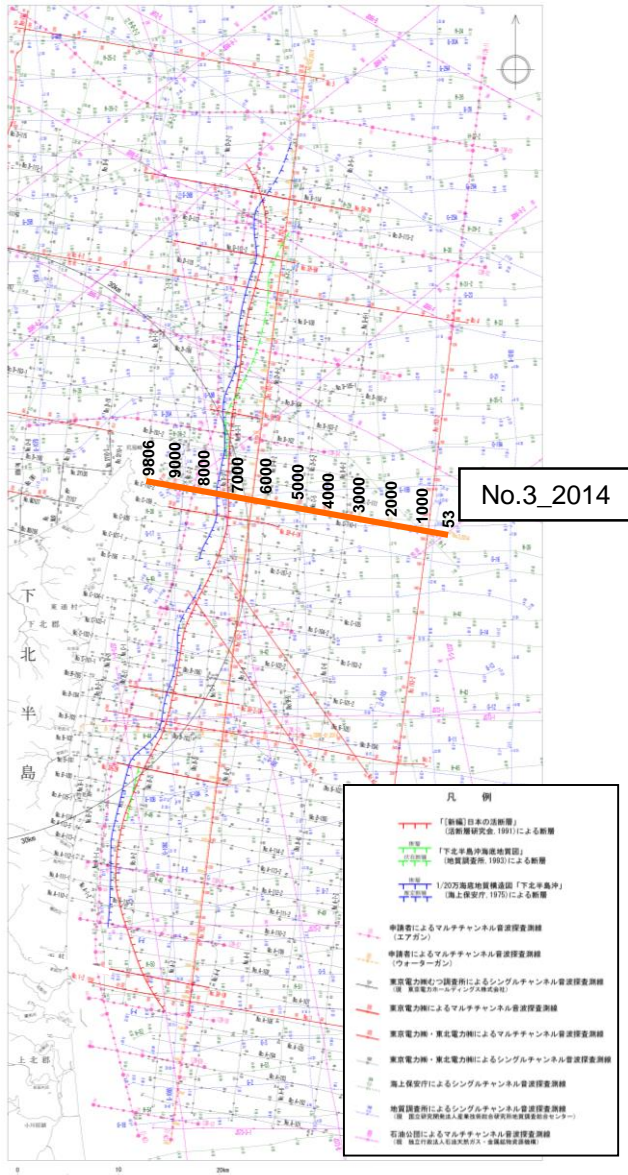


➤ 文献の示す断層位置付近において西側隆起の断層が推定されるが、 C_p 層上部及び B_p/C_p 境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(4) 音波探査記録解析結果 (No.3_2014測線)

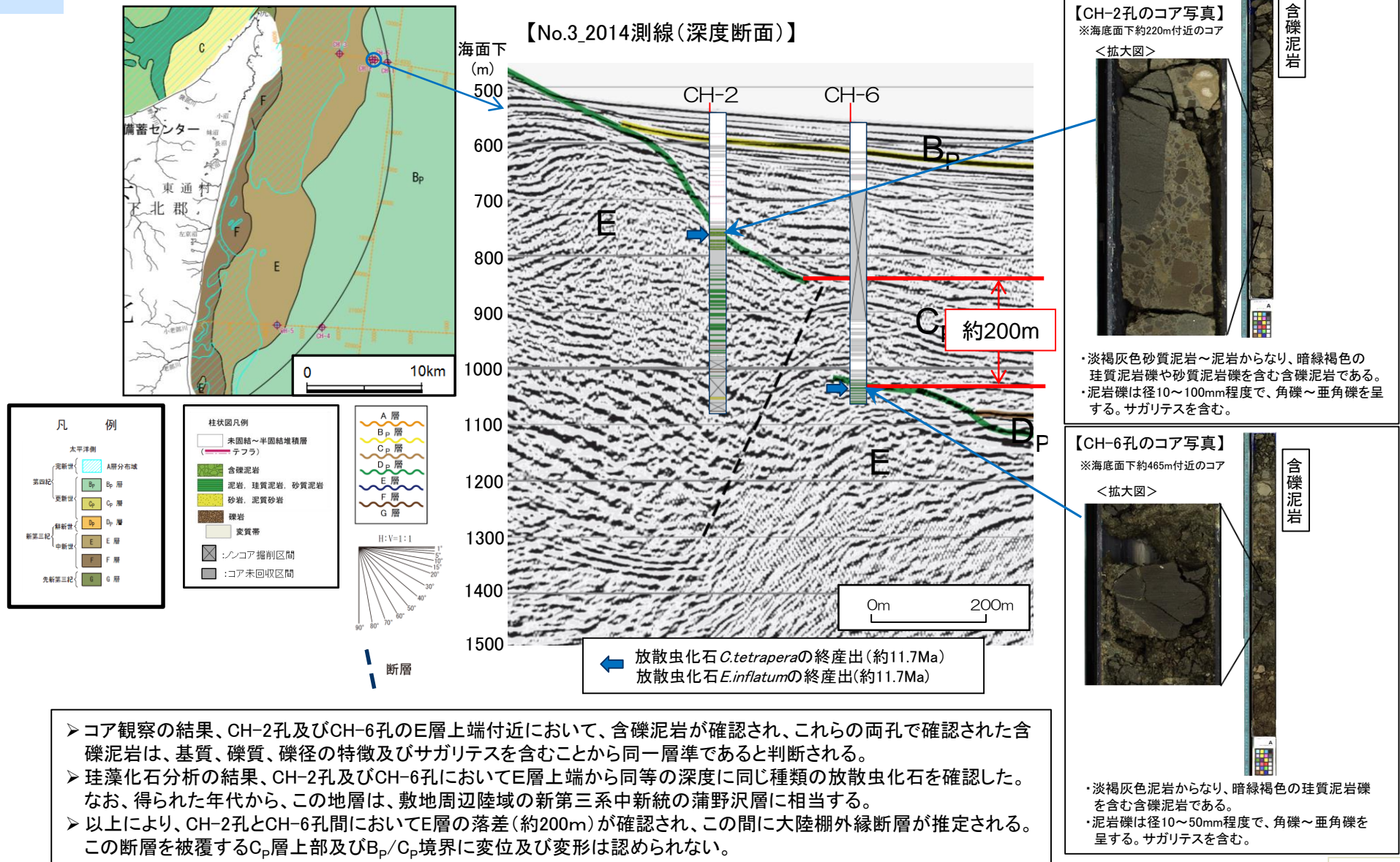
No.3_2014
調査者: 日本原燃㈱、東京電力㈱、東北電力㈱、リサイクル燃料貯蔵㈱
調査時期: 2014年
探査仕様: マルチチャンネル(48ch、ウォーターガン)



➤ 浅部構造をより詳細に確認できるNo.3_2014測線の音波探査結果においても、文献の示す断層位置付近において西側隆起の断層が推定されるが、C_p層上部及びB_p/C_p境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(4) 音波探査記録解析結果 (No.3_2014測線のE層の落差に係る検討)

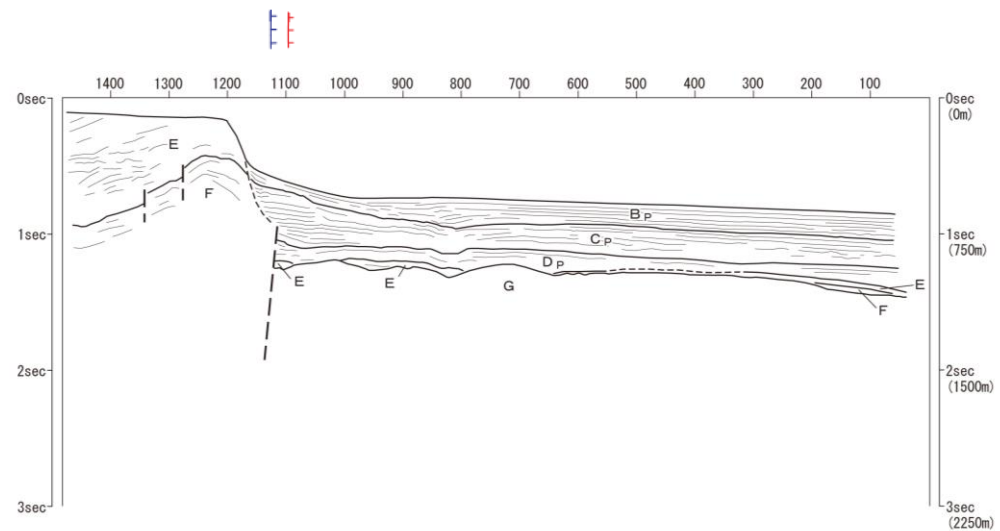
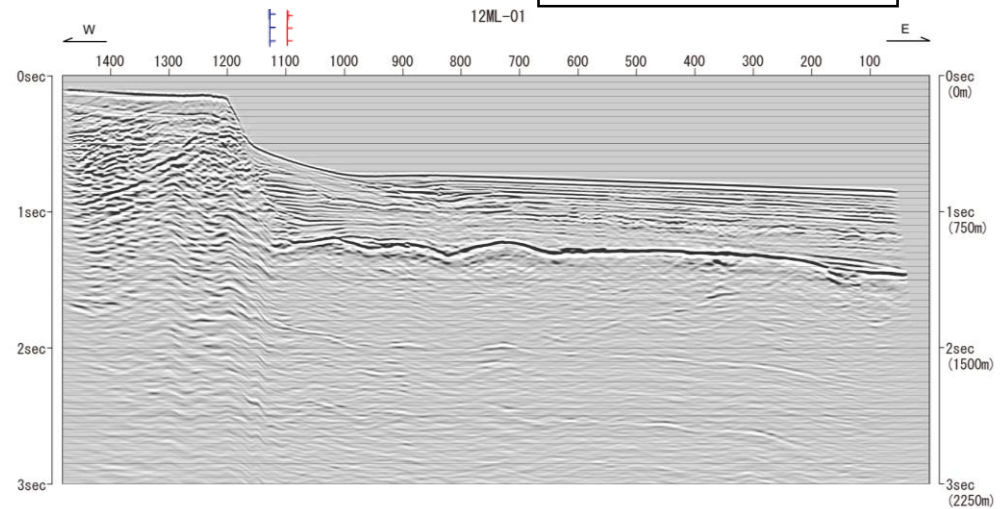
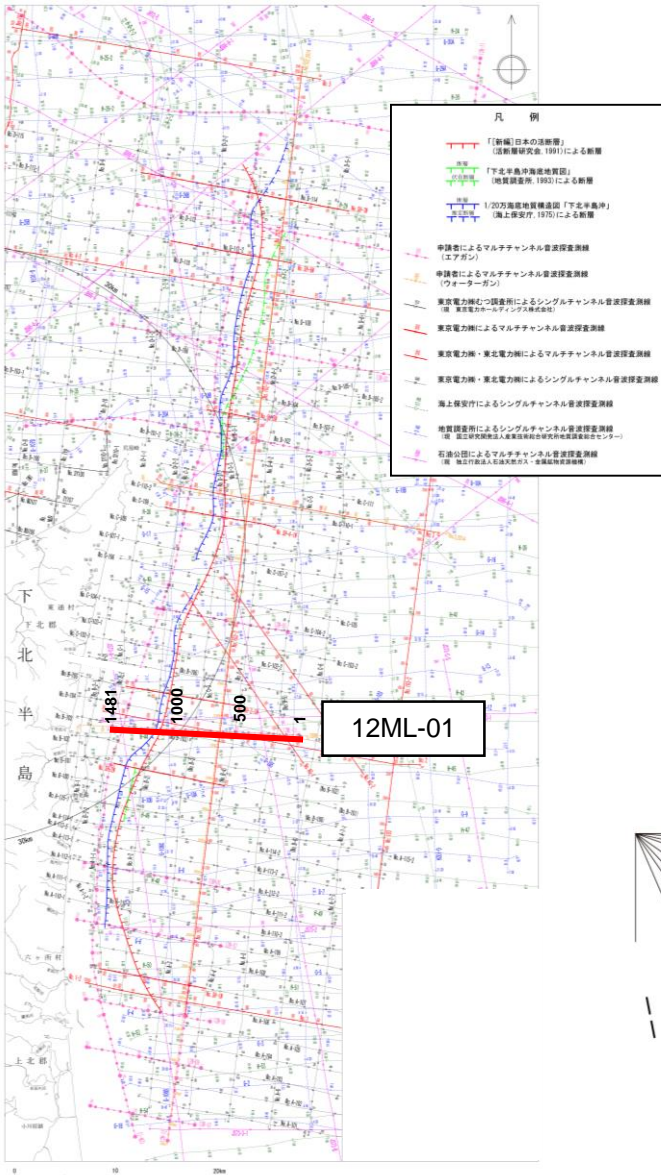


- ▶ コア観察の結果、CH-2孔及びCH-6孔のE層上端付近において、含礫泥岩が確認され、これらの両孔で確認された含礫泥岩は、基質、礫質、礫径の特徴及びサガリテスを含むことから同一層準であると判断される。
- ▶ 珪藻化石分析の結果、CH-2孔及びCH-6孔においてE層上端から同等の深度に同じ種類の放射虫化石を確認した。なお、得られた年代から、この地層は、敷地周辺陸域の新第三系中新統の蒲野沢層に相当する。
- ▶ 以上により、CH-2孔とCH-6孔間においてE層の落差(約200m)が確認され、この間に大陸棚外縁断層が推定される。この断層を被覆するC_p層上部及びB_p/C_p境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(4) 音波探査記録解析結果 (12ML-01測線)

12ML-01
調査者: 日本原燃㈱、東京電力㈱、東北電力㈱、
リサイクル燃料貯蔵㈱
調査時期: 2012年、2013年
探査仕様: マルチチャンネル(156ch、エアガン)

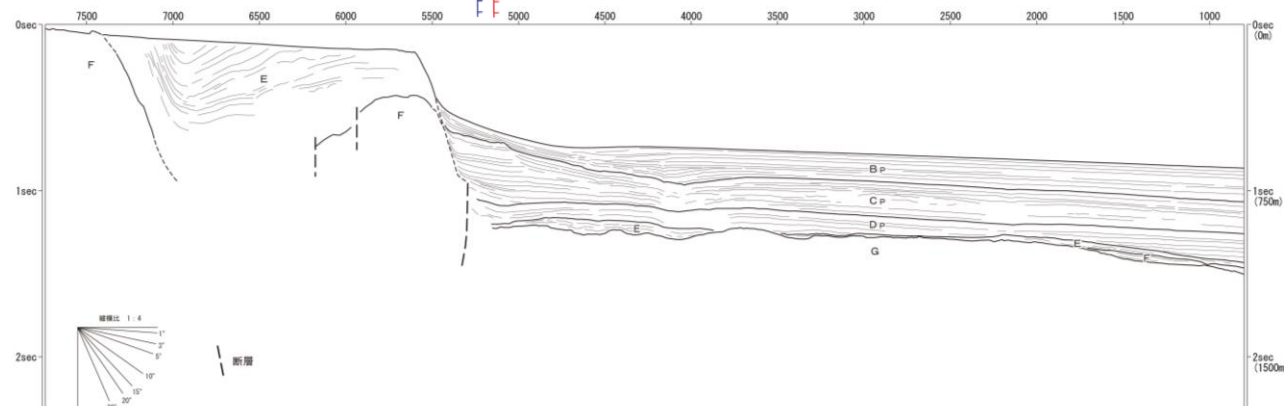
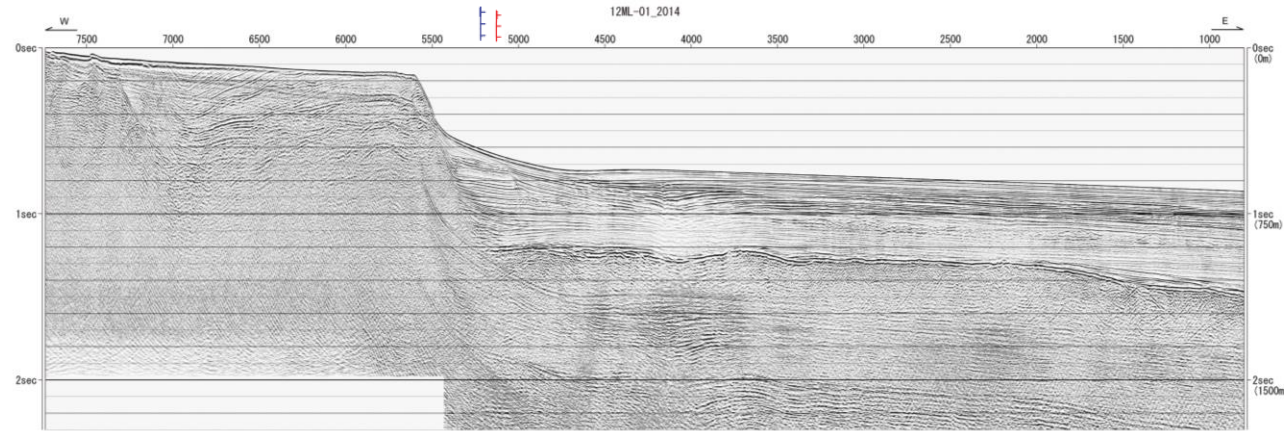
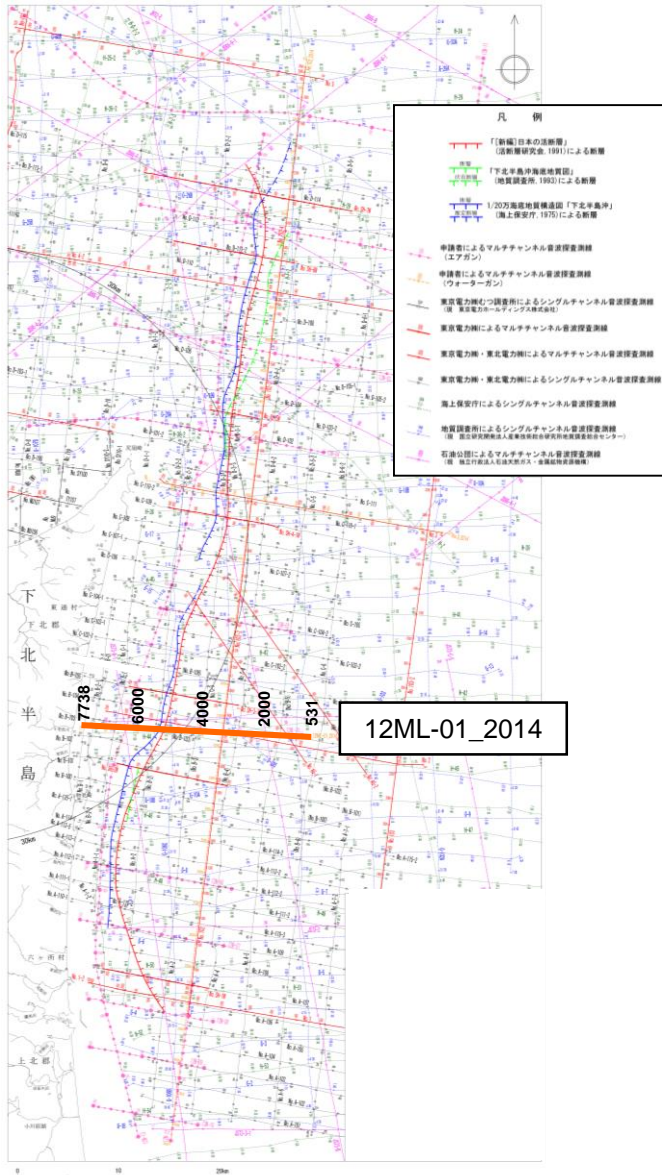


➤ 文献の示す断層位置付近において西側隆起の断層が推定されるが、 C_p 層上部及び B_p/C_p 境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(4) 音波探査記録解析結果 (12ML-01_2014測線)

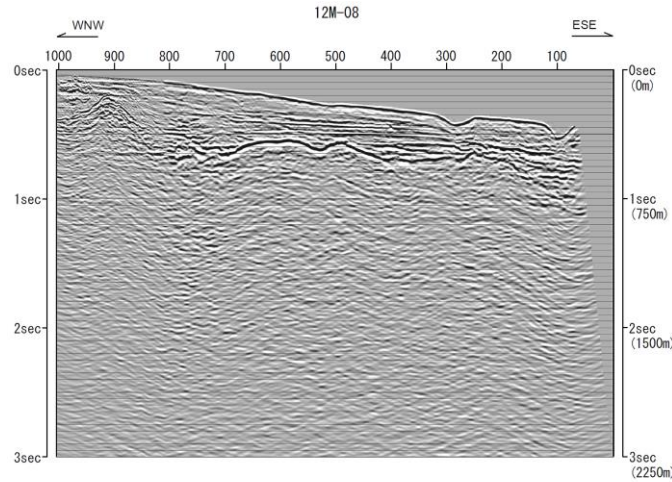
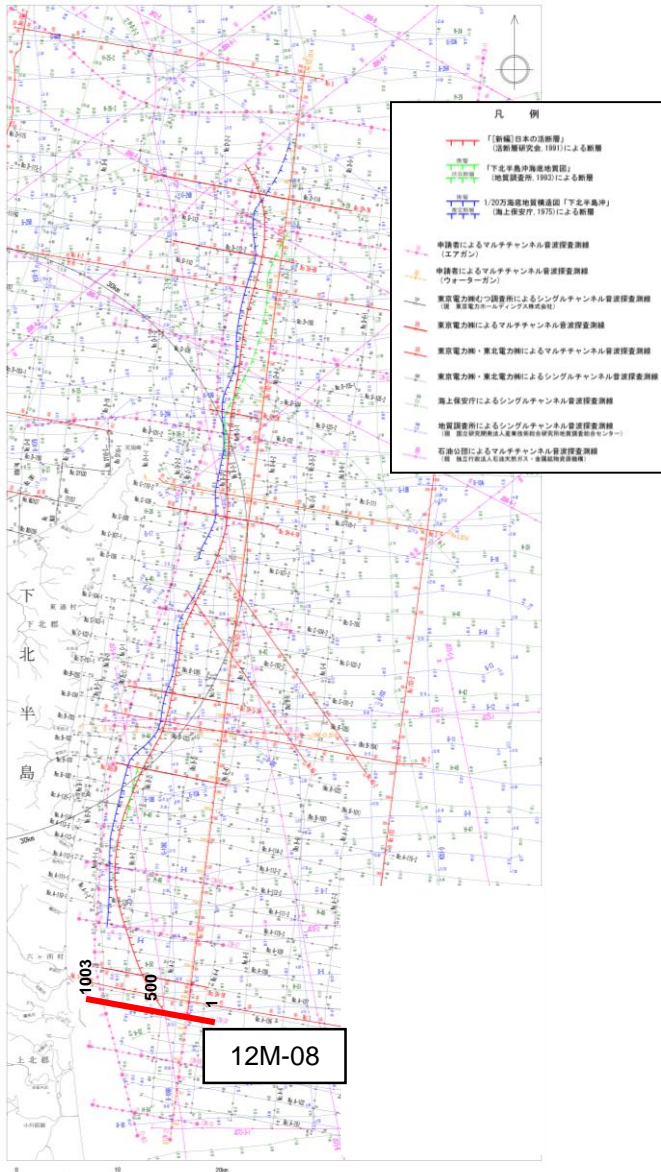
12ML-01_2014
調査者: 日本原燃㈱、東京電力㈱、東北電力㈱、リサイクル燃料貯蔵㈱
調査時期: 2014年
探査仕様: マルチチャンネル(48ch、ウォーターガン)



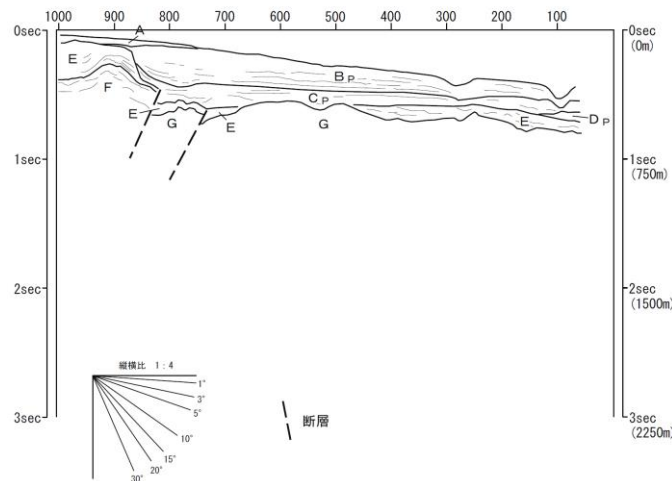
➤ 浅部構造をより詳細に確認できる12ML-01_2014測線の音波探査結果においても、文献の示す断層位置付近において西側隆起の断層が推定されるが、C_p層上部及びB_p/C_p境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(4) 音波探査記録解析結果 (12M-08測線)



12M-08
調査者: 日本原燃㈱、東京電力㈱、東北電力
㈱、リサイクル燃料貯蔵㈱
調査時期: 2012年、2013年
探査仕様: マルチチャンネル(156ch、エアガン
/48ch、エアガン)



➤ 西側隆起の逆断層が推定されるが、B_p/C_p境界に変位及び変形は認められない。

2.2.1 大陸棚外縁断層

(5) 総合評価

【海底地形面調査結果】

- 海底地形面調査の結果、文献により断層が示されている位置付近には、急斜面が認められるものの、そのトレースは直線的ではなく、凹凸を繰り返しており、多くの谷地形が認められる。

【海上ボーリング調査結果】

- 海上ボーリング調査で採取した試料の火山灰分析及び微化石分析の結果、棚下においてはOs-2(約0.27Maの軽石)を確認し、その分布深度は既往の地質解釈におけるB_p/C_p境界の深度と整合的である。また、棚上については、陸域の蒲野沢層相当の地層(リフト期に堆積した地層)すなわちE層であることが確認され、既往の地質解釈と整合的である。
- No.3_2014測線上のCH-2孔とCH-6孔の海上ボーリング調査の結果、2孔間においてE層の落差が確認され、この間に大陸棚外縁断層が推定される。

【海上音波探査結果】

- 海上音波探査の結果、尻屋海脚東縁部から東通村老部川沖の大陸棚外縁部を経て鷹架沼沖の大陸棚に至る海域において、西側隆起の断層が推定され、全区間においてC_p層下部に変位あるいは変形が認められるものの、いずれの測線においても、B_p/C_p境界に変位及び変形は認められない。

