

別紙 3

別紙3 変更の内容(2号廃棄物埋設施設の覆土仕様の変更等)

三、 廃棄する核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の性状及び量

イ 第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物で容器に固型化したものの種類

廃棄物埋設を行う放射性廃棄物で容器に固型化したもの(以下「廃棄体」という。)の種類は、実用発電用原子炉(沸騰水型原子炉、加圧水型原子炉及び黒鉛減速ガス冷却炉)の運転に伴い発生する固体状の放射性廃棄物(加圧水型原子炉の一次系の浄化系で使用している液体フィルタを除く)及び2号廃棄物埋設施設(以下「本施設」という。)の操業に伴って付随的に発生する固体状の放射性廃棄物をセメント系充填材で一体となるように固型化したものである。

廃棄物埋設地には東西方向に4基、南北方向に4基の計16基の埋設設備(東西方向の埋設設備2基を1埋設設備群とし、最北西部の埋設設備群から順に1群から8群の構成とする。)を設置する。黒鉛減速ガス冷却炉の運転に伴い発生する固体状の放射性廃棄物は、3群に埋設する。

これらの放射性廃棄物は、「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」(以下「事業規則」という。)別表第一の放射能濃度を超えないものであって、同規則第八条第1項第二号及び第2項に定められた廃棄物に該当するものであり、以下の仕様を満たすものである。

(1) 固型化する方法

- (i) 固型化材料は、JIS R 5210(1992)若しくはJIS R 5211(1992)に定めるセメント又はこれらと同等以上の品質を有するセメントであること。
- (ii) 容器は、JIS Z 1600(1993)に定める金属製容器又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。
- (iii) 固型化に当たっては、あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料を容器内の放射性廃棄物と一体となるように充填すること。この場合において、容器内に有害な空隙が残らないようにすること。

(2) 廃棄物発生からの経過期間

実用発電用原子炉で発生後6ヶ月以上経過したもの。

(3) 廃棄体の表面線量当量率

10mSv/h を超えないもの。

(4) 廃棄体の重量

1 本当たり 1,000kg を超えないもの。

ロ 第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物で容器に固型化したものの数量

廃棄物埋設を行う廃棄体の数量は、最大 41,472m³(200L ドラム缶 207,360 本相当)である。

ハ 第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度、総放射能及び区画別放射能

放射性廃棄物に含まれる放射性物質は原子炉冷却材を起源としたものであり、廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる主要な放射性物質の種類ごとの受入れ時における最大放射能濃度、総放射能及び区画別放射能は、次表に示すとおりである。

放射性物質の種類	最大放射能濃度 (Bq/t)	総放射能 (Bq)	区画別放射能 (Bq) ^{*1}
H-3	1.2×10^{12}	1.2×10^{14}	1.2×10^{14}
C-14	3.3×10^{10}	3.3×10^{12}	3.3×10^{12}
Co-60	1.1×10^{13}	1.1×10^{15}	1.1×10^{15}
Ni-59	8.8×10^9	3.4×10^{12}	3.4×10^{12}
Ni-63	1.1×10^{12}	4.4×10^{14}	4.4×10^{14}
Sr-90	6.6×10^{10}	6.6×10^{12}	6.6×10^{12}
Nb-94	3.3×10^8	3.3×10^{10}	3.3×10^{10}
Tc-99	7.4×10^7	7.4×10^9	7.4×10^9
I-129	1.1×10^6	1.1×10^8	1.1×10^8
Cs-137	4.0×10^{11}	4.0×10^{13}	4.0×10^{13}
アルファ線を放出する放射性物質	5.5×10^8	2.3×10^{11}	2.3×10^{11}

*1：区画別放射能は、線量評価に用いる値とし、本施設に埋設する廃棄物は固体状の放射性廃棄物をセメント系充填材で一体となるように固型化したもののみであることから、総放射能と同じとする。

四、 廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備並びに廃棄の方法

イ 廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備に関する安全確保のための設計の基本的方針

(1) 廃棄物埋設施設の構成

本施設は、廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地の附属施設(以下「附属施設」という。)により構成する。

廃棄物埋設地は、埋設設備、排水・監視設備及び埋設設備の上面及び側面を覆う土砂等(以下「覆土」という。)により構成する。埋設設備は、外周仕切設備、内部仕切設備、廃棄体支持架台、セメント系充填材、覆い及びコンクリート仮蓋により構成する。排水・監視設備は、ポーラスコンクリート層、排水管及び点検路により構成する。覆土は、難透水性覆土、下部覆土及び上部覆土により構成する。

附属施設は、低レベル廃棄物管理建屋(以下「管理建屋」という。)、放射性廃棄物の受入施設、放射線管理施設、監視測定設備、廃棄施設、通信連絡設備等により構成する。このうち、放射性廃棄物の受入施設は、一時貯蔵天井クレーン、コンベア、廃棄体取り出し装置、払い出し天井クレーン、廃棄体一時仮置台、廃棄体検査装置及び埋設クレーンのことを総称していう。

本施設のうち、変更申請対象となる設備は、覆土、定期的な評価等に必要データを取得する監視測定設備並びに事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を表示する設備である。

附属施設は、放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーン、監視測定設備のうち廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍に設置する設備、通信連絡設備のうち廃棄物埋設地に設置する設備を除き、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用し、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」(平成10年10月8日付け、10安(廃規)第49号をもって事業変更許可)(以下「既許可」という。)からの変更はない。

(2) 安全設計の基本的方針及び安全機能を有する施設

(i) 安全設計の基本的方針

本施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(以下「原子炉等規制法」という。)等の関係法令の要求を満足するとともに、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下「許可基準規則」という。)に適合する構造とする。

本施設で取り扱う廃棄体は、実用発電用原子炉の運転及び本施設の操業に伴って付随的に発生する固体状の放射性廃棄物をセメント系充填材で金属製の容器に固型化したもので、その容器が損傷しない限り、放射性物質は漏えいすることはない。また、取り扱う廃棄体の放射能濃度が低く、個々の廃棄体に含まれる放射性物質の量は十分少ないが、埋設する廃棄体の数量が多い。そのため、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能(以下これらをあわせて「移行抑制機能」という。)並びに遮蔽機能が喪失した場合には、放射線障害を及ぼすおそれがあることから、これらを安全機能とする。

本施設の安全設計の基本的方針は、常時機能維持を必要とする動的な設備・機器は不要であり、静的な設備・機器によりこれらの安全機能を有するよう設計することとし、これらの安全機能を適切に組み合わせることによって、安全性を確保することとする。

具体的には、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の移行、本施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線並びに周辺環境に対して放出される放射性物質により、濃縮・埋設事業所(以下「事業所」という。)の事業所敷地(以下「敷地」という。)周辺の公衆の受ける線量が、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」(平成30年6月8日 原子力規制委員会告示第4号)(以下「線量告示」という。)で定められた線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable(ALARA)の考えの下、合理的に達成できる限り十分低くなるよう、実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下を達成できる設計とする。

放射線業務従事者は、その受ける線量が「線量告示」で定められた線量限度を超えない設計とする。

廃止措置の開始後、廃棄物埋設地は、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しのある設計とする。廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態とは、廃止措置の開始後の評価において、科学的に合理的と考えられる範囲の人工バリアや天然バリアの状態及び被ばくに至る経路の組合せのうち、最も可能性が高いと考えられるパラメータを設定した自然事象シナリオで評価される公衆の受ける線量が $10\mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、科学的に合理的と考えられる範囲の人工バリアや天然バリアの状態及び被ばくに至る経路の組合せのうち、最も厳しいパラメータを設定した自然事象シナリオで評価される公衆の受ける線量が $300\mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、自然

事象シナリオ以外の廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮した人為事象シナリオで評価される公衆の受ける線量が1mSv/yを超えないことをいう。

ここで、人工バリアとは、埋設する放射性廃棄物からの放射性物質の漏出の防止又は低減を行う人工構築物をいう。天然バリアとは、埋設する放射性廃棄物又は人工バリアの周囲に存在し、埋設する放射性廃棄物から漏出してきた放射性物質の生活環境への移行の抑制を行う岩盤(鷹架層)をいう。

(ii) 安全機能を有する施設

本施設のうち安全機能を有する施設は、覆土とする。

(3) 安全機能及びその安全機能を維持すべき期間

(i) 放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能に関する設計方針

覆土は、以下に示す方針に基づき、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあつては移行抑制機能を維持する設計とし、廃止措置の開始後にあつては移行抑制機能を期待できる設計とする。

移行抑制機能は、放射性物質の移行に伴う公衆の受ける線量を低減するため、埋設設備内からの放射性物質の漏出を低減するとともに、放射性物質の移行を遅延する設計とする。

埋設設備内からの放射性物質の漏出の低減として、埋設設備内に流入する地下水の量を抑制する設計とする。低透水性を有する土質系材料の難透水性覆土及び下部覆土を埋設設備の上面及び側面に設置することにより埋設設備内に流入する地下水の量を抑制する設計とする。

放射性物質の移行の遅延として、収着性を有する材料を用いる設計とし、覆土に収着性を有する土質系材料を用いる設計とする。

また、覆土の移行抑制機能の設計に当たっては、天然バリアの移行抑制機能を考慮して行い、岩盤(鷹架層)を掘り下げて埋設設備を設置することで、岩盤(鷹架層)の有する低透水性及び収着性を期待する。

これらにより、放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制を行い、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物

質の移行による公衆の受ける線量が、廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による公衆の受ける線量並びに周辺環境に対して放出される放射性物質による公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv/y}$ 以下となる設計とする。また、廃止措置の開始後（覆土完了から 300 年後）において、埋設した廃棄体に起因して発生することが想定される放射性物質によって公衆の受ける線量が、基準を満たす設計とし、覆土完了から 300 年後に、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行できる見通しであるものとする。

(ii) 放射線の遮蔽機能に関する設計方針

本施設は、敷地周辺の公衆の受ける線量及び管理区域以外の人が立ち入る場所に滞在する者の線量が、「線量告示」で定められた線量限度を超えないことはもとより、合理的に達成できる限り低くするため、以下に示す方針に基づき遮蔽機能を有する設計とする。

遮蔽機能は、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、埋設設備及び覆土により、平常時における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地周辺の公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行による公衆の受ける線量及び周辺環境に対して放出される放射性物質による公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv/y}$ 以下となる設計とする。また、管理区域以外の人が立ち入る場所に滞在する者の線量を公衆の線量限度以下に低減できる設計とする。

なお、周辺監視区域の廃止後は公衆が敷地内に立ち入る可能性を考慮し、覆土により敷地内に立ち入る公衆の受ける線量を公衆の線量限度以下に低減できる設計とする。

(iii) 安全機能を維持すべき期間

本施設に必要となる安全機能を「移行抑制機能」及び「遮蔽機能」とし、その機能の維持すべき期間及び考え方は、次表に示すとおりである。廃止措置の開始後は、移行抑制機能及び遮蔽機能を期待できるように設計する。

安全機能	廃止措置の開始前	
	放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	覆土完了から廃止措置の開始まで
移行抑制機能	—	○
遮蔽機能	—	○

○：安全機能を維持する

－：考慮しない

(4) 本施設の設計に関して考慮する事項

(i) 廃棄物埋設地は、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、放射性物質の漏出を低減するため、以下に留意した設計とする。

- ・埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること
- ・劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること
- ・劣化・損傷が生じた場合にも当該機能が維持できる構造・仕様であること
- ・放射性物質の漏出を低減する機能は、地下水の浸入を抑制する機能、放射性物質を収着する機能等の機能のうち、一つのものに過度に依存しないこと

また、廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能を損なわない設計とする。

埋設する廃棄体、埋設設備、排水・監視設備及び覆土には、可燃性の化学物質、可燃性ガスを発生する化学物質を含めないが、安全機能に影響を及ぼす可能性のあるその他の化学物質として、廃棄体又は埋設設備内に含まれる有機物及びセメント系材料から溶出する高アルカリ成分を含む地下水による影響を考慮し、低透水性及び収着性への影響を確認した材料を使用する設計とする。

(ii) 本施設の設計、材料の選定、建設・施工及び検査に当たっては、本施設の安全機能を確保するため原則として国内法規に基づく規格及び基準に準拠する。ただし、外国の規格及び基準による場合又は規格及び基準で一般的でないものを適用する場合には、それらの規格及び基準の適用の根拠、国内法規に基づく規格及び基準との対比並びに適用の妥当性を明らかにし、本施設の安全機能に問題がないことを確認する。

本施設の設計等は、「原子炉等規制法」、「事業規則」、「許可基準規則」、「線量告示」等に基づくとともに、必要に応じて以下の法令、基準等に準拠する。

- ・建築基準法
- ・労働安全衛生法
- ・消防法
- ・電気事業法
- ・日本産業規格(JIS)

- ・日本電機工業会規格(JEM)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会)
- ・建築基礎構造設計指針(日本建築学会)
- ・建築工事標準仕様書・同解説(日本建築学会)
- ・建築設備耐震設計・施工指針(日本建築センター)
- ・コンクリート標準示方書(土木学会)
- ・道路橋示方書・同解説(日本道路協会)

(iii) 本施設の設備を他の原子力施設と共用する場合は、本施設の安全機能を損なわない設計とする。

(iv) 異常時の放射線障害の防止については、安全機能を有する覆土は静的な設備であり、動的な設備・機器ではないことから、故障、誤動作又は誤操作による異常の発生は想定されない。また、本施設で取り扱う廃棄体は、容器に固型化されたものであり、放射性物質の飛散又は漏えいは起き難いととも、放射能濃度が低く、個々の廃棄体に含まれる放射性物質の量は十分少ないという特徴があるため、覆土が一部破損した場合においても、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。そのため、「誤操作による放射性廃棄物の落下等に伴う放射性物質の飛散」及び「その他機器等の破損、故障、誤動作又は操作員の誤操作等に伴う放射性物質の外部放出等であって、公衆の放射線被ばくの観点から重要と考えられる異常」の発生は想定されず、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。

ロ 廃棄物埋設施設の位置

敷地及び本施設の設置位置等に変更はなく、本施設の位置は変更申請対象ではないことから、既許可の「四、イ 廃棄物埋設施設の位置」のとおり。

ただし、事業所敷地付近概要図を第1図に示す。また、事業所敷地内配置概要図を第2図に示す。

ハ 廃棄物埋設施設の一般構造

(1) 耐震構造

覆土は、弾性範囲で設計される構造部材ではなく、変形を許容した土質系材料であるため、耐震重要度の設定及び耐震設計は不要とする。

また、覆土は、安定した地盤の一部を掘り込んだ箇所に設置するため、地震による損傷として、地すべりといった損傷は想定されないが、液状化が想定されるため、液状化し難い材料を用いて適切な管理方法で施工することにより、液状化抵抗性のある設計とする。

(2) 耐津波構造

廃棄物埋設地は、大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれないものとする。

廃棄物埋設地は、海岸線から約 3km 離れた標高 30m 以上の台地に設置し、断層のすべり量が既往知見を大きく上回る波源を想定した場合でも、廃棄物埋設地に津波が到達する可能性はない。

したがって、津波によって、廃棄物埋設地の安全機能が損なわれるおそれはないことから、耐津波設計は不要とする。

(3) 火災又は爆発の防止に関する構造

本施設の特徴として、移行抑制機能及び遮蔽機能の安全機能を静的な設備で確保している。ここで、覆土は、不燃性の土質系材料を使用する。

さらに、埋設設備に定置する廃棄体は、実用発電用原子炉の運転及び本施設の操業に伴って付随的に発生する放射性廃棄物を金属製の容器に固型化したものである。

加えて、操業工程において可燃性ガス等の可燃性物質は使用しないことから、爆発は発生しないため、爆発による影響は考慮しない。

以上の特徴を踏まえて、安全機能を有する施設は火災及び爆発(以下「火災等」という。)の発生により、本施設の安全性が損なわれるおそれがないよう以下の設計とする。

(i) 火災等の発生防止

覆土は、火災等発生のおそれがない静的な設備であり、不燃性の土質系材料を使用する設計とする。

なお、可燃物等の物品の持ち込みは必要最小限とし、適切に防火措置を講じることと

する。

(ii) 火災等の感知及び消火

覆土には火災等発生源がないことから感知及び消火のための設備は必要としない。

(iii) 火災等の影響軽減

覆土には火災等発生源がないことから影響軽減対策は必要としない。

(iv) 異常時の放射線障害の防止

「廃棄物埋施設内の火災及び爆発による影響」については、覆土は不燃性の土質系材料を使用する設計とすることから、火災により廃棄体が損傷に至ることは想定し難い。また、操業工程において可燃性ガス等の可燃性物質は使用しないことから、爆発も発生しない。したがって、火災等による異常の発生は想定されず、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。

(4) 放射性物質の漏出の防止及び低減に関する構造

移行抑制機能に関する構造は、覆土完了後において、低透水性及び収着性を期待する人工バリアと天然バリアとの組合せとする。

人工バリアは、埋設設備、埋設設備の上面及び側面を覆う難透水性覆土、下部覆土並びに上部覆土により構成する。天然バリアは、埋設設備の底部及び周辺に位置する岩盤(鷹架層)により構成する。

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋施設からの放射性物質の移行による公衆の受ける線量が、廃棄物埋施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による公衆の受ける線量並びに周辺環境に対して放出される放射性物質による公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下となる設計とする。その評価結果は最大で約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ である。

なお、覆土は放射性物質の漏出を防止する構造に該当しない。

(5) 放射線の遮蔽に関する構造

放射線の遮蔽に関する構造の変更はないことから、既許可の「四 ロ (2)その他の主要な構造」のとおり。

(6) 放射性物質の飛散防止に関する構造

廃棄物が落下した場合に想定される廃棄体の損傷による敷地周辺の公衆及び放射線業務従事者への影響を緩和するため、廃棄物埋設地の廃棄体定置時における廃棄体を取り扱う高さは8m未満とする。

(7) その他の主要な構造

(i) 外部からの衝撃による損傷の防止に関する構造

安全機能を有する施設の外部からの衝撃による損傷の防止について、自然現象及び事業所又はその周辺において想定される安全機能を有する施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く)(以下「人為事象」という。)のうち、降水、低温・凍結、塩害等の平常時の環境条件として考慮するものに対して、必要な安全機能が損なわれないように設計する。

安全機能を有する施設の安全機能に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象及び人為事象の選定については、国内外の基準及び文献調査により自然現象及び人為事象を網羅的に抽出し、検討対象として、洪水、土石流、地すべり、火山の影響及びダムの崩壊を選定した。検討対象として選定した自然現象及び人為事象について、敷地及び敷地周辺の自然環境や状況等を考慮して検討した結果、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地の安全機能に大きな影響を及ぼす自然現象及び人為事象はないため、外部からの衝撃による損傷の防止に関する構造設計は不要とする。