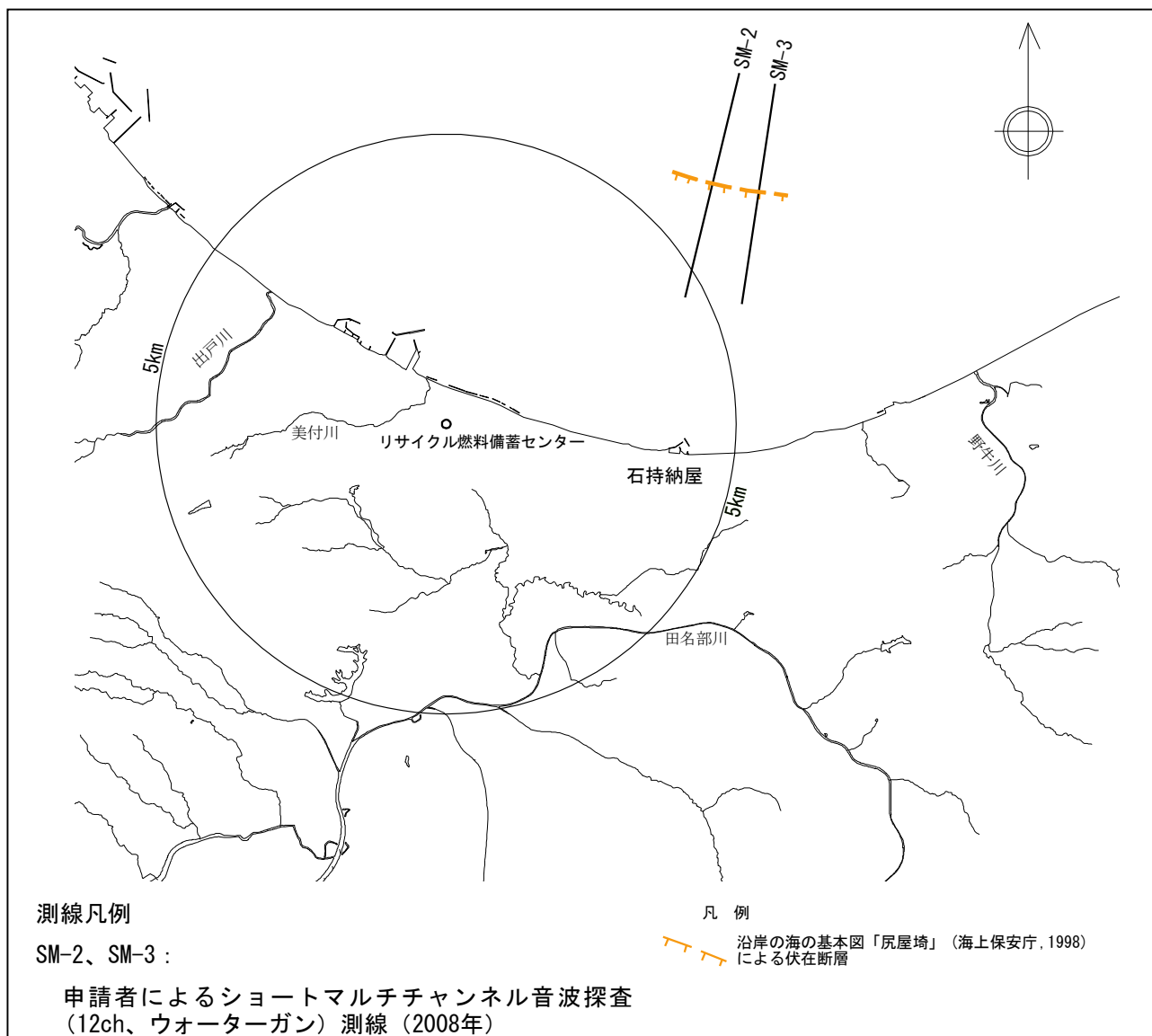


大陸棚外縁断層の後期更新世以降の活動はないものと判断される。

余白

2.2.2 石持納屋沖の伏在断層

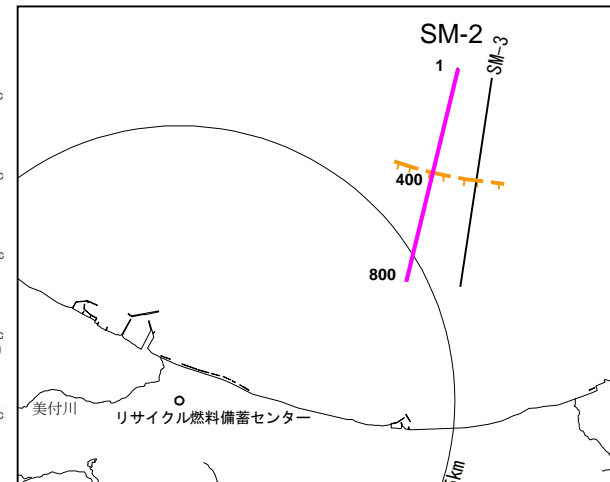
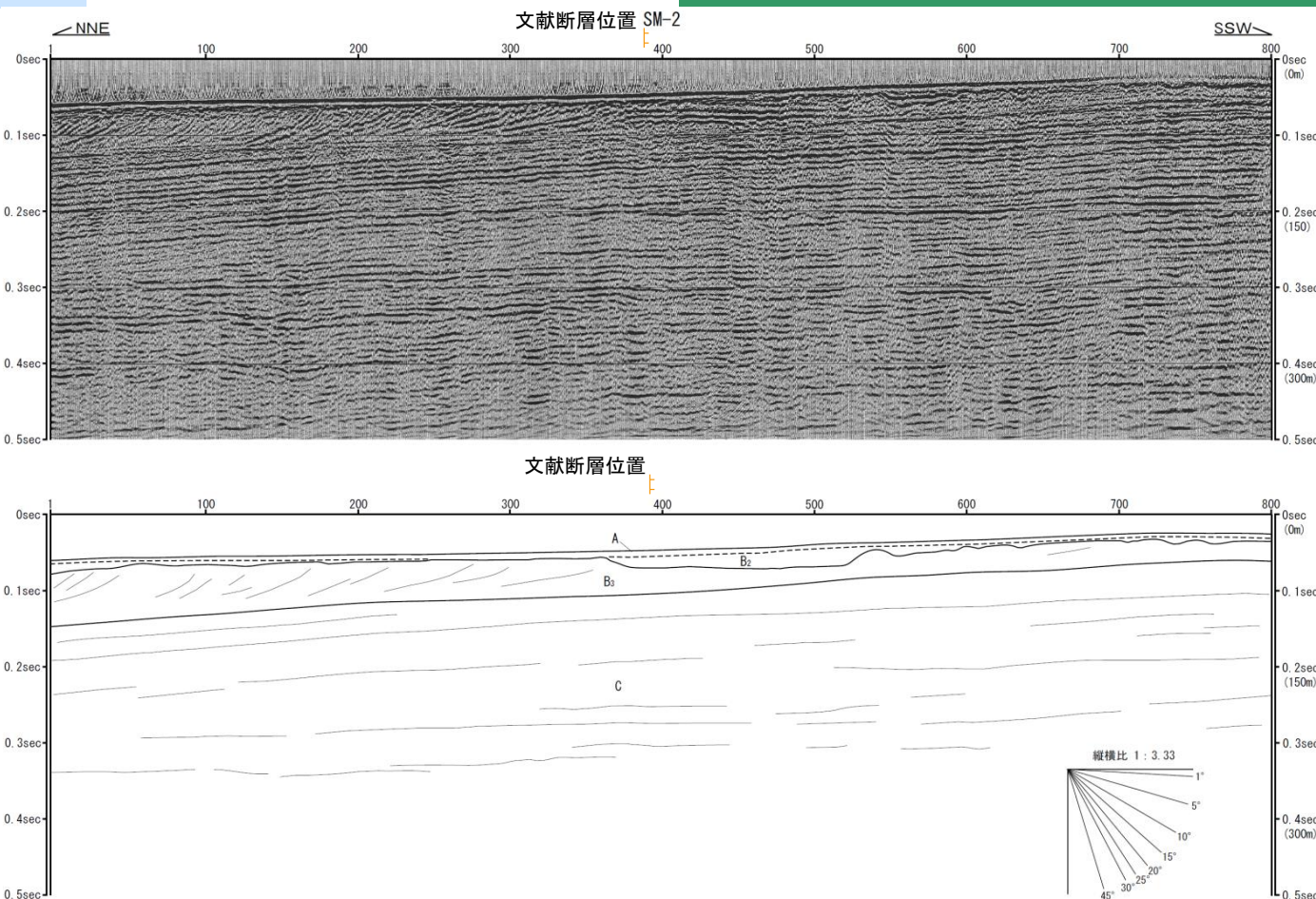
(1) 文献による評価



- 沿岸の海の基本図「尻屋埼」(1998)は、東通村石持納屋沖の大陸棚にWNW-ESE走向、長さ約2km、南落ちの伏在断層を示している。

石持納屋沖の伏在断層位置図

2.2.2 石持納屋沖の伏在断層 (2) 音波探査記録解析結果①



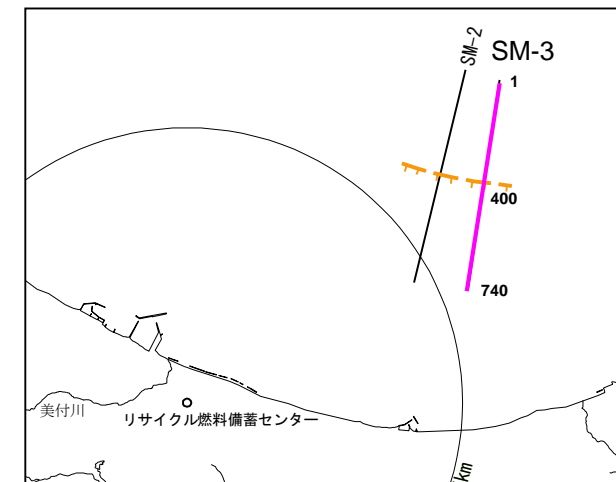
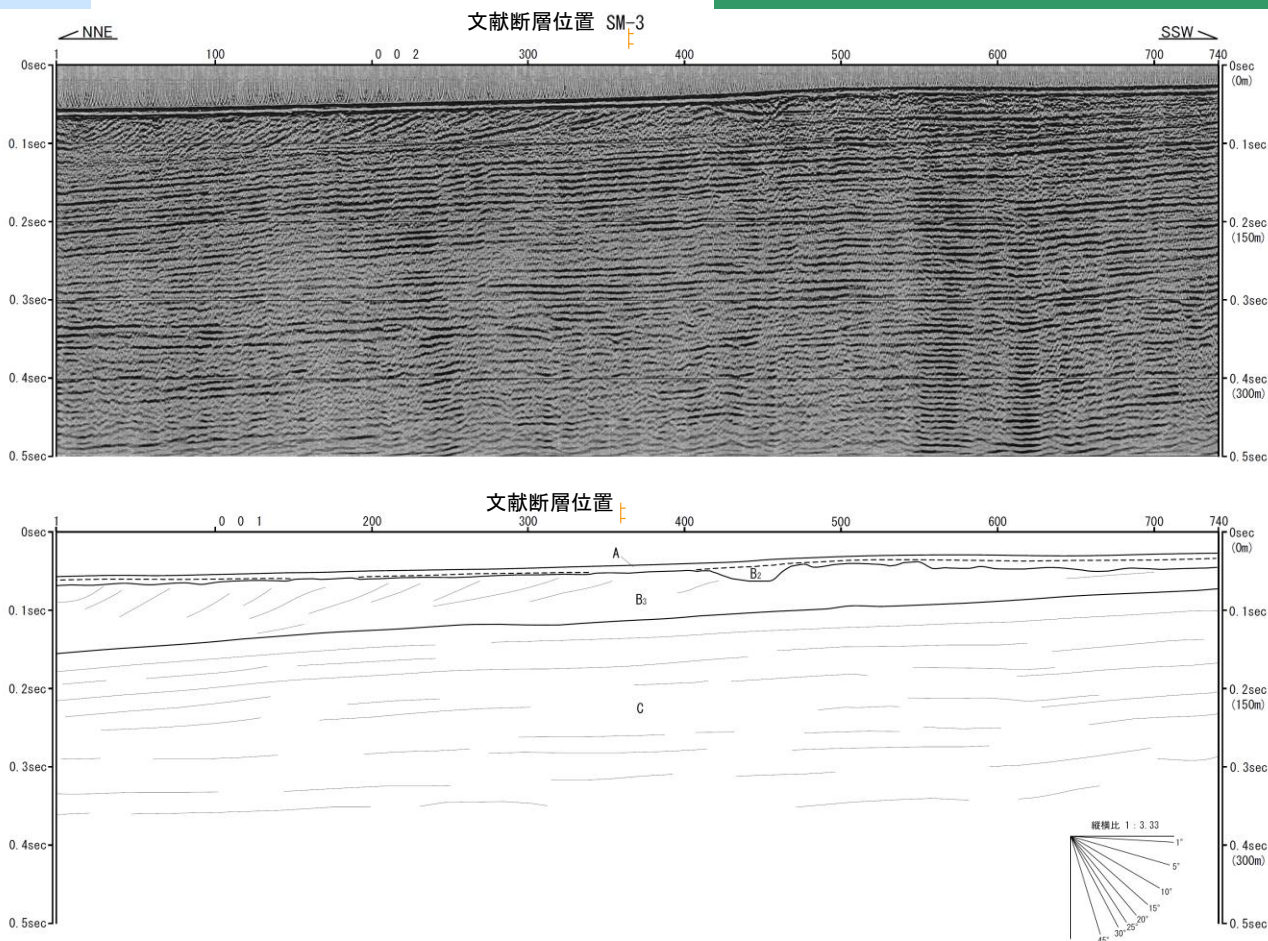
SM-2
調査者:リサイクル燃料貯蔵(株)
調査時期:2008年
探査仕様:ショートマルチチャンネル
(12ch, ウォーターガン)

石持納屋沖の音波探査記録
及び海底地質断面図

- 伏在断層が示されている位置付近では、広範囲においてC層が緩傾斜を示しており、断層による変位及び変形は認められない。
- この付近には、B₃部層を削り込んでB₂部層が埋積している埋積谷が認められ、伏在断層が示されている位置は埋積谷の北谷壁にほぼ対応している。

2.2.2 石持納屋沖の伏在断層

(2) 音波探査記録解析結果②



SM-3
 調査者:リサイクル燃料貯蔵(株)
 調査時期:2008年
 探査仕様:ショートマルチチャンネル
 (12ch, ウォーターガン)

石持納屋沖の音波探査記録及び
海底地質断面図

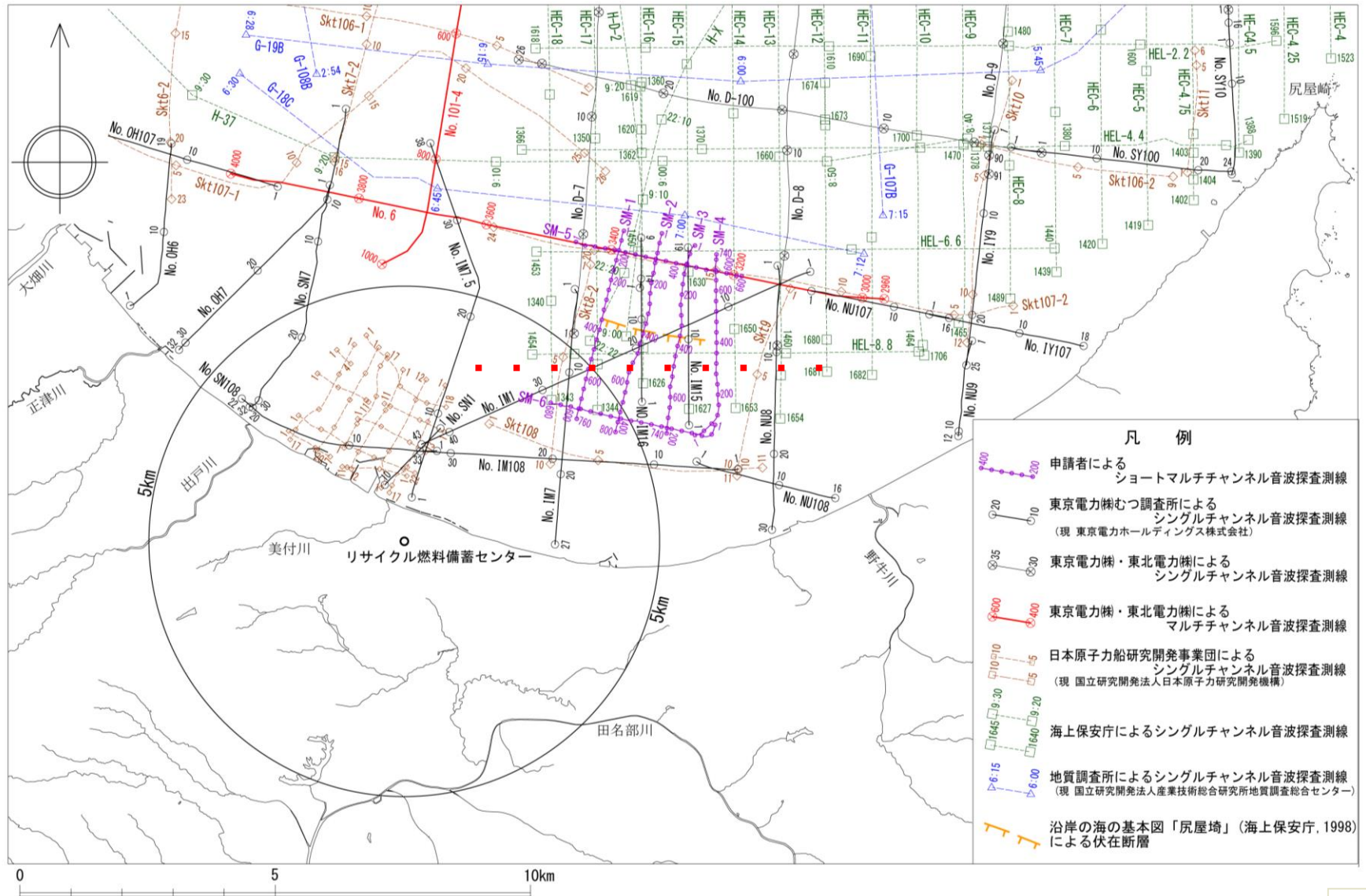
- 伏在断層が示されている位置付近では、広範囲においてC層が緩傾斜を示しており、断層による変位及び変形は認められない。
- この付近には、B₃部層を削り込んでB₂部層が埋積している埋積谷が認められ、伏在断層が示されている位置は埋積谷の北谷壁にほぼ対応している。

2.2.2 石持納屋沖の伏在断層

(3) 総合評価

- 文献により伏在断層が示される位置は、 B_3 部層を削り込んで B_2 部層が埋積している埋積谷が認められ、伏在断層が示されている位置は埋積谷の北谷壁にほぼ対応している。
- B_3 部層の直下のC層内に変位及び変形が認められないことから、同位置には断層は存在しないものと判断される。

2.2.2 石持納屋沖の伏在断層 (4) 参考資料 (測線図)

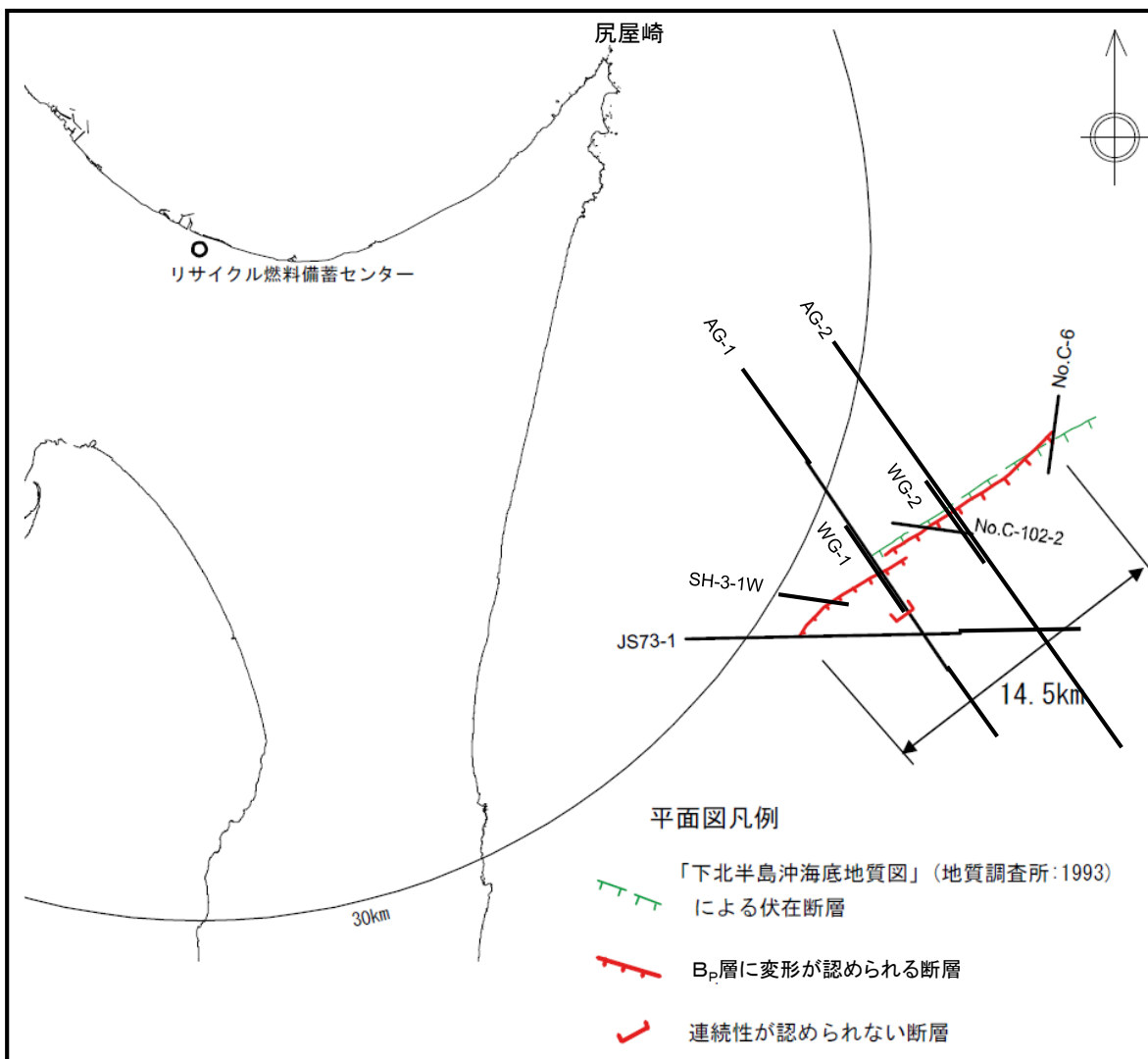


2. 敷地周辺海域の地質・地質構造

2. 3 敷地周辺海域の断層評価（敷地の中心から半径30km以遠）

2.3.1 尻屋崎南東沖断層層

(1) 文献による評価



尻屋崎南東沖断層位置図

測線凡例

No. C-6、No. C-102-2:

東京電力(株)・東北電力(株)によるシングルチャンネル音波探査(スーパーカー)測線(1977、1978年)

AG-1、AG-2:

東京電力(株)・東北電力(株)によるマルチチャンネル音波探査(48ch、エアガン)測線(2008年)

WG-1、WG-2:

東京電力(株)・東北電力(株)によるショートマルチチャンネル音波探査(12ch、ウォーターガン)測線(2008年)

SH-3-1W:

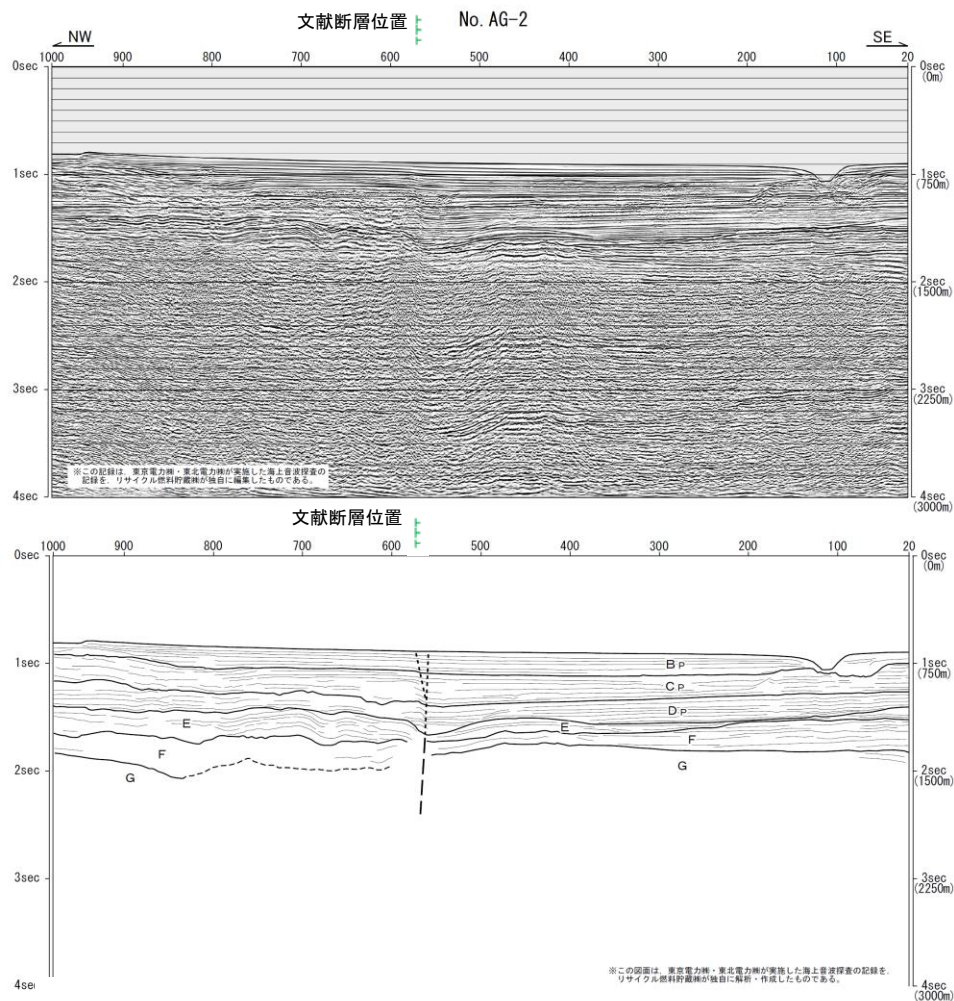
東京電力(株)によるマルチチャンネル音波探査(12ch、ウォーターガン)測線(1987、1988年)

JS73-1:

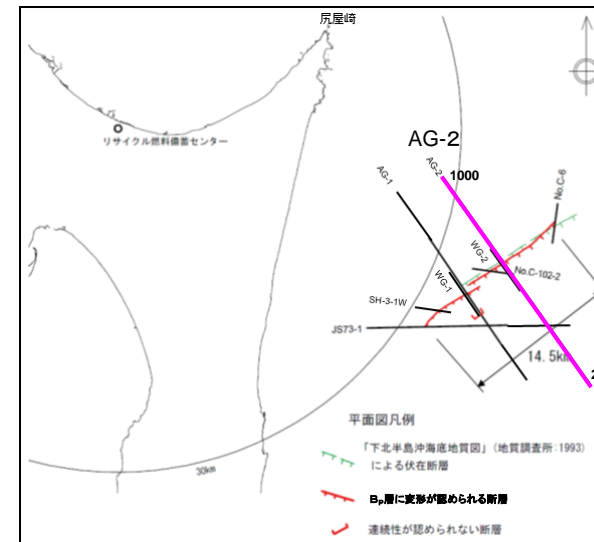
石油公団によるマルチチャンネル音波探査(48ch、エアガン)測線(1973年)(現 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

- 「下北半島沖海底地質図」(1993)は、尻屋崎南東沖の大陸斜面に、NE-SW走向、長さ約11.5kmの南東落ちの伏在断層を示している。

2.3.1 尻屋崎南東沖断層層 (2) 音波探査記録解析結果 (No. AG-2測線)



No. AG-2 調査者:東京電力(株)・東北電力(株)、調査時期:2008年、
探査仕様:マルチチャンネル (48ch、エアガン)

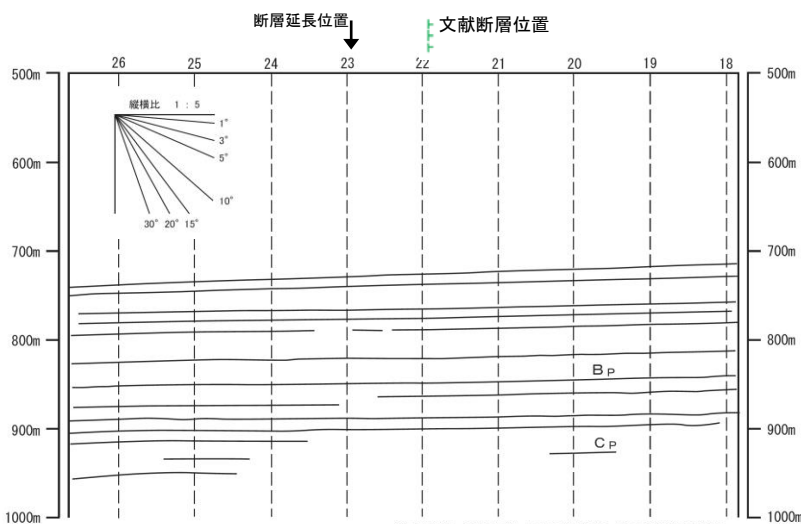
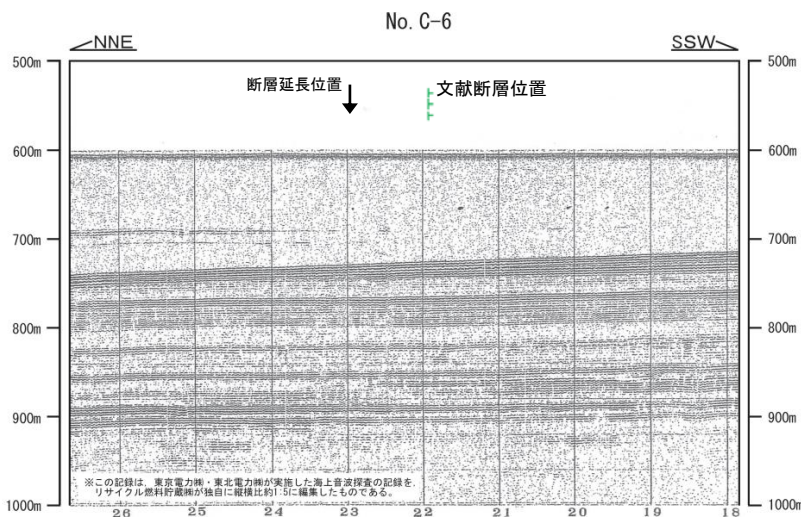


尻屋崎南東沖断層の音波探査記録及び海底地質断面図

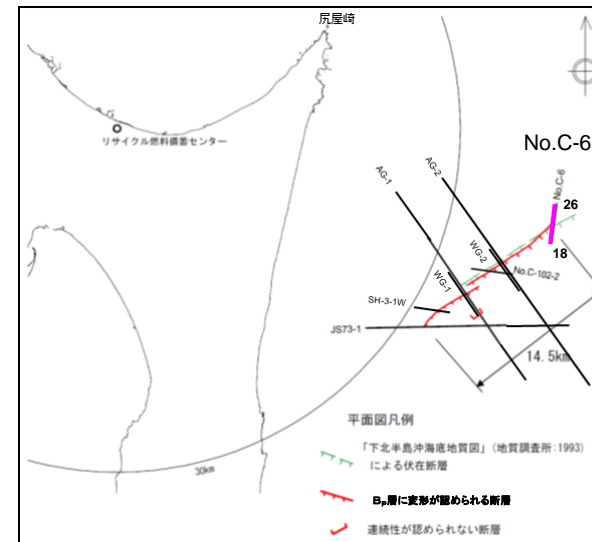
➤ 文献により断層が示されている位置付近において、E層以下の地層に断層が推定され、B_p層まで變形が及んでいる。

2.3.1 尻屋崎南東沖断層

(2) 音波探査記録解析結果 (No. C-6測線 (北端))



No. C-6 調査者:東京電力(株)・東北電力(株)、調査時期:1977、1978年、
探査仕様:シングルチャンネル (スーパーカー)



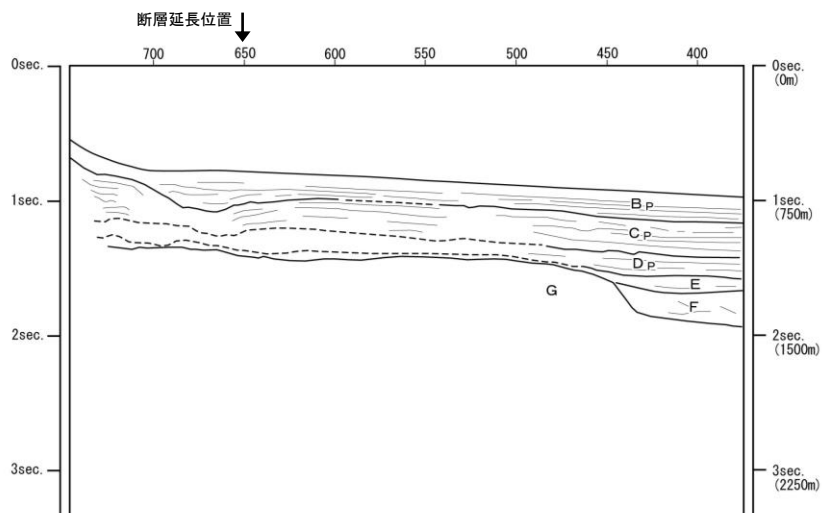
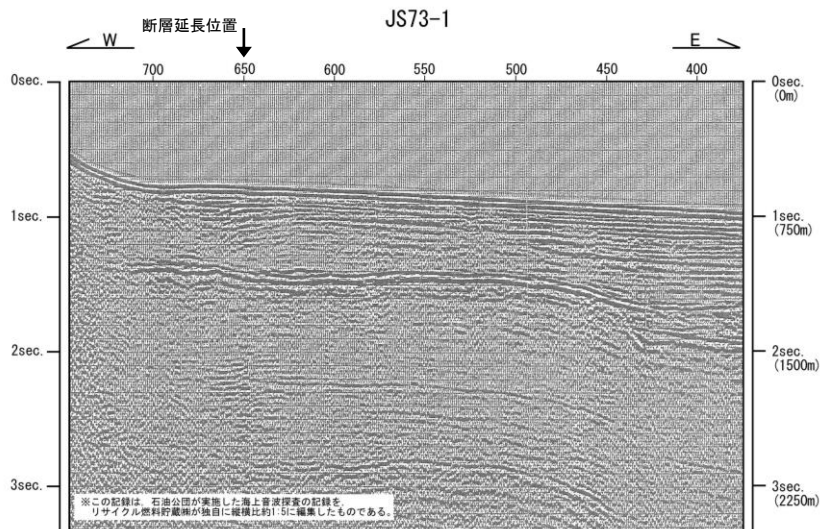
断層 撓曲

尻屋崎南東沖断層の音波探査記録及び海底地質断面図

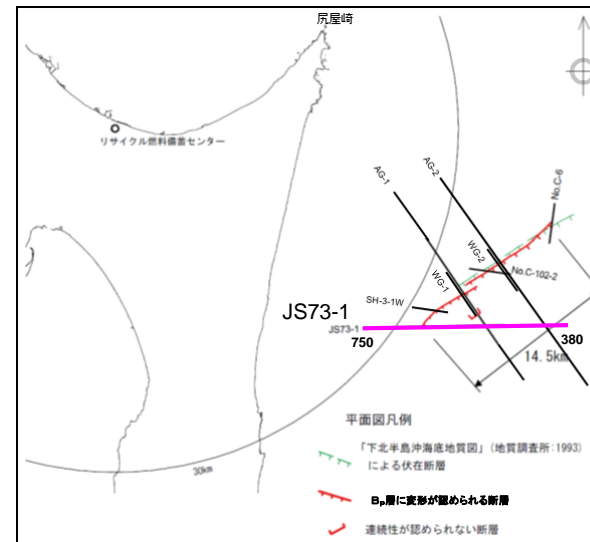
➤ B_p/C_p境界に変位及び変形は認められないことから、当該測線位置を北端として評価する。

2.3.1 尻屋崎南東沖断層

(2) 音波探査記録解析結果 (No. JS73-1 (南端))



JS73-1 調査者:石油公団(現 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)、
調査時期:1973年、探査仕様:マルチチャンネル(48ch、エアガン)



尻屋崎南東沖断層の音波探査記録及び海底地質断面図

➤ G層上面の強い反射面が連続的に確認され、変位及び変形が認められないことから、当該測線を南端として評価する。

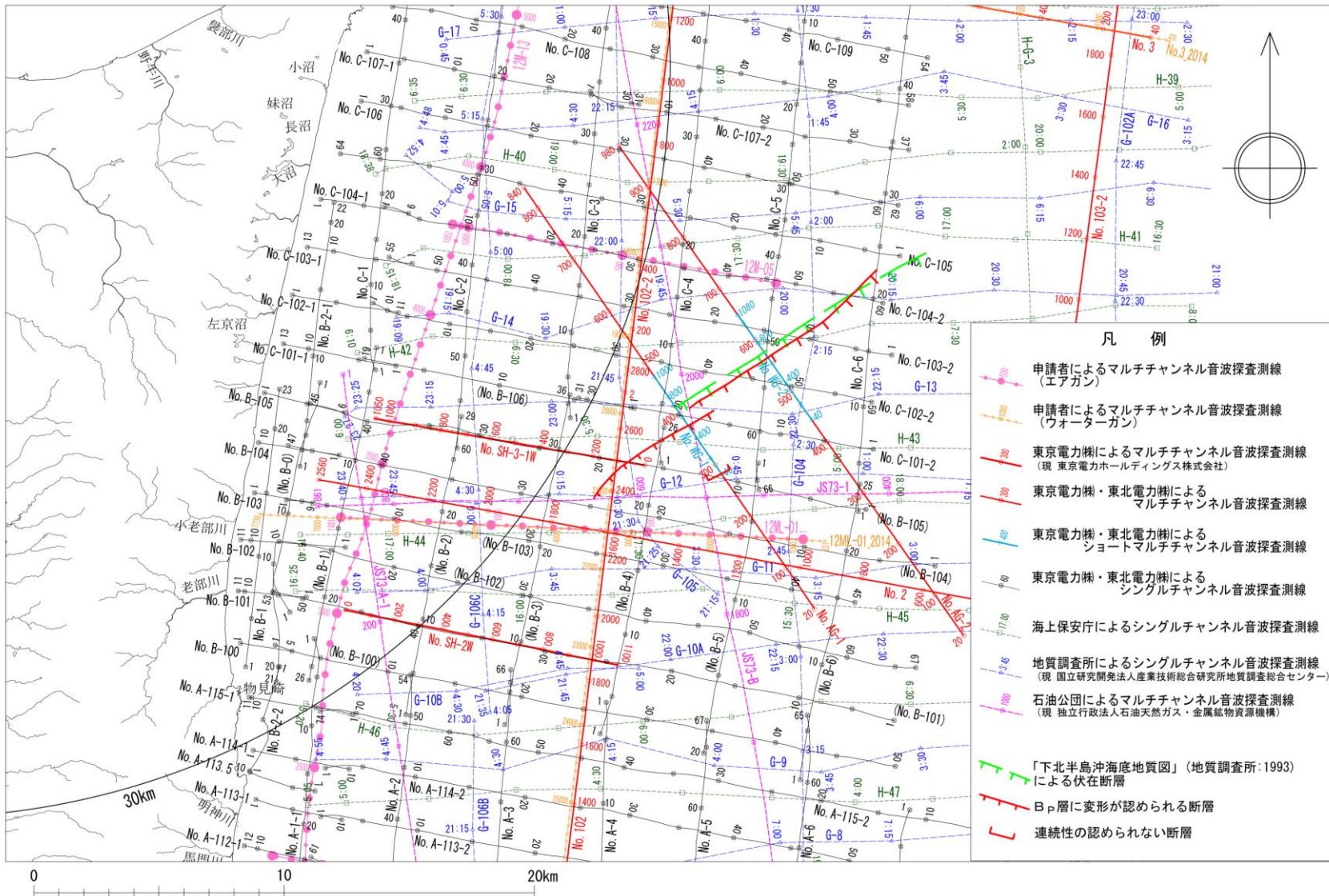
2.3.1 尻屋崎南東沖断層

(3) 総合評価

- D_p 層以下の地層に断層が推定され、 B_p 層に変形が及んでいることから、後期更新世以降の活動を考慮することとし、その長さを B_p 層に変形が認められる区間の約14.5kmと評価する。

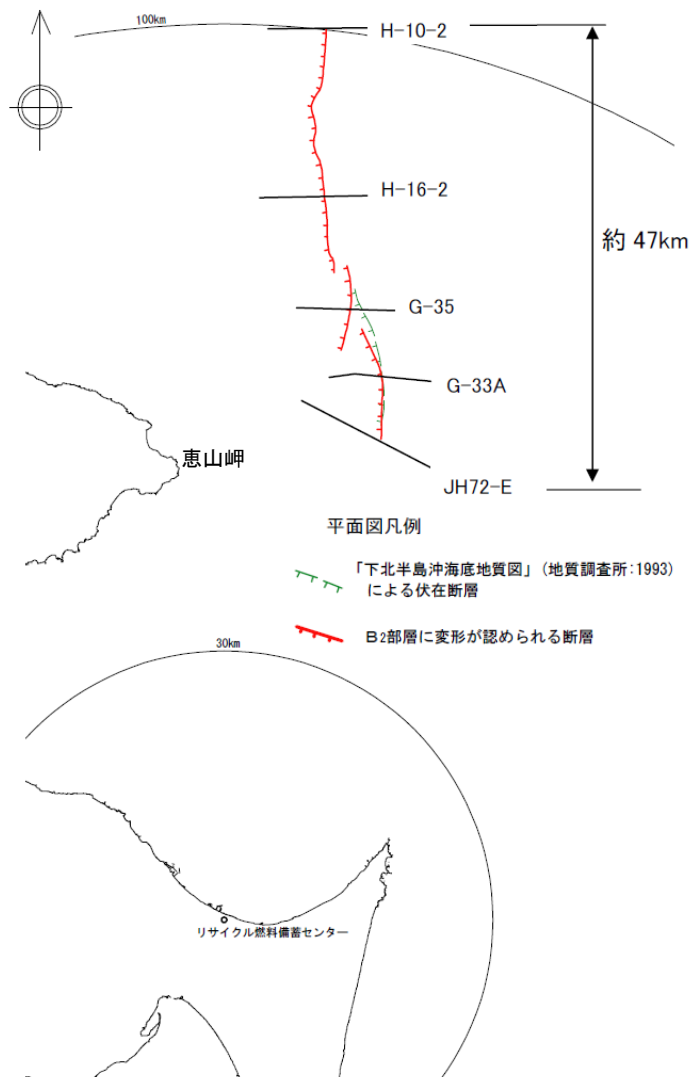
2.3.1 尻屋崎南東沖断層

(4) 参考資料 (測線図)



2.3.2 恵山沖断層

(1) 文献による評価



測線凡例

H-10-2、H-16-2 :

海上保安庁によるシングルチャンネル音波探査 (エアガン) 測線 (1972年)

G-35、G-33A :

地質調査所によるシングルチャンネル音波探査 (エアガン) 測線 (1982年)
(現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)

JH72-E :

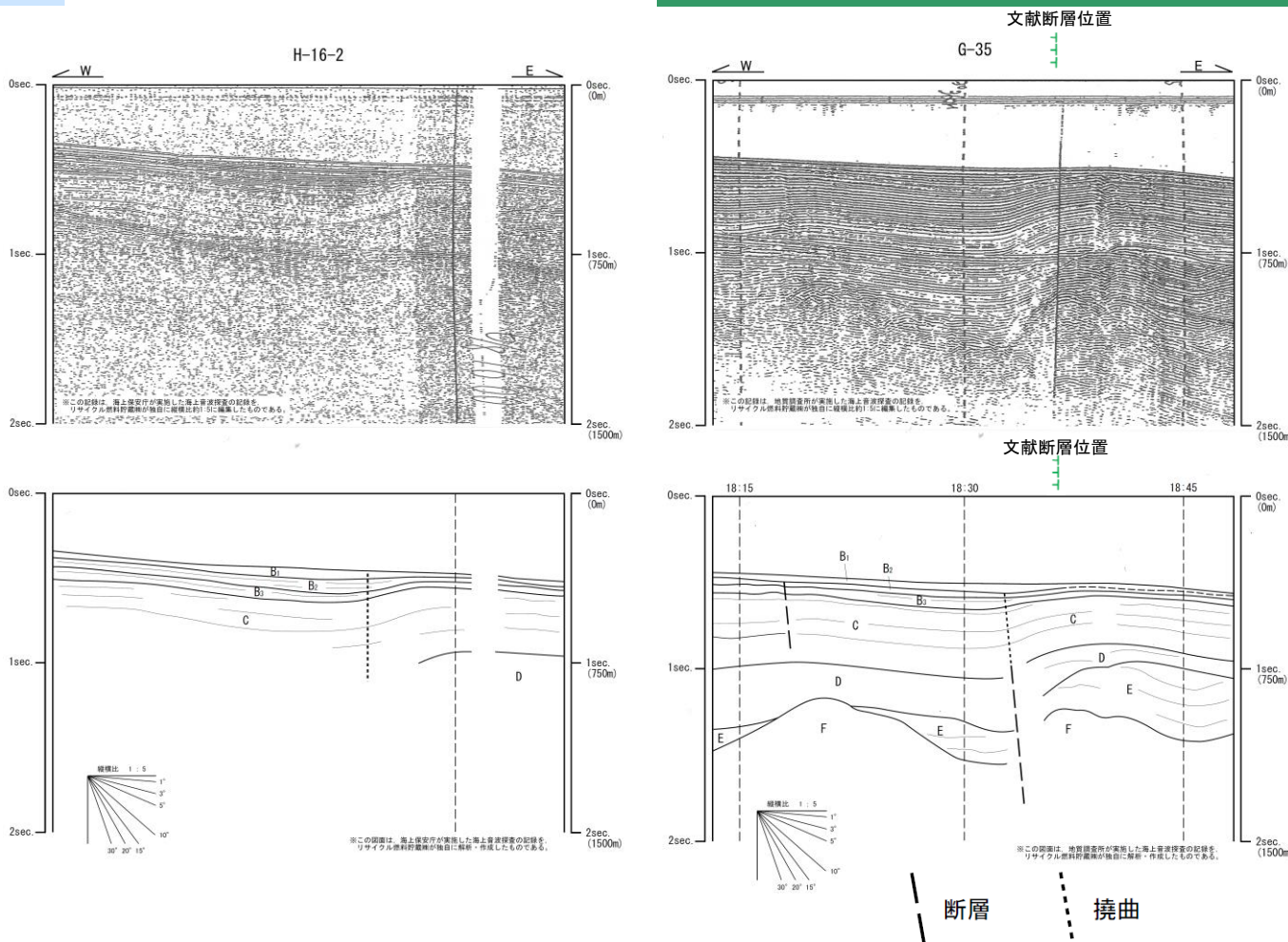
石油公団によるマルチチャンネル音波探査 (48ch、エアガン) 測線 (1972年)
(現 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

➤ 「下北半島沖海底地質図」(1993)は、恵山の北東沖に、NNW—SSE走向、長さ約16.5kmの西落ちの伏在断層を示している。

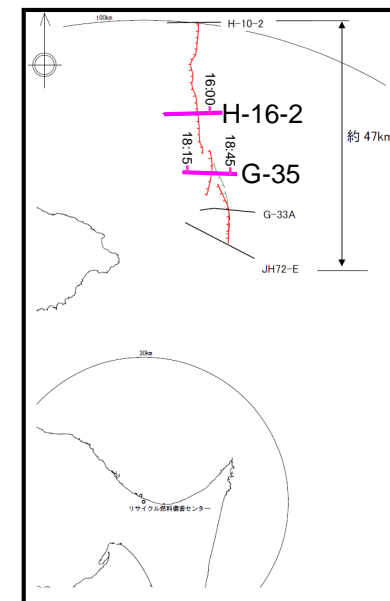
恵山沖断層位置図

2.3.2 恵山沖断層

(2) 音波探査記録解析結果①



H-16-2 調査者:海上保安庁、調査時期:1972年、探査仕様:シングルチャンネル (エアガン)
G-35 調査者:地質調査所(現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)、調査時期:1982年、探査仕様:シングルチャンネル(エアガン)

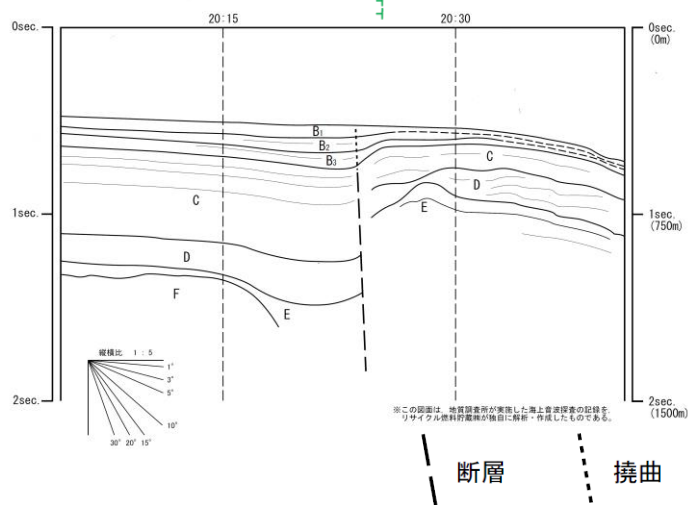
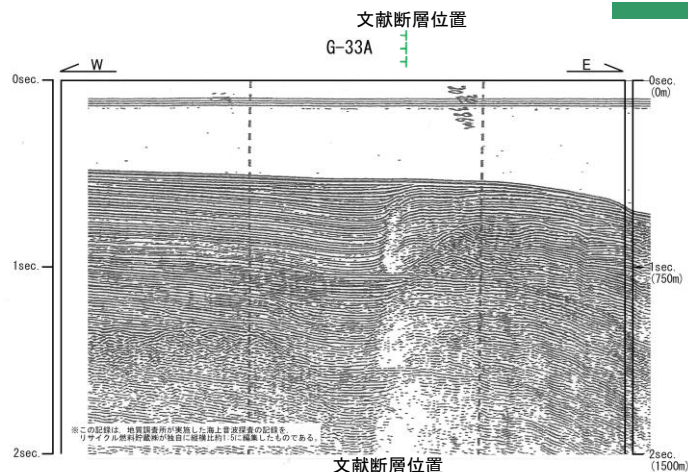


恵山沖断層の音波探査記録及び海底地質断面図

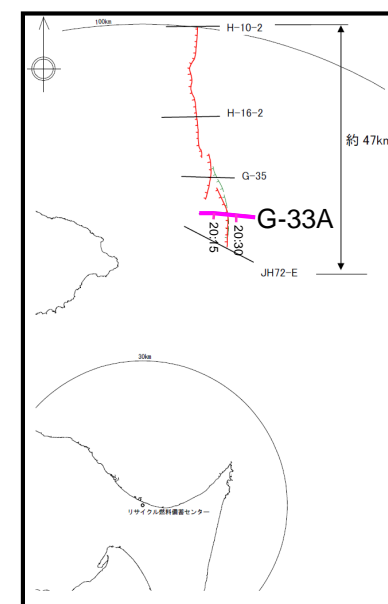
- H-16-2測線では、文献により断層が示されている北方延長部において、B₁部層の基底面に変形が認められる。
- G-35測線では、文献により断層が示されている位置付近において、C層以下の地層に断層の推定が可能であり、B₂部層に変形が認められる。

2.3.2 恵山沖断層

(2) 音波探査記録解析結果②



G-33A 調査者:地質調査所(現 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)、調査時期:1982年、探査仕様:シングルチャンネル(エアガン)



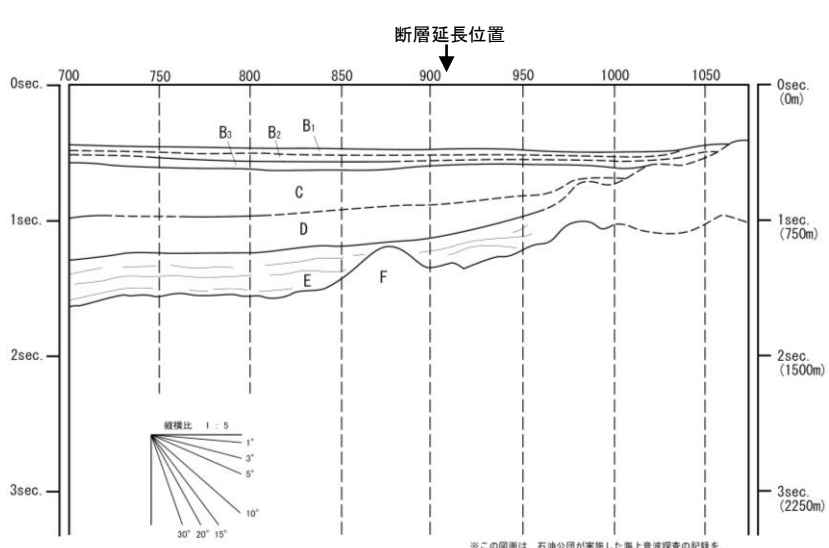
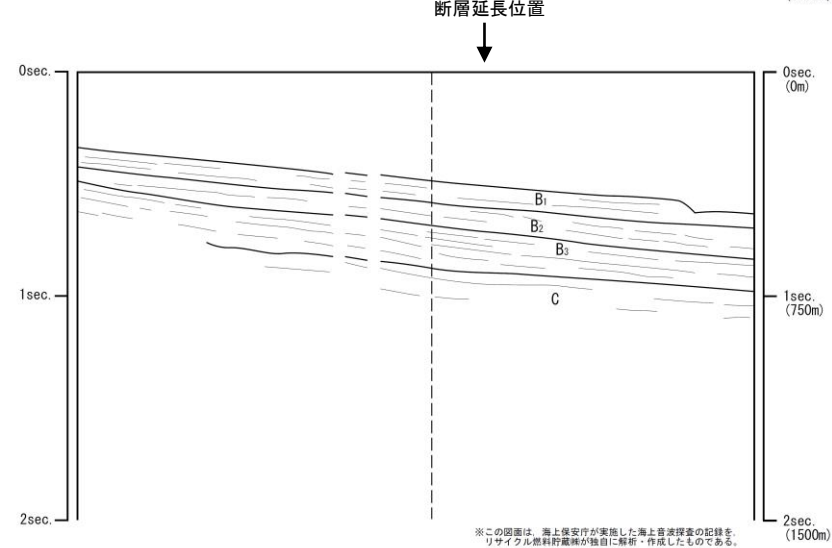
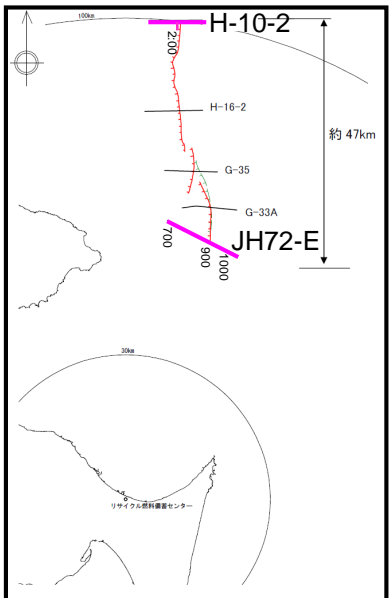
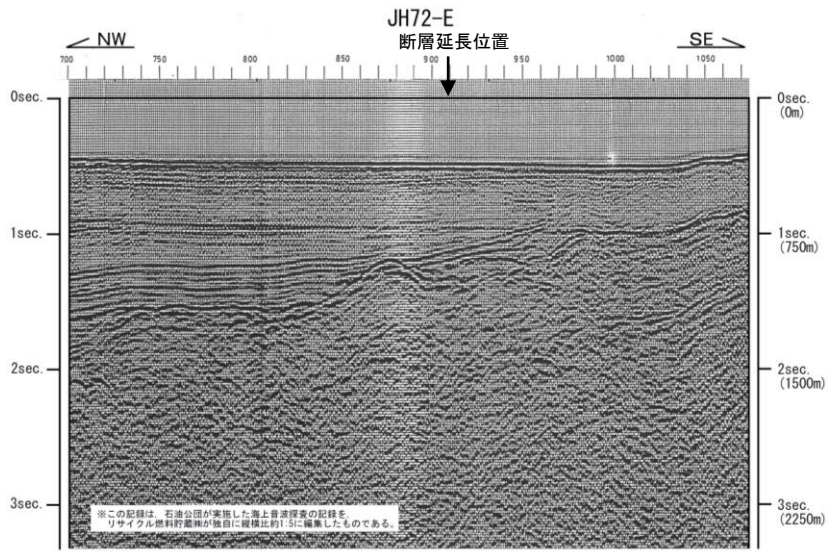
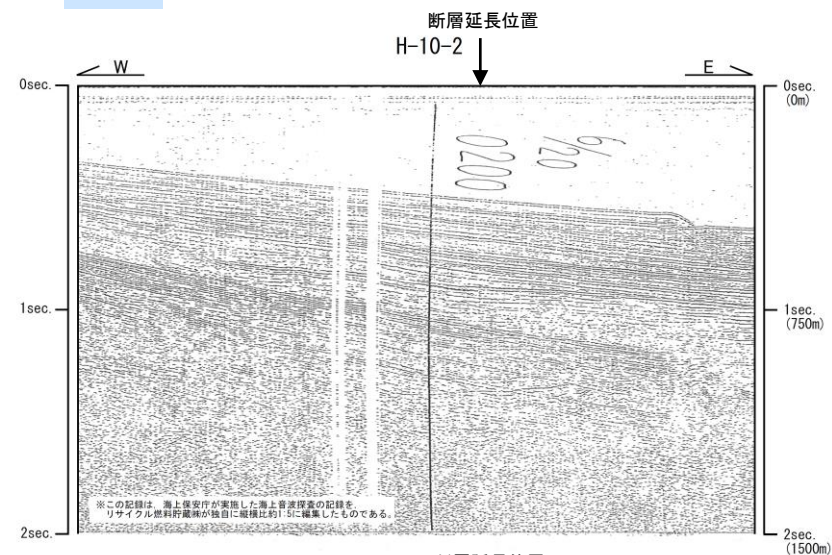
恵山沖断層の音波探査記録
及び海底地質断面図

- 文献により断層が示されている位置付近において、C層以下の地層に断層の推定が可能であり、B₁ 部層の基底面に変形が認められる。

2.3.2 恵山沖断層

(2) 音波探査記録解析結果③

H-10-2 調査者:海上保安庁、調査時期:1972年、探査仕様:シングルチャンネル (エアガン)
 JH72-E 調査者:石油公団(現 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)、調査時期:1972年、探査仕様:マルチチャンネル (48ch, エアガン)



恵山沖断層の音波探査記録及び海底地質断面図

➤ 北端(H-10-2測線)では、B₃部層に変形は認められず、南端(JH72-E測線)では、D層に変形は認められない。

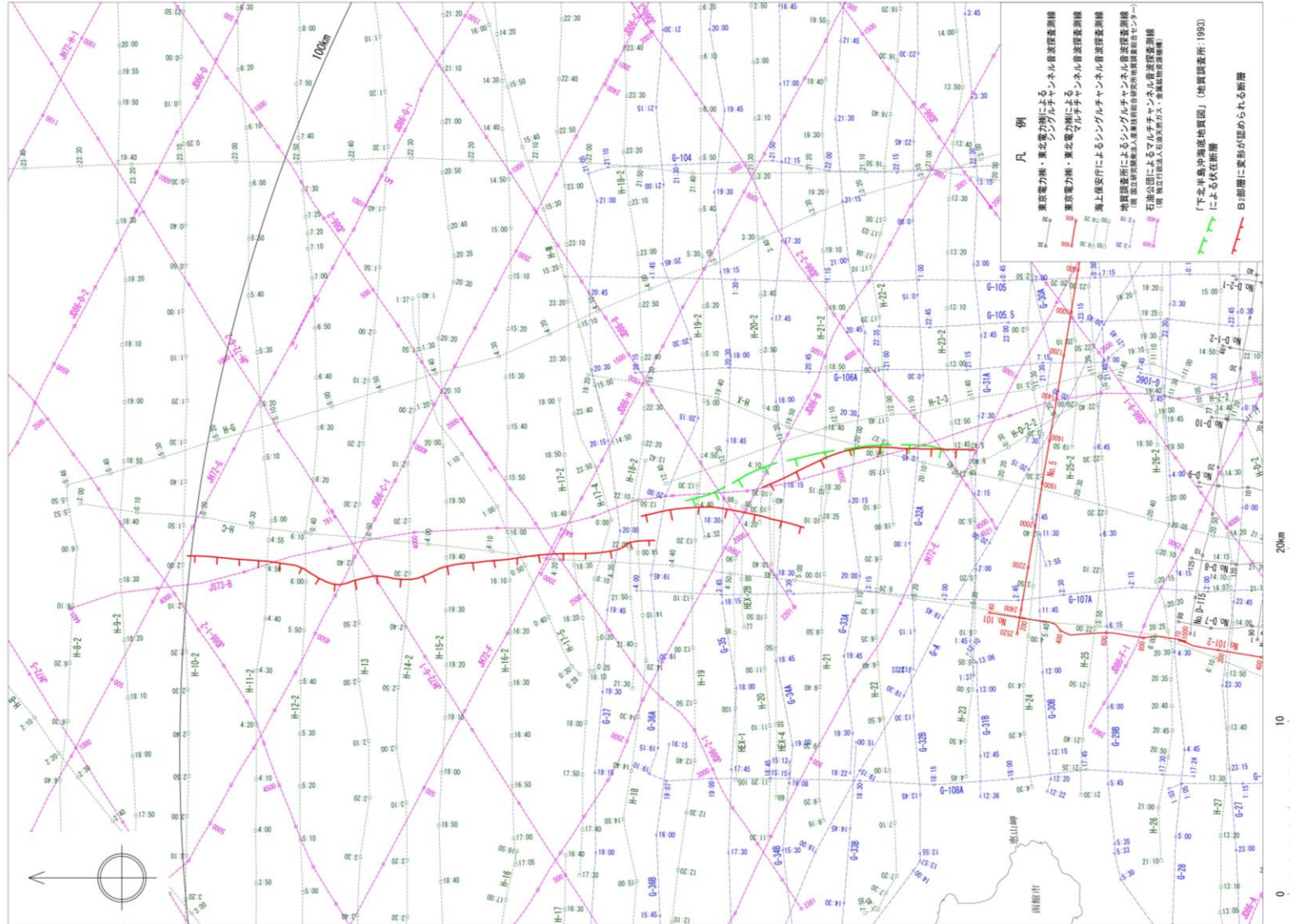
2.3.2 恵山沖断層

(3) 総合評価

- C層あるいはD層以下の地層に推定される断層において、 B_1 部層基底面に変形が認められることから、後期更新世以降の活動を考慮することとし、その長さを B_2 部層に変形が認められる区間の約47km と評価する。