なお、自然現象及び人為事象により、安全機能を有する施設に損傷が発生した際には、安全上支障のない期間内において、速やかに修復する。

二 廃棄物埋設地の構造及び設備

廃棄物埋設地のうち、変更申請対象となる設備は、覆土である。

(1) 構造及び設備

廃棄物埋設地は、管理建屋から運搬した廃棄体を埋設する場所であり、埋設設備、排水・監視設備及び覆土により構成する。

廃棄物埋設地には、16基の埋設設備を設置し、1基当たり廃棄体約2,592m³(200Lドラム缶12,960本相当)を埋設する。また、埋設設備2基を1埋設設備群とする埋設設備群8群で構成する。

(i) 覆土

覆土は、掘削された廃棄物埋設地を土砂等で埋め戻すものであり、埋設設備の上面及び側面に設置する難透水性覆土、これを覆う下部覆土及び上部覆土により構成する。

難透水性覆土は、埋設設備の底面及び埋設設備間において幅2.5m以下となる狭隘部(以下「埋設設備間狭隘部」という。)を除く外周部に設置する。下部覆土は、難透水性覆土の外周部及び埋設設備間狭隘部に設置する。上部覆土は、下部覆土の上部に設置する。覆土概要図を第3図に示す。

移行抑制機能を確保する観点から、覆土の低透水性は、力学的影響及び化学的影響による長期的な性能低下に配慮した設計とする。

覆土の主な仕様は次表に示すとおりである。

設備	主要な部位	主な仕様
覆土	難透水性覆土	材料：ベントナイト混合土 透水性係数(施工時点)：巨視的透水性係数*1として 1.0×10^{-10} m/s 以下 厚さ：2m 以上 密度：1,100kg/m ³ 以上
	下部覆土	材料：現地発生土に必要な応じてベントナイト、砂及び碎石を混合 透水性係数(施工時点)：巨視的透水性係数*1として 1.0×10^{-8} m/s 以下 厚さ：2m 以上 密度：1,100kg/m ³ 以上
	上部覆土	材料：現地発生土に必要な応じて砂及び碎石を混合 透水性係数(施工時点)：廃棄物埋設地周辺の第四紀層の透水性係数と同程度 厚さ：難透水性覆土及び下部覆土とあわせて埋設設備上面から 11m 以上

*1：空間的なばらつきを考慮しても主要な部位ごとに全体として期待できる透水性係数をいう。

(2) 最大埋設能力

最大埋設能力に変更はないことから、既許可の「四、ニ (2) 最大埋設能力」のとおり。

ホ 坑道の構造
該当なし。

へ 放射性廃棄物の受入施設の構造及び設備

放射性廃棄物の受入施設は、既許可では記載がないが設置している設備(以下、「既設設備」という。)であり、構造、主要な設備及び機器の種類並びに受け入れる放射性廃棄物の最大受入能力に変更はなく、変更申請対象ではないことから、既許可の「四、ホ 放射性廃棄物の受入れ施設の構造及び設備」のとおり。なお、放射性廃棄物の受入施設は、埋設クレーンを除き、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

ト 放射線管理施設の設備

放射線管理施設は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別紙2「四、ト 放射線管理施設の設備」のとおり。

チ 監視測定設備

(1) 主要な計装設備の種類

(i) 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定

a. 排水中の放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、埋設設備からの放射性物質の漏えいを監視するため、排水・監視設備からの排水中に含まれる放射性物質の濃度、必要に応じて線量を監視及び測定する。この監視及び測定のため、廃棄物埋設地に排水・監視設備を設置する。排水・監視設備は、ポーラスコンクリート層、排水管及び点検路により構成し、ポーラスコンクリート層で集水して、排水管からの排水を回収できるよう点検路を設置する。また、管理建屋に放射能測定装置及び放射線サーベイ機器を設置する。

廃棄物埋設地に設置する排水・監視設備は、既許可から変更がない設備(以下「既許可設備」という。)である。また、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器は、放射線管理施設の既許可設備であり、既許可から監視及び測定の方法及び場所に変更がなく、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

b. 地下水中の放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視するため、廃棄物埋設地近傍(地下水流向の下流側)における地下水中の放射性物質の濃度、必要に応じて線量を監視及び測定する。また、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、周辺監視区域境界付近における地下水中の放射性物質の濃度、必要に応じて線量を監視及び測定する。これらの監視及び測定のため、廃棄物埋設地近傍(地下水流向の下流側)及び周辺監視区域境界付近に地下水採取孔を設置する。また、管理建屋に放射能測定装置及び放射線サーベイ機器を設置する。

周辺監視区域境界付近に設置する地下水採取孔は、既設設備であり、監視及び測定の方法及び場所に変更がなく、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。また、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器は、放射線管理施設の既許可設備であり、既許可から監視及び測定の方法及び場所に変更がなく、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

(ii) 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定

事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定するための監視測定設備は、既許可から監視及び測定の方法及び場所に変更がなく、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別紙2「四、チ (1) (ii) 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定」のとおり。

(iii) 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視及び測定

定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリア及び天然バリアの移行抑制機能並びに移行抑制機能に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその周囲の状況を対象として監視及び測定する。

a. 放射性物質の漏出状況の監視測定設備

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、埋設設備の漏出防止機能が維持されていることを確認するため、排水・監視設備からの排水量及び排水・監視設備からの排水中に含まれる放射性物質の濃度、必要に応じて線量を測定する。この監視及び測定のため、排水・監視設備、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器を設置する。

排水・監視設備は、既許可設備である。また、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器は、放射線管理施設の既許可設備であり、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

b. 放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能の監視測定設備

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地の移行抑制機能が維持されていることを確認するため、人工バリア及び天然バリアの収着性及び低透水性の変化を監視及び測定する。各バリアの損傷を防止する観点から、廃棄物埋設地の近傍で埋設設備と同程度の深度に供試体を埋設し、状態の変化を確認する類似環境下での原位置試験を行うとともに、必要に応じそれを補完する室内試験を実施する。監視及び測定の対象とする項目は、廃棄物埋設地の安全性を確認する観点から、線量評価パラメータのうち線量への感度が大きく、有意に変化が生じ得る可能性があるもの並びにこれらに係る種々の影響因子及び前提条件から選定する。

移行抑制機能に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視及び測定のため、廃棄物埋設地、廃棄物埋設地近傍(地下水流向の上流及び下流)及び周辺監視区域境

界付近に地下水位測定孔並びに廃棄物埋設地近傍(地下水流向の下流)に地下水採取孔を設置する。また、管理建屋等に水質の分析装置を設置する。

周辺監視区域境界付近に設置する地下水位測定孔は、既設設備であり、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

(2) その他の主要な事項

(i) 監視測定設備における留意事項

廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定において、放射性物質の濃度の測定は室内で実施することを考慮し、監視測定設備は、実用上必要な精度として、「線量告示」に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度に対して100分の1程度の値を測定できる性能を有した設計とする。また、測定期間が長期にわたることから、必要に応じて測定設備の更新を行う。

廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍に設置する地下水採取孔及び地下水位測定孔は、移行抑制機能を著しく損なわない設計とする。移行抑制機能を著しく損なわないとは、これらを設置することにより、難透水性覆土、下部覆土又は岩盤(鷹架層)の主要な移行抑制機能である低透水性に著しい影響が生じないこととする。

(ii) 監視測定設備を設置した場所を経由した放射性物質の漏えいの対策

廃止措置の開始後に監視測定設備を設置した場所を経由した放射性物質の異常な漏えいが生じないようにする対策として、覆土が完了し、排水・監視設備による監視及び測定が終了した後に、有害な空隙が残らないように、点検路の解体及び埋戻しを行う。同様に、廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍に設置する地下水採取孔及び地下水位測定孔は、各孔による監視及び測定が終了した後に、有害な空隙が残らないように、それぞれの孔内の埋戻しを行う。

リ その他廃棄物埋設地の附属施設の構造及び設備

(1) 気体廃棄物の廃棄施設

気体廃棄物の廃棄施設は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別紙2「四、リ (1) 気体廃棄物の廃棄施設」のとおり。

(2) 液体廃棄物の廃棄施設

液体廃棄物の廃棄施設は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別紙2「四、リ (2) 液体廃棄物の廃棄施設」のとおり。

(3) 固体廃棄物の廃棄施設

固体廃棄物の廃棄施設は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別紙2「四、リ (3) 固体廃棄物の廃棄施設」のとおり。

(4) 予備電源設備の構造

本施設の安全機能は、静的な設備・機器で確保しており、安全機能を維持する上で予備電源の確保が必要な設備はないことから、該当する施設はなし。

(5) 通信連絡設備等の構造

(i) 通信連絡設備

通信連絡設備は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別紙2「四、リ (5) (i) 通信連絡設備」のとおり。

(ii) 安全避難通路

管理建屋には、事業所内の人が退避するための設備として、安全避難通路を設置する。

a. 管理建屋における安全避難通路

管理建屋には、災害時において、管理建屋内から屋外へ安全に人が退避するため、建築基準法に準拠し、人の立ち入る区域から出口までの通路、階段を安全避難通路として設置する。

また、安全避難通路には、建築基準法に準拠し、外部電源喪失時に機能する非常用照明設備を設置するとともに、消防法に準拠し、単純、明確かつ永続的な避難方向を明示

した標識を設置する。

- (6) その他の主要な事項
該当なし。

ヌ 廃棄の方法

第二種廃棄物埋設の方法及び工程の変更はないことから、既許可の「四、チ 廃棄の方法」のとおり。

五、 放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置の変更予定時期

本施設では、廃棄物埋設地の管理を実施するに当たり、「原子炉等規制法」等に基づき放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置を設定する。

なお、本施設の廃止措置の認可を受ける日までの10年を超えない期間ごと及び放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置を変更しようとするとき又は廃止措置計画を定めようとするときに、最新の技術的知見を踏まえて、核燃料物質等による放射線の被ばく管理に関する評価を行い、「許可基準規則」への適合性を確認する。また、この結果を踏まえて、本施設の保全のために必要な措置を講じる。

放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置及び変更予定時期は、以下のとおりである。

イ 周辺監視区域は、本施設への放射性廃棄物の受入れに先立って設定して、その廃止時期は、廃棄物埋設地の覆土が完了し、管理建屋の供用が終了した後とする。

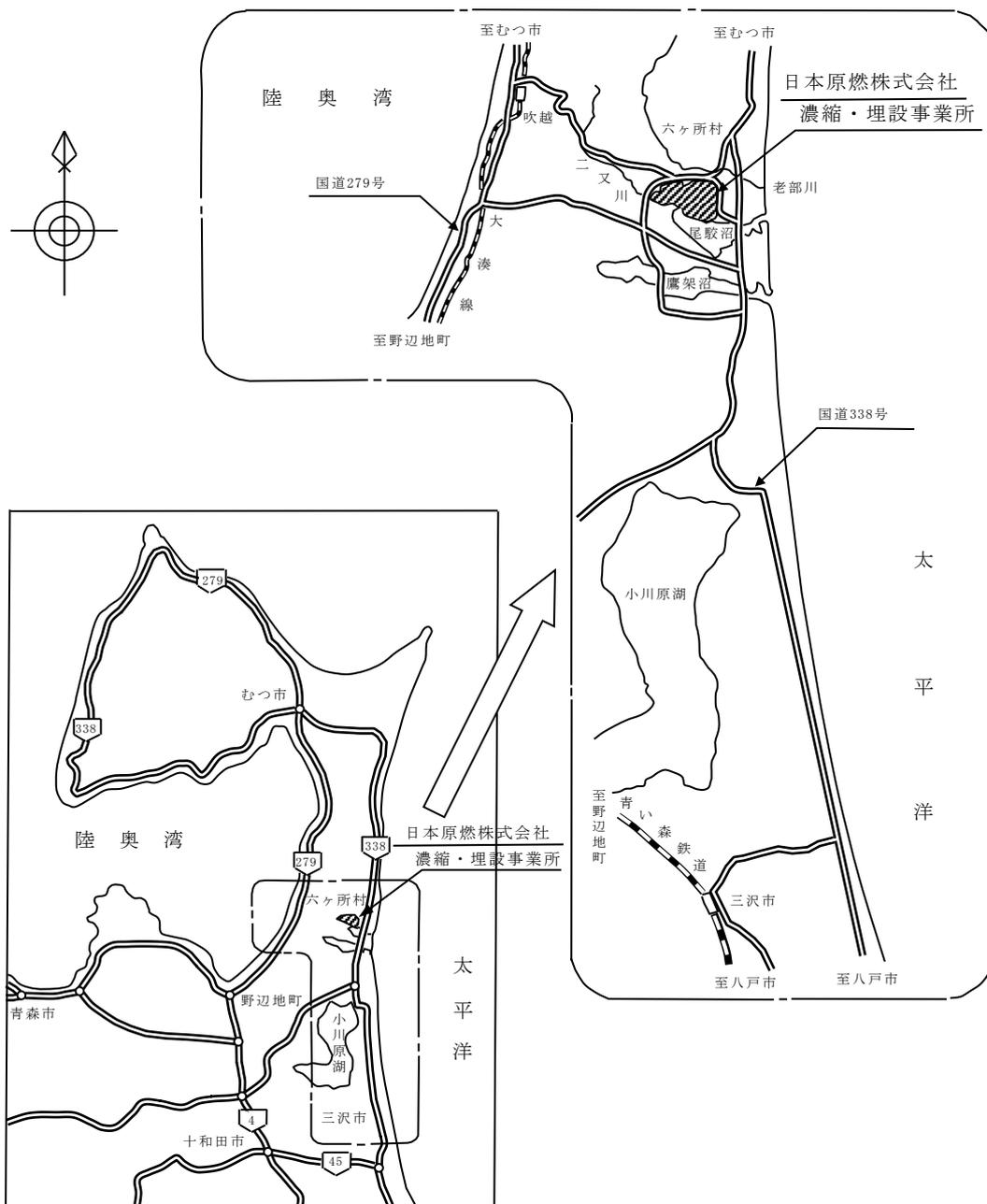
ロ 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間は、埋設保全区域を設定して、標識を設置するとともに、埋設設備からの放射性物質の漏えいを監視し、公衆に放射線障害が生じるおそれのある放射性物質の異常な漏えいがあったと認められる場合には、速やかに埋設設備の修復その他必要に応じて適切な措置を講ずる。この段階の終了予定時期は、埋設開始以降30年以内とする。

ハ 覆土完了から廃止措置の開始までの間は、埋設保全区域を設定して、標識を設置するとともに、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視し、必要に応じて放射性物質の移行抑制機能を回復するための適切な措置を講ずる。この段階の終了予定時期は、当該廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する時期とし、同一事業所内の他廃棄物埋設地の保全措置の終了時期等を考慮した上で、本施設の覆土完了後300年とする。

なお、廃棄物埋設事業の廃止に当たっては、「原子炉等規制法」等に基づき必要な措置を講ずる。

七、 廃棄物埋設施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項

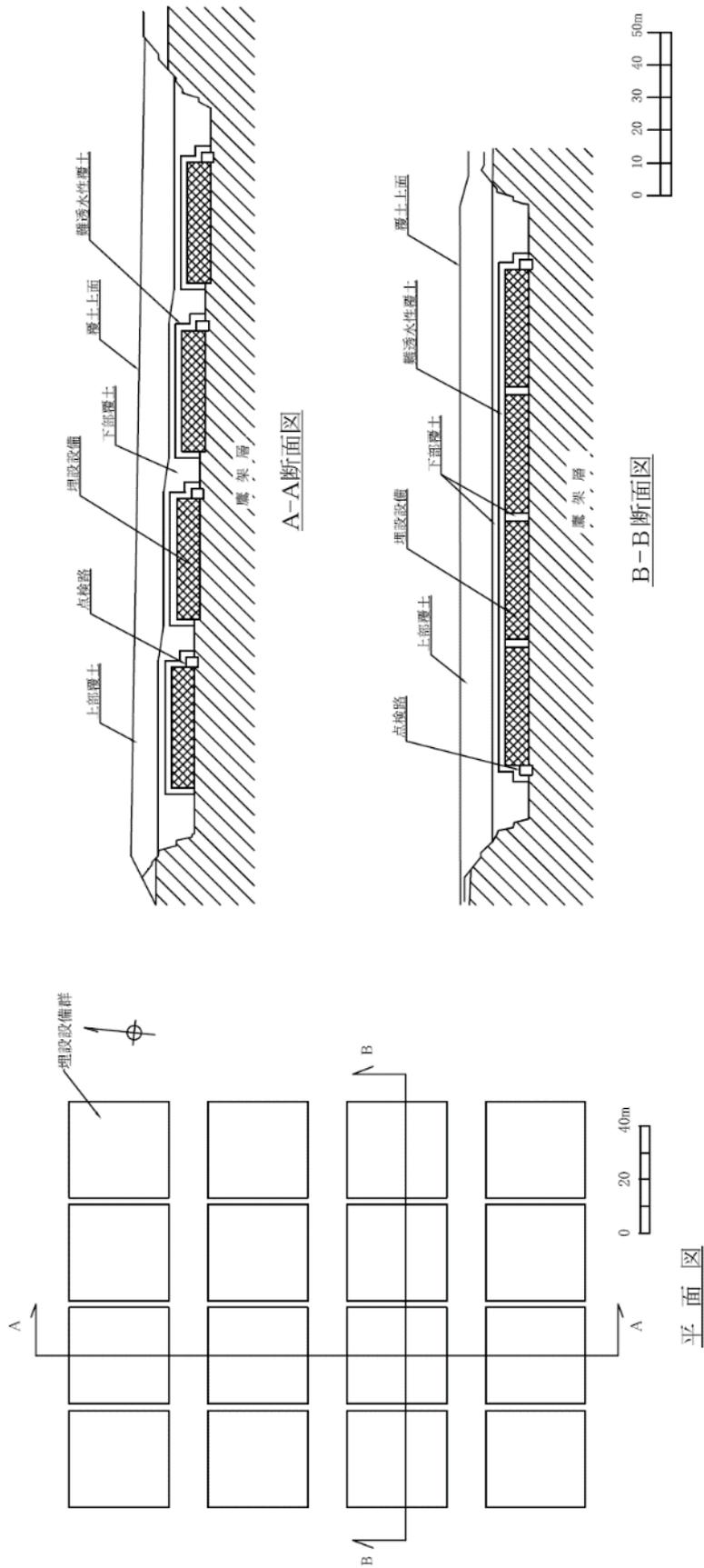
別紙1「七、 廃棄物埋設施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項」のとおり。



第1図 事業所敷地付近概要図



第2図 事業所敷地内配置概要図



第3図 覆土概要図(断面図)