2.3.2 恵山沖断層

(4) 参考資料 (測線図)



余白

3. 敷地近傍の地質・地質構造

3. 1 敷地近傍の地形、地質・地質構造

(1) 敷地近傍の地形



- 敷地近傍陸域は、むつ低地北部から恐山東山麓に位置する。標高約20m～約40mの台地が広く発達している。敷地は美付川右岸の台地上に位置する。
- 敷地近傍海域は、大陸棚に位置し、水深は約40m以浅である。

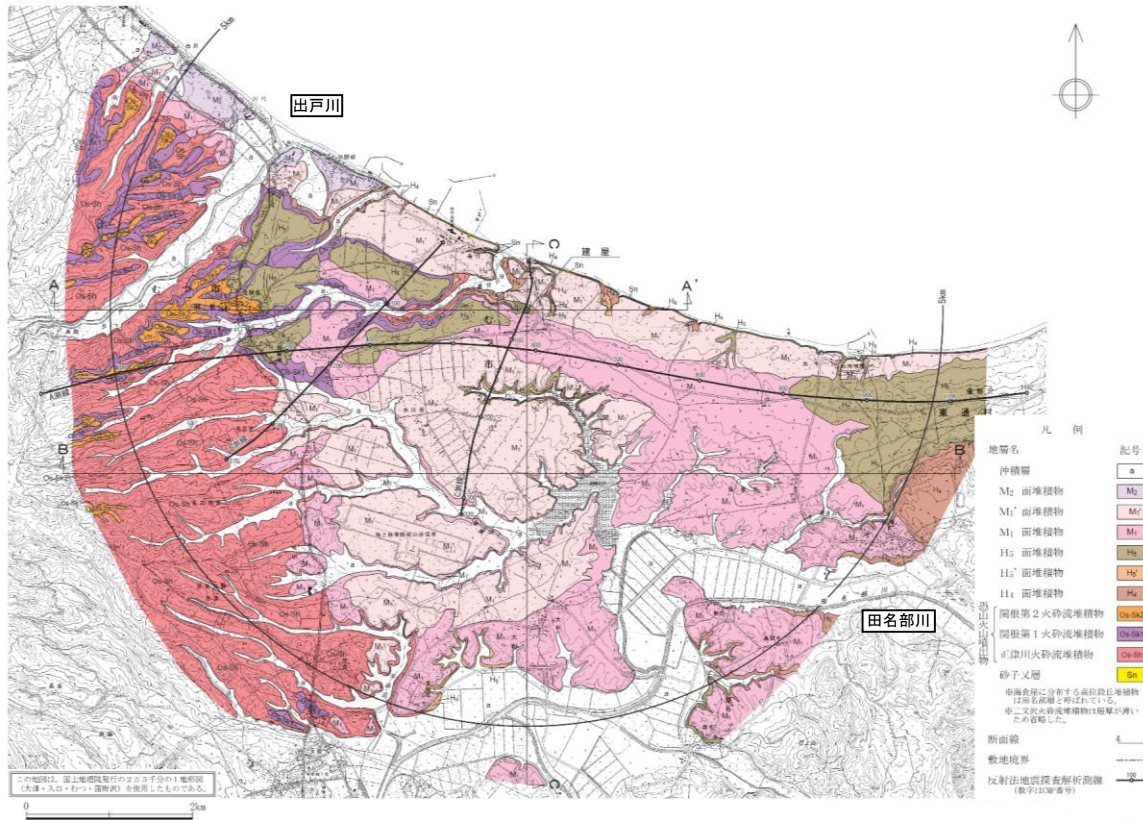
敷地近傍の地形図

(2) 敷地近傍の地質層序

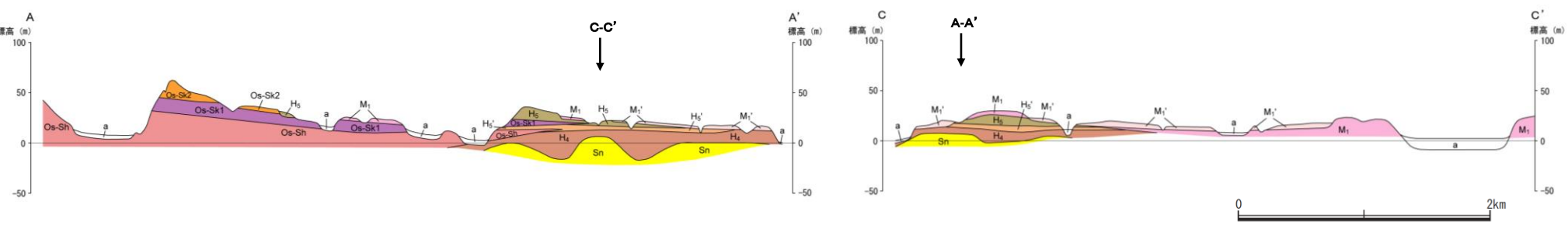
| 地質時代 | | 地 層 名 | | |
|------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | | 陸 域 | 海 域 | |
| 第 四 紀 | 完新世 | 沖積層 | A層 | |
| | 更 新 世 | 後 期 | M ₂ 面堆積物 | 田 名 部 層 |
| | | | M ₁ '面堆積物 | |
| | | | M ₁ 面堆積物 | |
| | | | H ₅ 面堆積物 | |
| 中 期 | 関根第2火砕流堆積物 関根第1火砕流堆積物 二又沢火砕流堆積物 | H ₅ '面堆積物 | | |
| | 正津川火砕流堆積物 | H ₄ 面堆積物 | | |
| | | H ₄ 面堆積物 | | |
| 前 期 | | | B ₂ 部層 | |
| 新 第 三 紀 | 鮮 新 世 | 砂子又層 | | B ₃ 部層 |
| | | | | C層 |

- 敷地近傍陸域には、下位より新第三系鮮新統～第四系下部更新統の砂子又層、第四系中部更新統の恐山火山噴出物及び田名部層（高位段丘堆積物相当）、中部～上部更新統の段丘堆積物及び完新統の沖積層が分布する。
- 敷地近傍海域には、A層～C層の分布が認められる。

(3) 敷地近傍の地質

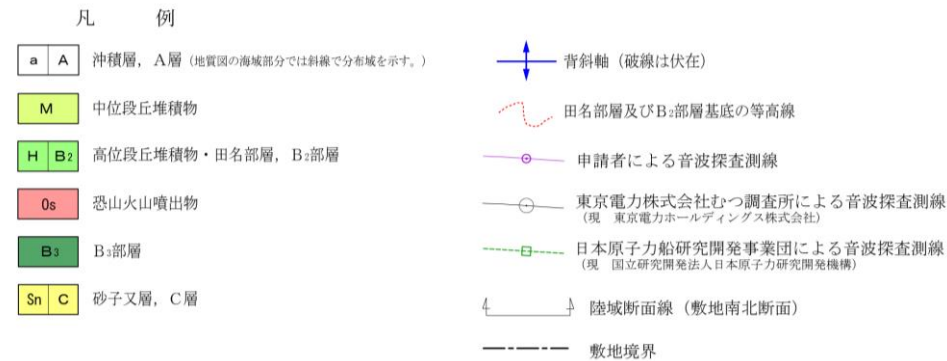
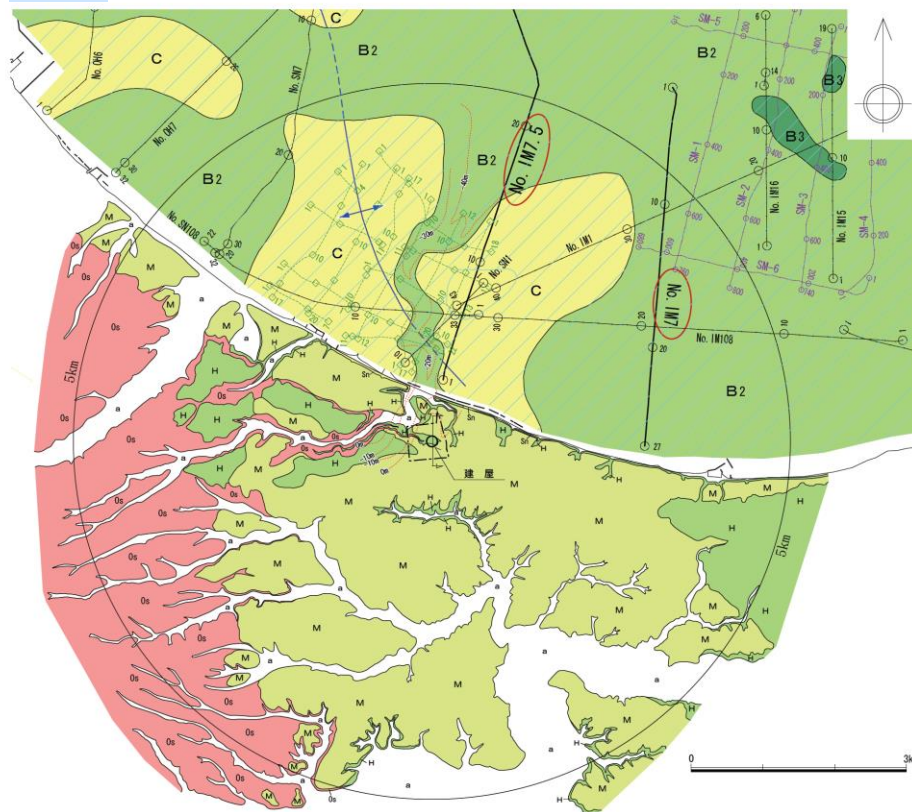


- 恐山火山噴出物は、敷地周辺の恐山山地に広く分布し、下位より、正津川、二又沢、関根第1、関根第2火砕流堆積物の4層が分布している。
- 段丘堆積物は高位より、H₄面、H₅面、M₁面、M₁'面及びM₂面の段丘面が分布している。また、埋没段丘としてH₅'面が認められる。
- 沖積層は、現河川沿いに分布し、田名部川及び出戸川沿いで比較的広く分布する。



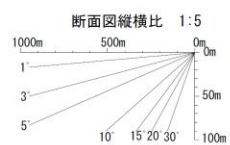
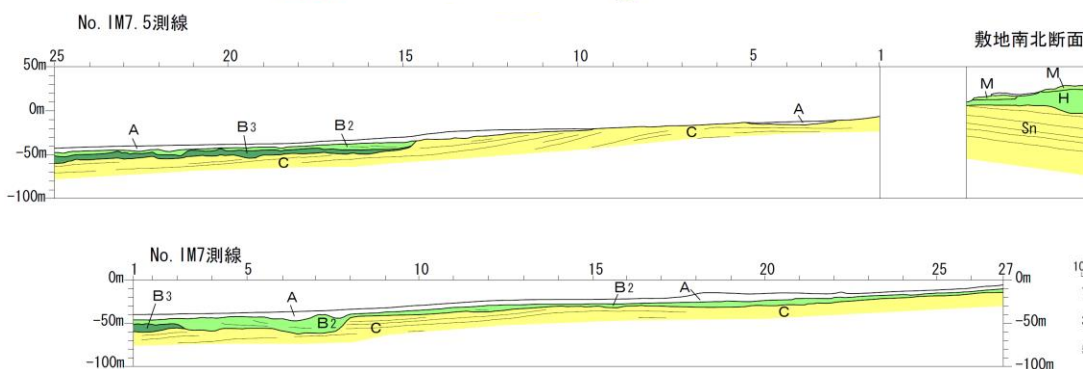
敷地近傍陸域の地質・断面図

(4) 敷地近傍の陸域・海域の地質



➤ C層は陸域の砂子又層上部に対比される。
 ➤ B₂部層は、田名部層(高位段丘堆積物相当)に対比される。
 ➤ A層は、沖積層に対比される。

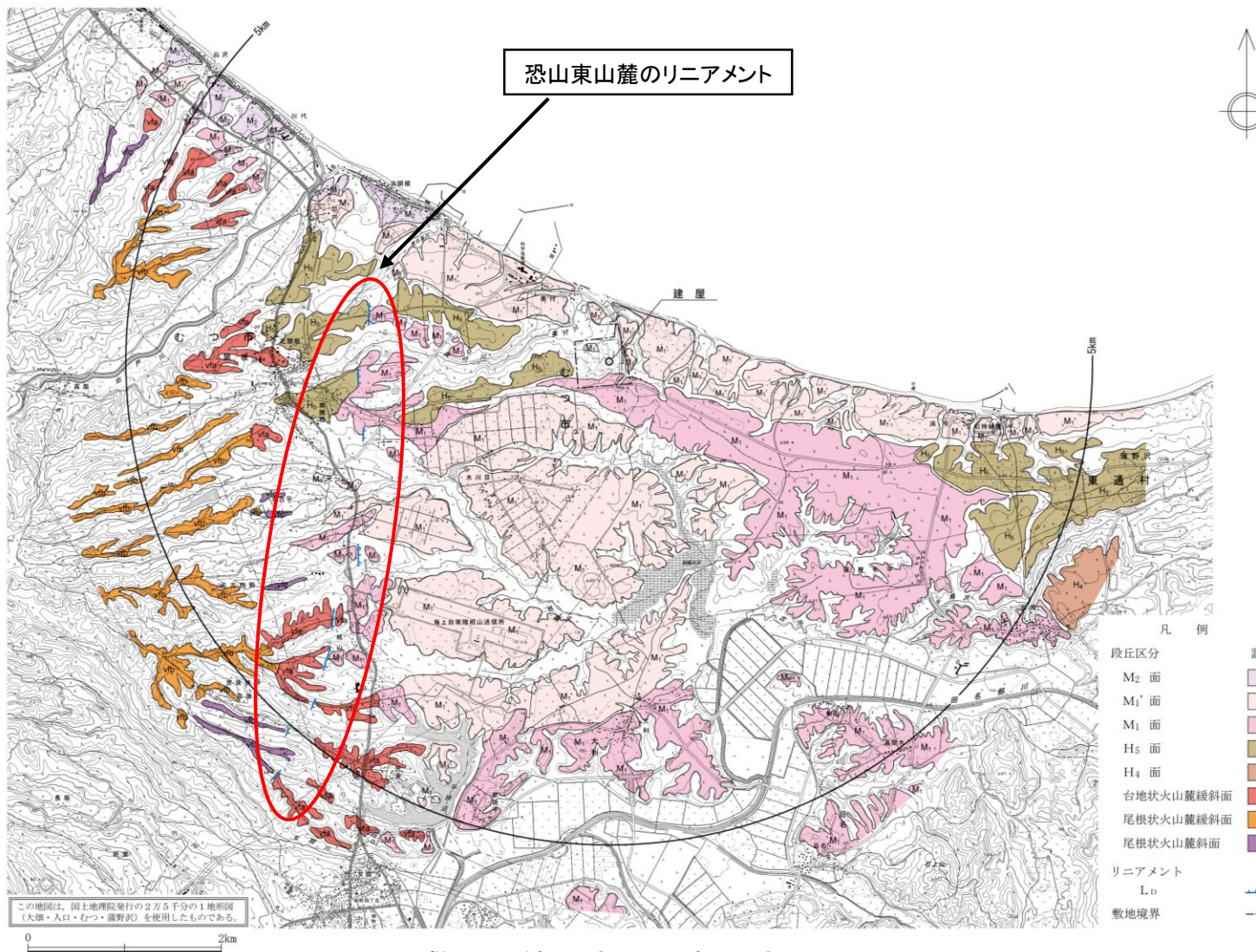
※陸域と海域の地層の対比については、「3. 敷地周辺海域の地質・地質構造」を参照。



敷地近傍の陸域・海域の地質・断面図

(5) 敷地近傍の空中写真判読

恐山東山麓のリニアメント



- 恐山山地とむつ低地の境界付近にかけて断続するNNE-SSW方向のL_Dリニアメントが確認される。
- 敷地近傍海域においては、音波探査記録解析で判読できるC層以上の地層については変位及び変形は認められない。

敷地近傍の空中写真判読図

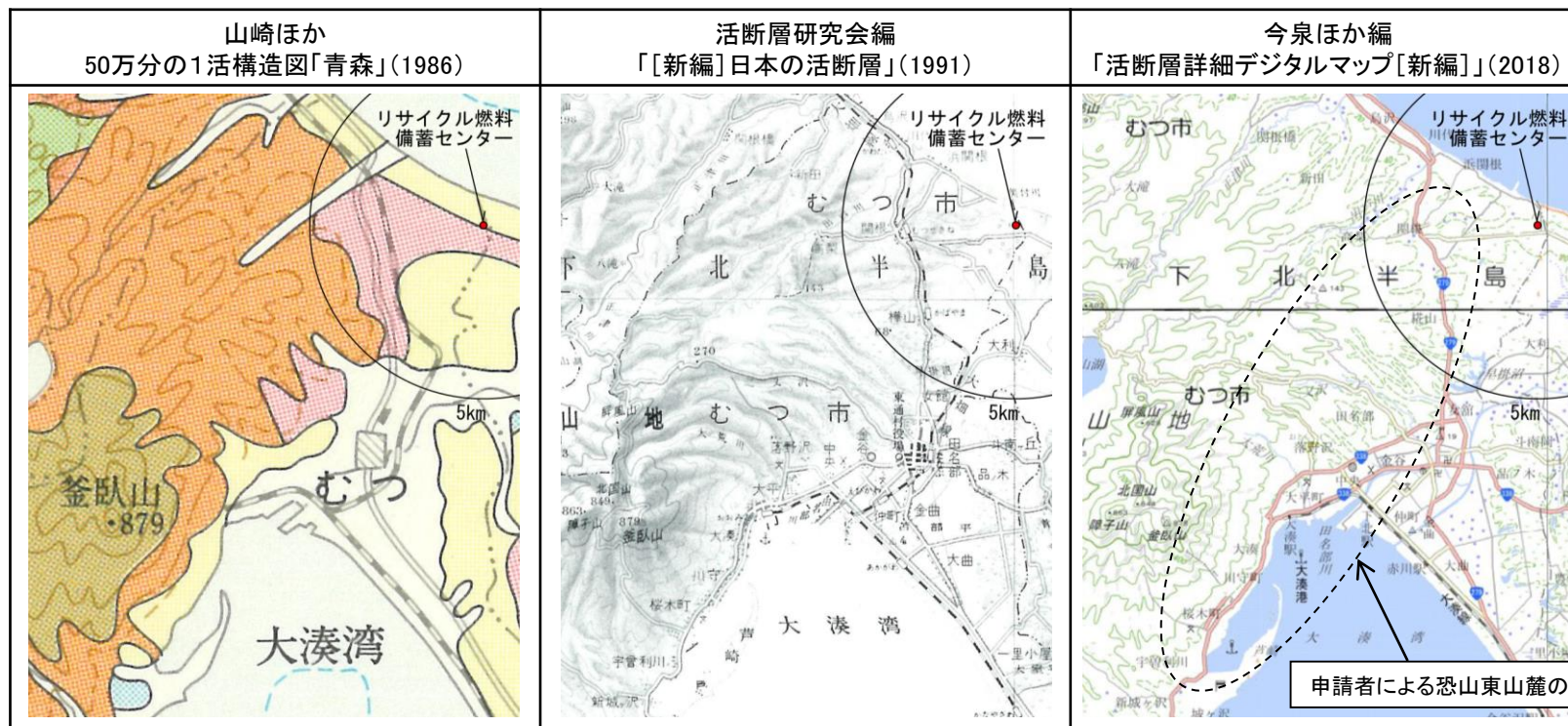
3. 敷地近傍の地質・地質構造

3. 2 敷地近傍の断層評価

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

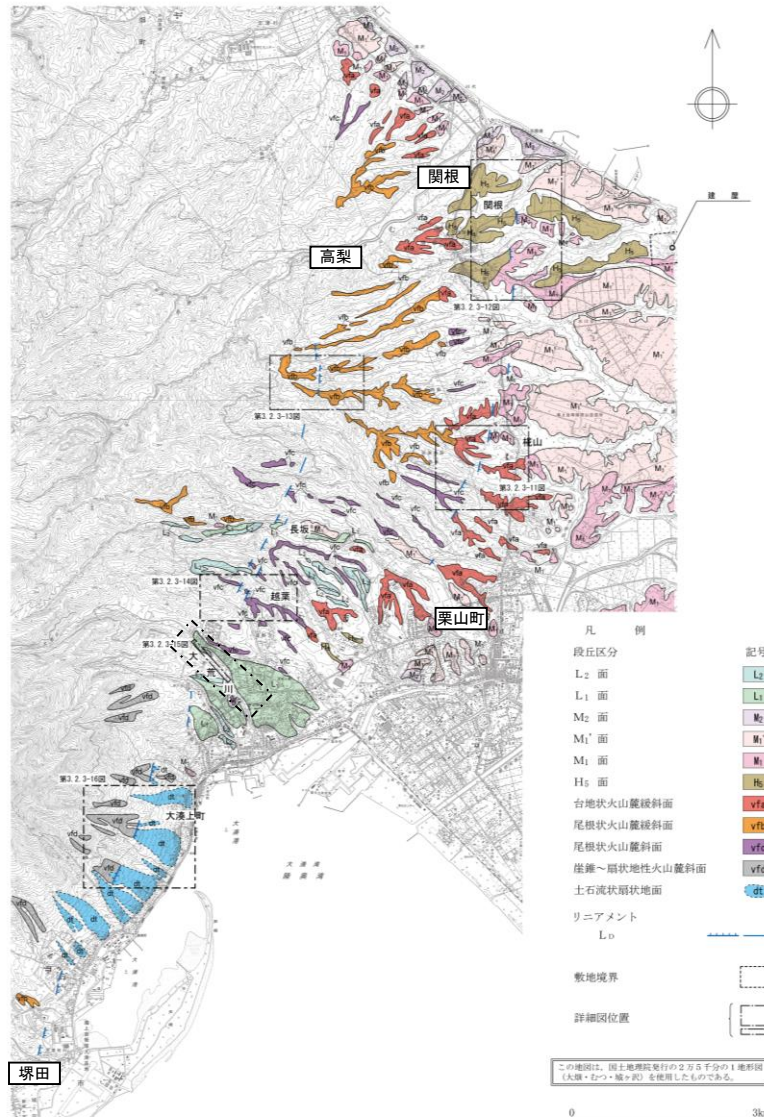
(1) 文献による評価、空中写真判読

➤ 恐山東山麓には、50万分の1活構造図「青森」(1986)、「[新編]日本の活断層」(1991)及び「活断層詳細デジタルマップ[新編]」(2018)のいずれにおいても、活断層、推定活断層あるいはリニアメントは示されていない。



3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

(1) 文献による評価、空中写真判読

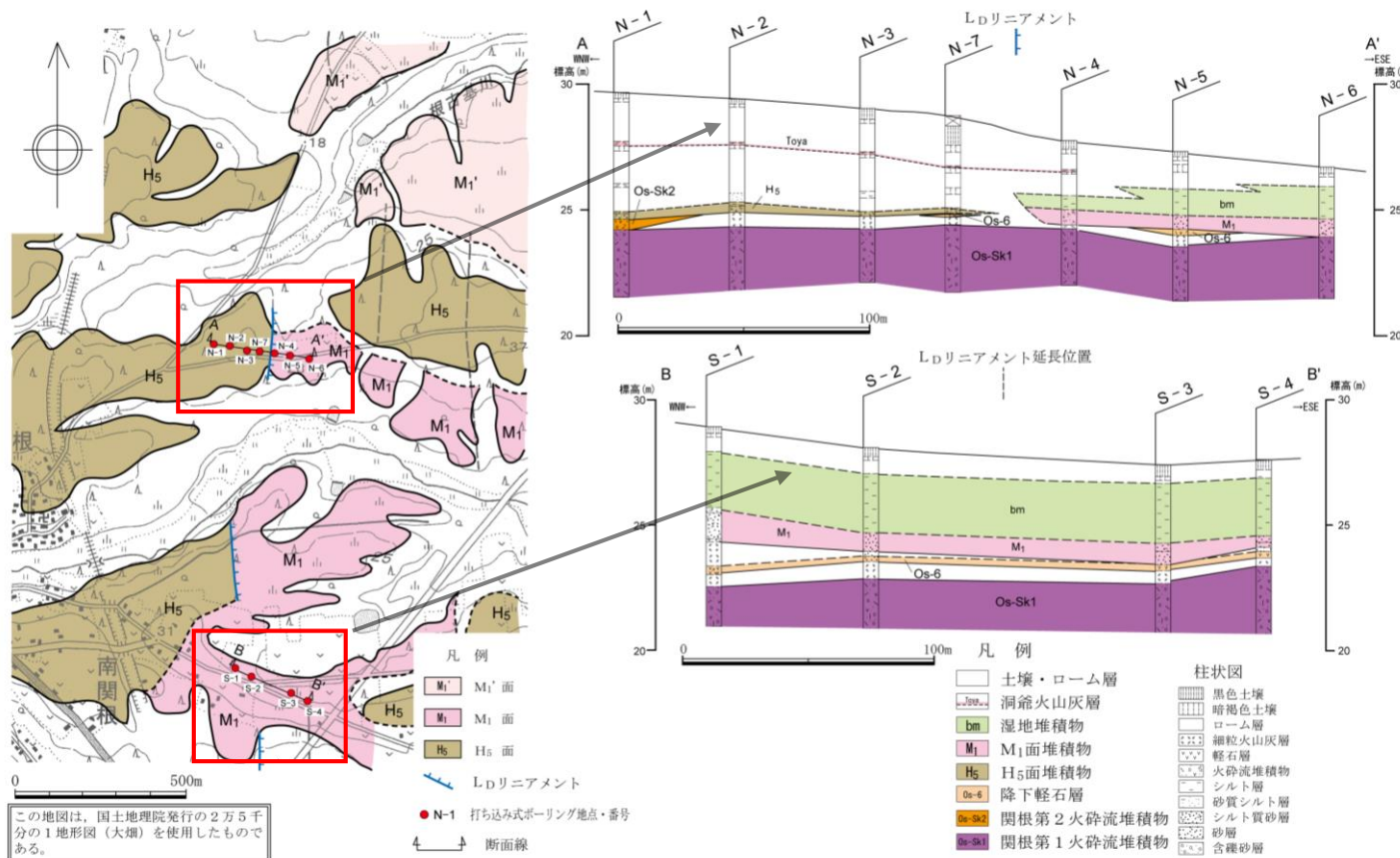


恐山東山麓の空中写真判読図

- 文献による記載はないが、恐山東山麓には、N-S方向～NNE-SSW方向に2条の雁行するL₀リニアメントが判読される。
- 東側のリニアメントは、むつ市関根東方から同市栗山町西に至る約6km間に判読され、火山麓斜面、火山麓緩傾斜面及びM₁面にみられる軽微な傾斜変換部の断続的な分布からなる。
- 西側のリニアメントは、むつ市高梨南から同市塚田付近に至る約12km間に判読され、火山麓緩傾斜面、土石流状の扇状地面等に見られる傾斜変換部、比高が極めて小さい崖等の断続的な連続からなる。

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

(2) 恐山東山麓のリニアメント：東側①



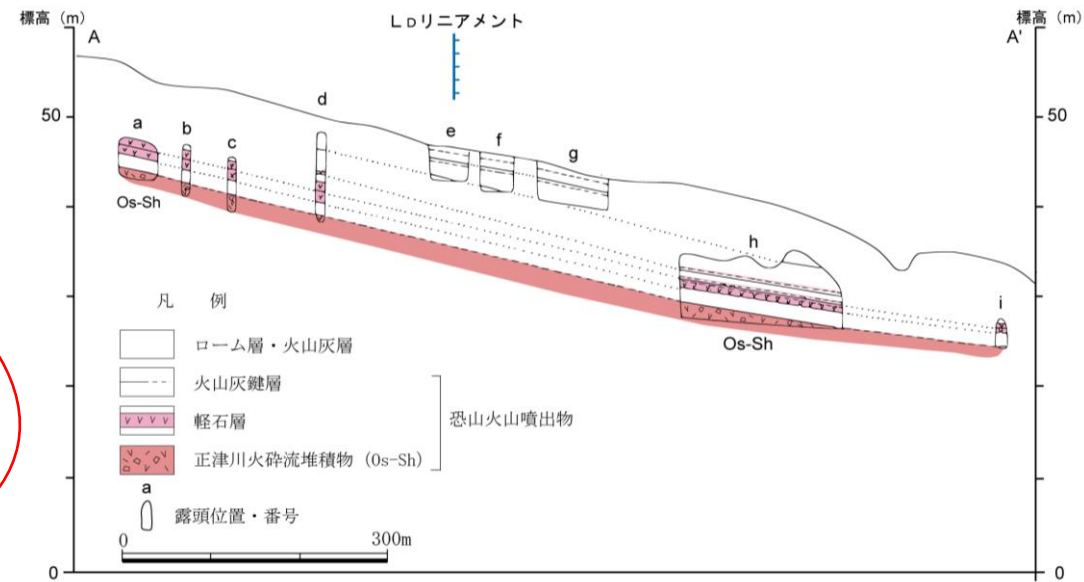
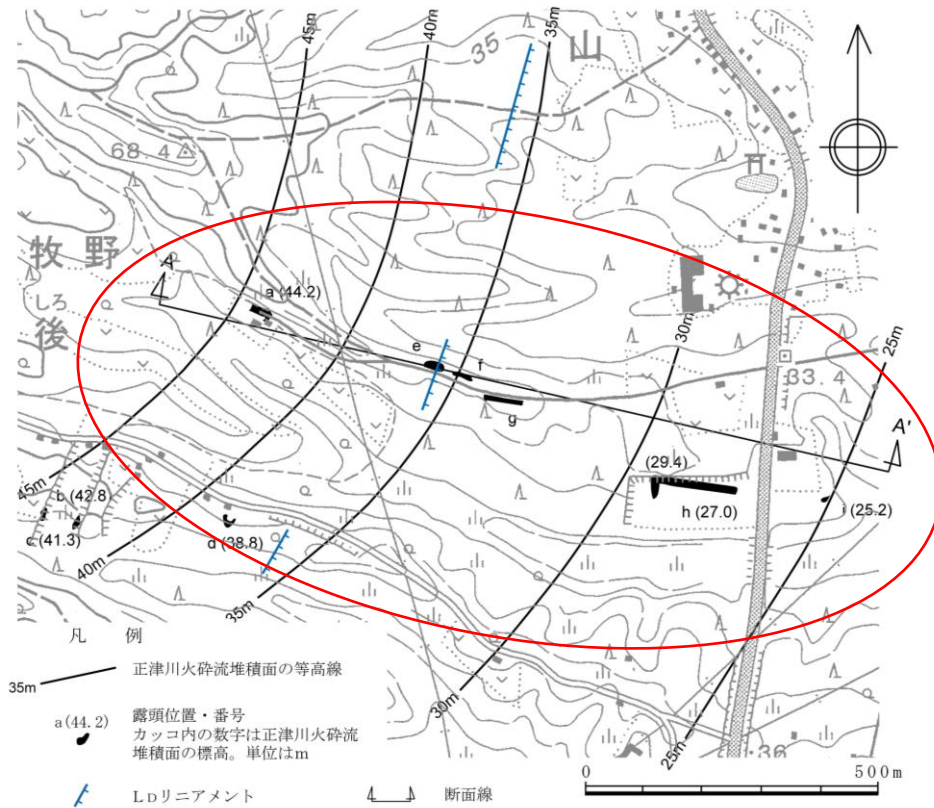
- 北側(A-A')のリニアメントの両側で関根第1火砕流堆積物上面に高度の不連続はない。
- また、南側(B-B')のリニアメントの延長部では、関根第1火砕流堆積物上面、降下軽石層(Os-6)、M₁面堆積物に高度の不連続はない。
- リニアメントは、傾斜変換部に対応している。

※H₅面とM₁面の区分は、地形面の高度差の他、H₅面堆積物、M₁面堆積物を覆う堆積物の違いから区分している。H₅面堆積物直上が土壌・ローム層であるのに対し、M₁面堆積物直上は湿地堆積物であり、これは、M₁面堆積物がH₅面堆積物を削り込んで堆積し、M₁面堆積物側が低い高度差ができたことにより、湿地堆積物が堆積しているものと考えられる。

むつ市関根・南関根付近の地質断面図

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

(2) 恐山東山麓のリニアメント：東側②

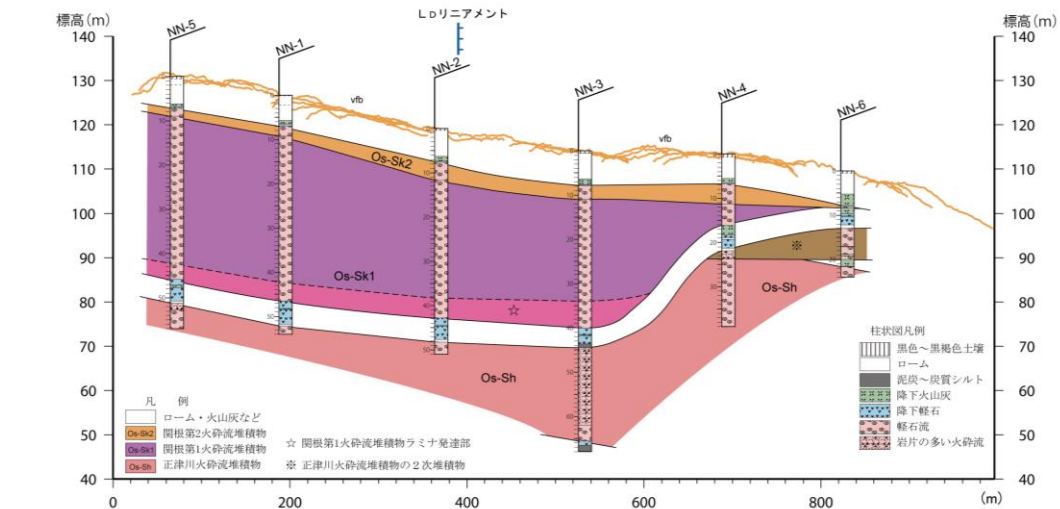
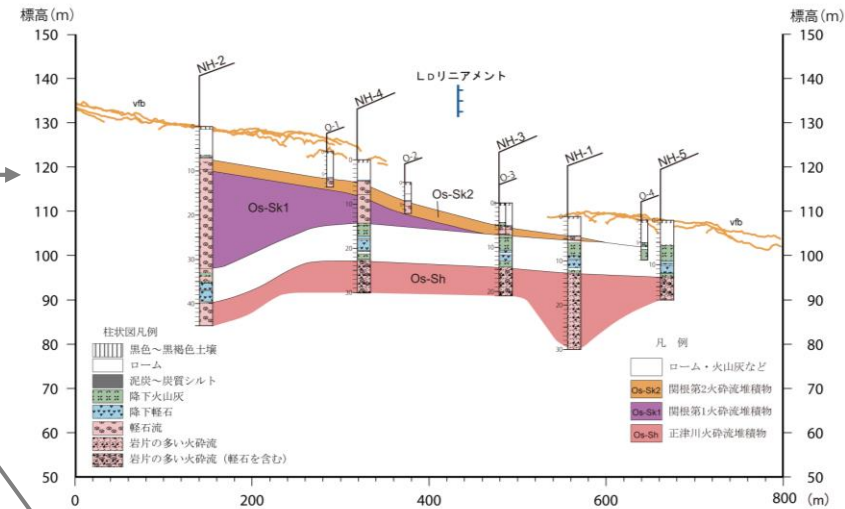
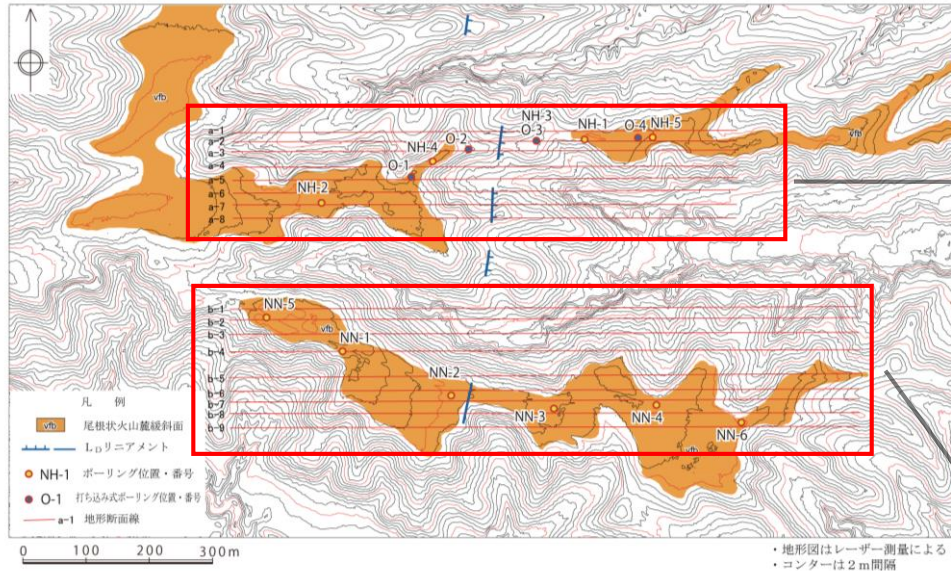


むつ市柁山付近における正津川火砕流堆積面の等高線及び断面図

- リニアメントの両側で正津川火砕流堆積物上面に高度の不連続は認められず、リニアメントは正津川火砕流堆積物の堆積面の傾斜変換部に対応している。

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

(3) 恐山東山麓のリニアメント：西側①

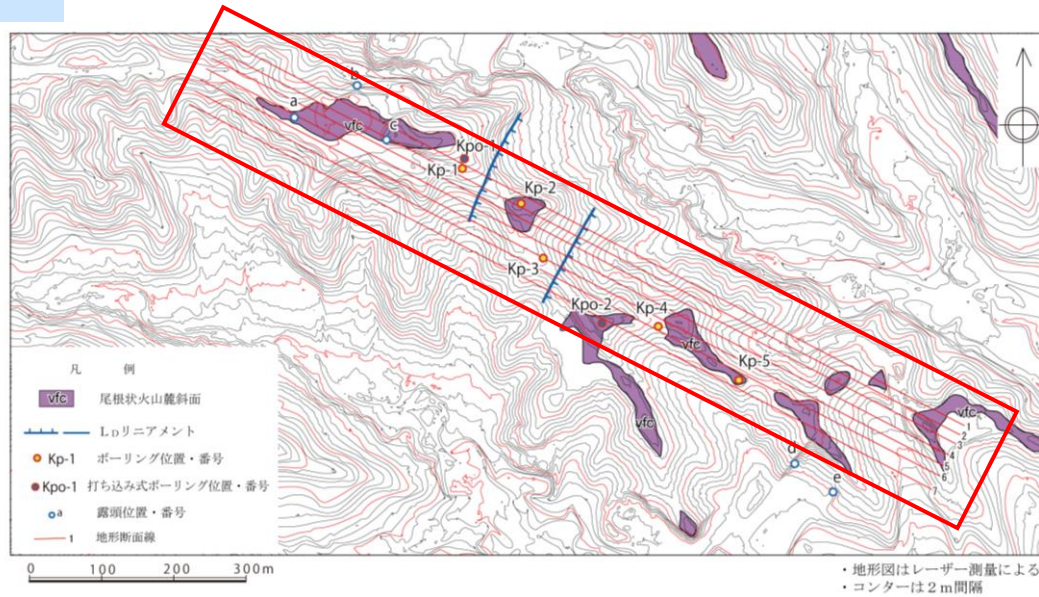


➤ 恐山火山噴出物は東へ緩く傾斜しており、リニアメント付近で関根第1火砕流堆積物あるいはそれより下位層はおおむね水平な構造を示し、不連続は認められず、リニアメントは、関根第2火砕流堆積物の傾斜変換部に対応している。

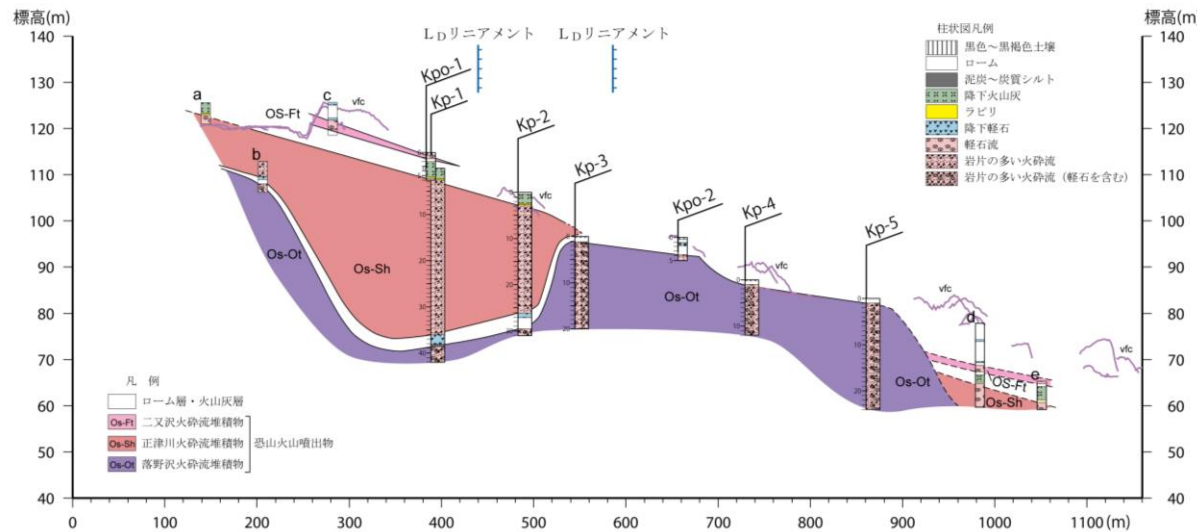
むつ市長坂北方の地形・地質断面図

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

(3) 恐山東山麓のリニアメント：西側②

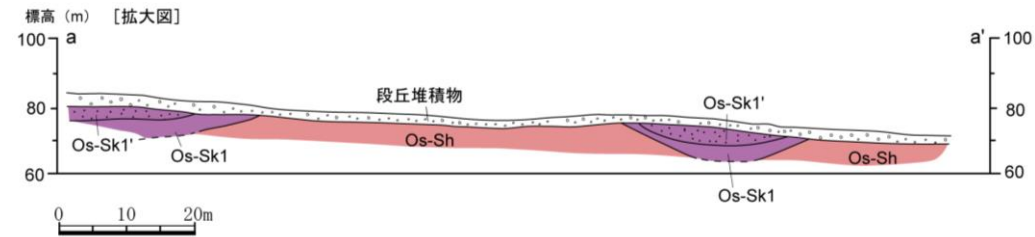
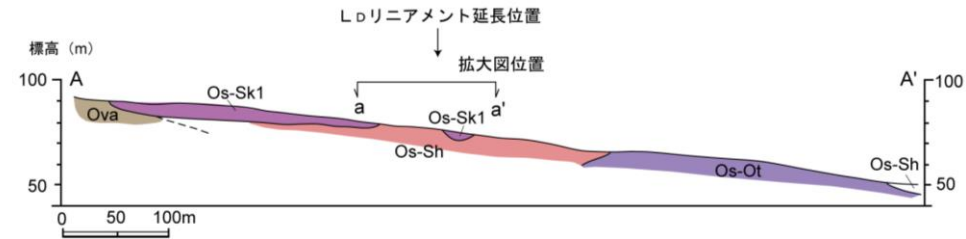
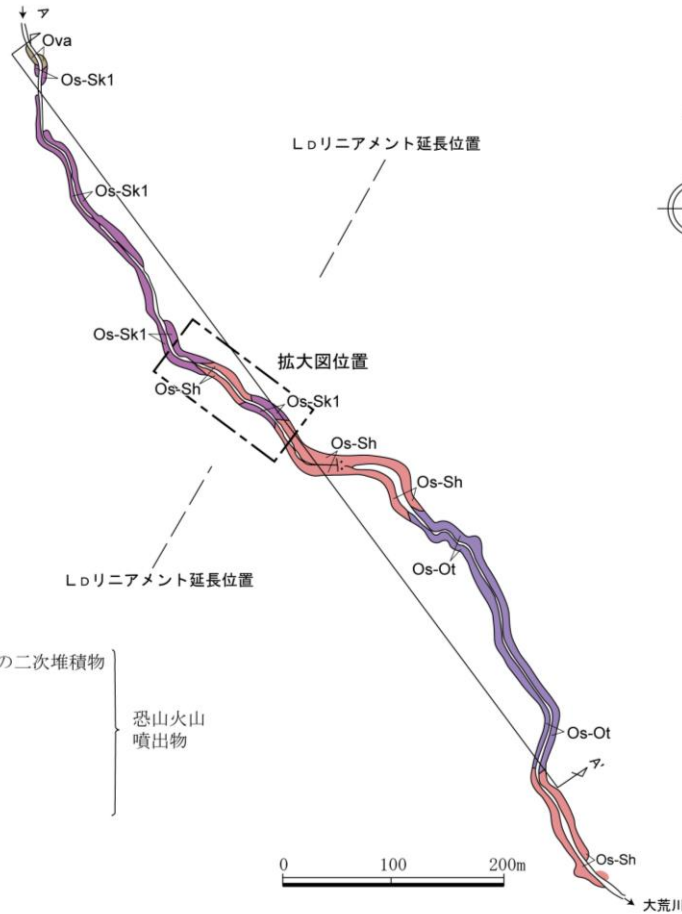


➤ 2条のリニアメントが判読され、地形と正津川火砕流堆積物及び落野沢火砕流堆積物の分布との対応は認められず、西側のリニアメントは二又沢火砕流堆積物の東縁付近に、東側のリニアメントは正津川火砕流堆積物の東縁付近に対応している。



むつ市越葉付近の地形・地質断面図

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント (3) 恐山東山麓のリニアメント：西側③

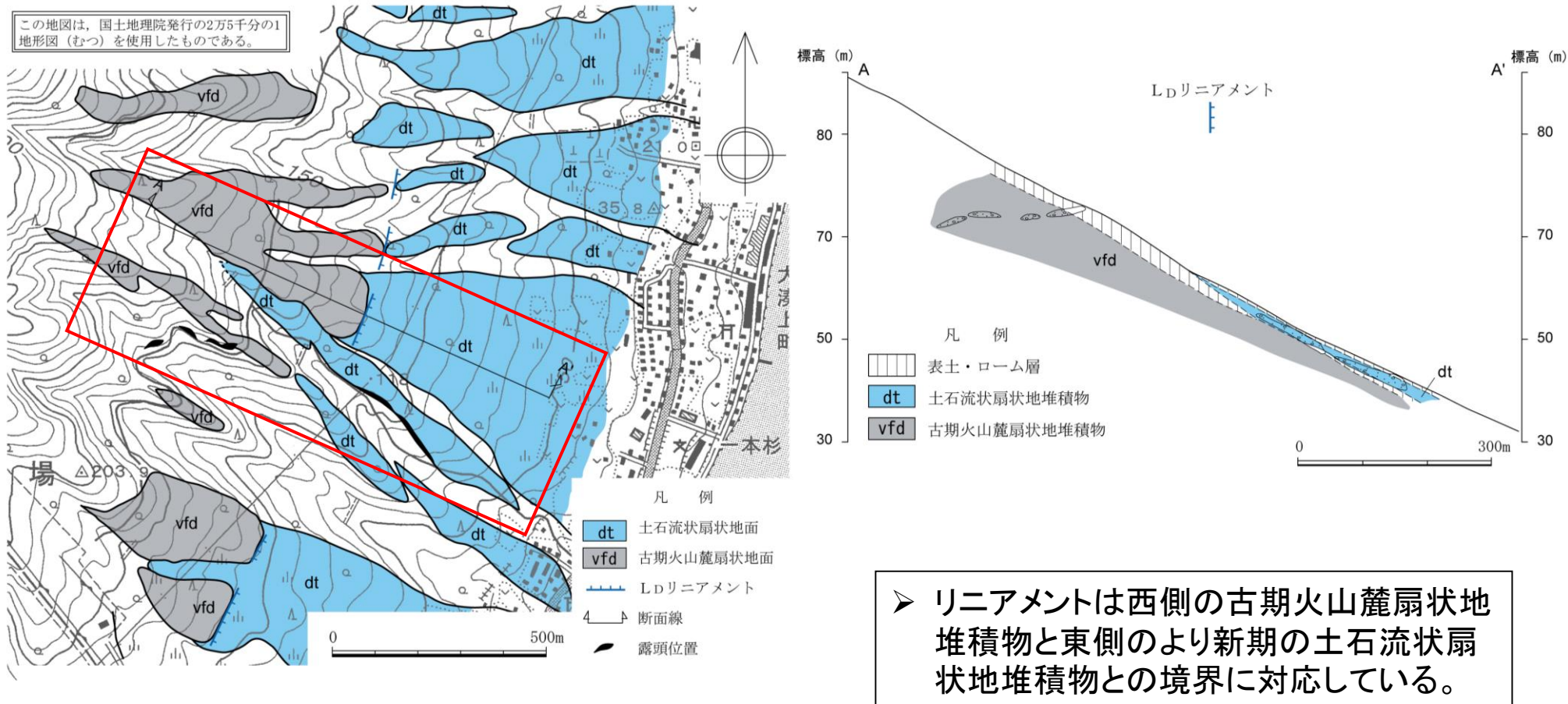


➤ リニアメントの延長部において約1km にわたり恐山火山噴出物が連続して露出するが、断層は認められない。

むつ市大荒川付近のルートマップ・地質断面図

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

(3) 恐山東山麓のリニアメント：西側④



むつ市大湊上町付近の地形面分布・断面図

3.2.1 恐山東山麓のリニアメント

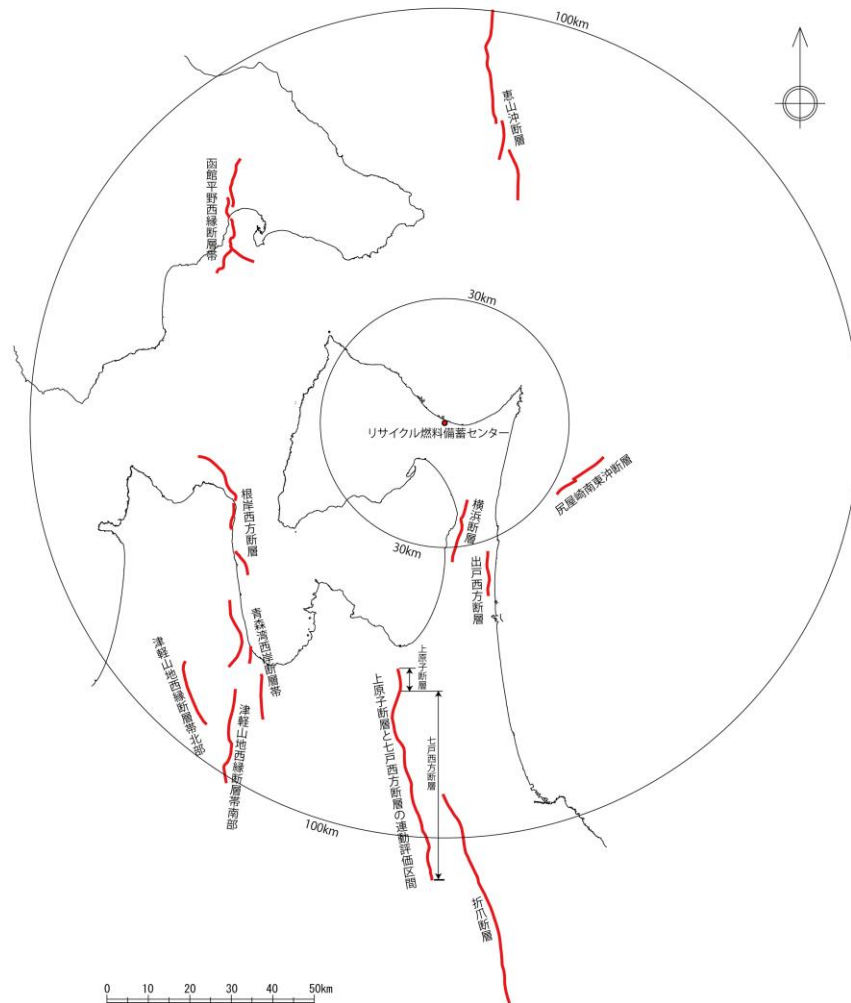
(4) 総合評価

- 東側のリニアメント付近に断層は認められず、リニアメントは、恐山火山噴出物の火砕流堆積面または土壌・ローム層の傾斜変換部に対応している。
- 西側のリニアメント付近に断層は認められず、リニアメントは、恐山火山噴出物の堆積構造に起因した凹凸または新旧の崖錐性堆積物の境界に対応している。
- 以上のことから、リニアメントの位置には少なくとも後期更新世以降に活動した断層は存在しないものと判断される。

4. まとめ

敷地周辺の断層評価結果

敷地周辺の「震源として考慮する活断層」の位置及び諸元を示す。



敷地周辺の「震源として考慮する活断層」分布図

敷地周辺の「震源として考慮する活断層」

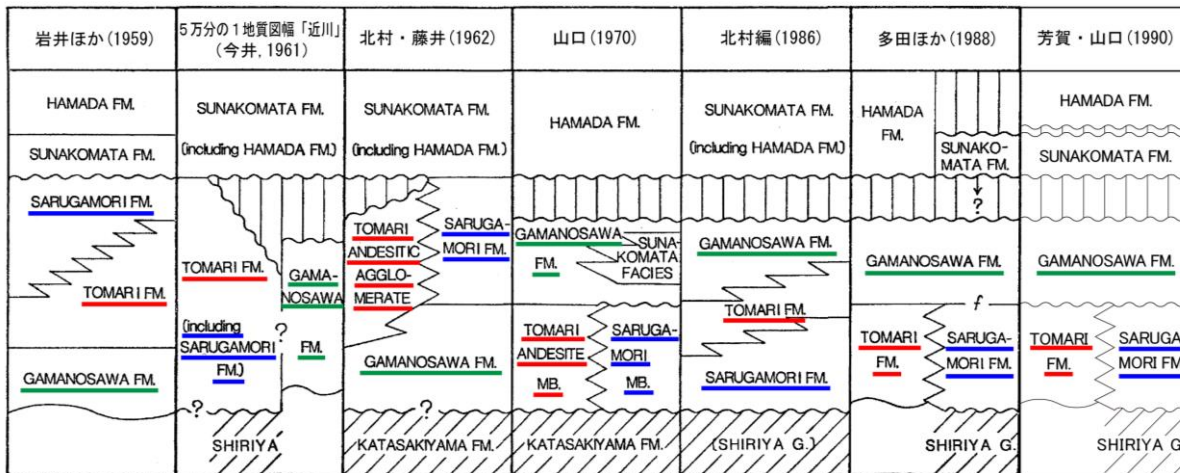
| No. | 断層名 | | 断層長さ (km) |
|-----|-------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 横浜断層 | | 15.4 |
| 2 | 尻屋崎南東沖断層 | | 14.5 |
| 3 | 恵山沖断層 | | 47 |
| 4 | 函館平野西縁断層帯 | 4-1 海域南東延長部含む 函館平野西縁断層帯 | 26 |
| | | 4-2 海域南西延長部含む 函館平野西縁断層帯 | 28 |
| 5 | 青森湾西岸断層帯 | | 31 |
| 6 | 津軽山地西縁断層帯北部 | | 16 |
| 7 | 津軽山地西縁断層帯南部 | | 23 |
| 8 | 折爪断層 | | 53 |
| 9 | 出戸西方断層 | | 11 |
| 10 | 上原子断層 | | 5 |
| | 七戸西方断層 | | 46 |
| 11 | 根岸西方断層 | | 38 |

連動考慮
51

参考

参考① 敷地周辺陸域の地質層序の変遷

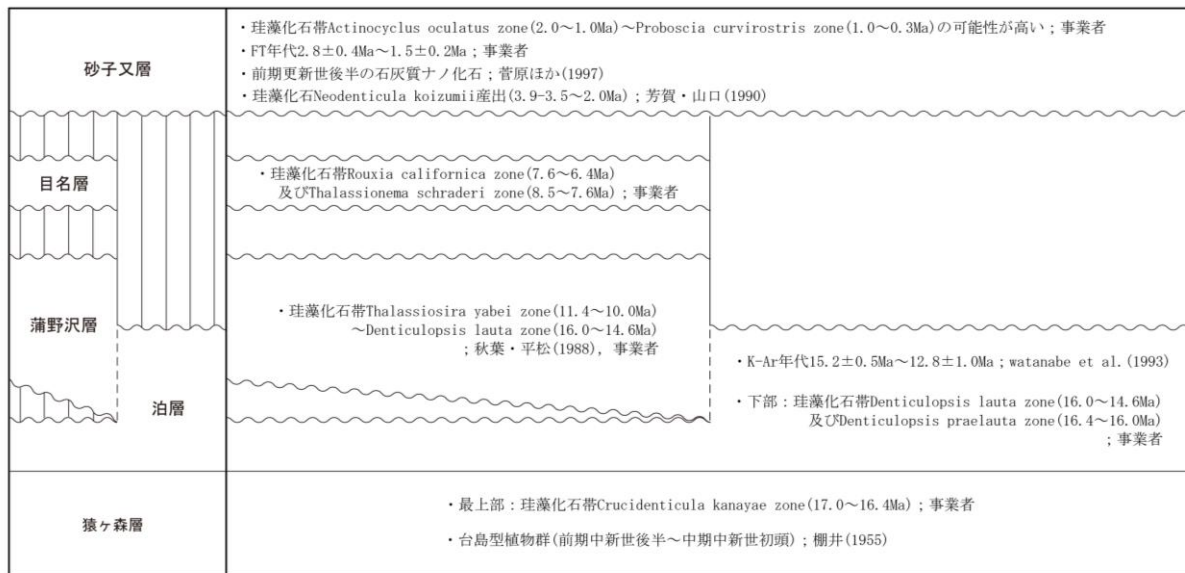
既往文献における下北半島東部の地質層序の変遷



多田ほか(1988)を編集・加筆。芳賀・山口(1990)の層序表は論文の記載内容から事業者が独自に作成。

- 5万分の1地質図幅「近川」では、岩相の類似性から、泊層下部の泥岩は蒲野沢層上部に相当する可能性があるとしてされている。
- 一方、山口(1970)、芳賀・山口(1990)等によると、蒲野沢層は泊層の上位とされており、珪藻化石の分析結果とも整合している。また、事業者による調査でも、同様な結果が得られている。