別添 3

添 付 書 類 一

事 業 計 画 書

別添1「添付書類一」のとおり。

添 付 書 類 二

変更に係る第二種廃棄物埋設に関する技術的能力に関する説明書

別添1「添付書類二」のとおり。

添 付 書 類 三

変更に係る廃棄物埋設施設の場所における気象、地盤、地質、水理、地震、社会環境等の
状況に関する説明書

添 付 書 類 三

変更に係る廃棄物埋設施設の場所における気象、地盤、地質、水理、地震、社会環境等の 状況に関する説明書

目 次

イ 気象	……………2号-3-1
ロ 地盤、地質	……………2号-3-2
ハ 水理	……………2号-3-3
ニ 地震	……………2号-3-4
ホ 社会環境	……………2号-3-5
ヘ 津波	……………2号-3-6
ト 火山	……………2号-3-22
添3へ-第1表	主な既往の近地津波(1/3)～(3/3) ………………2号-3-52
添3へ-第2表	主な既往の近地津波の津波高 ………………2号-3-55
添3へ-第3表	主な既往の遠地津波(1/2)～(2/2) ………………2号-3-56
添3へ-第4表	主な既往の遠地津波の津波高 ………………2号-3-58

添3へ-第5表	主な計算条件	…………2号-3-59
添3へ-第6表	海域の活断層による地殻内地震に起因する 津波の推定津波高	…………2号-3-60
添3へ-第7表	二層流モデルの主な計算条件	…………2号-3-60
添3へ-第8表	Kinematic landslide モデルの主な計算条件	…………2号-3-60
添3へ-第9表	既往知見とすべり量3倍モデルのすべり量の 比較	…………2号-3-61
添3ト-第1表	事業所敷地周辺の第四紀火山一覧(敷地を中 心とする半径160km範囲)	…………2号-3-62
添3ト-第2表	地理的領域内の第四紀火山における活動可 能性(1/2)～(2/2)	…………2号-3-63
添3ト-第3表	設計対応不可能な火山事象とその噴出物の敷 地への到達可能性評価	…………2号-3-65
添3ト-第4表	評価対象とする降下火砕物の選定及び諸元	…………2号-3-66
添3ト-第5表	降下火砕物シミュレーションの主な計算条 件	…………2号-3-67
添3へ-第1図	主な既往津波高とその位置	…………2号-3-68
添3へ-第2図	青森県東方沖から三陸沖で発生した津波の 推定波源域	…………2号-3-69
添3へ-第3図	既往津波の波高分布比較	…………2号-3-70
添3へ-第4図	既往津波の再現性の確認に用いた波源モデ ルの位置及び諸元(1/2)(1856年の津波)	…………2号-3-71
	既往津波の再現性の確認に用いた波源モデ ルの位置及び諸元(2/2)(1968年の津波)	…………2号-3-72
添3へ-第5図	計算領域とその水深及び格子分割	…………2号-3-73
添3へ-第6図	敷地近傍の計算領域とその水深及び格子分 割	…………2号-3-74
添3へ-第7図	既往津波高と数値シミュレーションによる 津波高の比較(1/3)(1856年の津波)	…………2号-3-75

	既往津波高と数値シミュレーションによる 津波高の比較(2/3)(1968年十勝沖地震に伴 う津波)	……2号-3-76
	既往津波高と数値シミュレーションによる 津波高の比較(3/3)(2011年東北地方太平洋 沖地震に伴う津波)	……2号-3-77
添3へ-第8図	津波高の評価位置	……2号-3-78
添3へ-第9図	三陸沖北部のプレート間地震の波源モデル の位置及び諸元	……2号-3-79
添3へ-第10図	津波地震の波源モデルの位置及び諸元	……2号-3-80
添3へ-第11図	北方への連動型地震の波源モデルの位置及 び諸元(基本モデル)	……2号-3-81
添3へ-第12図	北方への連動型地震の波源モデルの位置及 び諸元(1/2)(すべり量割増モデル)	……2号-3-82
	北方への連動型地震の波源モデルの位置及 び諸元(2/2)(海溝側強調モデル)	……2号-3-83
添3へ-第13図	破壊開始点の位置	……2号-3-84
添3へ-第14図	北方への連動型地震に起因する津波の最大 ケースの津波高分布	……2号-3-85
添3へ-第15図	南方への連動型地震に起因する津波の検討 結果(海岸線上の津波の水位)	……2号-3-86
添3へ-第16図	南方への連動型地震に起因する津波の検討 結果(浸水予測図)	……2号-3-87
添3へ-第17図	正弦波入力による検討結果	……2号-3-88
添3へ-第18図	周波数分析結果	……2号-3-88
添3へ-第19図	格子間隔の妥当性に係る検討結果	……2号-3-89
添3へ-第20図	海洋プレート内地震の波源モデルの位置及 び諸元(正断層型の地震)	……2号-3-90
添3へ-第21図	敷地周辺海域の活断層分布	……2号-3-91
添3へ-第22図	海底地すべり地形	……2号-3-92

添3へ-第23図	海底地すべり地形の断面	.....2号-3-93
添3へ-第24図	計算領域とその水深及び格子分割	.....2号-3-94
添3へ-第25図	すべり量3倍モデルの位置及び諸元	.....2号-3-95
添3へ-第26図	全域超大すべり域モデルの位置及び諸元	.....2号-3-96
添3へ-第27図	すべり量3倍モデルによる検討結果	.....2号-3-97
添3へ-第28図	全域超大すべり域モデルによる検討結果	.....2号-3-98
添3ト-第1図	事業所敷地周辺の第四紀火山分布図(敷地を中心とする半径160km範囲)	.....2号-3-99
添3ト-第2図	地理的領域内の火山地質図	.....2号-3-100
添3ト-第3図	十和田における過去最大規模の噴火による火砕流堆積物の分布と到達可能性範囲	.....2号-3-101
添3ト-第4図	八甲田カルデラにおける過去最大規模の噴火による火砕流堆積物の分布と到達可能性範囲	.....2号-3-102
添3ト-第5図	十和田の階段ダイアグラム及び噴火前休止期間の時間変化	.....2号-3-103
添3ト-第6図	十和田の階段ダイアグラム	.....2号-3-104
添3ト-第7図	巨大噴火に伴う火砕流堆積物に着目した地質柱状図(1/2)~(2/2)	.....2号-3-105
添3ト-第8図	十和田大不動火砕流堆積物の分布及び十和田切田テフラの等層厚線図	.....2号-3-107
添3ト-第9図	Loc. 26における十和田八戸火砕流堆積物及び十和田大不動火砕流堆積物の状況	.....2号-3-108
添3ト-第10図	十和田八戸火砕流堆積物の分布及び十和田八戸テフラの等層厚線図	.....2号-3-109
添3ト-第11図	Nakajima et al. (2001)の地震波トモグラフィ解析結果	.....2号-3-110
添3ト-第12図	中島(2017)の地震波トモグラフィ解析結果	.....2号-3-111
添3ト-第13図	防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年版)」	.....2号-3-112

	の地震波トモグラフィ解析結果(1/2)～ (2/2)	
添3ト-第14図	Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果(1/2)～(2/2)	……2号-3-114
添3ト-第15図	北東北における観測及びモデル化されたインダクションベクトル	……2号-3-116
添3ト-第16図	北東北の三次元比抵抗構造(1/2) (水平断面)	……2号-3-117
	北東北の三次元比抵抗構造(2/2) (鉛直断面)	……2号-3-118
添3ト-第17図	十和田付近における地震活動	……2号-3-119
添3ト-第18図	十和田を囲む電子基準点間の基線長の時間変化(斜距離成分)	……2号-3-120
添3ト-第19図	十和田付近の一等水準路線の上下変動の期間内変動量	……2号-3-121
添3ト-第20図	十和田の後カルデラ期の階段ダイアグラム	……2号-3-122
添3ト-第21図	毛馬内火砕流堆積物の分布	……2号-3-123
添3ト-第22図	八甲田山の噴出物の分布と階段ダイアグラム	……2号-3-124
添3ト-第23図	北八甲田火山群の噴出率の時間変化及び噴出中心の時空間分布	……2号-3-125
添3ト-第24図	八甲田第2期火砕流堆積物に着目した地質柱状図	……2号-3-126
添3ト-第25図	Loc. B01 における八甲田カルデラの噴出物に着目した地質柱状図等	……2号-3-127
添3ト-第26図	八甲田山におけるインダクションベクトルの実部の分布	……2号-3-128
添3ト-第27図	八甲田山の比抵抗構造	……2号-3-129
添3ト-第28図	八甲田山付近における地震活動	……2号-3-130
添3ト-第29図	八甲田山を囲む電子基準点間の基線長の時間変化(斜距離成分)	……2号-3-131

添3ト-第30図	八甲田山付近の一等水準路線の上下変動の 期間内変動量	……2号-3-132
添3ト-第31図	北八甲田火山群起源の設計対応不可能な火 山事象の分布	……2号-3-133
添3ト-第32図	南八甲田火山群起源の設計対応不可能な火 山事象の分布	……2号-3-134
添3ト-第33図	地理的領域内の第四紀火山起源の主な降下 火砕物の分布	……2号-3-135
添3ト-第34図	地理的領域外の第四紀火山起源の主な降下 火砕物の分布	……2号-3-136
添3ト-第35図	洞爺カルデラの階段ダイアグラム	……2号-3-137
添3ト-第36図	甲地軽石に着目した地質調査結果	……2号-3-138
添3ト-第37図	再処理敷地で確認された甲地軽石の堆積状 況	……2号-3-139
添3ト-第38図	甲地軽石(WP)の再現性解析結果	……2号-3-140
添3ト-第39図	降下火砕物シミュレーションの解析結果 (1/2)(月別平年値の風:9時)	……2号-3-141
	降下火砕物シミュレーションの解析結果 (2/2)(月別平年値の風:21時)	……2号-3-142
添3ト-第40図	降下火砕物シミュレーションの解析結果(風 向きの不確かさを考慮)	……2号-3-143
添3ト-第41図	甲地軽石の密度試験結果	……2号-3-144

以下の図表については、別添1に示す図表のとおり。

添3ニ-第1表	事業所敷地周辺の被害地震(1/3)～(3/3)
添3ホ-第1表	青森県、六ヶ所村及び周辺地域の市町村別人口、世帯数及び人口密 度
添3ホ-第2表	青森県、六ヶ所村及び周辺地域の市町村別の人口推移
添3ホ-第3表	廃棄物埋施設付近の集落の人口及び世帯数

添3ホ-第4表	学校の生徒数、幼保連携型認定こども園の園児数及び医療機関の病床数
添3ホ-第5表	六ヶ所村における就業者数
添3ホ-第6表	農作物作付け生産状況
添3ホ-第7表	飼養経営体数及び飼養頭羽数
添3ホ-第8表	海産物別漁獲量(1/2)～(2/2)
添3ホ-第9表	河川・湖沼別魚類別漁獲量
添3ホ-第10表	六ヶ所村の土地利用状況
添3ニ-第1図	事業所敷地周辺の被害地震の震央分布 (事業所敷地からの震央距離 200km 程度以内)
添3ニ-第2図	事業所敷地周辺の被害地震の震央分布 (事業所敷地からの震央距離 200km 程度以遠)
添3ニ-第3図	事業所敷地周辺の被害地震のマグニチュードー震央距離
添3ホ-第1図	廃棄物埋施設付近の集落、学校、幼保連携型認定こども園及び医療機関の位置図
添3ホ-第2図	漁業権状況
添3ホ-第3図	廃棄物埋施設周辺の主要な道路、鉄道及び港湾
添3ホ-第4図	六ヶ所都市計画図

イ 気象

気象は、異常時評価の対象設備である既設設備に構造及び設備の変更がなく、異常時評価に用いる気象条件を更新する必要がないことから、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」(平成10年10月8日付け、10安(廃規)第49号をもって事業変更許可)の「添付書類三 イ 気象」のとおり。

ロ 地盤、地質

地盤の支持力の評価は、埋設設備による荷重が最大かつ周囲に覆土がない状態で行っており、覆土の仕様の変更による影響はない。地盤の変形及び変位の評価は、廃棄物埋設地の支持地盤を対象としており、廃棄物埋設施設の位置に変更はないことから、覆土の仕様の変更による影響はない。したがって、地盤、地質は、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」（平成 10 年 10 月 8 日付け、10 安(廃規)第 49 号をもって事業変更許可)の「添付書類三 ロ 地盤」のとおり。

ハ 水理

水理は、廃棄物埋設施設の位置に変更はないことから、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」(平成10年10月8日付け、10安(廃規)第49号をもって事業変更許可)の「添付書類三 ハ 水理」のとおり。

ニ 地震

地震は、別添 1「添付書類三 ニ 地震」のとおり。

ホ 社会環境

社会環境は、別添1「添付書類三 ホ 社会環境」のとおり。ただし、「本施設」は「2号廃棄物埋設施設」と読み替える。

へ 津波

(1) 検討の基本方針

津波評価に当たっては、既往津波に関する調査として、文献調査により既往津波の規模観を把握し、敷地に津波が到達した履歴がないことを確認する。次に、既往知見を踏まえた津波の評価として、敷地に影響を与える可能性が最も大きい地震に起因する津波の評価を行い、想定される津波の規模観について把握する。

以上の結果を踏まえて、安全機能を有する施設の安全性評価として、津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを確認する。また、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルについても、津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを確認する。

なお、評価に当たっては、当社再処理施設における津波影響評価(「日本原燃株式会社再処理事業所再処理事業変更許可申請書」(令和2年7月29日付け許可 原規発第2007292号))を参考にした。

(2) 既往津波に関する検討

(i) 文献調査

a. 既往津波

敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる既往津波について、宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾、渡辺(1998)⁽²⁾、気象庁の発表等^{(3)~(21)}により、文献調査を行った。

(a) 近地津波

敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる津波規模 m (宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾) が2以上の主な既往の近地津波を添3へ-第1表に、敷地周辺における主な既往の近地津波の津波高を添3へ-第2表に示す。また、主な既往津波高とその位置を添3へ-第1図に示す。

敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波として、津波の大きさ、波源からの伝播距離及び津波による被害の大きさを考慮し、敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波として、1611年の津波、1677年の津波、1856年の津波、1896年明治三陸地震津波、1933年昭和三陸地震津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の7つの津波を抽出した。抽出した津波の推定波源域については添3へ-第2図

に示す。

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波以前の津波高について、敷地近傍を含む鮫・蕪島より北方の範囲で比較する。

敷地北方の記録においては、1856年の津波が、むつ市大畑・湊で津波高4m、函館市函館で津波高3mであり、他の津波と比較して大きい。一方、敷地南方の記録においては、1968年十勝沖地震に伴う津波が、三沢市塩釜で5.1m、八戸市河原木で最大4.8mであり、他の津波と比較して大きい。この津波による尾駁の記録は、1.2m～1.5mである。

さらに、相田(1977)⁽¹⁷⁾によれば、添3へ-第3図に示すように、数値シミュレーションによる200m等深線上の波高を基にした、海岸での平均的な津波高が示されている。これによると、八戸付近より北方においては1856年の津波が最大となっている(相田(1977)⁽¹⁷⁾以降の津波を除く)。

また、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の津波高は、添3へ-第2表及び添3へ-第1図に示すとおり、敷地近傍の出戸から新納屋の範囲においては、1968年十勝沖地震に伴う津波とほぼ同程度の大きい津波である。この津波による尾駁の記録は、3.5mである。

以上より、敷地近傍に影響を及ぼしたと考えられる近地津波は、1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波と評価する。

(b) 遠地津波

敷地周辺に影響を及ぼした主な既往の遠地津波を添3へ-第3表に、敷地周辺における主な既往の遠地津波の津波高を添3へ-第4表に示す。

敷地周辺に來襲した遠地津波の中では、1960年チリ地震津波が八戸市河原木で最大5.3mであり、敷地近傍の出戸から新納屋の範囲における津波高は、尾駁で1.0mが記録されている。

そのため、遠地津波の津波高は近地津波の津波高を上回るものではないと評価する。

(c) 既往津波の調査結果

既往津波に関する文献調査の結果、敷地近傍に大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波は、1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011

年東北地方太平洋沖地震に伴う津波と評価する。

b. 潮位

敷地近傍における潮位の観測は、国土交通省港湾局むつ小川原港で実施されている。2008年4月から2013年3月までの観測結果によると潮位は以下のとおりである。

最高潮位	T. M. S. L. +0.999m
朔望平均満潮位	T. M. S. L. +0.670m
平均潮位	T. M. S. L. +0.049m
朔望平均干潮位	T. M. S. L. -0.767m
最低潮位	T. M. S. L. -1.04m

(ii) 既往津波の再現性の確認

a. 対象津波

解析モデル及び計算方法の妥当性確認のため、既往津波について数値シミュレーションを行い、計算結果と実際の津波痕跡高との比較による既往津波の再現性の検討を行った。

再現性の検討においては、過去に敷地近傍に大きな影響を及ぼしたと考えられる津波である1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波を対象とした。これらの波源モデルのうち、1856年の津波及び1968年十勝沖地震に伴う津波の波源モデルの位置及び諸元を添3へ-第4図に示す。2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の波源モデルについては、内閣府(2012)⁽²³⁾において示される波源モデルとした。

津波に伴う水位変動の評価は、弾性体理論(Mansinha and Smylie(1971)⁽²⁴⁾)に基づき海面変位を算定した上で、非線形長波理論に基づき、差分法による平面二次元モデルによる津波シミュレーションプログラムを用いて実施した。また、敷地は尾駮沼に隣接していることから、尾駮沼からの遡上を考慮できるモデルを設定した。数値シミュレーションにおける主な計算条件を添3へ-第5表に示す。

沿岸域及び海底地形のモデル化に当たっては、国土地理院⁽²⁹⁾、日本水路協会(2011)⁽³⁰⁾等^{(31)~(35)}を用いて設定し、また、計算格子分割の設定に当たっては、土木学会(2016)⁽²⁸⁾を参考とし、水深と津波の周期から推定される津波の波長を基に、最大1,440mから最小5mまでの格子サイズを設定した。数値シミュレーショ

ンに用いた計算領域(東西約 1,000km、南北約 1,300km)とその水深及び格子分割を添 3 へ-第 5 図に、敷地近傍の計算領域とその水深及び格子分割を添 3 へ-第 6 図に示す。

再現性の評価指標としては、相田(1977)⁽¹⁷⁾による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値 K 及びばらつきを表す指標 κ を用い、土木学会(2016)⁽²⁸⁾に示される「 $0.95 < K < 1.05$ 、 $\kappa < 1.45$ 」を再現性の目安とした。

b. 検討結果

既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較を添 3 へ-第 7 図に示す。

1856 年の津波においては $K=1.01$ 、 $\kappa=1.42$ ($n=71$)、1968 年十勝沖地震に伴う津波においては $K=0.99$ 、 $\kappa=1.44$ ($n=313$)及び 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う津波においては $K=0.952$ 、 $\kappa=1.36$ ($n=660$)が得られ、土木学会(2016)⁽²⁸⁾の目安を満足していることから、解析モデル及び計算方法の妥当性を確認した。