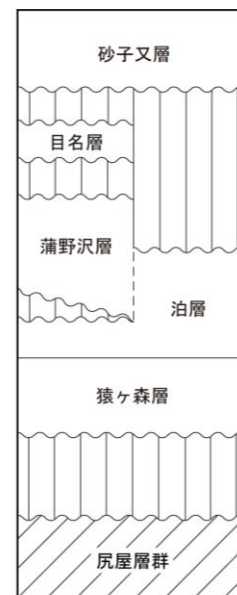
地質層序の設定根拠



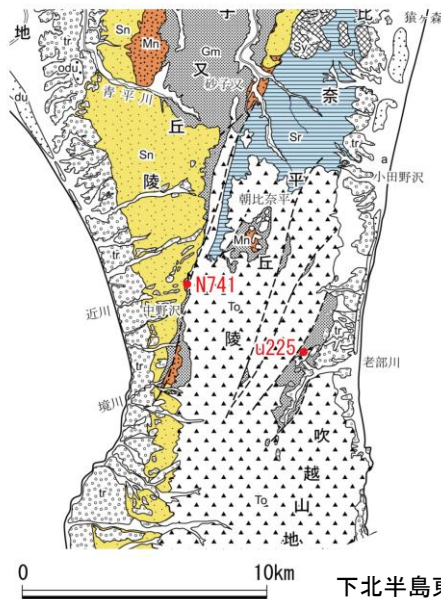
—— 整合 ~~~~~ 不整合 | 関係不明

※珪藻化石に関する年代値は、Yanagisawa・Akiba(1998)及びWatanabe・Yanagisawa(2005)による。台島型植物群の時代は、地学団体研究会編(1996)による。

下北半島東部の地質層序
(尻屋層群～砂子又層)

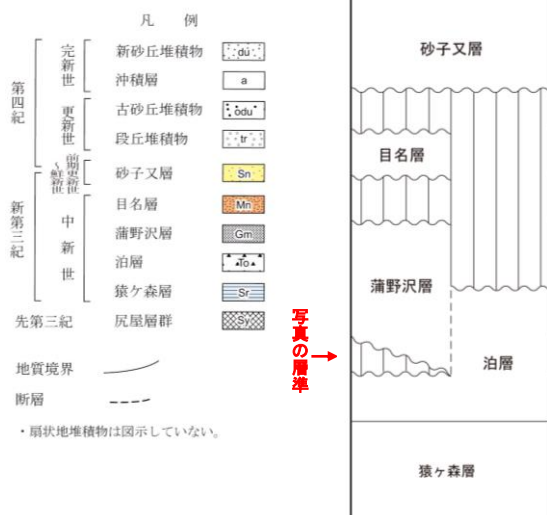


参考② 蒲野沢層／泊層の層位関係

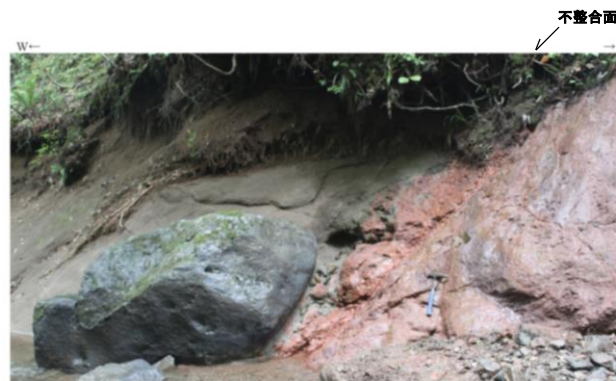
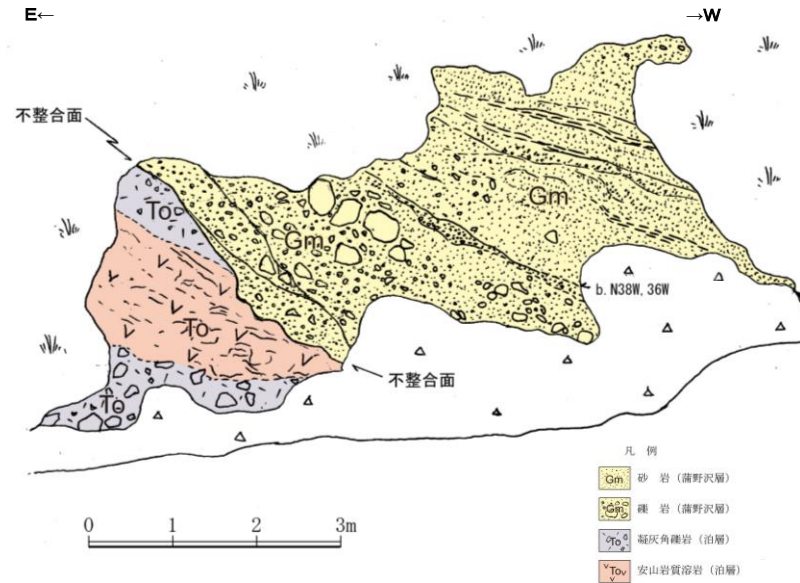


0 10km

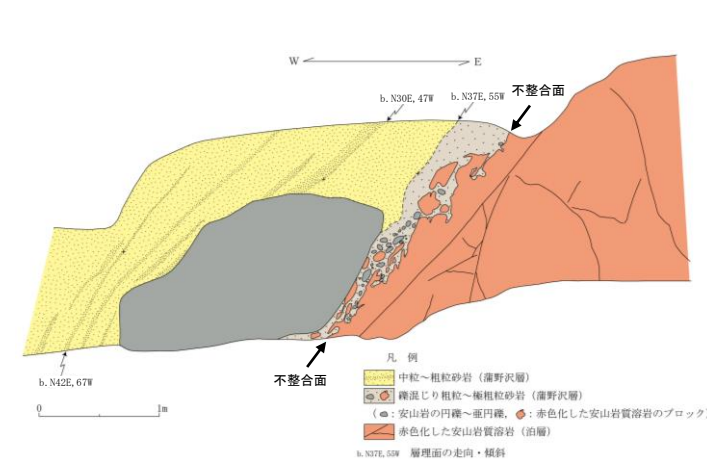
下北半島東部の地質層序
(尻屋層群～砂子又層)



不整合面
Loc.u225 東通村老部川支流 李沢右岸
東側の泊層凝灰角礫岩～安山岩質溶岩と西側の蒲野沢層礫岩との境界。蒲野沢層は泊層を削り込んで堆積している。

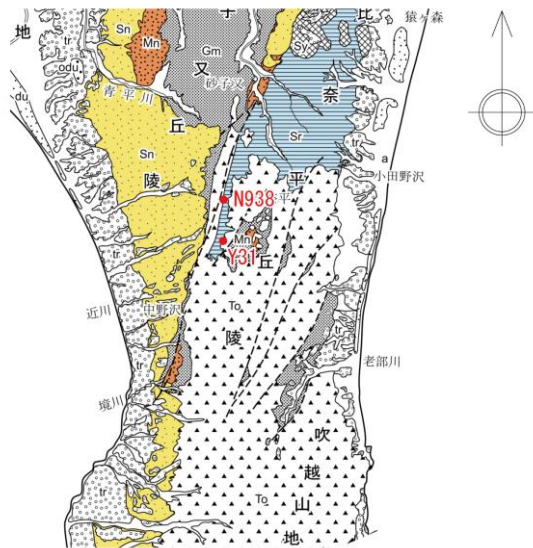


不整合面
Loc.N741 むつ市近川田名部沢右岸
西側の蒲野沢層砂岩と東側の泊層安山岩質溶岩との境界。蒲野沢層の基底部には、直下の溶岩のブロックが取り込まれているとともに、安山岩の円礫～垂円礫が含まれている。

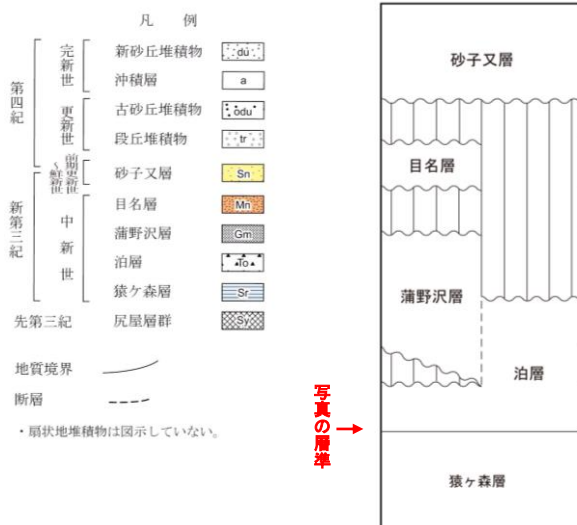


➤ 露頭調査により、蒲野沢層は泊層を不整合に覆っていることを確認している。

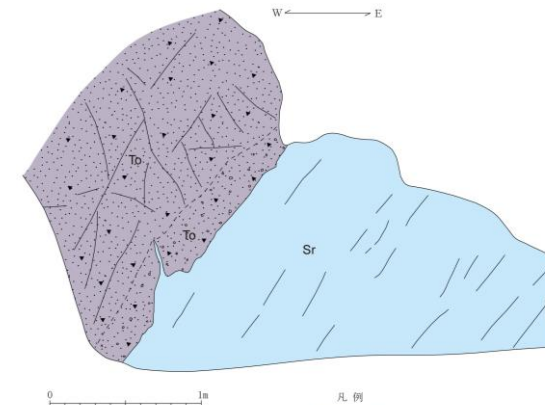
参考③ 泊層／猿ヶ森層の層位関係



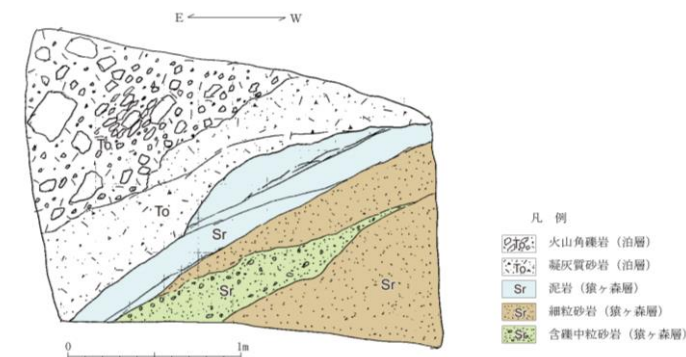
下北半島東部の地質層序
(尻屋層群～砂子又層)



Loc.N938 むつ市今泉川上流
西側の泊層凝灰質砂岩と東側の猿ヶ森層泥岩との境界。両者は整合関係で接している。

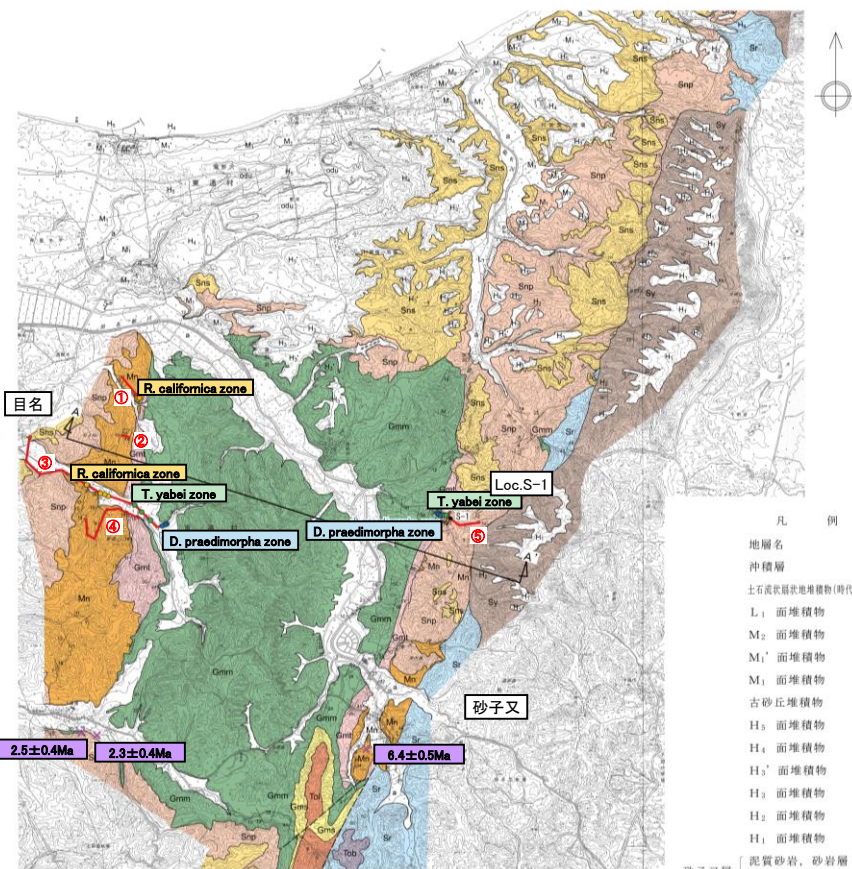


Loc.Y31 むつ市近川東方
泊層火山角礫岩、凝灰質砂岩と猿ヶ森層泥岩、砂岩との境界。両者は整合関係で接している。



➤ 露頭調査により、泊層は猿ヶ森層は整合に覆っていることを確認している。

参考④ 目名層の年代分析試料採取位置・柱状対比図



凡例

| 地層名 | 記号 |
|-----------------------|------------------|
| 沖積層 | a |
| 土石流状扇状地堆積物(時代未詳) | dt |
| L ₁ 面堆積物 | L ₁ |
| M ₂ 面堆積物 | M ₂ |
| M ₁ ' 面堆積物 | M ₁ ' |
| M ₁ 面堆積物 | M ₁ |
| 古砂丘堆積物 | odu |
| H ₅ 面堆積物 | H ₅ |
| H ₄ 面堆積物 | H ₄ |
| H ₃ ' 面堆積物 | H ₃ ' |
| H ₃ 面堆積物 | H ₃ |
| H ₂ 面堆積物 | H ₂ |
| H ₁ 面堆積物 | H ₁ |
| 砂子又層 | Sna |
| 配岩砂岩, 砂岩層 | Sna |
| 礫岩, 軽石質砂岩層 | Snp |
| 目名層 | Mn |
| 砂岩, 軽石質砂岩層 | Mn |
| 砂岩層 | Gms |
| 礫岩層 (砂子又層) | Gms |
| 礫岩 | Gm |
| 頁岩, 泥岩層 | Gm |
| 凝灰岩層 | Gnt |
| 潘野沢層 | Gm |
| 安山岩質溶岩層 | Tol |
| 凝灰角礫岩層 | Tol |
| 鎮ヶ森層 | Sr |
| 砂岩・泥岩層 | Sr |
| 灰層層群 | Sy |

凡例

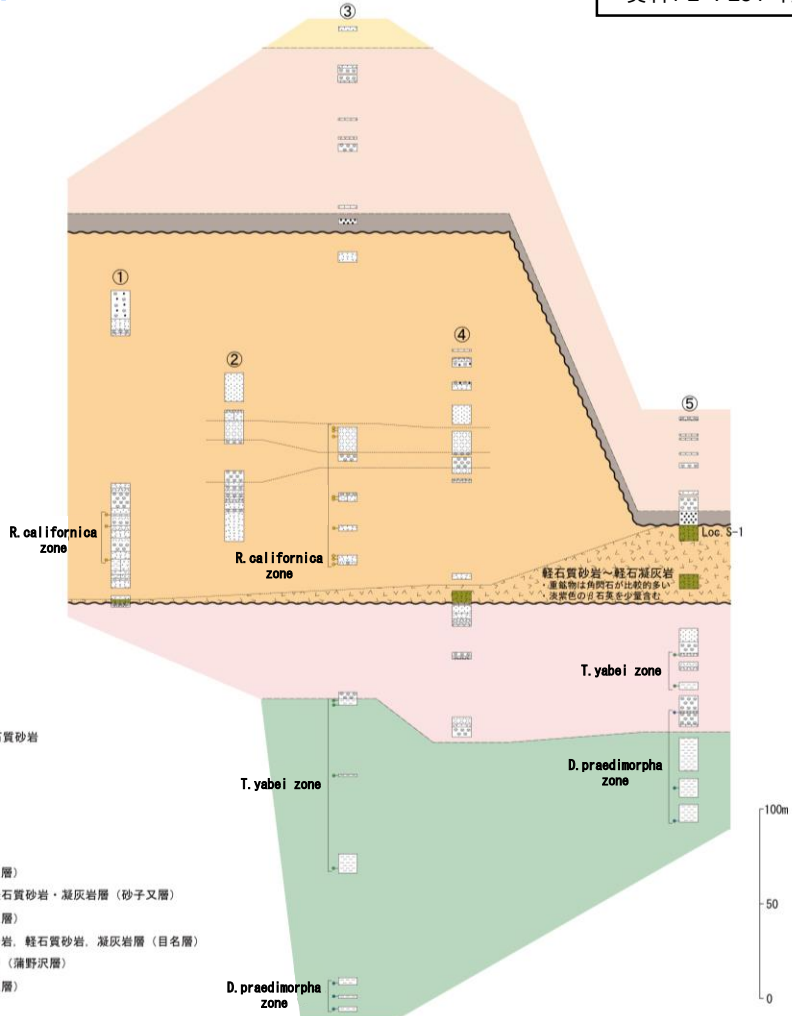
柱状図

- 泥岩
- 砂岩
- 礫岩
- 凝灰質砂岩, 軽石質砂岩
- 極細粒凝灰岩
- 細粒凝灰岩
- 軽石凝灰岩

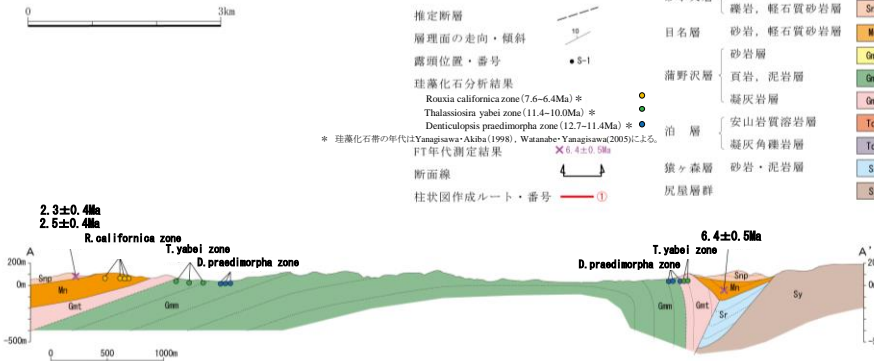
岩相・地層区分

- 砂岩層 (砂子又層)
- 凝灰質砂岩, 軽石質砂岩・凝灰岩層 (砂子又層)
- 礫岩層 (砂子又層)
- 砂岩, 凝灰質砂岩, 軽石質砂岩, 凝灰岩層 (目名層)
- 砂岩, 凝灰岩層 (潘野沢層)
- 泥岩層 (潘野沢層)

下北断層北部周辺における目名層の柱状対比図

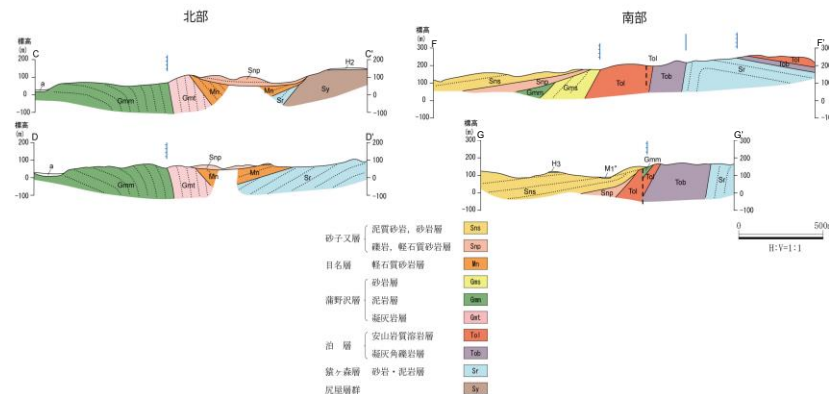
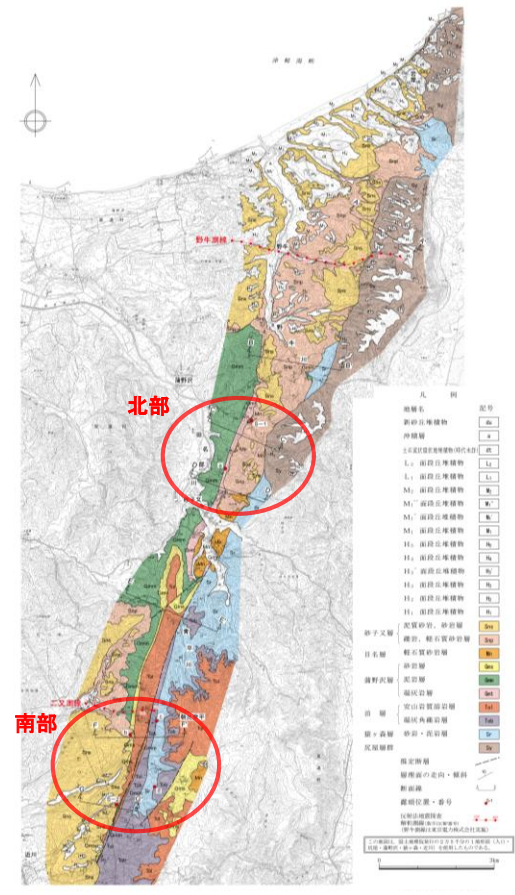


- 下北断層北部周辺に分布する目名層は、軽石質砂岩を主体とし、凝灰岩、軽石凝灰岩等を挟在する。
- 東通村目名東方の目名層からは、R. californica zone (7.6~6.4Ma) に対比される珪藻化石群集が産出し、東通村砂子又付近の目名層からは、FT年代測定により6.4±0.5Maの年代値が得られている。
- 東通村目名東方(①、④)の目名層最下部の軽石質砂岩～軽石凝灰岩の層準が、Loc.S-1付近(⑤)の目名層の層準に相当すると想定される。



下北断層北部周辺の地質図・地質断面図

参考⑤ 下北断層の構造発達モデル①

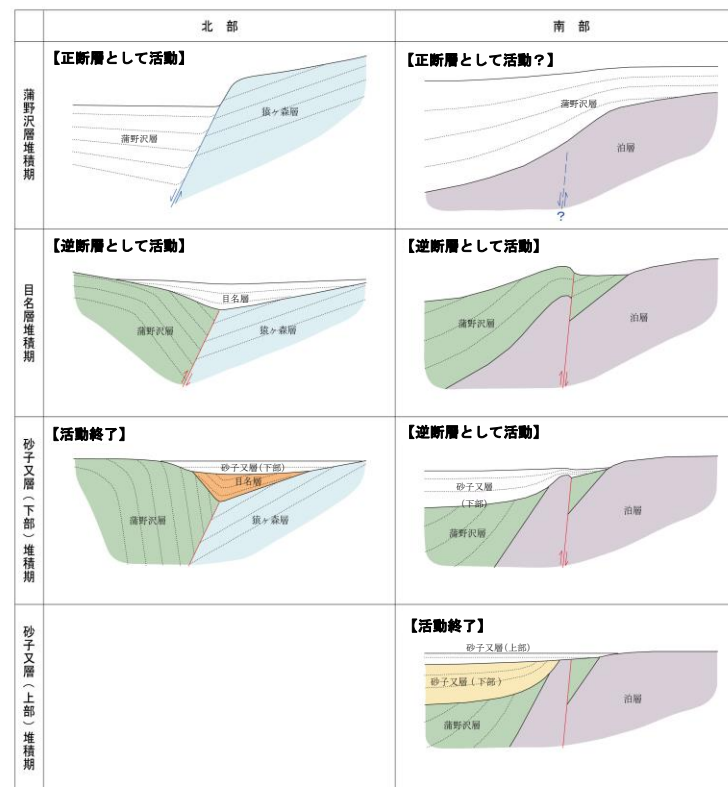


(地質年代)

(中期中新世～
後期中新世初頭)

(後期中新世)

(鮮新世～
前期更新世)

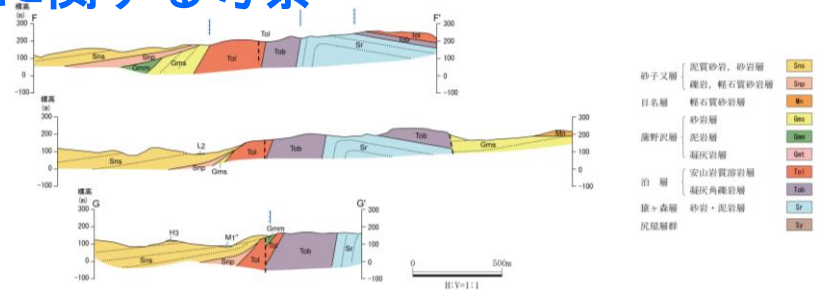
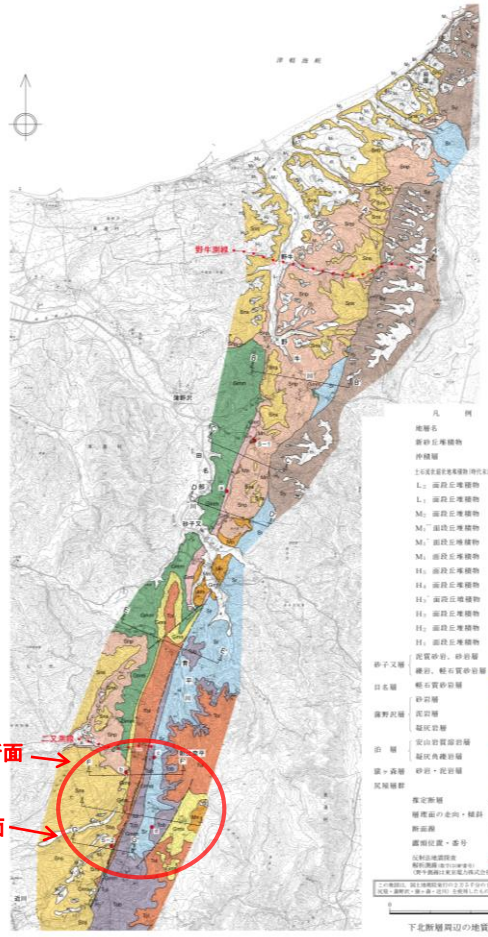


➢ 下北断層は北部と南部で、活動終了時期は異なるものの、ともにインバージョン(西上がり)により形成されたものと考えられる。

※構造発達モデルは簡略化のため、地層区分のみを記載した。

参考⑤ 下北断層の構造発達モデル②

(参考) F-F' 断面の猿ヶ森層の背斜構造に関する考察



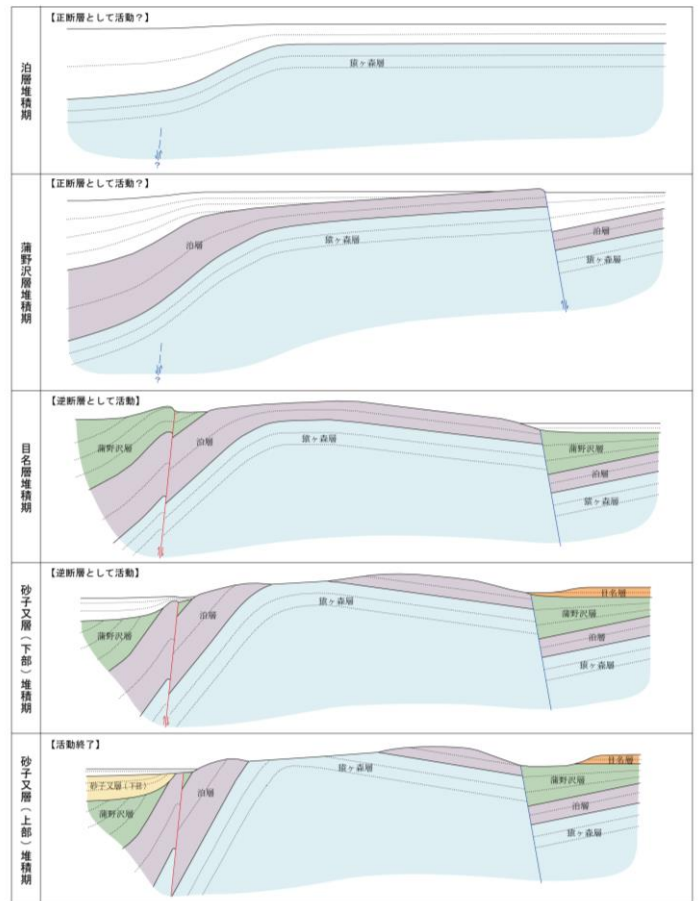
(地質年代)

(前期中新世末期～
中期中新世)

(中期中新世～
後期中新世初頭)

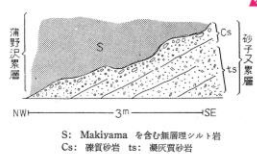
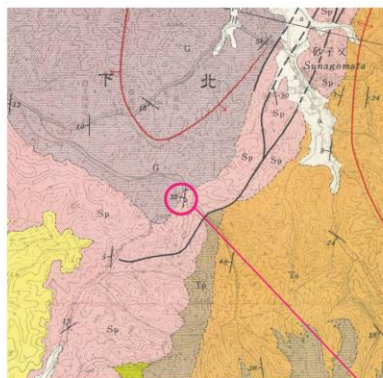
(後期中新世)

(鮮新世～
前期更新世)