(3) 既往知見を踏まえた津波の評価

(i) 地震に起因する津波の評価

a. 対象とする津波

地震に起因する津波の評価においては、敷地に影響を与える可能性がある津波の波源として、プレート間地震、海洋プレート内地震及び海域の活断層による地殻内地震について検討した。

b. 数値シミュレーションの手法

数値シミュレーションにおける主な計算条件、計算領域、水深及び格子分割については、添 3 へ-第 5 表、添 3 へ-第 5 図及び添 3 へ-第 6 図に示す既往津波の再現性の確認と同様の条件とした。

評価位置については、尾駮沼の形状を踏まえ、添 3 へ-第 8 図に示す尾駮沼奥の地点を選定した。また、尾駮沼入り口前面には防波堤が設置されていることから、防波堤を考慮して検討を行った。

さらに、津波による影響を評価するに当たっては、朔望平均満潮位及び地殻変

動量を考慮した津波高について評価することとした。

c. プレート間地震に起因する津波の評価

プレート間地震は、地震調査委員会(2012)⁽¹⁶⁾で示されている三陸沖北部のプレート間地震、津波地震及び2011年東北地方太平洋沖地震で得られた知見を踏まえ、三陸沖北部と隣り合う領域の連動を考慮した連動型地震について検討した。

連動型地震については、三陸沖北部から北方の千島海溝沿いの領域への連動を考慮した連動型地震及び三陸沖北部から南方の日本海溝沿いの領域への連動を考慮した連動型地震が考えられるが、ここでは北方への連動型地震の波源モデルを設定して検討を実施する。一方、南方への連動型地震については青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾の結果を参照する。

なお、南方への連動型地震については地震調査委員会(2019)⁽³⁷⁾の知見もあるが、敷地前面の三陸沖北部に超大すべり域及び大すべり域を設定した青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾の方が敷地への影響は大きいと評価した。

(a) 基本モデル

(一) 三陸沖北部のプレート間地震

三陸沖北部のプレート間地震の波源モデルについては、1856年の津波が古記録より推定されていることから、同一海域で発生し各地の津波高が数多く観測されている1968年十勝沖地震に伴う津波を対象とすることとし、前述の既往津波を再現する波源モデルを基に、地震規模が既往最大のMw8.4となるようにスケーリング則に基づき設定した。添3へ-第9図に示す波源モデルの位置及び諸元に基づき実施した数値シミュレーションの結果、評価位置における津波高はT.M.S.L.+1.38mであった。

(二) 津波地震

津波地震の波源モデルについては、土木学会(2002)⁽²²⁾で示されている1896年明治三陸地震津波の波源モデル(地震規模は既往最大のMw8.3)を設定した。添3へ-第10図に示す波源モデルの位置及び諸元に基づき実施した数値シミュレーションの結果、評価位置における津波高はT.M.S.L.+1.28mであった。

(三) 北方への連動型地震

北方への連動型地震の波源モデルについては、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(2006)⁽³⁸⁾、文部科学省測地学分科会(2014)⁽³⁹⁾及び地震調査委員会(2017)⁽⁴⁰⁾を参考に、敷地前面の三陸沖北部から根室沖までの領域を想定波源域として設定した。

波源モデルの設定に当たり、断層面積は地震調査委員会(2004)⁽⁴⁵⁾及び地震調査委員会(2012)⁽¹⁶⁾を参考にプレート面形状を設定した上で算定した。波源モデルの平均すべり量については、地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの定義式から算定し、その際の平均応力降下量については内閣府(2012)⁽²³⁾を参考に3.0MPaと設定し、剛性率については土木学会(2016)⁽²⁸⁾を参考に $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と設定した。

すべり量の不均質性については、内閣府(2012)⁽²³⁾を参考に、超大すべり域及び大すべり域のすべり量をそれぞれ平均すべり量の4倍及び2倍に、面積をそれぞれ全体面積の5%程度及び15%程度(超大すべり域と合わせて20%程度)となるように設定した。超大すべり域の位置については、基本的には三陸沖北部及び十勝沖・根室沖の領域にそれぞれ存在すると想定されるが、保守的に敷地前面の三陸沖北部にひとつにまとめ、内閣府(2012)⁽²³⁾及び青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾を参考にプレート境界浅部のすべりが大きくなるよう配置した。大すべり域の位置は超大すべり域を取り囲むように配置した。

さらに、上述のとおり設定したモデルに対し、超大すべり域及び大すべり域を考慮した平均応力降下量が約3MPaとなるように地震モーメント(すべり量)の調整を行い、Mw9.04のモデルを設定した。また、ライズタイムについては60秒とした。

添3へ-第11図に示す波源モデルの位置及び諸元に基づき実施した数値シミュレーションの結果、評価位置における津波高はT.M.S.L.+2.32mであった。

(b) 不確かさの考慮に係る評価

三陸沖北部のプレート間地震、津波地震及び北方への連動型地震のうち、評価位置における津波高が最大となる北方への連動型地震について、波源特

性、波源位置及び破壊開始点の不確かさを考慮し評価を実施した。さらに、不確かさの考慮において評価位置における津波高が最大となるケースと、南方への連動型地震である青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾の結果の比較を行い、津波高の高いケースをプレート間地震に起因する津波の最大ケースとして評価した。

波源特性の不確かさについては、すべり量の不確かさを考慮したすべり量割増モデル及びすべり分布の不確かさを考慮した海溝側強調モデルを設定した。添3へ-第12図に示す波源モデルの位置及び諸元に基づき実施した数値シミュレーションの結果、評価位置における津波高は、すべり量割増モデルでT.M.S.L.+3.01m、海溝側強調モデルでT.M.S.L.+3.00mであった。

波源位置の不確かさについては、すべり量割増モデル及び海溝側強調モデルのそれぞれについて、北へ約50km移動させたケース並びに南へ約50km、約100km及び約150km移動させたケースを設定した。数値シミュレーションを実施した結果、評価位置における津波高が最大となるのは、すべり量割増モデルを南に約100km移動させたケースで、T.M.S.L.+3.65mであった。

破壊開始点の不確かさについては、波源位置を変動させた検討において評価位置における津波高が最大となるすべり量割増モデルを南に約100km移動させたケースについて、内閣府(2012)⁽²³⁾を参考に複数設定した。添3へ-第13図に示す位置で破壊開始点を設定し数値シミュレーションを実施した結果、評価位置における津波高が最大となるのは、破壊開始点としてP6を設定したケースで、T.M.S.L.+4.00mであった(添3へ-第14図参照)。

廃棄物埋設地への遡上経路としては中央沢が考えられるが、中央沢入口での津波高は評価位置の津波高と同程度であり、廃棄物埋設地まで到達していないことが確認できる(添3へ-第14図参照)。

南方への連動型地震については、青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾によると、六ヶ所村沿岸に来襲する津波高について、敷地近傍においてはT.M.S.L.+10mに達しておらず(添3へ-第15図参照)、公表された浸水深分布からも、敷地に津波は到達していないことが確認できる(添3へ-第16図参照)。一方、北方への連動型地震は、添3へ-第14図に示すとおり、敷地近傍の海岸線上における津波高はT.M.S.L.+10m以上であった。

以上より、プレート間地震に起因する津波について、評価位置における津波高が最大となるのは、北方への連動型地震のすべり量割増モデルを南に約 100km 移動させ破壊開始点を P6 と設定したケースであり、その津波高は評価位置において T. M. S. L. +4.00m であった。

(c) 尾駸沼の固有周期に係る検討

評価位置は尾駸沼の奥に位置していることから、評価位置における津波高の算出に当たり、尾駸沼の固有周期の影響が数値シミュレーションに反映されていることを確認するため、尾駸沼の固有周期に係る検討を実施した。

尾駸沼の固有周期を確認するため、添 3 へ-第 6 図に示す敷地近傍の計算領域において、周期を変化させた正弦波を入力し、評価位置における水位増幅率を求めた結果を添 3 へ-第 17 図に示す。沖合い位置に対する評価位置の水位増幅率は、15 分程度の周期帯においてピークを示し、それ以外の周期帯については減衰していることから、尾駸沼の固有周期は 15 分程度であると評価した。

次に、添 3 へ-第 14 図に示すケースの数値シミュレーションによる水位変動量時刻歴波形を用いて周波数分析を実施した結果を添 3 へ-第 18 図に示す。評価位置において 15 分程度の周期帯が卓越しており、正弦波入力による検討で評価した尾駸沼の固有周期の影響を捉えていることを確認した。

なお、尾駸沼の固有周期を踏まえ、数値シミュレーションで設定している格子間隔の妥当性について検討した結果、添 3 へ-第 19 図に示すとおり、格子間隔が土木学会(2016)⁽²⁸⁾により算定される格子間隔の目安に対して十分小さいことを確認した。

以上のことから、評価位置における津波高の結果には、数値シミュレーションにより尾駸沼の固有周期の影響が反映されていると評価した。

d. 海洋プレート内地震に起因する津波の評価

海洋プレート内地震は、地震調査委員会(2012)⁽¹⁶⁾で示されている正断層型の地震について検討した。

海洋プレート内地震の波源モデルについては、土木学会(2002)⁽²²⁾で示されている 1933 年昭和三陸地震津波の波源モデルを基に、地震規模が既往最大の Mw8.6 となるようにスケーリング則に基づき設定した。添 3 へ-第 20 図に示す波源モ

デルの位置及び諸元に基づき実施した数値シミュレーションの結果、評価位置における津波高は T. M. S. L. +1.35m であった。

以上を踏まえると、海洋プレート内地震に起因する津波は、プレート間地震に起因する津波を上回るものではない。

e. 海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の評価

海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の評価を行うに当たり、添 3 へ-第 21 図に示す敷地周辺海域の活断層について、阿部(1989)⁽⁴²⁾の簡易予測式により推定津波高を検討した。

簡易予測式による推定津波高を添 3 へ-第 6 表に示す。海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の推定津波高は最大でも 0.3m であり、プレート間地震に起因する津波と比べて影響は非常に小さい。

(ii) 地震以外の要因に起因する津波の評価

a. 地すべり等に起因する津波の評価

(a) 対象地すべりの選定

文献調査によると、敷地周辺における陸上及び海底の地すべり並びに斜面崩壊による歴史津波の記録は知られていない。また、陸上地すべりについて、防災科学技術研究所(2009)⁽⁴³⁾及び防災科学技術研究所(2013)⁽⁴⁴⁾によると、敷地周辺陸域の海岸付近において大規模な地すべり地形は認められない。加えて、海底地すべりについても、徳山ほか(2001)⁽⁴⁵⁾によると、敷地周辺海域には海底地すべり地形は認められない。

一方、下北半島太平洋側前面海域の大陸棚部付近を対象に海底地形調査を実施した結果、複数の地すべり地形が抽出されたことから、抽出された地すべり地形に基づく数値シミュレーションにより敷地への影響を評価した。抽出された海底地すべり地形を添 3 へ-第 22 図に示す。

抽出された海底地すべり地形のうち、地すべり地形の崩壊規模から数値シミュレーションの対象とする地すべりとして SLS-2 を選定し、地すべり前の海底地形を復元した。海底地すべり地形の断面を添 3 へ-第 23 図に示す。

(b) 海底地すべりの数値シミュレーションの手法

海底地すべりの数値シミュレーションの手法としては、二層流モデル(Maeno and Imamura(2007)⁽⁴⁶⁾)及び Kinematic landslide モデル(佐竹・加藤

(2002)⁽⁴⁷⁾を用いた。

数値シミュレーションに用いた計算領域とその水深及び格子分割を添3へ-第24図に、主な計算条件を添3へ-第7表及び添3へ-第8表に示す。

(c) 評価結果

数値シミュレーションの結果、評価位置前面における津波高は、二層流モデルで0.07m、Kinematic landslideモデルで0.20mであり、プレート間地震に起因する津波と比べて影響は非常に小さい。

b. 火山現象に起因する津波の評価

文献調査によると、敷地周辺に大きな影響を及ぼした、火山現象による歴史津波の記録は知られていないことから、火山現象に起因する津波については、影響は極めて小さいと評価した。

(iii) まとめ

既往知見を踏まえた津波の評価として、地震及び地震以外の要因に起因する津波について評価を行った結果、評価位置における津波高が最大となるのは、プレート間地震に起因する津波のうち、北方への連動型地震のすべり量割増モデルを南に約100km移動させ破壊開始点をP6と設定したケースであり、想定される津波の規模観は評価位置においてT.M.S.L.+4.00m程度であった。なお、地震以外の要因に起因する津波の影響は非常に小さいことから、地震に起因する津波との重畳を考慮したとしても想定される津波の規模観への影響はない。

(4) 廃棄物埋設地の安全性評価

既往知見を踏まえた津波の評価を実施した結果、敷地周辺に想定される津波の規模観を踏まえても、廃棄物埋設地を設置する高さに津波が到達する可能性はなく、安全機能に影響を及ぼす可能性はないと評価した。

また、当社再処理施設における津波影響評価では、断層のすべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討も実施している。その結果においても廃棄物埋設地に津波は到達していないことを確認した。すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討結果を以下に示す。

なお、再処理施設における検討のうちすべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルは、廃棄物埋設施設の潜在的な危険性を鑑みると、検討条件として過大な設

定と考えられることから、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルについては参考的な位置付けである。

(i) すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定

すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定に当たっては、国内外の巨大地震のすべり量に関する文献調査を実施した。

内閣府(2012)⁽²³⁾、杉野ほか(2014)⁽⁴⁸⁾等^{(49)~(52)}による文献調査の結果、既往の巨大地震及び将来予測のモデルにおける最大すべり量については、内閣府(2012)⁽²³⁾の最大のモデルで60m~70m程度であった。

そこで、この評価においては、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルとして、既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースの波源モデルの各領域のすべり量を3倍にしたモデル(以下「すべり量3倍モデル」という。)を設定した。その結果、超大すべり域のすべり量は31.19m~93.56mとなり、内閣府(2012)⁽²³⁾の最大すべり量60m~70m程度に対し大きく上回る設定となっている(添3へ-第9表参照)。

また、既往の巨大地震及び将来予測のモデルにおけるすべり分布を見ると、超大すべり域のようなすべりの大きな領域は波源域全体には分布しておらず、全体の一部の領域のみに分布している。そこで、この評価においては、すべり量が既往知見を大きく上回るもう一つの波源モデルとして、波源域全体を超大すべり域としたモデル(以下「全域超大すべり域モデル」という。)を設定した。その結果、平均すべり量は8.40m~31.19mとなり、既往の巨大地震及び将来予測のモデルの平均すべり量に対し大きく上回る設定となっている(添3へ-第9表参照)。

「すべり量3倍モデル」及び「全域超大すべり域モデル」の波源モデルの位置及び諸元を添3へ-第25図及び添3へ-第26図に示す。

(ii) すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる評価結果

すべり量が既往知見を大きく上回る「すべり量3倍モデル」及び「全域超大すべり域モデル」による検討の結果を添3へ-第27図及び添3へ-第28図に示す。添3へ-第27図及び添3へ-第28図より、廃棄物埋設地は、海岸線から約3km離れた標高30m以上の台地に設置し、断層のすべり量が既往知見を大きく上回る波源を想定した場合でも、廃棄物埋設地に津波が到達する可能性はないことを確認した。

参考文献

- (1) 宇佐美龍夫、石井寿、今村隆正、武村雅之、松浦律子(2013)：日本被害地震総覧 599-2012、東京大学出版会
- (2) 渡辺偉夫(1998)：日本被害津波総覧 [第2版]、東京大学出版会
- (3) 気象庁(1951～2010)：地震月報ほか、
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (参照 2014-8-18)
- (4) 国立天文台編(平成26年)：理科年表平成27年、丸善出版
- (5) 羽鳥徳太郎(2000)：三陸沖歴史津波の規模の再検討、津波工学研究報告17、
pp. 39-48
- (6) 中央气象台(1933)：昭和八年三月三日三陸沖強震及津波報告、驗震時報、
Vol. 7、No. 2 別冊
- (7) 伊木常誠(1897)：三陸地方津浪實況取調報告(参照第一)、震災予防調査会報告、
Vol. 11、pp. 4-34
- (8) 松尾春雄(1933)：三陸津浪調査報告、内務省土木試験所報告、Vol. 24、pp. 83-
112
- (9) 松尾春雄(1934)：三陸津浪調査報告(追加)、内務省土木試験所報告、Vol. 27
- (10) 地震研究所(1934)：昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告、東京
帝国大学地震研究所彙報、別冊第1号
- (11) 岸力(1969)：1968年十勝沖地震調査報告、津波－北海道東北沿岸－、1968年
十勝沖地震調査委員会編『1968年十勝沖地震調査報告』、pp. 207-256
- (12) 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター(2004)：2003年十勝沖
地震津波調査報告、津波工学研究報告、Vol. 21、No. 2
- (13) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：調査情報、東北地方太平洋沖地
震津波情報、<http://www.coastal.jp/ttjt/> (参照 2014-9-1)
- (14) チリ津波合同調査班(1961)：津波の高さの測定方法及び基準並びに最高波来襲
時刻について 1960年5月24日チリ地震津波に関する論文および報告、東京
大学地震研究所
- (15) 気象庁(1961)：昭和35年5月24日チリ地震津波調査報告、気象庁技術報告、
Vol. 8
- (16) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012)：三陸沖から房総沖にかけての地

震活動の長期評価(第二版)について、地震調査研究推進本部

- (17) 相田勇(1977)：三陸沖の古い津波のシミュレーション、東京大学地震研究所彙報、Vol. 52、No. 1、pp. 71-101
- (18) 今村文彦、高橋重雄、藤間功司、富田孝史、有川太郎：2010年チリ地震津波の被害調査報告、土木学会附属土木図書館ホームページ 震災報告デジタルアーカイブ、
http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol3/13/20100227chile_report2.pdf(参照 2014-9-1)
- (19) 都司嘉宣、大年邦雄、中野晋、西村裕一、藤間功司、今村文彦、柿沼太郎、中村有吾、今井健太郎、後藤和久、行谷佑一、鈴木進吾、城下英行、松崎義孝(2010)：2010年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol. 66、No. 1、pp. 1346-1350
- (20) 都司嘉宣、上田和枝、佐竹健治(1998)：日本で記録された1700年1月(元禄十二年十二月)北米巨大地震による津波、地震、第二輯、第51巻
- (21) 河田恵昭、小池信昭、嘉戸重仁、井上雅夫(1998)：わが国沿岸部における遠地津波の伝播特性について、海洋工学論文集、第45巻
- (22) 土木学会(2002)：原子力発電所の津波評価技術、土木学会原子力土木委員会津波評価部会
- (23) 内閣府(2012)：南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)津波断層モデル編-津波断層モデルと津波高・浸水域等について、内閣府ホームページ、
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>(参照 2015-12-2)
- (24) L. Mansinha, D. E. Smylie. (1971): The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the seismological Society of America, 1971, Vol. 61, No. 5.
- (25) 後藤智明、小川由信(1982)：Leap-frog法を用いた津波の数値計算法、東北大学工学部土木工学科
- (26) 小谷美佐、今村文彦、首藤伸夫(1998)：GISを利用した津波遡上計算と被害推定法、海岸工学論文集、第45巻
- (27) 本間仁(1940)：低溢流堰堤の流量係数、土木学会誌、第26巻
- (28) 土木学会(2016)：原子力発電所の津波評価技術2016、土木学会原子力土木委員

会津波評価小委員会

- (29) 国土地理院:基盤地図 10m メッシュ (標高)、基盤地図情報ダウンロードサービス、国土地理院ホームページ、<https://fgd.gsi.go.jp/download/>、(入手 2014-09-25)
- (30) 日本水路協会(2011):日本近海 30 秒グリッド水深データ第二版、M1406-M1508、Ver2.0.0、海洋情報研究センター
- (31) 日本水路協会(2008):海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ、M7009 (Ver. 2.0)、M7010 (Ver. 2.0)、海洋情報研究センター
- (32) 日本水路協会(2009):海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ、M7006 (Ver. 2.1)、海洋情報研究センター
- (33) 日本水路協会(2012):海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ、M7004 (Ver. 2.2)、M7005 (Ver. 2.2)、M7007 (Ver. 2.1)、海洋情報研究センター
- (34) 海上保安庁:東北沖海底地形データセット、海上保安庁海洋情報部、(入手 2014-09-18)
- (35) IHO・IOC:大洋水深総図、General Bathymetric Chart of the Oceans ホームページ、<http://www.gebco.net/>、(入手 2014-09-25)
- (36) 青森県海岸津波対策検討会(2012):第4回青森県海岸津波対策検討会資料、青森県庁県土整備部河川砂防課、
<http://www.pref.aomori.lg.jp/kotsu/build/tunami-kentokai.html>
- (37) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2019):日本海溝沿いの地震活動の長期評価(地震調査研究推進本部ホームページ)、地震調査研究推進本部
- (38) 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(2006):日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告、内閣府中央防災会議
- (39) 文部科学省測地学分科会(2014):北海道周辺の超巨大地震の発生サイクル及び震源過程の解明・プレート運動の解明による衝突帯モデルの構築、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成25年度年次報告(機関別)、課題番号1002
- (40) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017):千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版)、地震調査研究推進本部
- (41) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004):千島海溝沿いの地震活動の長期

評価(第二版)について、地震調査研究推進本部

- (42) 阿部勝征(1989)：地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測、東京大学地震研究所彙報、Vol. 64
- (43) 防災科学技術研究所(2009)：地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」、防災科学技術研究所研究資料、第329号
- (44) 防災科学技術研究所(2013)：地すべり地形分布図第54集「浦河・広尾」、防災科学技術研究所研究資料、第382号
- (45) 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、坂井眞一、向山建二郎
(2001)：日本周辺海域中新世末期以降の構造発達史、海洋調査技術、vol. 13、No. 1
- (46) Fukashi Maeno, Fumihiko Imamura(2007)：Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera, Japan, Geophysical Research Letters, AGU Publications, 2007, Vol. 34, L23303
- (47) 佐竹健治、加藤幸弘(2002)：1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた、号外 海洋、海洋出版株式会社、号外28
- (48) 杉野英治、岩渕洋子、橋本紀彦、松末和之、蛭澤勝三、亀田弘行、今村文彦
(2014)：“プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案”、日本地震工学会論文集、2014、第14巻、第5号
- (49) Jean M. Johnson, Kenji Satake(1999)：Asperity Distribution of the1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka, Pure and Applied Geophysics, 1999, 154
- (50) Yushiro Fujii, Kenji Satake(2012)：Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data, Pure and Applied Geophysics, 2012, 170
- (51) Jean M. Johnson, Kenji Satake, Sanford R. Holdahl, Jeanne Sauber(1996)：The 1964 Prince William Sound earthquake:Joint inversion of tsunami and geodetic data, Journal of Geophysical Reserch, 1996, vol.101, No.B1

- (52) Yuichiro Tanioka, Yudhicara, Tomohiro Kususose, S.Kathiroli, Yuichi Nishimura, Sin-Iti Iwasaki, Kenji Satake(2006): Ruptureprocess of the 2004 great Sumatra-Andaman earthquake estimated from tsunami waveforms, Earth Planets Space, 2006, 58

ト 火山

(1) 検討の基本方針

火山の影響については、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061910 号 原子力規制委員会決定）（以下「火山影響評価ガイド」という。）及び当社再処理施設における火山の影響評価（「日本原燃株式会社再処理事業所再処理事業変更許可申請書」（令和 2 年 7 月 29 日付け許可 原規規発第 2007292 号））を参考に、廃棄物埋設地に影響を与える可能性のある火山事象について評価を行う。

評価は、立地評価と影響評価の 2 段階で行う。

立地評価では、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山を抽出し、設計対応不可能な火山事象が廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性について評価を行う。廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山のうち、設計対応不可能な火山事象の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれ、過去に巨大噴火が発生した火山については、「巨大噴火の可能性評価」を行った上で、「最後の巨大噴火以降の火山活動の評価」を行う。

影響評価では、廃棄物埋設地の安全性に影響を与える可能性のある火山事象について評価を行う。

(2) 調査及び検討内容

(i) 文献調査

第四紀に活動した火山（以下「第四紀火山」という。）のうち、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山を抽出し、立地評価及び影響評価を行うことを目的として、第四紀火山について、敷地を中心とする半径 160km の範囲（以下「地理的領域」という。）を対象に文献調査を実施した。

地理的領域内の第四紀火山の文献調査は、年代、活動様式等が網羅的に整理されているカタログを用いた。カタログは、「日本の火山（第 3 版）」（中野ほか編、2013）⁽¹⁾、「日本活火山総覧（第 4 版）」（気象庁編、2013）⁽²⁾、「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」（西来ほか編、2012）⁽³⁾、「第四紀噴火・貫入活動データベース」（西来ほか編、2014）⁽⁴⁾、「日本の第四紀火山カタログ」（第四紀火山カタログ委員会編、1999）⁽⁵⁾、「1 万年噴火イベントデータ集」（産業技術総合研究所地

質調査総合センター編、2017)⁽⁶⁾及び各種「地質図幅」である。また、カタログの引用文献等についても収集し、加えて、「海域火山データベース」(海上保安庁海洋情報部)⁽⁷⁾、「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」(山元、2015)⁽⁸⁾及び「新編 火山灰アトラス」(町田・新井、2011)⁽⁹⁾についても文献調査を実施した。さらに、文献収集の更なる網羅性向上のため、補足的に国内外の主な科学技術系論文データベースを用いて、地理的領域内の第四紀火山に関する論文等についても文献調査を実施した。

なお、降下火砕物については、上記文献を用いて、地理的領域外の火山についても文献調査を実施した。

また、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山のうち、設計対応不可能な火山事象の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる火山については、地球物理学的調査の知見や近い将来の巨大噴火の発生可能性についても文献調査を実施した。

(ii) 地形調査

主に国土地理院撮影の空中写真及び同院発行の地形図を使用して空中写真判読を行い、敷地を中心とする半径 30km の範囲及びその周辺地域において、第四紀火山の可能性のある地形の有無を把握した。

(iii) 地質調査

地理的領域内の第四紀火山の噴出物を対象に地表踏査等を実施し、敷地を中心とする半径 30km の範囲及びその周辺地域において、噴出物の種類、分布、第四紀火山の活動時期等を把握した。

(iv) 火山学的調査

地質調査において確認した降下火砕物及び火砕流堆積物を対象に、堆積物の厚さ、空間分布等を把握した。

(v) 地球物理学的調査

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山のうち、設計対応不可能な火山事象の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる火山を対象に、地震波速度構造、比抵抗構造、地震活動及び地殻変動に関する検討を実施し、現在のマグマ溜まりの状況について把握した。

(3) 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の抽出

火山が廃棄物埋設地に与える影響を評価するため、文献調査並びに敷地及び敷地周辺における地質調査を実施し、地理的領域内(半径 160km)に分布する 48 の第四紀火山を抽出した。抽出結果を添 3 ト-第 1 表及び添 3 ト-第 1 図、地理的領域内の火山地質図を添 3 ト-第 2 図に示す。

地理的領域内の第四紀火山の形式、活動年代及び最後の活動からの経過期間を添 3 ト-第 2 表に示す。これらの火山について、活動年代及び最後の活動からの経過期間から、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山を評価した。

(i) 完新世に活動を行った火山

「日本の火山(第 3 版)」(中野ほか編、2013)⁽¹⁾及び「日本活火山総覧(第 4 版)」(気象庁編、2013)⁽²⁾を参照し、地理的領域内の第四紀火山のうち、完新世に活動を行った火山(以下「活火山」という。)を抽出した。

その結果、完新世に活動を行った北海道駒ヶ岳、恵山、恐山、岩木山、北八甲田火山群(気象庁編(2013)⁽²⁾による「八甲田山」に相当する。)、十和田、秋田焼山、八幡平火山群(気象庁編(2013)⁽²⁾による「八幡平」に相当する。)、岩手山及び秋田駒ヶ岳の 10 火山を廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

(ii) 完新世に活動を行っていない火山

完新世に活動を行っていない火山(38 火山)について、「日本の火山(第 3 版)」(中野ほか編、2013)⁽¹⁾等の記載年代から、最後の活動からの経過期間が全活動期間よりも短い場合若しくは最後の活動からの経過期間が活動期間内の最大休止期間よりも短い場合は、将来の活動性が否定できない火山と評価した。

その結果、横津岳、陸奥燧岳、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、八甲田カルデラ、先十和田、玉川カルデラ、網張火山群、乳頭・高倉及び荷葉岳の 11 火山を抽出した。

(iii) 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山として、「(i) 完新世に活動を行った火山」及び「(ii) 完新世に活動を行っていない火山」より、北海道駒ヶ岳、横津岳、恵山、陸奥燧岳、恐山、岩木山、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、北八甲田火山群、八甲田カルデラ、十和田、先十和田、秋田焼山、八幡平火山群、玉川カルデラ、岩手山、網張火山群、乳頭・高倉、秋田駒ヶ岳及び荷葉岳の 21 の

火山を抽出した。

(4) 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の火山活動に関する個別評価

(i) 詳細調査対象火山の抽出

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21 火山)について、活動履歴に関する文献調査により、立地評価の対象となる設計対応不可能な火山事象の発生実績、過去最大規模の噴火による火山噴出物の敷地への到達可能性等について添 3 ト-第 3 表に整理した。

火砕物密度流については、敷地近傍では火砕流堆積物の分布は認められないものの、十和田及び八甲田カルデラの過去最大規模の噴火における火砕流の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる(添 3 ト-第 3 図及び添 3 ト-第 4 図参照)。一方、十和田及び八甲田カルデラ以外の廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山については、発生実績や敷地からの離隔等より、火砕物密度流が敷地に到達する可能性は十分に小さいと評価した。

溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、敷地から 50km 以内に分布する恐山及び八甲田カルデラが評価対象火山となる。恐山については、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に伴う堆積物は敷地周辺には分布しない。一方、八甲田カルデラについては、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊の発生実績が認められない。その他の 19 火山については、敷地から 50km 以内に分布しないことから、評価対象外である。したがって、これらの火山事象が敷地に到達する可能性は十分に小さいと評価した。

新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地が、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の過去の火口及びその近傍に位置しないこと、並びに火山フロントより前弧側(東方)に位置することから、これらの火山事象が敷地において発生する可能性は十分に小さいと評価した。

以上のことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21 火山)の火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象は、過去最大規模の噴火を想定しても、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

一方、火砕物密度流については、敷地及び敷地近傍が十和田及び八甲田カルデラの火砕流の到達可能性範囲に含まれることから、十和田及び八甲田カルデラについ

て、詳細な調査・検討を実施した。なお、八甲田カルデラについては、隣接する南八甲田火山群及び北八甲田火山群を含めて「八甲田山」として詳細な調査・検討を実施した。

(ii) 十和田

気象庁編(2013)⁽²⁾によると、十和田は先カルデラ成層火山群、十和田カルデラ及び後カルデラ成層火山・溶岩ドームからなるとしている。その活動は、Hayakawa(1985)⁽¹⁰⁾によると、先カルデラ期、カルデラ形成期及び後カルデラ期に区分されるとしている。

Hayakawa(1985)⁽¹⁰⁾及び工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾によると、カルデラ形成期に火砕流を伴う規模の大きな噴火を3回(十和田奥瀬火砕流、十和田大不動火砕流、十和田八戸火砕流)起こしている(添3ト-第5図参照)。

一方、Yamamoto et al.(2018)⁽¹²⁾は、地球化学的特徴から十和田奥瀬火砕流を噴出した噴火を先カルデラ期とみなすとしており、見解が分かれている(添3ト-第6図参照)。

Hayakawa(1985)⁽¹⁰⁾によると、後カルデラ期に毛馬内火砕流(見かけの噴出量は約5km³)を噴出したとしている。

これらの噴火のうち巨大噴火に該当する噴火は、十和田大不動火砕流(見かけの噴出量は約40km³)及び十和田八戸火砕流(見かけの噴出量は約40km³)を噴出した噴火(以下それぞれを「噴火エピソードN」及び「噴火エピソードL」という。)である。したがって、この2回の巨大噴火と最後の巨大噴火(噴火エピソードL)以降の噴火を対象に評価を実施した。

なお、十和田奥瀬火砕流(見かけの噴出量は約10km³)を噴出した噴火は巨大噴火に該当しないが、噴火の様式と規模に基づきカルデラ形成期として整理した。

a. 巨大噴火の可能性評価

(a) 活動履歴

工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾によると、現在の活動期である後カルデラ期は、高頻度(噴火間隔3,400年以下)かつ一回の噴出量が2.5DREkm³以下であり、カルデラ形成期の低頻度(噴火間隔22,000年~4,000年)かつ一回の噴出量1.2DREkm³~20.3DREkm³とは異なるとしている(添3ト-第5図参照)。

一方、十和田の10万年前以降のマグマ供給率はほぼ一定であり、また、後

カルデラ期は先カルデラ期後期と活動様式が類似していることから、今後マagma供給率が減少しなければ、長期的(数万年スケール)には再びカルデラ形成期に移行する可能性が指摘されるとしている。しかし、過去の活動履歴から、大規模噴火の前には数万年にわたって局在的な低噴出率期(噴火エピソード N の前は $0.07\text{DREkm}^3/\text{千年}$ 、噴火エピソード L の前は $0.12\text{DREkm}^3/\text{千年}$)が先行するとしており、現在の活動は、約 15,000 年間にわたって高噴出率期($0.70\text{DREkm}^3/\text{千年}$)にあり、噴出量 1DREkm^3 以下の小規模噴火も数多く発生していることから、現状ではカルデラ形成期のような状態に至っていないと考えられるとしている。したがって、今後も短期的(数百年～数千年スケール)には、過去 15,000 年間と同様な活動が継続すると推定され、仮に、今後カルデラ形成を伴う大規模噴火が発生するとしても数万年先になると予想されるとしている。

なお、工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾の「カルデラ形成を伴う大規模噴火」は、「巨大噴火」に相当する。

一方、Yamamoto et al. (2018)⁽¹²⁾において、階段ダイアグラム(添 3 ト-第 6 図参照)が示されており、これに基づき噴出率の傾向を確認した結果、カルデラ形成期の巨大噴火前は低噴出率期(噴火エピソード L の前は約 $0.15\text{DREkm}^3/\text{千年}$)であるが、現在の後カルデラ期は高噴出率期(約 $0.71\text{DREkm}^3/\text{千年}$)となっている。これは、工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾による噴出率の傾向と同様である。

また、十和田における近い将来の巨大噴火の発生可能性に言及した文献について調査した結果、高橋(2008)⁽¹³⁾及び工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾には、現状、巨大噴火の可能性が低いとする主旨の知見は認められるが、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められない。また、十和田火山防災協議会(2018)⁽¹⁴⁾による十和田火山災害想定影響範囲図においても、巨大噴火を想定していない。

(b) 地質調査及び火山学的調査

十和田における巨大噴火に伴う 2 回の大規模火砕流(十和田大不動火砕流及び十和田八戸火砕流)の噴出物を対象に調査を実施し、その分布を確認した。十和田近傍から敷地を中心とした地域にかけての地質柱状図を添 3 ト-

第7図に示す。なお、巨大噴火には該当しないものの、十和田奥瀬火砕流は敷地には到達していないことを確認した。

(一) 十和田大不動火砕流

十和田大不動火砕流を伴う巨大噴火では、火砕流の噴出に先立って爆発的噴火に伴う降下火砕物(十和田切田テフラ)が噴出しており、火砕流堆積物の直下に、この堆積物が認められる。十和田大不動火砕流堆積物及び十和田切田テフラの分布を添3ト-第8図に示す。

十和田大不動火砕流堆積物は、六ヶ所鷹架西(Loc. 33)及び野辺地目ノ越1(Loc. 50)において、ローム層中に軽石混じり火山灰層(火砕流堆積物)が層厚約16cm及び約3cmのパッチ状として認められる。また、敷地を含む更に北方の地域では、層相から火砕流堆積物と判断できないものの、ローム層中に十和田大不動火砕流起源に対比される径約1cm以下の軽石が認められ、再処理敷地内(Loc. 26)においては、最大平均径約4mmの軽石が認められる(添3ト-第9図参照)。一方、十和田切田テフラは、北方に向かって層厚を減じ、東北淋代2(Loc. 19)、六ヶ所平沼1(Loc. 23)等において、層厚約3cm～約7cmで確認した。

(二) 十和田八戸火砕流

十和田八戸火砕流を伴う巨大噴火では、火砕流の噴出に先立って爆発的噴火に伴う降下火砕物(十和田八戸テフラ)が噴出しており、火砕流堆積物の直下に、この堆積物が認められる。十和田八戸火砕流堆積物及び十和田八戸テフラの分布を添3ト-第10図に示す。

十和田八戸火砕流堆積物は、塊状無層理で淘汰が悪く、軽石を主体として褐灰～灰白色火山灰の基質からなる。敷地近傍では、ローム層中に軽石混じり火山灰層(火砕流堆積物)が層厚約5cm～約20cmのパッチ状を呈する火砕流堆積物として認められた(添3ト-第9図参照)。また、敷地より北方の地域では、層相から火砕流堆積物と判断できないものの、ローム層中に十和田八戸火砕流起源に対比される径約1cm以下の軽石が認められる。一方、十和田八戸テフラは、北方に向かい急激に層厚を減じ、三沢市野口(Loc. 17)より北方では確認できない。