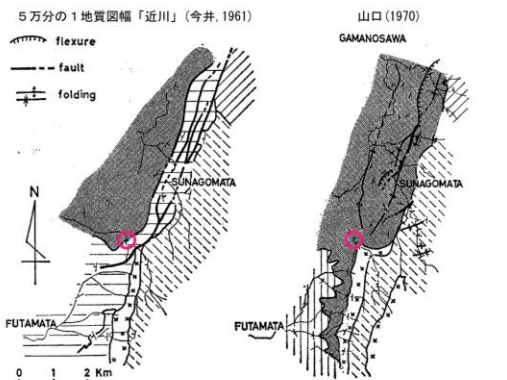


- F-F'断面の猿ヶ森層の背斜構造は、泊層～蒲野沢層堆積期に形成された西下がりの撓曲構造が、目名層～砂子又層(下部)堆積期に東西方向に圧縮されて形成されたものと考えられる。
- なお、F-F'断面とG-G'断面の間の東側の蒲野沢層、目名層は、下北断層の東側の正断層の活動に伴い、堆積したものと考えられる。

参考⑥ 下北断層中央部における既往文献に対する考察①



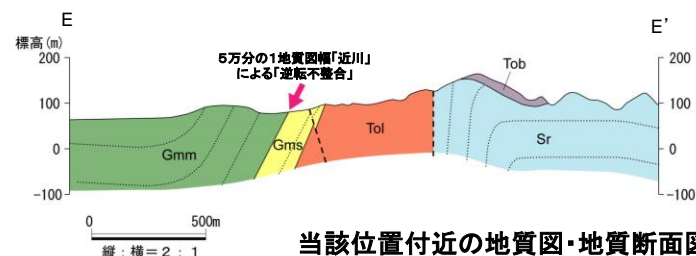
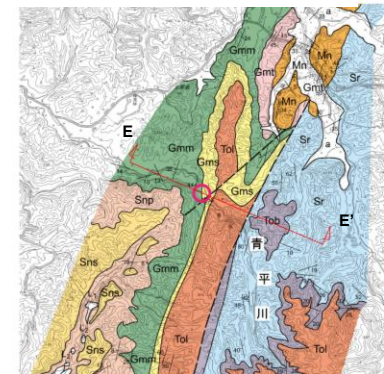
5万分の1地質図幅「近川」による「逆転不整合」



※山口(1970)では砂子又付近の砂子又層を瀧野沢層の同時異相としているが、後に、秀賀・山口(1990)で砂子又層を瀧野沢層を不整合に覆う地層と訂正している。



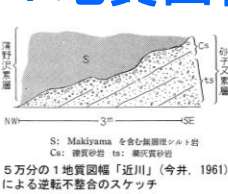
5万分の1地質図幅「近川」と山口(1970)における地質図の対比



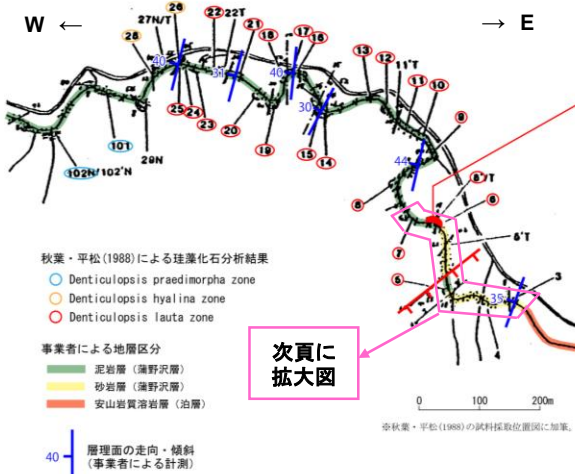
当該位置付近の地質図・地質断面図

- 5万分の1地質図幅「近川」(今井、1961)によれば、青平川上流では逆転した砂子又層と瀧野沢層との不整合が観察されるとされている。
- 山口(1970)によれば、今井(1961)の指摘した逆転不整合は西に傾斜する同斜構造の中に位置していて、周囲の構造からみても逆転を考えることはできず、今井(1961)の逆転不整合露頭における砂子又層は瀧野沢層の一部とするのが自然であるとされている。
- なお、下北断層の西側のNE-SW走向の断層は、南東傾斜の正断層であり、顕著な破碎は認められず、固結している。

参考⑥ 下北断層中央部における既往文献に対する考察② (5万分の1地質図幅「近川」による「逆転不整合」)



5万分の1地質図幅「近川」による「逆転不整合」露頭のスケッチ



秋葉・平松(1988)による珪藻化石分析結果
および事業者測定による層理面の走向・傾斜



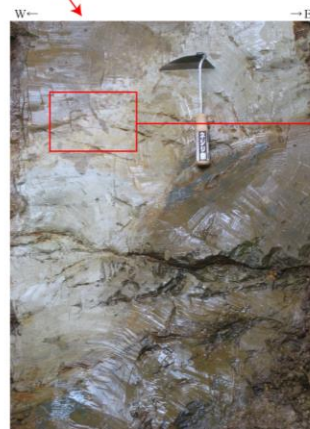
遠景



拡大



5万分の1地質図幅「近川」による「逆転不整合」露頭



遠景



拡大

「逆転不整合」の西側の泥岩中の極細粒凝灰岩 (下側の極細粒凝灰岩に形成された巣穴を上側の泥岩が充填)

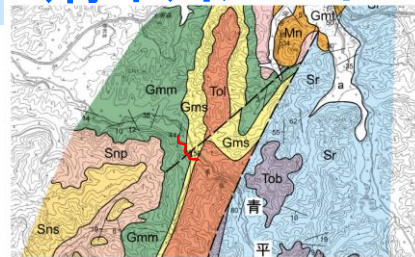
珪藻化石帯層序表

| 地質時代 | Ma | 珪藻化石帯 | | Ma | |
|------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|---------|
| | | 珪藻化石帯 | Ma | | |
| 第四紀 | 更新世 | Neodenticula seminae | NPD 12 | 0.0 | |
| | | Proboscia curvirostris | NPD 11 | 0.3 | |
| | 前期 | Actinocyclus oculatus | NPD 10 | 1.0 | |
| | | Neodenticula koizumii | NPD 9 | 2.0 | |
| | 後期 | N. koizumii-N. kantschatica | NPD 8 | 2.7-2.6 | |
| | | 5 | Neodenticula kantschatica | NPD 7B | 3.9-3.5 |
| | Rouxia californica | | NPD 7A | 6.4 | |
| | Thalassionema schraderi | | NPD 6B | 7.6 | |
| | 新第三紀 | 後期 | Denticulopsis katayamae | NPD 6A | 8.5 |
| | | | Denticulopsis dimorpha | NPD 5D | 9.2 |
| 10 | | Thalassiosira yabei | NPD 5C | 10.0 | |
| | | Denticulopsis praedimorpha | NPD 5B | 11.4 | |
| | | Crucidenticula nicobarica | NPD 5A | 12.7 | |
| 中新世 | 中期 | Denticulopsis hyalina | NPD 4B | 13.0 | |
| | | Denticulopsis lauta | NPD 4A | 14.6 | |
| | 15 | Denticulopsis praelauta | NPD 3B | 16.0 | |
| | | Crucidenticula kanayae | NPD 3A | 16.4 | |
| | | Crucidenticula sawamurae | NPD 2B | 17.0 | |
| | 前期 | 20 | Thalassiosira fraga | NPD 2A | 18.3 |
| | | | Thalassiosira praeefraga | NPD 1 | 20.3 |
| | | 25 | Rocella gelida | | 24.0 |

地質時代の年代は、国際年代層序表 (国際層序委員会, 2015) による。
珪藻化石帯の年代は、Yanagisawa・Akiba(1998) 及び Natanabe・Yanagisawa(2005) による。

- 5万分の1地質図幅「近川」(今井(1961))による「逆転不整合」周辺の地層は西傾斜の同斜構造を示し、秋葉・平松(1988)による珪藻化石分析の結果から西側が上位層準となっている。
- 「逆転不整合」直近においても西側が上位層準であることが生痕化石から推定される。

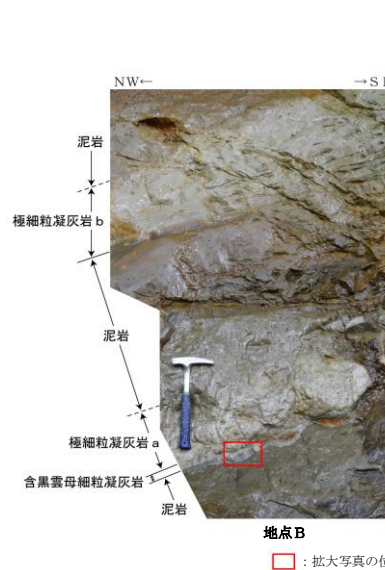
参考⑥ 下北断層中央部における既往文献に対する考察③ (青平川ルートマップ)



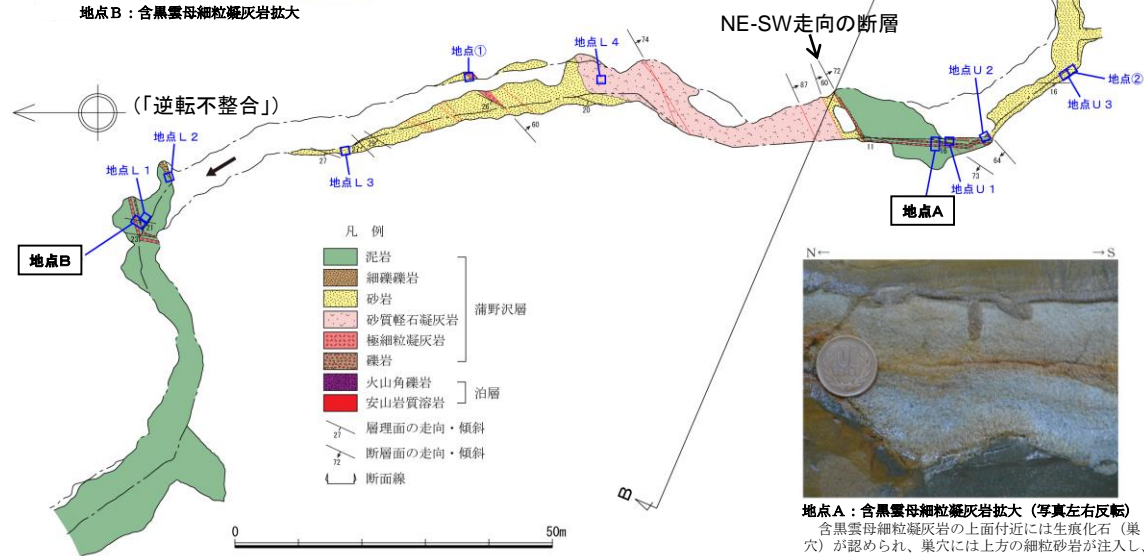
| | | | | |
|------|------------|-----|-------|----------|
| 砂子又層 | 泥質砂岩, 砂岩層 | Sns | 0 1km | ルートマップ範囲 |
| | 礫岩, 軽石質砂岩層 | Snp | | |
| 目名層 | 軽石質砂岩層 | Mn | | |
| 蒲野沢層 | 砂岩層 | Gms | | |
| | 凝灰岩層 | Gmt | | |
| 泊層 | 火山岩質溶岩層 | Toi | | |
| | 凝灰角礫岩層 | Tob | | |
| 猿ヶ森層 | 砂岩・泥岩層 | Sr | | |



地点B : 含黒雲母細粒凝灰岩拡大



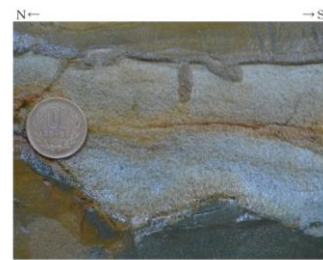
地点B
□ : 拡大写真の位置



凡例

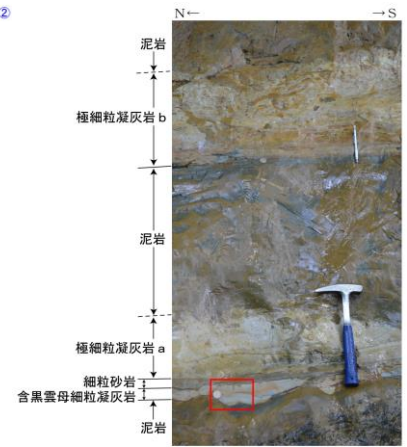
| | |
|---------|------|
| 泥岩 | 蒲野沢層 |
| 細礫礫岩 | |
| 砂岩 | 泊層 |
| 砂質軽石凝灰岩 | |
| 極細粒凝灰岩 | 猿ヶ森層 |
| 礫岩 | |
| 火山角礫岩 | 断層線 |
| 火山岩質溶岩 | |

層理面の走向・傾斜
断層面の走向・傾斜



地点A : 含黒雲母細粒凝灰岩拡大 (写真左右反転)
含黒雲母細粒凝灰岩の上面付近には生痕化石 (巢穴) が認められ、巢穴には上方の細粒砂岩が注入し、充填している。

- NE-SW走向の断層を挟んで、同じ層準が繰り返しており、「逆転不整合」とされる泥岩／細礫礫岩境界付近の泥岩中には2枚の極細粒凝灰岩と含黒雲母細粒凝灰岩が認められる。
- 含黒雲母細粒凝灰岩 (地点A) では、生痕化石 (巢穴) に上方の細粒砂岩が充填している。
- また、含黒雲母細粒凝灰岩に含まれる黒雲母は下部で多く、粒度も上部に向かって細粒化しており、上方細粒化している。(地点A, B)
- 上記は、上側 (下流側) が上位であることを示している。



地点A (写真左右反転)
□ : 拡大写真の位置

参考⑥ 下北断層中央部における既往文献に対する考察④ (青平川地質断面図)



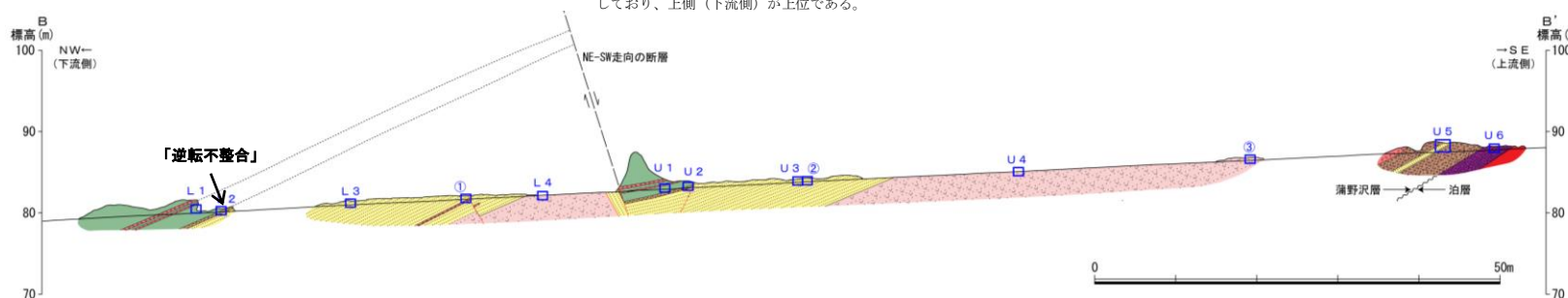
地点①
下流側の礫質砂岩中に、直下上流側の凝灰岩の礫・ブロックが取り込まれており、下流側が上位である。



地点② (写真左右反転)
下流側の中粒砂岩にみられる傾斜したラミナを、上側の下流側に平行に傾斜する礫質砂岩の基底面が切断しており、上側 (下流側) が上位である。



地点③ (写真左右反転)
クロスラミナが発達し、上側のラミナが下側のラミナを切断しており、上側 (下流側) が上位である。



青平川地質断面図

- 地点①では、下流側の礫質砂岩中に、上流側の凝灰岩の礫・ブロックが取り込まれている。
- 地点②、地点③では、上側のラミナが下側のラミナを切断している。
- また下流側では、上流側に蒲野沢層の基底礫岩と泊層の火山角礫岩が接している。
- いずれの地点においても、上側(下流側)が上位であることを示している。
- 「逆転不整合」～NE-SW走向の断層周辺の地層は同斜構造を示し、NE-SW走向の断層を挟んで、同じ層準が繰り返し認められる。

【蒲野沢層 塊状泥岩】



地点L 1

【蒲野沢層 泥岩とその直下の細礫砂岩】



地点L 2

(1/5万地質図幅「近川」による逆転不整合露頭)

【蒲野沢層 礫質砂岩】



地点L 3 (写真左右反転)

【蒲野沢層 砂質軽石凝灰岩】



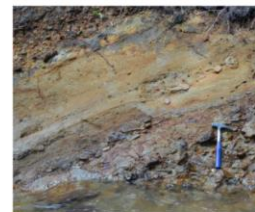
地点L 4

下盤側(下流側)

NE-SW走向の断層

上盤側(上流側)

【蒲野沢層 基底礫岩と挟む砂岩】



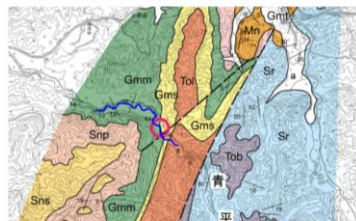
地点U 5

【泊層 火山角礫岩】



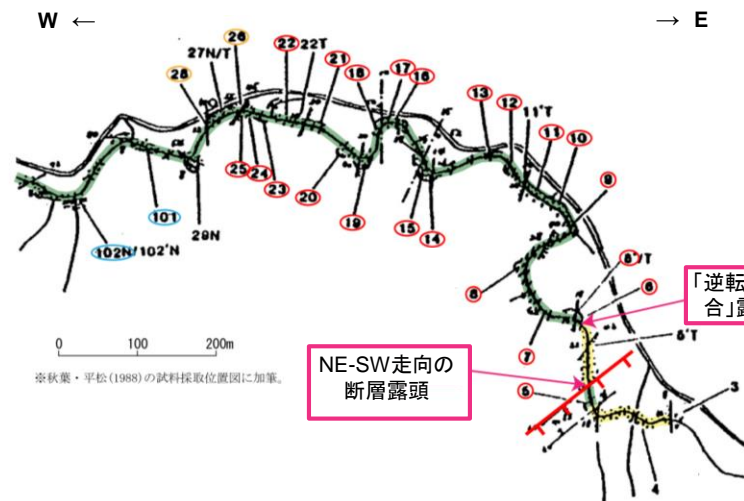
地点U 6

参考⑥ 下北断層中央部における既往文献に対する考察⑤ (NE-SW走向の断層)



| | | |
|------|-----------|-----|
| 砂子文層 | 泥質砂岩、砂岩層 | Sns |
| | 礫岩、軽石質砂岩層 | Snp |
| 目名層 | 軽石質砂岩層 | Mh |
| | 砂岩層 | Gms |
| 蒲野沢層 | 泥岩層 | Gm |
| | 凝灰岩層 | Gat |
| 泊層 | 安山岩質帯岩層 | Tai |
| | 凝灰角礫岩層 | Tob |
| 猿ヶ森層 | 砂岩・泥岩層 | Sr |

○ 「逆転不整合」露頭位置
 〰 ルートマップ位置



秋葉・平松(1988)による珪藻化石分析結果
 ○ Denticulopsis praedimorpha zone
 ○ Denticulopsis hyalina zone
 ○ Denticulopsis lauta zone

事業者による地層区分
 〰 泥岩層 (蒲野沢層)
 〰 砂岩層 (蒲野沢層)

NE-SW走向の断層
(上盤側:砂質泥岩/下盤側:細礫混じり砂岩)



拡大

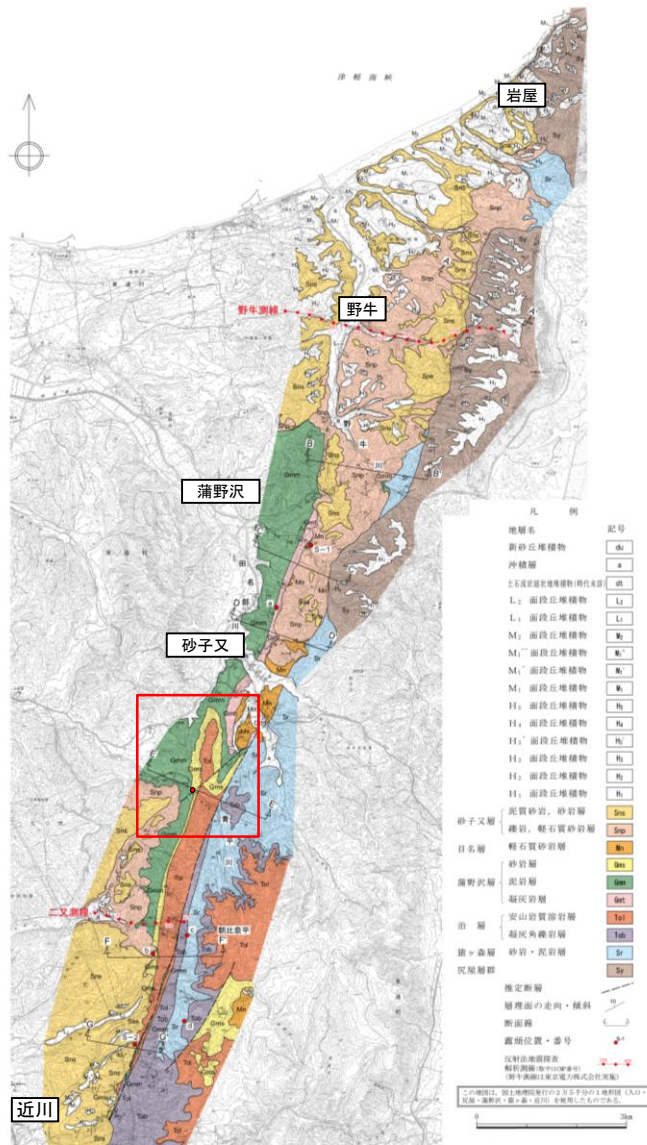


断層面拡大

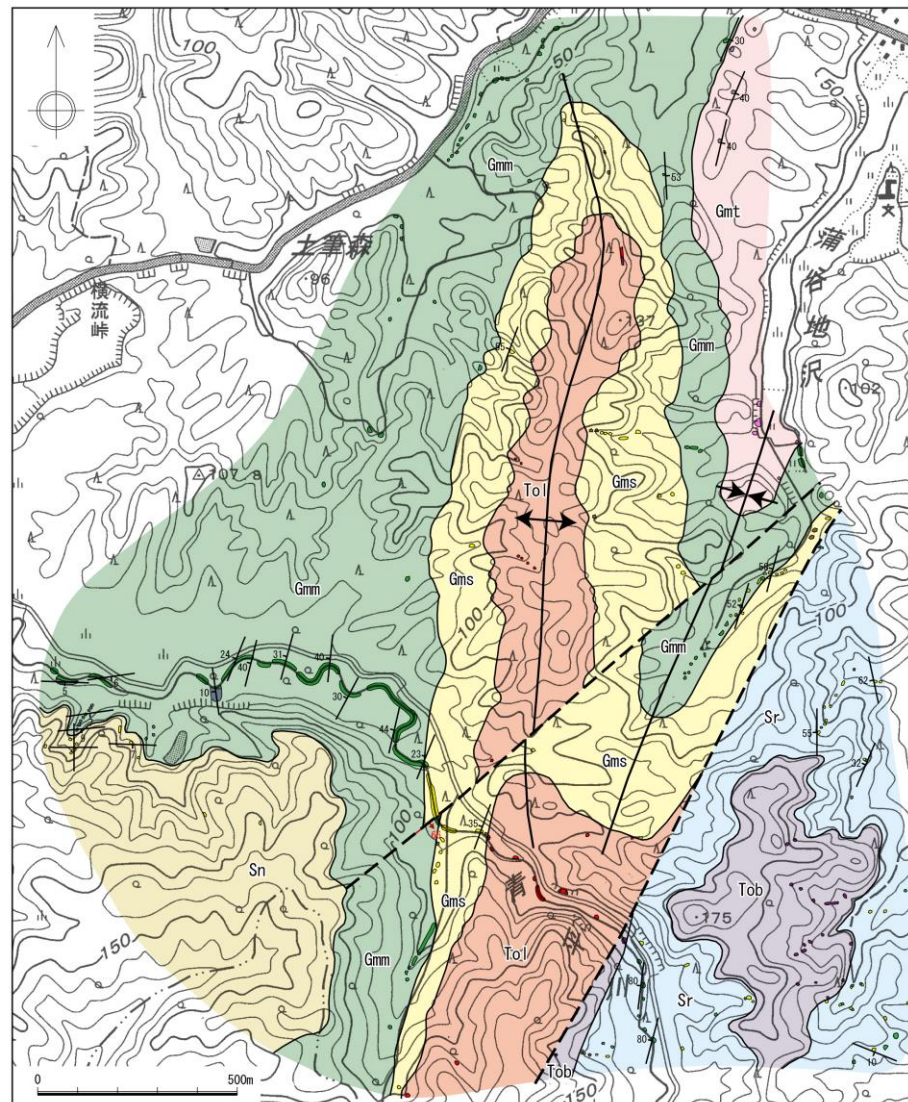
秋葉・平松(1988)による珪藻化石分析結果
および露頭位置図

- NE-SW走向の断層を挟んで泥岩層/砂岩層境界が繰り返しており、断層の上盤側に上位の泥岩層が、下盤側に下位の砂岩層が分布していることから、本断層は正断層と判断される。
- 断層面沿いには顕著な破碎は認められず、固結している。

参考⑥ 下北断層中央部における既往文献に対する考察⑥ (下北断層中央部付近のルートマップ)



下北断層周辺の地質図



下北断層中央部付近のルートマップ

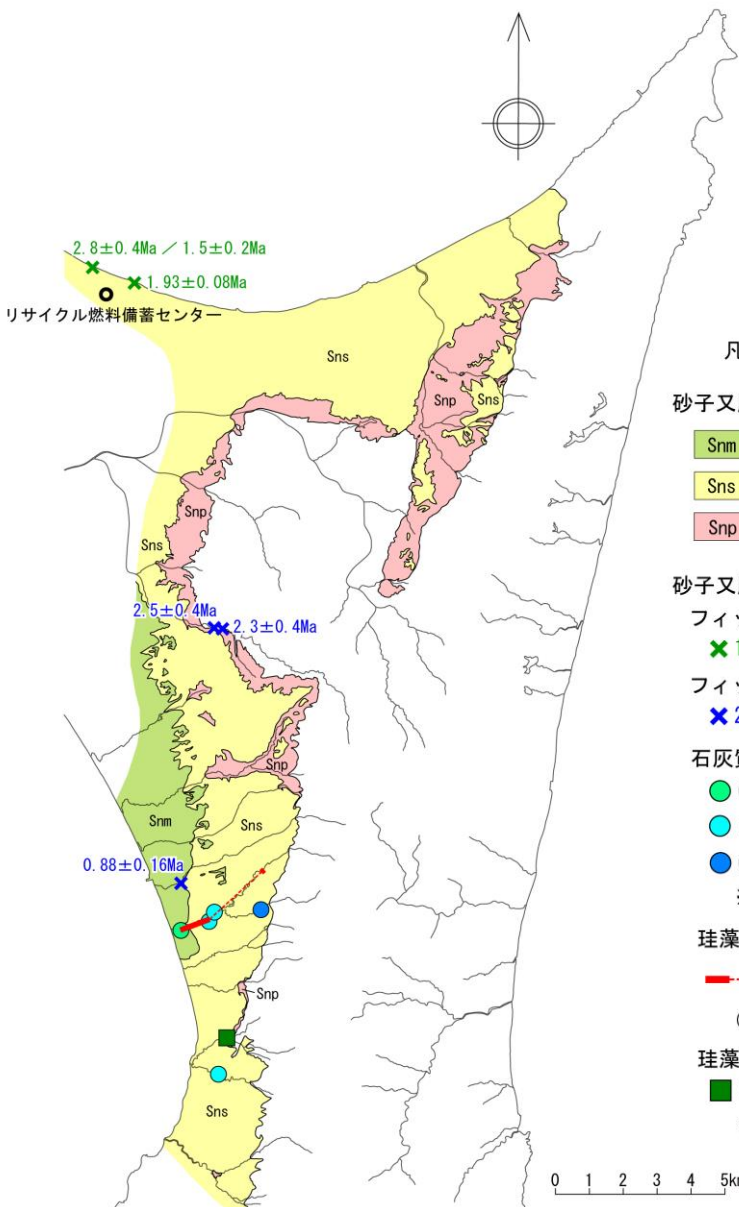
- 下北断層中央部付近においては、下北断層の他に、一对の背斜・向斜及びNE-SW走向の正断層が分布している。
- 5万分の1地質図幅「近川」(今井, 1961)による「逆転不整合」周辺の地層は西傾斜の同斜構造を示す。

- 露頭凡例
- 泥岩
 - 砂岩
 - 礫岩
 - 細粒凝灰岩
 - 軽石凝灰岩
 - 凝灰角礫岩
 - 安山岩質溶岩
- 地層区分凡例
- Sn 砂子又層
 - Gms 蒲野沢層 砂岩層
 - Gmm 蒲野沢層 泥岩層
 - Gmt 蒲野沢層 凝灰岩層
 - Toi 泊層 安山岩質溶岩層
 - Tob 泊層 凝灰角礫岩層
 - Sr 猿ヶ森層

参考⑦ 段丘面区分の対比

| 段丘面区分 | | | 海洋酸素同位体 ステージ |
|-------|--------------|---------|-----------------|
| | リサイクル燃料貯蔵(株) | 日本原燃(株) | |
| 低位面 | L 2面 | L 2面 | MIS3 |
| | L 1面 | L 1面 | MIS5a |
| 中位面 | M2面 | M3面 | MIS5c |
| | M1'面 | M2面 | MIS5e |
| | M1面 | M1面 | |
| 高位面 | H 5面 | H 5面 | MIS7 |
| | H 4面 | H 4面 | MIS9 |
| | H 3面 | H 3面 | MIS11 |