(c) 地球物理学的調査

下司(2016)⁽¹⁵⁾によると、大規模噴火が発生するためには、その火山のシステムにあらかじめマグマを蓄積させておくことが必要であるとしており、この大規模噴火を引き起こすマグマシステムは、下部地殻物質の部分溶融等による珪長質メルトの生成、発生したメルトの分離・上昇及び上部地殻への集積等が起これ、地殻全体に広がる巨大で複雑なシステムであると考えられるとしている。また、物理探査(地球物理学的調査)によってカルデラ火山の地下に検出されつつある低速度領域や低比抵抗領域は、このような部分溶融した貫入岩体の複合体を見ていると考えられるとしており、カルデラの陥没量とカルデラ形成噴火の噴出量がほぼ一致するとしている。なお、下司(2016)⁽¹⁵⁾の「大規模噴火」の噴火規模は、「巨大噴火」の噴火規模を包含する。

以上のことから、巨大噴火に直接寄与する上部地殻におけるマグマ溜まりは、カルデラを超える範囲まで部分溶融域が広がっていると考えられるため、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性及び大規模なマグマの移動・上昇等の活動に着目して地球物理学的調査を実施し、現在のマグマ溜まりの状況について評価した。

地球物理学的調査として、地震波速度構造、比抵抗構造、地震活動及び地殻変動に関する検討を実施した。流体の存在に敏感な比抵抗構造と、流体のうちメルトか水か推定可能な地震波速度構造は相補的な関係であるため、これらより、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性を把握した。また、地震活動及び地殻変動に関する調査を行い、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を把握した。

(一) 地震波速度構造及び比抵抗構造

地震波速度構造について、Nakajima et al. (2001)⁽¹⁶⁾によると、火山フロントに沿った最上部マンツルの低 V_p 、低 V_s 及び高 V_p/V_s は、大量のメルトの存在を示唆するとしている。また、火山フロントに沿った下部地殻のうち活火山の直下の低 V_p 、低 V_s 及び高 V_p/V_s は、メルトの存在を示唆するとしている。加えて、火山フロントに沿った上部地殻のうち活火山の直下の低 V_p 、低 V_s 及び低 V_p/V_s は、水の存在を示唆するとしている(添3ト-第11図参照)。中島(2017)⁽¹⁷⁾によると、Nakajima et al. (2001)⁽¹⁶⁾

の解析結果等から、東北地方の火山地域の地殻にはいくつかの共通する特徴が存在するとしており、上部地殻内には大規模な(>10km)マグマ溜まりは存在しないとしている(添3ト-第12図参照)。

防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年版)」(Matsubara et al. (2019))⁽¹⁸⁾の地震波トモグラフィ解析結果(添3ト-第13図参照)及び Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果(添3ト-第14図参照)に基づく、いずれの結果でも十和田直下の上部地殻内(約20km以浅)に、メルトの存在を示唆する顕著な低 V_p かつ高 V_p/V_s 領域は認められない。

一方、比抵抗構造について、Kanda and Ogawa (2014)⁽¹⁹⁾によると、インダクションベクトルの実部は本質的に低比抵抗の方向を指す傾向があるとしている。Kanda and Ogawa (2014)⁽¹⁹⁾のインダクションベクトル(添3ト-第15図参照)に基づく、16秒周期では、十和田に向くベクトルは認められず、顕著な低比抵抗異常は推定できない。また、磁場3成分を用いたインバージョン解析により、インダクションベクトルを再現できる北東北の三次元比抵抗構造が示されており、その解析結果(添3ト-第16図参照)に基づく、十和田直下の上部地殻内にマグマ若しくは高塩濃度流体を示唆する顕著な低比抵抗領域は認められない。

地震波速度構造及び比抵抗構造を統合的に解釈すると、十和田直下の上部地殻内に大規模なマグマ溜まりの存在を示唆する顕著な低速度・高 V_p/V_s かつ低比抵抗領域は認められない。

(二) 地震活動

気象庁一元化震源カタログ(地震月報(カタログ編))⁽²⁰⁾(期間:1997年10月~2017年12月)及び気象庁一元化処理震源要素⁽²¹⁾(期間:2018年1月~2018年12月)より作成した十和田付近の震央分布及び地震活動の時間変化を添3ト-第17図に示す。地震は、十和田の後カルデラ期の最新の噴火(十和田 a)の火口である十和田湖中湖付近及びその周辺の震源深さ5km~10km付近に集中する一方で、低周波地震はそれらよりやや深い25km~35km付近で発生している。

また、「十和田の火山活動解説資料(平成26年1月)」(気象庁、2014)⁽²²⁾

によると、2014年1月27日昼前から夜にかけて地震活動が活発な状況になったが、27日の夜から地震回数は減少し、2月に入ってからはおおむね静穏な状況であり、低周波地震、火山性微動は観測されていないとしている。また、火山活動に特段の変化はなく、噴火の兆候は認められず、2007年12月1日の噴火予報(平常)の発表以降、予報警報事項に変更はないとしている。

(三) 地殻変動

国土地理院(2018)⁽²³⁾によると、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の余効変動が、東日本の広い範囲で見られるとしている。

国土地理院による電子基準点データから作成した十和田周辺の基準点間の基線長(斜距離成分)の時間変化(期間：2003年1月～2018年12月)を添3ト-第18図に示す。十和田では、2011年東北地方太平洋沖地震以降の余効変動が継続しているが、地震発生前を含め、十和田を中心とした地域では、この余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。

また、「十和田の火山活動解説資料(平成26年1月)」(気象庁、2014)⁽²²⁾において、2014年1月に地震活動が活発化した際の地殻変動観測結果によると、地震増加時及びその前後で十和田付近の地殻変動に変化は認められないとしている。

加えて、「第131回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁、2015)⁽²⁴⁾によると、十和田周辺における干渉SARの解析結果(2014年9月4日と2014年10月16日)について、ノイズレベルを超える位相変化は認められないとしており、「第143回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁、2019)⁽²⁵⁾においても、十和田周辺における干渉SARの解析結果(2015年10月8日と2018年10月18日)について、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められないとしている。

さらに、国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録を基に作成した、十和田付近の一等水準路線の上下変動(添3ト-第19図参照)によると、大館付近において局所的な変動はあるが、十和田に最も近い碓ヶ関付近の一等水準点には継続的な変位の累積は認められず、十和田を中心とした継続的な変位の累積は認められない。

(四) 地球物理学的調査の評価

地震波速度構造、比抵抗構造並びに地震及び地殻変動から、現状、十和田直下の上部地殻(約 20km 以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候は認められない。

(d) 巨大噴火の可能性評価のまとめ

活動履歴から、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度・噴出量・噴出率が異なる(巨大噴火前には数万年間の低噴出率期が先行する傾向が見られるが、後カルデラ期は高噴出率期である)こと等から、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる(工藤ほか、2011)⁽¹¹⁾。

地質調査及び火山学的調査結果から、敷地は、巨大噴火に伴う 2 回の大規模火砕流であるカルデラ形成期の十和田八戸火砕流及び十和田大不動火砕流の到達末端に位置すると評価した。

地球物理学的調査の結果、現状、十和田直下の上部地殻内(約 20km 以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

文献調査の結果、十和田について、高橋(2008)⁽¹³⁾及び工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾には、現状、巨大噴火の可能性が低いとする主旨の知見は認められるが、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められない。また、十和田火山防災協議会(2018)⁽¹⁴⁾による十和田火山災害想定影響範囲図においても、巨大噴火を想定していない。

以上のことから、十和田の現在の活動状況は、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、巨大噴火の可能性は十分小さいと評価した。

b. 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

(a) 活動履歴

最後の巨大噴火(噴火エピソード L)以降の活動期である後カルデラ期は、1,000 年単位で頻繁に噴火を続けており、後カルデラ期と同規模の活動可能性は十分小さいと判断できない。したがって、最後の巨大噴火以降の最大規

模の火砕流である毛馬内火砕流(見かけの噴出量は約 5km³)を対象として、敷地への到達の可能性を評価する。(添 3 ト-第 20 図参照)

(b) 地質調査及び火山学的調査

町田・新井(2011)⁽⁹⁾及び Hayakawa(1985)⁽¹⁰⁾は、毛馬内火砕流堆積物を十和田カルデラから主に河川沿いに図示している。また、十和田火山防災協議会(2018)⁽¹⁴⁾は、広井ほか(2015)⁽²⁶⁾等を考慮し、毛馬内火砕流堆積物及び OYU-2b の火砕サージ堆積物の確認地点を基に、十和田カルデラの周囲約 20km の範囲を火砕流・火砕サージの推定到達範囲として図示している。それらを合わせて添 3 ト-第 21 図に示す。いずれの知見においても、毛馬内火砕流は、敷地に到達していない。

(c) 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価のまとめ

活動履歴及び地質調査・火山学的調査の結果より、最後の巨大噴火以降の最大規模の毛馬内火砕流が敷地に到達していないことから、火砕物密度流が廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。また、火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象は、「(4)(i) 詳細調査対象火山の抽出」に記載するように、敷地と火山の離隔等から、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

(iii) 八甲田山

気象庁編(2013)⁽²⁾によると、八甲田山は、少なくとも 17 以上の成層火山や溶岩ドームからなり、南八甲田火山群及び北八甲田火山群に区分され、八甲田カルデラは、北八甲田火山群の直下～北東に存在するとしている。中野ほか編(2013)⁽¹⁾及び宝田・村岡(2004)⁽²⁷⁾によると、南八甲田火山群は、八甲田カルデラ先のカルデラ火山であり、約 1.1Ma～0.3Ma に活動したとしている。

村岡・高倉(1988)⁽²⁸⁾によると、八甲田カルデラの噴出物として、八甲田第 1 期火砕流堆積物及び八甲田第 2 期火砕流堆積物が示されている。

中野ほか編(2013)⁽¹⁾及び工藤ほか(2011)⁽²⁹⁾によると、八甲田山の活動を南八甲田火山群、八甲田カルデラ及び北八甲田火山群の活動に区分し、このうち、八甲田カルデラにおいては、約 1Ma(八甲田中里川)、0.90Ma(八甲田黄瀬)、0.76Ma(八甲田第 1 期)及び 0.40Ma(八甲田第 2 期)に大規模火砕流を噴出したとしている。

工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾によると、北八甲田火山群は、八甲田カルデラの形成後の約 40 万年前以降に活動を開始した後カルデラ火山群であるとしている。これらを踏まえた八甲田山の分布と階段ダイアグラムを添 3 ト-第 22 図に示す。これらの噴火のうち、巨大噴火に該当する噴火は、八甲田カルデラの八甲田第 1 期火砕流(見かけの噴出量は 37km³)及び八甲田第 2 期火砕流(見かけの噴出量は 36km³)を噴出した噴火である。

したがって、この 2 回の巨大噴火と最後の巨大噴火(八甲田第 2 期火砕流を噴出した噴火)以降の噴火を対象に評価を実施した。

a. 巨大噴火の可能性評価

(a) 活動履歴

八甲田山は、約 110 万年前から活動を開始し、南八甲田火山群及び八甲田カルデラの活動後、最近 30 万年間では北八甲田火山群のみ活動が継続している。工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾によると、北八甲田火山群は、八甲田カルデラの形成後の約 40 万年前以降に活動を開始した後カルデラ火山群である。また、北八甲田火山群の噴出率及び活動様式の時間変化から、その火山活動のピークは 40 万年前～10 万年前までの間にあったと考えられ、10 万年前以降の火山活動は比較的低調になっているとしている。加えて、噴出中心が火山群中央部に収束する傾向が認められることから、北八甲田火山群の活動は、長期的にみると終息へ向かいつつある状態と解釈できるとしている(添 3 ト-第 23 図)。

また、文献調査の結果、八甲田山について、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められず、八甲田山火山防災協議会(2014)⁽³¹⁾による火山災害予想区域図においても、巨大噴火を想定していない。

(b) 地質調査及び火山学的調査

八甲田山において、過去最大規模の火砕物密度流を噴出した八甲田カルデラの噴出物を対象に調査を実施した。

村岡・高倉(1988)⁽²⁸⁾、第四紀火山カタログ委員会編(1999)⁽⁵⁾によると、八甲田第 1 期火砕流の見かけの噴出量は 37km³、八甲田第 2 期火砕流の見かけの噴出量は 36km³とされているが、八甲田第 1 期火砕流堆積物は、工藤ほか(2006)⁽³²⁾、工藤ほか(2011)⁽²⁹⁾等によって示された年代測定、化学分析結果等

によると、異なる時代の複数の火砕流堆積物で構成されている可能性がある
とされている。これらのことから、2回の巨大噴火のうち八甲田第2期火砕
流が、八甲田山の過去最大規模の火砕流であると評価した。

八甲田第2期火砕流堆積物は、添3ト-第24図に示すように、八甲田山周
辺に広く分布し、敷地方向では八甲田山から東北町西部にかけて分布し、八
甲田山近傍の小幌内川林道(Loc. A05)及び十和田砂土路(Loc. A01)では層厚
約6m及び約4m、東北南平赤川支流(Loc. B13)では層厚約2.5m以上の火砕流
堆積物として確認した。

一方、東北長者久保西方(Loc. B01)においては、オレンジテフラ、甲地軽石
(工藤(2005)⁽³³⁾による「八甲田白ベタテフラ」に相当する。)及び複数の降下
火砕物(袋町テフラ群:桑原(2004)⁽³⁴⁾の「袋町1~13テフラ」に相当する。)が
確認され、これらの中に挟まる袋町9aテフラは、おおむね淘汰良好な軽石
を主体とすることから、降下火砕物と評価した。また、その年代及び鉱物的
特徴(石英を非常に多く含む等)は、八甲田第2期の噴出物と類似することか
ら、八甲田第2期の噴火に伴って噴出した降下火砕物と考えられる。

しかし、本地点には、八甲田第2期の噴火に伴う火砕流堆積物は確認でき
ない。このことは、本地点には、八甲田第2期の噴火に伴う火砕流は到達し
ていないことを示唆している(添3ト-第25図)。加えて、桑原(2004)⁽³⁴⁾及び
桑原ほか(2007)⁽³⁵⁾によると、野辺地町袋町地点における露頭から、降下火砕
物等の層序等に関する報告がされているが、八甲田第2期火砕流堆積物は認
められていない。

以上のことから、これらの地点より北方に位置する敷地に火砕流は到達し
ていないと評価した。

(c) 地球物理学的調査

地球物理学的調査として、十和田と同様に、地震波速度構造、比抵抗構造、
地震活動及び地殻変動に関する検討を実施した。流体の存在に敏感な比抵抗
構造と、流体のうちメルトか水か推定可能な地震波速度構造は相補的な関係
であるため、これらより、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可
能性を把握した。また、地震活動及び地殻変動に関する調査を行い、大規模
なマグマの移動・上昇等の活動を把握した。

(一) 地震波速度構造及び比抵抗構造

地震波速度構造について、Nakajima et al. (2001)⁽¹⁶⁾によると、火山フロントに沿った最上部マントルの低 V_p 、低 V_s 及び高 V_p/V_s は、大量のメルトの存在を示唆するとしている。また、火山フロントに沿った下部地殻のうち活火山の直下の低 V_p 、低 V_s 及び高 V_p/V_s は、メルトの存在を示唆するとしている。加えて、火山フロントに沿った上部地殻のうち活火山の直下の低 V_p 、低 V_s 及び低 V_p/V_s は、水の存在を示唆するとしている(添3ト-第11図参照)。中島(2017)⁽¹⁷⁾によると、Nakajima et al. (2001)⁽¹⁶⁾の解析結果等から、東北地方の火山地域の地殻にはいくつかの共通する特徴が存在するとしており、上部地殻内には大規模な(>10km)マグマ溜まりは存在しないとしている(添3ト-第12図参照)。

防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年版)」(Matsubara et al. (2019))⁽¹⁸⁾の地震波トモグラフィ解析結果(添3ト-第13図参照)及び Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果(添3ト-第14図参照)に基づくと、いずれの結果でも八甲田山直下の上部地殻内(約20km以浅)に、メルトの存在を示唆する顕著な低 V_p かつ高 V_p/V_s 領域は認められない。

一方、比抵抗構造について、Kanda and Ogawa(2014)⁽¹⁹⁾によると、インダクションベクトルの実部は本質的に低比抵抗の方向を指す傾向があるとしている。小川(1991)⁽³⁶⁾によると、周期64秒のインダクションベクトル(添3ト-第26図参照)では津軽海峡の誘導電流の影響で北向き成分が卓越するとしているが、調査域の東半分のインダクションベクトルの北向き成分が小さいことから深部に低比抵抗異常が存在することを示唆しているとしている。また、小川(1991)⁽³⁶⁾の広域的な比抵抗構造の影響も考慮した二次元比抵抗構造(添3ト-第27図参照)によると、八甲田地域の深度10km以深に低比抵抗帯が存在するとしているが、八甲田山直下の上部地殻内の10km以浅に顕著な低比抵抗領域は認められない。

地震波速度構造及び比抵抗構造を統合的に解釈すると、八甲田山直下の上部地殻内の10km以深は低比抵抗領域であるが、その領域は低 V_p かつ低 V_p/V_s であることから、上部地殻内に大規模なマグマ溜まりの存在

を示唆する顕著な低速度・高 Vp/Vs かつ低比抵抗領域は認められない。

(二) 地震活動

気象庁一元化震源カタログ(地震月報(カタログ編⁽²⁰⁾)(期間:1997年10月~2017年12月)及び気象庁一元化処理震源要素⁽²¹⁾(期間:2018年1月~2018年12月))より作成した八甲田山付近の震央分布及び地震活動の時間変化を添3ト-第28図に示す。八甲田山においては、通常の地震が観測期間を通じて北八甲田火山群付近の深さ10km以浅に集中している。

また、「八甲田山の火山活動解説資料(令和元年10月7日)」(気象庁、2019)⁽³⁷⁾によると、2019年10月7日6時以降、大岳山頂の西約4km、深さ約1km付近を震源とする地震が増加し、14時までには61回発生したとしている。また、2018年4月10日に日回数22回を観測するなど、これまでも周辺で一時的な地震の増加がみられたが、低周波地震及び火山性微動は観測されておらず、地震活動以外に火山活動の活発化は認められないとし、噴火予報(噴火警戒レベル1、活火山であることに留意)の予報事項に変更はないとしている。

加えて、「火山の状況に関する解説情報(八甲田山第3号)令和元年10月8日16時00分」(気象庁、2019)⁽³⁸⁾によると、2019年10月7日6時頃から始まった八甲田山周辺での地震は、2019年10月8日10時以降観測されていないとしている。加えて、低周波地震や火山性微動は観測されておらず、地殻変動には火山活動に伴う変化はみられないとしている。また、監視カメラによる観測では、地獄沼付近及び大岳周辺に特段の変化はみられず、火山活動の活発化を示す変化は認められないとしている。