参考⑧ 砂子又層の年代データ①



凡例

砂子又層の岩相区分

- Snm 泥岩層
- Sns 泥質砂岩, 砂岩層
- Snp 軽石質砂岩, 軽石凝灰岩層

砂子又層の年代データ

フィッシュントラック年代 (東京電力株式会社調査所, 2001)

✕ 1.93 ± 0.08Ma

フィッシュントラック年代 (東京電力株式会社・東北電力株式会社, 1995)

✕ 2.3 ± 0.4Ma

石灰質ナノ化石 (菅原ほか, 1997)

- Gephyrocapsa parallela 産出しない (0.95Ma 以前※)
 - Gephyrocapsa (large) 産出 (1.45 ~ 1.21Ma※)
 - Gephyrocapsa oceanica 産出 (1.65Ma 以降※)
- ※石灰質ナノ化石の年代値は佐藤ほか (1999) による。

珪藻化石 (リサイクル燃料貯蔵株式会社, 2007)

- Actinocyclus oculatus 帯 (2.0 ~ 1.0Ma※※)
 - ~ Proboscia curvirostris 帯 (1.0 ~ 0.3Ma※※)
- (細破線部は年代指標となる種が認められなかった区間)

珪藻化石 (芳賀・山口, 1990)

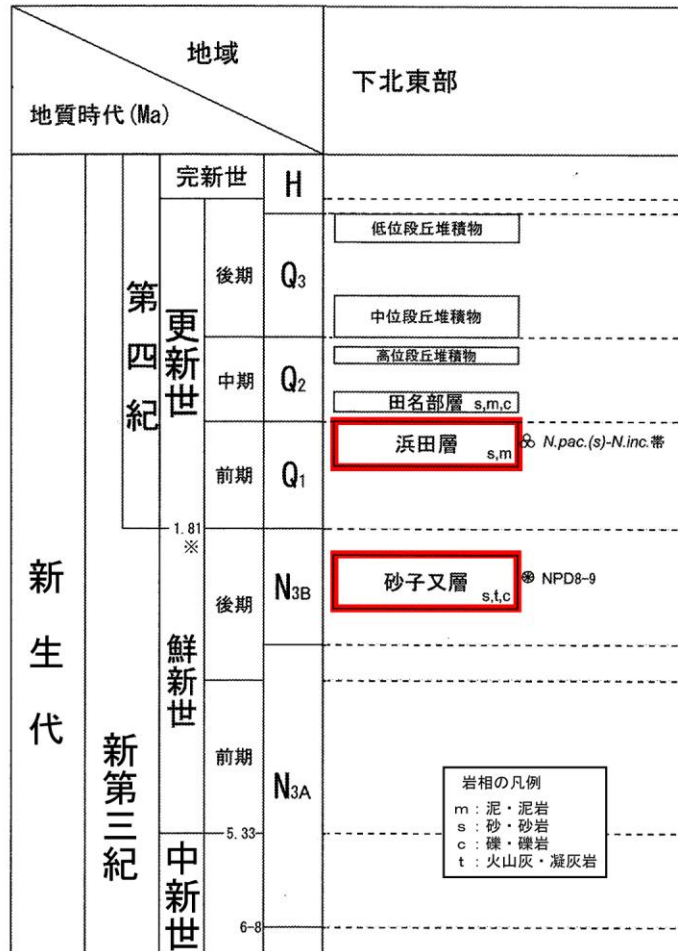
- Neodenticula koizumii 産出 ((3.9-3.5) ~ 2.0Ma※※)
- ※※珪藻化石の年代値は Yanagisawa・Akiba (1998) による。

砂子又層の各層で得られた年代データ

| 岩相区分 | 年代値 |
|------|---|
| Snm | フィッシュントラック年代: 下部で 0.88 ± 0.16Ma 石灰質ナノ化石: 下部で 0.95Ma 以前 珪藻化石: 2.0 ~ 0.3Ma |
| Sns | フィッシュントラック年代: 1.93 ± 0.08Ma, 2.8 ± 0.4Ma / 1.5 ± 0.2Ma 石灰質ナノ化石: 上部・中部で 1.45 ~ 1.21Ma, 下部で 1.65Ma 以降 珪藻化石: 2.0 ~ 0.3Ma |
| Snp | フィッシュントラック年代: 2.3 ± 0.4Ma, 2.5 ± 0.4Ma 珪藻化石: (3.9-3.5) ~ 2.0Ma |

- 砂子又層の年代データとしては、東京電力(株)むつ調査所や東京電力(株)・東北電力(株)によるFT年代測定結果、菅原ほか(1997)による石灰質ナノ化石分析結果、事業者や芳賀・山口(1990)による珪藻化石分析結果がある。
- 砂子又層は岩相により下位からSnp、Sns、Snmに区分され、それぞれの年代はSnpが概ね2Ma以前、Snsが概ね2~1Ma、Snmが概ね1Ma以降と考えられる。
- 砂子又層の堆積年代は鮮新世~前期更新世と判断される。

参考⑧ 砂子又層の年代データ②



※更新世と鮮新世との境界は古い定義のまま。

日本地方地質誌2「東北地方」(2017)による層序表

- 日本地方地質誌2「東北地方」(2017)によれば、「浜田層」及び「砂子又層」の堆積年代はそれぞれ前期更新世及び後期鮮新世とされている。
- 同文献では、「砂子又層」の堆積年代についてNPD8-9の珪藻化石の産出が示されており、現在の定義に照らした場合、後期鮮新世～前期更新世になると考えられる。
- 同文献による「浜田層」及び「砂子又層」の年代観は、事業者による砂子又層の年代観に包含されるものと判断される。

参考⑨ 函館平野西縁断層帯・根岸西方断層による地震の敷地への影響確認結果

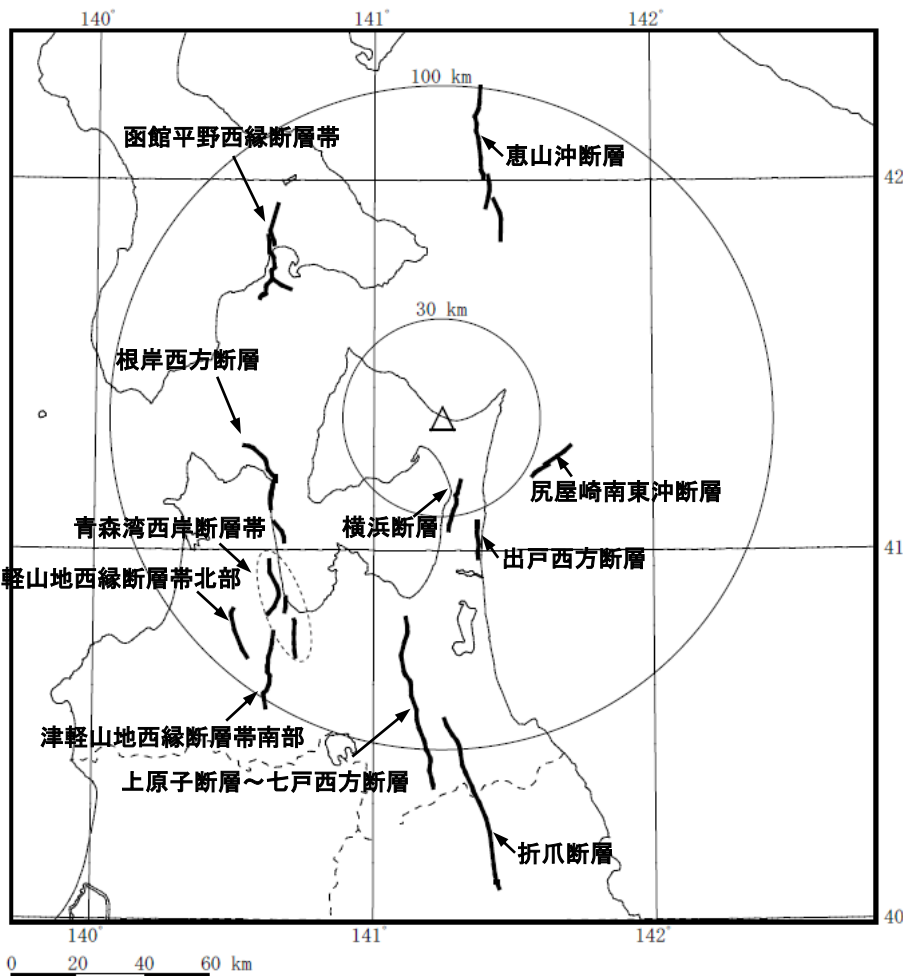
敷地周辺の「震源として考慮する活断層」の諸元

| No. | 断層名 | | 断層長さ | マグニチュード M ^{*1} | 震央距離 |
|-----|-------------|----------------------------|--------|-------------------------|-------|
| 1 | 横浜断層 | 1-1 地質調査結果 | 15.4km | 6.8 | 26km |
| | | 1-2 地震動評価モデル ^{*2} | 27km | 7.0 | 26km |
| 2 | 尻屋崎南東沖断層 | | 14.5km | 6.8 | 34km |
| 3 | 恵山沖断層 | | 47km | 7.6 | 78km |
| 4 | 函館平野西縁断層帯 | 4-1 海城南東延長部含む 函館平野西縁断層帯 | 26km | 7.2 | 70km |
| | | 4-2 海城南西延長部含む 函館平野西縁断層帯 | 28km | 7.2 | 72km |
| 5 | 青森湾西岸断層帯 | | 31km | 7.3 | 74km |
| 6 | 津軽山地西縁断層帯北部 | | 16km | 7.3 ^{*3} | 89km |
| 7 | 津軽山地西縁断層帯南部 | | 23km | 7.3 ^{*3} | 92km |
| 8 | 折爪断層 | | 53km | 7.7 | 115km |
| 9 | 出戸西方断層 | | 11km | 6.6 | 38km |
| 10 | 上原子断層 | | 5km | 連動 考慮 7.7 51km | 83km |
| | 七戸西方断層 | | 46km | | |
| 11 | 根岸西方断層 | | 38km | 7.5 | 60km |

※1: 1-2, 6, 7を除き松田(1975)に基づき算定。

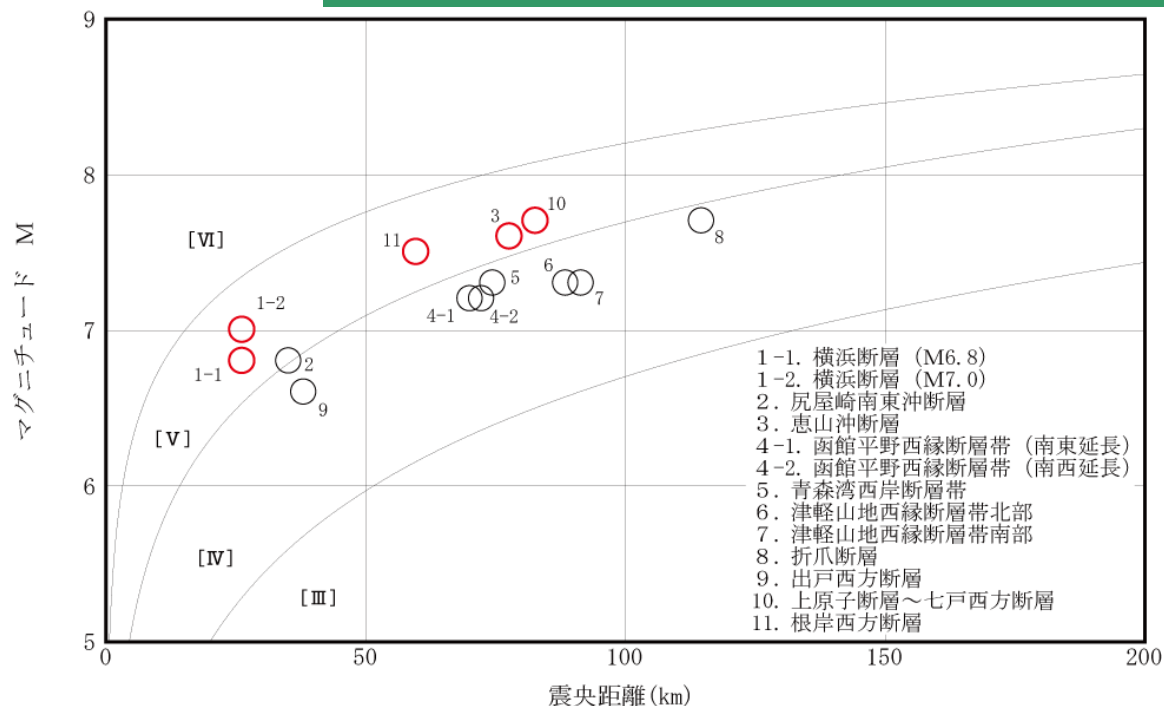
※2: 横浜断層による地震を検討用地震として選定しており、地震動評価においては断層長さを27kmとしている。地震規模は、震源断層面積に基づきM7.0としている。

※3: 地震調査研究推進本部(2004)のマグニチュードに幅があることから、最大値を用いる。



敷地周辺の「震源として考慮する活断層」分布図

参考⑨ 函館平野西縁断層帯・根岸西方断層による地震の敷地への影響確認結果



[IV], [V], [VI]は、1996年以前の気象庁震度階で、震度階の境界線は、村松(1969)及び勝又ほか(1971)による。

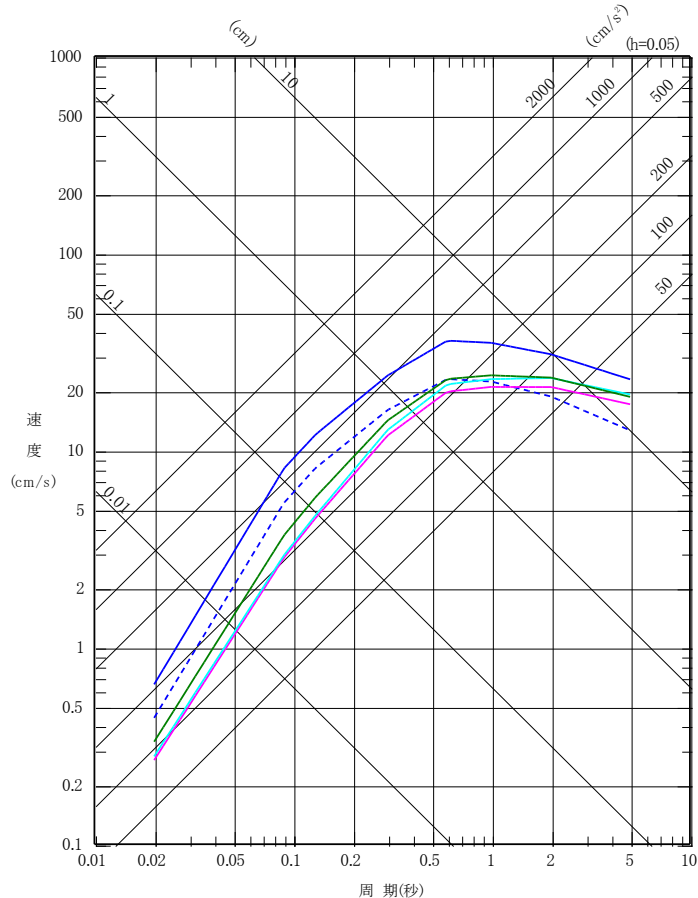
敷地周辺の「震源として考慮する活断層」から想定される地震のマグニチュードー震央距離と震度の関係

- 断層の長さから想定される地震のマグニチュードと断層の中心を震央とした震央距離及び想定される震度との関係から、「横浜断層による地震」、「恵山沖断層による地震」、「上原子断層～七戸西方断層による地震」、「根岸西方断層による地震」は、敷地に大きな影響を与える可能性があると考えられる。このため、これらの断層による地震について、Noda et al.(2002)の方法により応答スペクトル評価を行う。
- 「函館平野西縁断層帯(南東延長)」及び「函館平野西縁断層帯(南西延長)」は、上記の地震に比べて、敷地に与える影響は小さい。

参考⑨ 根岸西方断層による地震の敷地への影響確認結果

- 1-1.横浜断層による地震 (M6.8) ($M6.8$, $X_{eq}=26\text{km}$)
- 1-2.横浜断層による地震 (M7.0) ($M7.0$, $X_{eq}=23\text{km}$)
- 3.恵山沖断層による地震 (M7.6, $X_{eq}=78\text{km}$)
- 10.上原子断層～七戸西方断層による地震 ($M7.7$, $X_{eq}=83\text{km}$)
- 11.根岸西方断層による地震 ($M7.5$, $X_{eq}=60\text{km}$)

(1-2以外は、震央距離を等価震源距離として計算。1-2は、地震動評価の観点から、震源断層面に基づき計算。)



- 敷地に大きな影響を与える可能性のある地震について、Noda et al.(2002)の手法により応答スペクトル評価を実施。
- 「根岸西方断層による地震」は、地震動評価において考慮している「横浜断層による地震 (M7.0)」に比べて、敷地を与える影響は小さい。

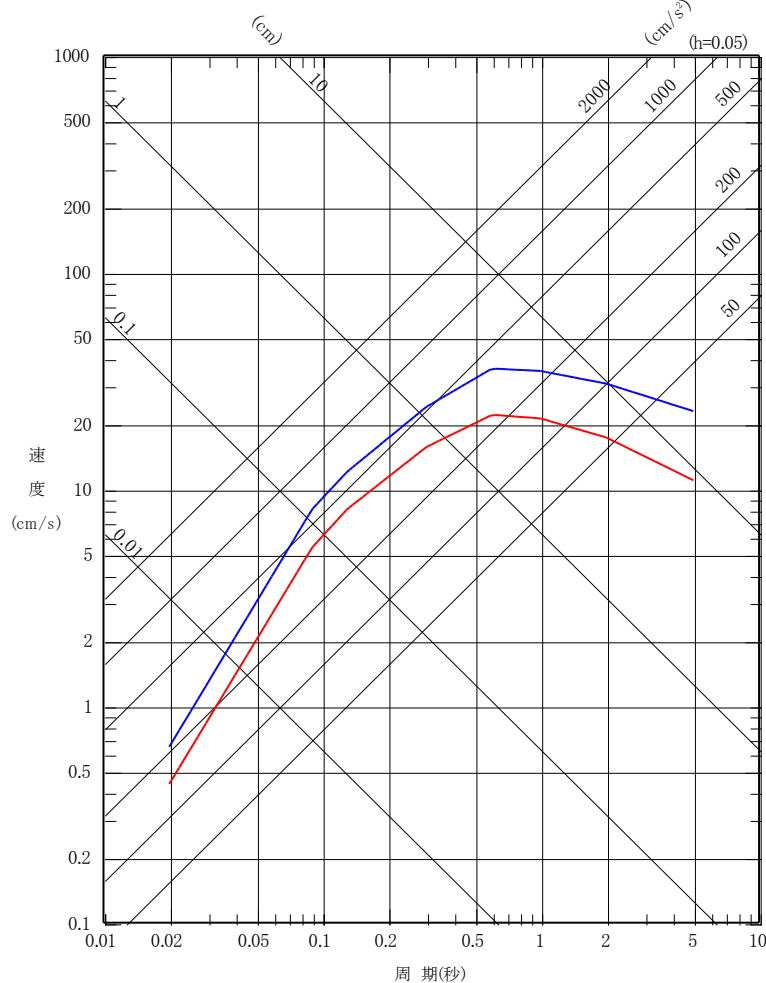
※なお、プレート間地震の検討用地震として選定した「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震 (Mw9.0)」は地震規模が大きく、敷地から震源までの距離が遠いことから、敷地に影響を与える長周期 (0.5秒よりも長い周期) の地震動レベルを代表できると考えられる。

敷地に影響を与える地震として選定した内陸地殻内地震の
Noda et al.(2002)による地震動評価結果

参考⑨ 一切山東方断層・老部川右岸の断層による地震の敷地への影響確認結果

- 横浜断層による地震※ (断層長さ27km, M7.0, Xeq=23 km)
- 一切山東方断層による地震※ (断層長さ20km, M6.7, Xeq=24 km)

※地震動レベルを確認する観点から、震源断層面積に基づいた地震規模、等価震源距離を用いて評価。



➤ 一切山東方断層・老部川右岸の断層は、後期更新世以降における活動はないと判断されるものの、仮の評価として、敷地からの距離を考慮して一切山東方断層による地震を応答スペクトルに基づく手法(Noda et al.(2002))を用いて地震動を評価し、横浜断層による地震と比較をすることにより、敷地への影響を確認する。



➤ 「一切山東方断層による地震」は、「横浜断層による地震」に比べて、敷地に与える影響は小さい。

Noda et al.(2002)を用いた一切山東方断層による地震の評価結果と横浜断層による地震の評価結果の比較

参考文献

参考文献①

- ・ 山崎晴雄・粟田泰夫・加藤碩一・衣笠善博(1986):50万分の1活構造図「青森」,地質調査所.
- ・ 活断層研究会編(1991):「[新編]日本の活断層」分布図と資料,東京大学出版会.
- ・ 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高編(2018):活断層詳細デジタルマップ[新編],東京大学出版会.
- ・ 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編(2002):第四紀逆断層アトラス,東京大学出版会.
- ・ 産業技術総合研究所・北海道立総合研究機構地質研究所(2012):沿岸海域における活断層調査 函館平野西縁断層帯(海域部)成果報告書 平成24年5月.
- ・ 産業技術総合研究所・東海大学(2012):沿岸海域における活断層調査 青森湾西岸断層帯(海域部)成果報告書 平成24年5月.
- ・ 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):青森湾西岸断層帯の長期評価,地震調査研究推進本部.
- ・ 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):津軽山地西縁断層帯の長期評価,地震調査研究推進本部.
- ・ 奥田義久(1993):20万分の1海洋地質図「下北半島沖海底地質図」,地質調査所.
- ・ 玉木賢策(1978):20万分の1海洋地質図「八戸沖海底地質図」,地質調査所.
- ・ 海上保安庁(1975):20万分の1海底地質構造図「室蘭沖」.
- ・ 海上保安庁(1975):20万分の1海底地質構造図「日高舟状海盆」.
- ・ 海上保安庁(1975):20万分の1海底地質構造図「下北半島沖」.
- ・ 海上保安庁(1973):20万分の1海底地質構造図「八戸沖」.
- ・ 海上保安庁(2001):5万分の1沿岸の海の基本図「鹿部」(海底地形図,海底地質構造図)及び調査報告書.
- ・ 海上保安庁(1981):5万分の1沿岸の海の基本図「恵山岬」(海底地形図,海底地質構造図)及び調査報告書.
- ・ 海上保安庁(1998):5万分の1沿岸の海の基本図「尻屋崎」(海底地形図,海底地質構造図)及び調査報告書.
- ・ 海上保安庁(1982):5万分の1沿岸の海の基本図「むつ小川原」(海底地形図,海底地質構造図)及び調査報告書.
- ・ 海上保安庁(1996):5万分の1沿岸の海の基本図「八戸」(海底地形図,海底地質構造図)及び調査報告書.
- ・ 電源開発株式会社(2008):大間原子力発電所原子炉設置許可申請書 平成16年3月(平成17年6月一部補正,平成18年2月一部補正,平成18年10月一部補正,平成19年3月一部補正,平成20年3月一部補正).
- ・ 日本原燃株式会社(2009):核燃料物質加工事業許可申請書(MOX燃料加工施設) 平成17年4月(平成19年2月一部補正,平成19年5月一部補正,平成20年10月一部補正,平成21年4月一部補正,平成21年6月一部補正).
- ・ 小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦編(2005):日本の地形3 東北,東京大学出版会.
- ・ 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](第2刷),東京大学出版会.
- ・ 桑原拓一郎(2004):青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化,地質学雑誌, vol.110, pp.93-102.
- ・ 宮内崇裕(1988):東北日本北部における後期更新世海成面の対比と編年,地理学評論, vol.61, pp.404-422.
- ・ 井上大榮・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, vol.54, pp.557-573.
- ・ 武田智吉・柳沢 賢・酒井俊朗・宮脇理一郎・宮脇明子・百瀬 貢・向山 栄・佐々木寿(2006):平成16年(2004年)新潟県中越地震震源域の地表面における地形と地質構造,地震 第2輯, vol.58, pp.413-426.

参考文献②

- ・ 地質調査総合センター編(2013):日本重力データベースDVD版.
- ・ 中塚正・大熊茂雄(2009):日本空中磁気DBによる対地1,500m平滑面での磁気異常分布データの編集,地質調査総合センター研究資料集, no.516.
- ・ 長崎康彦(1997):岩石磁気と磁気異常から得られる地質情報 A Case Study:東北日本前弧陸棚における岩石磁気測定と磁気異常解析,石油の開発と備蓄,石油公団,30巻,6号.
- ・ 気象庁:地震月報(カタログ編).
- ・ 北村信・藤井敬三(1962):下北半島東部の地質構造について—とくに下北断層の意義について—,東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, vol.56, pp.43—56.
- ・ 今井功(1961):5万分の1地質図幅「近川」および同説明書,地質調査所.
- ・ 東北電力株式会社(1998):東通原子力発電所原子炉設置許可申請書 平成8年8月(平成9年7月一部補正,平成10年5月一部補正).
- ・ 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2001):函館平野西縁断層帯の評価,地震調査研究推進本部.
- ・ 中田高・今泉俊文(2002):活断層詳細デジタルマップ,東京大学出版会.
- ・ 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):折爪断層の長期評価,地震調査研究推進本部.
- ・ 大和伸友(1989):五戸川流域の地形面,駒沢大学大学院地理学研究,19, pp.1—18.
- ・ 青森県(1998):平成9年度 入内断層,折爪断層に関する調査成果報告書,文部科学省地震調査研究推進本部.
- ・ 青森県(1996):津軽山地西縁断層帯及び野辺地断層帯に関する調査;平成7年度地震調査研究交付金成果報告書(概要版).
- ・ 工藤 崇(2005):5万分の1地質図幅「十和田」,産総研地質調査総合センター.
- ・ 青池 寛(2008):「ちきゅう」下北半島沖慣熟航海掘削コアについて,月刊地球, vol.30, pp.142—149.
- ・ Kobayashi,S.・Ishii,Y.・Higuchi,K.・Kaminishi,T.・Ibusuki,A.・Aoike,K.(2009):CDEX TECHNICAL REPORT Drilling Completion Report Shimokita-West, Center for Deep Earth Exploration.
- ・ Nasu,N.・von Huene,R.・Ishiwada,Y.・Langseth,M.・Bruns,T.・Honza,E.(1980): Interpretation of multichannel seismic reflection data, Legs 56 and 57, Japan Trench transect, Deep Sea Drilling Project, Init.Repts.DSDP, vol.56,57, pp.489—503.
- ・ Akiba,F.(1986):Middle Miocene to Quaternary Diatom Biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench,and modified Lower Miocene through Quaternary Diatom Zones for Middle-to-High Latitudes of the North Pacific, Init.Repts.DSDP, vol.87, pp.393—481.
- ・ 池田安隆(2012):「下北半島沖の大陸棚外縁断層:地下に横たわる巨大な断層を原発安全審査はどうあつかったのか」,科学, vol.82, No.6, pp.644—650.
- ・ 岩井淳一・北村 信・藤井敬三(1959):下北半島田名部町東方地区の地質,青森県水産商工部商工課, pp.1—9.
- ・ 山口寿之(1970):下北半島北東部の新第三系—泊・蒲野沢・砂子又層の層位関係について—,地質学雑誌, vol.76, pp.185—197.
- ・ 北村 信(編)(1986):新生代東北本州弧地質資料集,第1巻—その8—,宝文堂,仙台.
- ・ 多田隆治・水野達也・飯島 東(1986):青森県下北半島北東部新第三系の地質とシリカ・沸石続成作用,地質学雑誌, vol.94, pp.855—867.
- ・ 芳賀正和・山口寿之(1990):下北半島東部の新第三系—第四系の層序と珪藻化石,国立科学博物館研究報告, vol.16, pp.55—78.

参考文献③

- ・ 菅原晴美・山口寿之・川辺鉄哉(1997):下北半島東部の浜田層の地質年代, 化石, vol.62, pp.15-23.
- ・ 秋葉文雄・平松 力(1988):青森県鱒ヶ沢, 五所川原および下北地域の新第三系珪藻化石層序, 総合研究A「第三紀珪質頁岩の総合研究」研究報告書.
- ・ Watanabe,N.・Takimoto,T.・Shuto,K.・Itaya,T.(1993):K-Ar ages of the Miocene volcanic rocks from Tomari area in the Shimokita Peninsula, Northeast Japan arc, J.Min.Petr.Econ.Geol., vol.88, pp.352-358.
- ・ 棚井敏雅(1955):本邦炭田産の第三紀化石植物図説 I, 地質調査所報告.
- ・ Yanagisawa & Akiba(1998):Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons, Journal of the Geological Society of Japan, 104, pp.395-414.
- ・ 地学団体研究会編(1996):新版 地学事典, 平凡社.
- ・ 国際層序委員会(2015):国際層序表, 2015年1月.
- ・ Watanabe,M. & Yanagisawa,Y.(2005):Refined Early to Middle Miocene diatom biostratigraphy for the middle- to high latitude North Pacific. The Island Arc, 14, pp.91-101.
- ・ 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲(1999):石灰質ナノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序, 地球科学, 53, pp.265-274.
- ・ 日本地質学会編(2017):日本地方地質誌2 東北地方, 朝倉書店.
- ・ 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震第2輯, 第28巻.
- ・ 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):青森湾西岸断層帯の長期評価, 津軽山地西縁断層帯の長期評価.
- ・ 村松郁栄(1969):震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 第4号.
- ・ 勝俣 護, 徳永規一(1971):震度IVの範囲と地震の規模および深度と加速度の対応, 験震時報, 第36巻.
- ・ Noda,S., K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe(2002):RESPONSE SPECRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct.16-18, Istanbul.