(三) 地殻変動

国土地理院(2018)⁽²³⁾によると、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の余効変動が、東日本の広い範囲で見られるとしている。

国土地理院による電子基準点データから作成した八甲田山周辺の基準点間の基線長(斜距離成分)の時間変化(期間:1997年1月~2018年12月)を添3ト-第29図に示す。八甲田山では、2011年東北地方太平洋沖地震前において、十和田-黒石及び青森A-十和田の基準点間で継続的な縮みが確認されていた。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震以降、全ての

基線において余効変動が継続している。

また、「八甲田山の火山活動解説資料(平成26年6月)」(気象庁、2014)⁽³⁹⁾によると、2013年2月頃以降わずかな膨張を示す地殻変動がみられていたが、8月頃から鈍化し、11月頃からは停滞しその状態が続いているとしている。

加えて、「第131回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁、2015)⁽²⁴⁾によると、八甲田山周辺における干渉 SAR の解析結果(2014年9月4日と2014年10月16日)について、ノイズレベルを超える位相変化は認められないとしており、「第143回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁、2019)⁽²⁵⁾において、八甲田山周辺における干渉 SAR の解析結果(2015年10月8日と2018年10月18日)について、山頂の西側周辺で衛星視線方向伸長の位相変化が認められるが、気象ノイズによる可能性があるとしている。

さらに、国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録を基に作成した、八甲田山付近の一等水準路線の上下変動(添3ト-第30図参照)によると、青森及び藤崎町付近において地盤沈下による局所的な変動はあるが、八甲田山に最も近い青森付近の一等水準点には継続的な変位の累積は認められず、八甲田山を中心とした継続的な変位の累積は認められない。

(四) 地球物理学的調査の評価

地震波速度構造、比抵抗構造並びに地震及び地殻変動から、現状、八甲田山直下の上部地殻内(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

(d) 巨大噴火の可能性評価のまとめ

活動履歴について、工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾によると、八甲田カルデラの形成後の約40万年前以降に活動を開始した後カルデラ火山群である北八甲田火山群について、その活動のピークは40万年前～10万年前までの間にあったと考えられ、10万年前以降の火山活動は比較的低調になっており、長期的にみると終息へと向かっているとしている。

地質調査及び火山学的調査結果から、2回の巨大噴火のうち過去最大規模

の噴火である八甲田第2期火砕流は敷地に到達していないと評価した。

地球物理学的調査の結果、現状、八甲田山直下の上部地殻内(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

文献調査の結果、八甲田山について、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められず、八甲田山火山防災協議会(2014)⁽³¹⁾による火山災害予想区域図においても、巨大噴火を想定していない。

以上のことから、八甲田山の現在の活動状況は、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。

b. 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

(a) 活動履歴

最後の巨大噴火(八甲田第2期火砕流を噴出した噴火)以降の活動について、北八甲田火山群は、工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾によると、八甲田カルデラの形成後の約40万年前以降に活動を開始した後カルデラ火山群であるとしていることから、北八甲田火山群における最大規模の火山活動を評価した。一方、八甲田カルデラの先カルデラ火山である南八甲田火山群については、宝田・村岡(2004)⁽²⁷⁾によると、約1.1Ma頃に活動を開始し八甲田カルデラ形成後の約0.3Maまで活動したとしていることから、最後の巨大噴火(約40万年前)以降、約30万年前までの活動における最大規模の火山活動を評価した。

(b) 地質調査及び火山学的調査

工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾によると、最後の巨大噴火以降の火山活動である北八甲田火山群(40万年前以降)の活動における最大規模の噴火に伴う噴出物は高田大岳溶岩類(3.2DREkm³)であり、その分布は噴出中心付近に限られ、敷地が位置する北東方向では、八甲田カルデラを越えて分布していない。なお、北八甲田火山群の全噴出物や岩屑なだれを含め、八甲田カルデラを越えて分布していない(添3ト-第31図参照)。

一方、宝田・村岡(2004)⁽²⁷⁾によると、八甲田カルデラの先カルデラ火山である南八甲田火山群について、最後の巨大噴火(約40万年前)以降、約30万年前まで活動したとされるが、それらの噴出物の分布は南八甲田火山群の山

体周辺に限られ、敷地が位置する北東方向では、八甲田カルデラを越えて分布していない(添3 ト-第32 図参照)。

c. 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価のまとめ

活動履歴調査、地質調査及び火山学的調査から、最後の巨大噴火以降の火山活動では、北八甲田火山群における最大規模の噴出物として高田大岳溶岩類があるが、噴出物の分布は噴出中心付近に限られ(添3 ト-第31 図参照)、八甲田カルデラを越えた位置の分布は認められない。一方、南八甲田火山群は最後の巨大噴火以降、約30 万年前まで活動したとされるが、それらの噴出物の分布は南八甲田火山群の山体周辺に限られ、敷地が位置する北東方向では、八甲田カルデラを越えて分布していない。

また、新しい火口の開口及び地殻変動については、「(4) (i) 詳細調査対象火山の抽出」に記載するように、敷地において発生する可能性は十分小さいと評価した。

以上のことから、八甲田山の最後の巨大噴火以降の火山活動に伴う設計対応不可能な火山事象は、発生実績や敷地と火山離隔等から、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

(iv) まとめ

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21 火山)を対象に、設計対応不可能な火山事象について、発生実績、過去最大規模の噴火等の知見に基づき敷地への到達可能性を評価した。

火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象については、発生実績や敷地と火山の離隔等から、過去最大規模の噴火を想定しても、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さい。

一方、火砕物密度流については、文献調査の結果、十和田及び八甲田カルデラの巨大噴火に伴う火砕流の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれることから、十和田及び八甲田山について、詳細な調査・検討を実施した。

十和田の巨大噴火の可能性評価については、地質調査及び火山学的調査の結果、敷地は巨大噴火による火砕流の末端に位置すると考えられるが、活動履歴、地震波速度構造、比抵抗構造、地震・地殻変動データ等から、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られて

いないことから、巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。

八甲田山の巨大噴火の可能性評価については、地質調査及び火山学的調査の結果、巨大噴火による火砕流は敷地に到達していないと考えられ、活動履歴、地震波速度構造、比抵抗構造、地震・地殻変動データ等から、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、施設の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。

また、最後の巨大噴火以降の火山活動については、活動履歴及び地質調査・火山学的調査の結果より、最後の巨大噴火以降の最大規模の火砕流が敷地に到達していないことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さく、火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象は、敷地と火山の離隔等から、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

(5) 廃棄物埋設地の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21 火山)に対して、現状における活動可能性及び規模を考慮し、廃棄物埋設地に影響を与える可能性のある火山事象について検討した。

なお、降下火砕物については、地理的領域外の火山を含めてその影響を評価した。

(i) 降下火砕物

a. 給源を特定できる降下火砕物

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井、2011)⁽⁹⁾等による、地理的領域内外における第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布を添 3 ト-第 33 図及び添 3 ト-第 34 図に示す。

町田・新井(2011)⁽⁹⁾及び地質調査により、敷地及び敷地近傍に分布する主な地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物は、オレンジテフラ、十和田レッドテフラ、十和田切田テフラ、十和田八戸テフラ、濁川テフラ、甲地軽石、十和田中掬テフラ及び十和田 a テフラがあげられる。また、地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物は、洞爺火山灰、鬼界葛原テフラ、阿蘇 4 テフラ、支笏第 1 テフラ、始良 Tn テフラ及び白頭山苦小牧テフラがあげられる(添 3 ト-第 4 表参照)。

地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物のうち十和田のオレンジテフラ、

十和田レッドテフラ及び十和田切田テフラは最後の巨大噴火以前の噴出物、十和田八戸テフラは最後の巨大噴火の噴出物であり、現在は、最後の巨大噴火以降の活動である後カルデラ期の活動が継続していることから、これらの降下火砕物を評価対象外とした。加えて、濁川テフラの給源である濁川カルデラは「(3) 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の抽出」において、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山ではないとしたことから、評価対象外とした。

一方、地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物のうち洞爺火山灰、鬼界葛原テフラ、阿蘇4テフラ、支笏第1テフラ及び始良Tnテフラを噴出した各火山は現在、後カルデラ火山の活動を継続しており同規模噴火の可能性は十分小さいことから、これらの降下火砕物を評価対象外とした。このうち、敷地及び敷地近傍での層厚が最も大きい洞爺火山灰を噴出した洞爺カルデラの階段ダイアグラムを添3ト-第35図に示す。

以上を踏まえると、評価対象となる十和田中楸テフラ、十和田aテフラ、甲地軽石及び白頭山苦小牧テフラのうち敷地及び敷地近傍において最も層厚が大きい降下火砕物は、添3ト-第4表に示すとおり、甲地軽石であり、再処理敷地内の複数地点で確認した(添3ト-第36図参照)。再堆積を含む層厚が最大であるKP-1孔(添3ト-第37図参照)において、軽石が比較的密に集積する主部(層厚21cm)と、その上位に堆積する甲地軽石を含む再堆積層(火山灰質シルト：層厚22cm)を確認したことから、再堆積を含む甲地軽石の層厚を43cmと評価した。

b. 給源不明な降下火砕物

地質調査により敷地内に給源不明な降下火砕物は確認されなかったが、敷地近傍の再処理敷地内において確認された主な給源不明な降下火砕物としてA～Dテフラがある(添3ト-第4表参照)。これらの降下火砕物のうち、最も層厚が大きい降下火砕物はCテフラ(約12cm)である。

c. 降下火砕物シミュレーション

降下火砕物シミュレーションの実施に当たって、解析可能な給源を特定できる降下火砕物について、同規模噴火の可能性、地質調査結果(最大層厚)、敷地と火山との離隔及び噴出量を検討し、敷地に最も影響を与える甲地軽石を対象に解析を実施した。降下火砕物は、一般的に給源から離れるほど層厚が減少する傾向を示すため、甲地軽石の給源に近い再処理事業所地点での計算結果を参照す

る。

本解析は、移流拡散モデルを用いた解析プログラムであり、降下火砕物が全て降下するまで、一定方向に同じ風速の風が吹き続ける条件で実施した。

降下火砕物シミュレーションに用いる計算条件については、甲地軽石が28万年前～18万年前の噴火と非常に古く、噴火に係る計算条件の情報が乏しいことから、工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾の等層厚線の分布主軸方向の風を抽出・平均した風を用いて、再現性解析を行い、最も再現性が良い解析結果(添3ト-第38図参照)に基づき設定した。再現性解析結果を踏まえた降下火砕物シミュレーションの主な計算条件を添3ト-第5表に示す。

月別平年値の風を基にした降下火砕物シミュレーション結果を添3ト-第39図に示す。評価点における火山灰の厚さは6.0cm～25cmとなる。

一方、不確かさ(風向、風速及び噴煙柱高度)の検討については、敷地が八甲田山の北東方向に位置していることから、敷地方向の風を考慮した風向の不確かさの影響が最も大きくなると考えられる。したがって、八甲田山から敷地に向かう風を抽出・平均して作成した敷地方向の風を用いた風向の不確かさを考慮したシミュレーションのケースを実施した結果、層厚が53cmとなった(添3ト-第40図参照)。以上を踏まえ、設計に用いる敷地内の降下火砕物の層厚を55cmとする。

d. 降下火砕物の密度

軽石の密度に関する文献調査の結果、「新版地学辞典」新版地学事典編集委員会編(2007)⁽⁴⁰⁾によると、軽石について、火山碎屑物の一種で、多孔質で見かけ密度が小さく淡色を呈するとしている。

また、小尾ほか(2019)⁽⁴¹⁾において、細粒火山灰との比較検討として有史以降の噴火の軽石を対象とした堆積密度を計測しており、乾燥状態では約0.4g/cm³～約1.2g/cm³、自然状態では約0.5g/cm³～約1.3g/cm³、湿潤状態(試料を2日間浸水させて計測した密度)では約0.6g/cm³～約1.3g/cm³の結果を示している。

層厚が最大となる甲地軽石を対象に密度試験を実施した結果、乾燥密度は0.43g/cm³、飽和密度1.25g/cm³であり(添3ト-第41図参照)、文献調査結果と整合的である。

e. 設計に用いる降下火砕物の層厚及び密度

敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物のうち、給源を特定できる降

下火砕物については、甲地軽石の層厚が最大で、地質調査によると再堆積を含み43cmであり、文献調査によると20cm～50cmである。また、給源不明な降下火砕物については、Cテフラの層厚が最大で、地質調査の結果、約12cmである。加えて、現状における同規模の噴火の可能性、地質調査結果及び噴出量等を踏まえ、甲地軽石を対象とした降下火砕物シミュレーションを実施した結果、風向の不確かさを考慮したケースにおいて、評価地点での層厚は53cmとなった。

甲地軽石の密度試験の結果、乾燥密度は 0.43g/cm^3 、飽和密度 1.25g/cm^3 である。

以上を踏まえ、設計に用いる降下火砕物の層厚を55cm、密度を湿潤状態で 1.3g/cm^3 とする。

(ii) その他の火山事象

その他の火山事象として、土石流、火山泥流及び洪水、火山から発生する飛来物(噴石)、火山ガス、津波、静振、大気現象、火山性地震とこれに関連する事象、熱水系及び地下水の異常について、文献調査及び地質調査等の結果より検討した。

a. 土石流、火山泥流及び洪水

土石流、火山泥流及び洪水については、敷地を中心とする半径120kmの範囲に存在する廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(横津岳、恵山、陸奥燧岳、恐山、岩木山、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、北八甲田火山群、八甲田カルデラ、十和田、先十和田及び八幡平火山群の13火山)を対象に検討した。その結果、これらの火山を起源とする土石流、火山泥流及び洪水に伴う堆積物は確認されず、また、敷地は太平洋及び陸奥湾を境にする下北半島脊梁部の台地上に位置し、これらの火山を源流に有する河川流域に含まれないことから、廃棄物埋設地に土石流、火山泥流及び洪水が到達する可能性は十分小さいと評価した。

b. 火山から発生する飛来物(噴石)

火山から発生する飛来物(噴石)については、敷地を中心とする半径約10kmの範囲に火山が分布しないことから、噴石が敷地に到達することはなく、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

c. 火山ガス

火山ガスについては、敷地は、太平洋及び陸奥湾を境にする下北半島脊梁部の

台地上に位置し、火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから、敷地に到達することはなく、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

d. その他の火山事象

火山性の津波及び静振については、敷地周辺の海域に海底火山は分布せず、敷地周辺に大きな影響を及ぼした火山事象による歴史津波の記録は知られていないことから、廃棄物埋設地に火山性の津波及び静振が到達する可能性は十分小さいと評価した。

火山に起因する大気現象については、第四紀火山と敷地とは十分な離隔があることから、廃棄物埋設地に到達する可能性は十分小さいと評価した。

火山性地震とこれに関連する事象については、第四紀火山と敷地とは十分な離隔があることから、影響は十分に小さいと評価した。

火山による熱水系及び地下水の異常については、火山発生のメカニズムや火山フロントの位置を考慮すると、敷地近傍において、新しい火口が開口する可能性が十分に小さいことから、熱水等の影響の可能性は十分小さいと評価した。

参考文献

- (1) 中野俊、西来邦章、宝田晋治、星住英夫、石塚吉浩、伊藤順一、川邊禎久、及川輝樹、古川竜太、下司信夫、石塚治、山元孝広、岸本清行編(2013)：日本の火山(第3版)、産業技術総合研究所地質調査総合センター、200万分の1地質編集図、No. 11
- (2) 気象庁編(2013)：日本活火山総覧(第4版)
- (3) 西来邦章、伊藤順一、上野龍之編(2012)：第四紀火山岩体、貫入岩体データベース、地質調査総合センター速報、No. 60、地質調査総合センター
- (4) 西来邦章、伊藤順一、上野龍之、内藤一樹、塚本齊編(2014)：第四紀噴火・貫入活動データベース Ver. 1.00、独立行政法人産業技術総合研究所
- (5) 第四紀火山カタログ委員会編(1999)：日本の第四紀火山カタログ
- (6) 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2017)：1万年噴火イベントデータ集、Ver. 2.3、産業技術総合研究所 地質調査総合センター
- (7) 海上保安庁海洋情報部 海域火山データベース
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm>(参照 2016-09-06)
- (8) 山元孝広(2015)：日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図、地質調査総合センター研究資料集、No. 613、産総研地質調査総合センター
- (9) 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、pp. 276
- (10) Hayakawa, Y. (1985) : Pyroclastic Geology of TowA.D. a Volcano, Bulletin of the Earthquake Research Institute University of Tokyo, Vol. 60, pp. 507-592
- (11) 工藤崇、小林淳、山元孝広、岡島靖司、水上啓治(2011)：十和田火山における噴火活動様式の時代変遷と長期予測、日本第四紀学会講演会要旨集、Vol. 41、pp. 82-83
- (12) Yamamoto, T., Kudo, T. and Isizuka, O. (2018) : Temporal variations in volumetric magma eruption rates of Quaternary volcanoes in Japan, Earth, Planets and Space, 70:65
- (13) 高橋正樹(2008)：破局噴火-秒読みに入った人類壊滅の日、祥伝社新書

- (14) 十和田火山防災協議会(2018) : 十和田火山災害想定影響範囲図、青森県防災危機管理課・秋田県総合防災課・鹿角市総務課・小坂町総務課発行、平成 30 年 1 月 24 日作成(修正済)、pp.15
- (15) 下司信夫(2016) : 大規模火砕噴火と陥没カルデラ : その噴火準備と噴火過程、火山、Vol. 61、No.1
- (16) Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A. and Zhao, D. (2001) : Three-dimensional structure of V_p , V_s , and V_p/V_s and beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106、No. B10, pp. 21, 843-21, 857
- (17) 中島淳一(2017) : 東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造 : 地殻構造と低周波地震・S 波反射面との関係、東京大学地震研究所彙報、Vol. 92、pp. 49-62
- (18) Matsubara, M., Sato H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K., Kamiya, S(2019) : Seismic Velocity Structure in and around the Japanese Island Arc Derived from Seismic Tomography Including NIED MOWLAS Hi-net and S-net Data, *Seismic Waves - Probing Earth System*, IntechOpen, 1-19
- (19) Kanda, W. and Ogawa, Y. (2014) : Three-dimensional electromagnetic imaging of fluids and melts beneath the NE Japan arc revisited by using geomagnetic transfer function data, *Earth, Planets and Space*, 66, doi:10.1186-1880-5981-66-39
- (20) 気象庁(2019) : 地震月報(カタログ編)、気象庁ホームページ、<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>(参照 2019-03-17)
- (21) 防災科学技術研究所(2019) : 気象庁一元化処理震源要素、防災科学技術研究所ホームページ、<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/?LANG=ja>(参照 2019-03-17)
- (22) 気象庁(2014) : 十和田の火山活動解説資料(平成 26 年 1 月)
- (23) 国土地理院(2018) : 平成 30 年 5 月の地殻変動、国土地理院ホームページ、<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2018-goudou0608.html>(参照 2018-06-08)
- (24) 気象庁(2015) : 第 131 回火山噴火予知連絡会資料、2015-02-24.

- (25) 気象庁(2019) : 第 143 回火山噴火予知連絡会資料、2019-02-27.
- (26) 広井良美、宮本毅、田中倫久(2015) : 十和田火山平安噴火(噴火エピソード A)の噴出物層序及び噴火推移の再検討、火山、Vol. 60、No. 2.
- (27) 宝田晋治、村岡洋文(2004) : 八甲田山地域の地質、地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅)、青森(5)、No. 30、地質調査総合センター、pp. 86
- (28) 村岡洋文、高倉伸一(1988) : 10 万分の 1 八甲田地熱地域地質図説明書、特殊地質図(21-4)、通商産業省工業技術院地質調査所、pp. 27
- (29) 工藤崇、檀原徹、山下透、植木岳雪、佐藤大介(2011) : 八甲田カルデラ起源火砕流堆積物の層序の再検討、日本第四紀学会講演要旨集、徳島、日本第四紀学会
- (30) 工藤崇、宝田晋治、佐々木実(2004) : 東北日本、北八甲田火山群の地質と火山発達史、地質学雑誌、Vol. 110、No. 5、pp. 271-289
- (31) 八甲田山火山防災協議会(2014) : 火山災害予想区域図(数値シミュレーション計算結果)、第 5 回八甲田山火山防災協議会、平成 26 年 3 月 26 日、pp. 14、青森県防災ホームページ、
<http://www.bousai.pref.aomori.jp/DisasterFireDivision/council/hakkodaAgreement/index.html>(参照 2018-3-27)
- (32) 工藤崇、植木岳雪、宝田晋治、佐々木寿、佐々木実(2006) : 八甲田カルデラ南東地域に分布する鮮新世末期～中期更新世火砕流堆積物の層序と給源カルデラ、地学雑誌、Vol. 115、No. 1
- (33) 工藤崇(2005) : 十和田地域の地質、地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅)、産総研地質調査総合センター、pp. 79
- (34) 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、No. 2、pp. 93-102
- (35) 桑原拓一郎、檀原徹、山下透(2007) : 青森県、上北平野北部に分布する袋町 1～9 テフラの記載岩石学的特徴、第四紀研究、Vol. 46、No. 1、p. 63-66
- (36) 小川康雄(1991) : 八甲田火山群の深部比抵抗構造に関する考察、地質調査所報告、No. 275、pp. 83-95
- (37) 気象庁(2019) : 八甲田山の火山活動解説資料(令和元年 10 月 7 日)
- (38) 気象庁(2019) : 火山の状況に関する解説情報(八甲田山第 3 号)令和元年 10 月 8 日 16 時 00 分発表、気象庁ホームページ、

http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/volinfo/VK20191008160000_203.html 参照 2019-11-25)

- (39) 気象庁(2014)：八甲田山の火山活動解説資料(平成 26 年 6 月)
- (40) 地学団体研究会 新版地学事典編集委員会編(2007)：新版地学事典、平凡社
- (41) 小尾亮、藤沢康弘、厚井高志、池田暁彦、堤宏徳、山本陽子(2019)：降灰後の土石流発生に関わる火山灰特性(軽石の堆積密度)について、2019 年度砂防学会研究発表会概要集、岩手、2019-5-21/23、砂防学会
- (42) 雁澤好博、紀藤典夫、柳井清治、貞方昇(2005)：北海道駒ヶ岳の最初期テフラの発見と初期噴火活動史の検討、地質学雑誌、Vol. 111、No. 10、pp. 581-589
- (43) 高田倫義、中川光弘(2016)：南西北海道、横津火山群の地質と岩石：150 万年間の活動様式とマグマ化学組成の時間変遷、日本地質学会第 123 年学術大会講演要旨、R3-0-2
- (44) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1988)：No. 13 南茅部地域、地熱開発促進調査報告書、pp. 1170
- (45) 宝田晋治(1991)：岩屑流の流動・堆積機構－田代岳火山起源の岩瀬川岩屑流の研究－、火山、Vol. 36、No. 1、pp. 11-23
- (46) 工藤崇(2018)：十和田湖周辺地域における前期～中期更新世火山活動史、地質調査研究報告、No. 69、pp. 165-200
- (47) 須藤茂(1992)：5 万分の 1 仙岩地域中心部地熱地質図説明書、特殊地質図(21-5)、地質調査所、pp. 73
- (48) 工藤崇、内野隆之、濱崎聡志(2019)：十和田湖地域の地質、地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅)、産総研地質調査総合センター、pp. 192
- (49) 早川由紀夫(1983)：十和田火山中掇テフラ層の分布、粒度組成、年代、火山、第 2 集、Vol. 28、No. 3、pp. 263-273
- (50) 萬年一剛(2013)：降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状－第四紀学での利用を視野に、第四紀研究、Vol. 52、No. 4、pp. 173-187
- (51) 内閣府(防災担当)、消防庁、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、気象庁(2013)：火山防災マップ作成指針
- (52) 気象庁(2018)：気象観測統計指針
- (53) 中川久夫、中馬教允、石田琢二、松山力、七崎修、生出慶司、大池昭二、高橋一(1972)：

- 十和田火山発達史概要、東北大學理學部地質學古生物學教室研究邦文報告、No. 73
- (54) 土井宣夫(1993)：盛岡市付近に分布する十和田一大不動、八戸火砕流堆積物の産状、日本地質学会東北支部会報、No. 22、pp. 8-9
- (55) 村岡洋文、山口靖、長谷紘和(1991)：八甲田地熱地域で見出されたカルデラ群、地質調査所報告、No. 275、pp. 97-111.
- (56) 大沢穠、三村弘二、広島俊男、中島和敏(1993)：20 万分の 1 地質図幅 青森、第 2 版、地質調査所
- (57) 大沢穠、須田芳朗(1978)：20 万分の 1 地質図幅 弘前および深浦、地質調査所
- (58) 長森英明、宝田晋治、吾妻崇(2013)：青森西部地域の地質、地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅)、産業技術総合研究所 地質調査総合センター
- (59) 青森県史編さん自然部会(2001)青森県史 自然編 地学、青森県史友の会
- (60) Ogawa, Y. (1987): Preliminary interpretation on detailed magnetovariational profilings in the Northern Tohoku district, Journal of geomagnetism and geoelectricity, Vol. 39.
- (61) 上嶋誠(2009)：MT 法による電気伝導度構造研究の現状、地震第 2 輯、vol. 61
- (62) Umeda, K., Ban, M., Hayashi, S., Kusano, T. (2013) : Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, Northeast Japan arc, J. Earth System Science, Vol.122, No.1, pp.137-147
- (63) 近藤玲介、塚本すみ子、工藤崇、遠藤邦彦、小林淳、坂本竜彦(2012)：レス堆積物の pIRIR 年代測定による十和田火山周辺におけるテフラ降下年代の推定、日本第四紀学会講演要旨集、埼玉、2012-08-20/22, 日本第四紀学会
- (64) 工藤崇、小林淳(2013)：十和田火山、先カルデラ期～カルデラ形成期テフラの放射年代測定、地質調査研究報告、Vol. 64、No. 9/10
- (65) 桑原拓一郎(2007)：青森県上北平野に分布する白ベタテフラ(WP)のジルコン・フィッシュン・トラック年代、第四紀研究、Vol. 45、No. 5
- (66) リサイクル燃料貯蔵株式会社(2007)：リサイクル燃料備蓄センター 使用済燃料貯蔵事業許可申請書 平成 19 年 3 月(平成 21 年 4 月一部補正、平成 21 年 6 月一部補正、平成 21 年 8 月一部補正、平成 21 年 12 月一部補正、平成 22 年 4 月一部補正)
- (67) 曾屋龍典、勝井義雄、新井田清信、堺幾久子、東宮昭彦(2007)：有珠火山地質図(第

2 版)、産業技術総合研究所 地質調査総合センター

- (68) 中川光弘、松本亜希子、田近淳、広瀬亘、大津直(2005)：有珠火山の噴火史の再検討：寛文噴火(1663 年)と明和噴火(1769 年)に挟まれた 17 世紀末の先明和噴火の発見、火山、Vol. 50、No. 2

添3へ-第1表 主な既往の近地津波(1/3)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要
869年 7月13日 (貞観11年)	三陸沖 φ = 37.5~39.5° N λ = 143~145° E	8.3 ±1/4	4	三陸沿岸：城郭・倉庫・門櫓・垣壁等崩れ落ち倒潰するもの無数。津波が多賀城下を襲い、溺死約1千。三陸沖の巨大地震とみられる。
1611年 12月2日 (慶長16年)	三陸沖 φ = 39.0° N λ = 144.4° E	≒8.1	4	三陸沿岸及び北海道東岸：三陸地方で強震。震害は軽く、津波の被害が大きかった。伊達領内で死1,783、南部・津軽で人馬の死3千余という。三陸沿岸で家屋の流出が多く、北海道東部でも溺死が多かった。1933年の三陸地震津波に似ている。
1640年 7月31日 (寛永17年)	渡島地方東部 φ = 42.1° N λ = 140.7° E	—	2 (1~2)	北海道噴火湾：駒ヶ岳噴火に伴い津波があり、死700余、昆布舟流出100余。
1677年 4月13日 (延宝5年)	青森県東方沖 φ = 41.0° N λ = 142 ¹ / ₄ ° E	7 ¹ / ₄ ~7 ¹ / ₂	2	陸中：八戸に震害あり。震後約1時間で津波来たり。家屋流潰約70軒。余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ている。
1763年 1月29日 (宝暦12年)	青森県東方沖 φ = 41.0° N λ = 142 ¹ / ₄ ° E	7.4	1 (2)	陸奥八戸：11月初めより地震があり、この日大地震。寺院・民家が破損した。平館で家潰1、死3。函館でも強く感じた。津波があり、余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ているので、もっと沖の大きな地震かもしれない。
1793年 2月17日 (寛政5年)	三陸沖 φ = 38.5° N λ = 144.5° E	8.0~ 8.4	2 [2.5]	陸前・陸中・磐城：仙台領内で家屋損壊1千余、死12。沿岸に津波が来て、大槌・両石で流潰家71、死9、気仙沼で流失家300余。余震が多かった。
1843年 4月25日 (天保14年)	釧路沖 φ = 42.0° N λ = 146.0° E	≒7.5	2	釧路・根室：厚岸国泰寺で被害があった。津波があり、全体で死46。家屋破壊76。八戸にも津波。松前・津軽で強く感じ、江戸でも有感。
1856年 8月23日 (安政3年)	青森県東方沖 φ = 41.0° N λ = 142 ¹ / ₂ ° E	≒7.5	2 [2.5]	日高・胆振・渡島・津軽・南部：震害は少なかったが、津波が三陸及び北海道の南岸を襲った。南部藩で流失93、潰106、溺死26、八戸藩でも死3等。余震が多かった。1968年十勝沖地震に津波の様子がよく似ており、もう少し海溝寄りの地震かもしれない。
1894年 3月22日 (明治27年)	根室半島南西沖 φ = 42 ¹ / ₂ ° N λ = 146° E	7.9	2 [2.5]	根室沖：根室・厚岸で家屋・土蔵に被害。死1、家屋潰12、津波は宮古4.0m、大船渡1.5m等。
1896年 6月15日 (明治29年)	三陸沖 φ = 39 ¹ / ₂ ° N λ = 144° E	8 ¹ / ₄	4 [3.5]	『明治三陸地震津波』：震害はない。津波が北海道より牡鹿半島にいたる海岸に襲来し、死者は青森343、宮城3,452、北海道6、岩手18,158。家屋流失全半潰8千~9千以上、船の被害約7千。波高は、吉浜24.4m、綾里38.2m、田老14.6m等。津波はハワイやカリフォルニアに達した。Mは津波を考慮したもの。

添 3 へ-第 1 表 主な既往の近地津波 (2/3)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要
1933年 3月3日 (昭和8年)	三陸沖 φ = 39° 07.7' N λ = 145° 07.0' E	8.1	3 [3]	『三陸地震津波』: 震害は少なかった。津波が太平洋岸を襲い、三陸沿岸で被害は甚大。死・不明 3,064、家屋流失 4,034、倒潰 1,817、浸水 4,018。波高は綾里湾で 28.7m にも達した。日本海溝付近で発生した巨大な正断層型地震と考えられている。
1952年 3月4日 (昭和27年)	十勝沖 φ = 41° 42.3' N λ = 144° 09.0' E	8.2	2 [2.5]	『十勝沖地震』: 北海道南部・東北部に被害があり、津波が関東地方に及ぶ。波高は北海道で 3m 前後、三陸沿岸で 1m~2m。死 28、不明 5、家屋全壊 815、半壊 1,324、流失 91。
1958年 11月7日 (昭和33年)	択捉島南東沖 φ = 44° 18.0' N λ = 148° 30.0' E	8.1	1 [2] (2)	択捉島付近: 釧路地方で電信線・鉄道・道路に小被害があった。太平洋岸各地に津波があり、小被害。
1963年 10月13日 (昭和38年)	択捉島南東沖 φ = 44° 02.9' N λ = 149° 49.5' E	8.1	2 [3]	択捉島付近: 津波があり、三陸沿岸で軽微な被害。花咲で 1.2m、八戸で 1.3m 等。
1963年 10月20日 (昭和38年)	択捉島南東沖 φ = 44° 05.6' N λ = 150° 00.3' E	6.7	2 [2]	ウルップ島沖: 10月13日択捉島沖地震の余震。津波の高さはウルップで 10m~15m、択捉島で 8m。
1968年 5月16日 (昭和43年)	青森県東方沖 φ = 40° 41.9' N λ = 143° 35.7' E	7.9	2 [2.5]	『1968年十勝沖地震』: 青森を中心に北海道南部・東北地方に被害。死 52、傷 330、建物全壊 673、半壊 3,004。青森県下で道路損壊も多かった。津波があり、三陸沿岸 3m~5m、襟裳岬 3m、浸水 529、船舶流失沈没 127。コンクリート造建築の被害が目立った。
1969年 8月12日 (昭和44年)	北海道東方沖 φ = 43° 22.6' N λ = 147° 54.3' E	7.8	0 [2.5] (1)	北海道東方沖: 津波により北海道東部に軽い被害あり。津波の高さは花咲 129cm、釧路 93cm、八戸 109cm。
1973年 6月17日 (昭和48年)	根室半島南東沖 φ = 43° 03.5' N λ = 145° 58.2' E	7.4	0 [2] (1) <1>	『1973年6月17日根室半島沖地震』: 根室・釧路地方に被害。全体で傷 26、家屋全壊 2、一部破損 1。小津波があり、波高は花咲で 2.8m、浸水 275、船舶流失沈没 10。
1994年 10月4日 (平成6年)	北海道東方沖 φ = 43° 22.5' N λ = 147° 40.4' E	8.2	[3] (2) <2>	『平成6年(1994年)北海道東方沖地震』: 北海道東部を中心に被害があり、傷 437、住家全壊 61、半壊 348。津波は花咲で 173cm。震源に近い択捉島では死・不明 10 等、地震と津波で大きな被害。
2003年 9月26日 (平成15年)	十勝沖 φ = 41° 46.7' N λ = 144° 04.7' E	8.0	[2.5] <2>	『平成15年(2003年)十勝沖地震』: 太平洋プレート上面の逆断層型プレート境界地震で 1952年とほぼ同じ場所。死 1、不明 1、傷 849、住家全壊 116、半壊 368。最大震度 6 弱(道内 9 町村)、北海道及び本州の太平洋岸に最大 4m 程度の津波。

添 3 へ-第 1 表 主な既往の近地津波 (3/3)

発生年月日	発生場所 緯度 ϕ 経度 λ	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要
2011年 3月11日 (平成23年)	東北沖 $\phi = 38^{\circ} 06.2' N$ $\lambda = 142^{\circ} 51.7' E$	Mw9.0	[4] <4>	『平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震』: 震源域は岩手県から福島県までの東側沖合で南北に長さ 400km におよび、日本海溝付近から沿岸部近くまで太平洋プレートと陸側プレートの境界面で東西に 200km と広がった。主として大津波によって、死者・行方不明者 1 万 8,000 余と明治三陸津波に次ぐ被害が生じた。

注 1: 「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾による。

注 2: 「発生場所、緯度、経度」及び「地震規模 M」は、次の値を示している。

1922 年以前の地震、2011 年の地震: 宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾。

1923 年以降の地震(2011 年の地震を除く): 気象庁(1951~2010)⁽³⁾による。

注 3: 「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾による。

ただし、[]は羽鳥(2000)⁽⁵⁾による値(宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾により引用)、()は渡辺(1998)⁽²⁾による値、
< >は国立天文台編(2014)⁽⁴⁾による値で、宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾と異なる場合のみ示している。

注 4: 「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾及び国立天文台編(2014)⁽⁴⁾を参照している。

添 3 へ-第 2 表 主な既往の近地津波の津波高

(単位：m)

市町村名	地名	1611 年 慶長 16 三陸沖	1677 年 延宝 5 青森県 東方沖	1763 年 宝暦 12 青森県 東方沖	1856 年 安政 3 青森県 東方沖	1896 年 明治 29 三陸沖	1933 年 昭和 8 三陸沖	1952 年 昭和 27 十勝沖	1968 年 昭和 43 青森県 東方沖*1	2003 年 平成 15 十勝沖	2011 年 平成 23 東北沖
森町	森・東森 砂原						0.6~1.5 1.2~1.8		0.6		1.7~2.5
鹿部町	鹿部										
函館市	白尻 榎法華 山背泊 浜町 函館				3 3				1.1		1.9 1.1 1.8
北斗市	上磯			1~2	3	1.8	0.9	0.3	1.0		1.6~3.1
大間町	奥戸 大間				1.5		1.6		0.2~1.1		1.7
風間浦村	易国間 下風呂 甲						1.8		2.2 2.6		1.6 2.1
むつ市	木野部 大畑・湊 出戸川 関根				4		1.5 1.0~1.4 1.6 1.0		2.2		2.5~2.6 2.2~2.7
東通村	入口 岩屋 尻屋 尻労 小田野沢 老部 白糠								1.2 1.3 2.2 1.0 2.7 2.4 0.9	1.7 2.6	2.3~5.2 1.5~2.1 1.8 2.3~2.6 1.9 2.0~2.3
六ヶ所村	袖戸 泊 出戸 尾駁 新納屋 高瀬川								0.8~3.1 0.6~2.5 4.2 1.2~1.5 3.7 1.6	1.5	2.4 2.8 3.5 1.9
三沢市	塩釜 六川目 淋代 五川目 四川目 三川目						3.0 3.6~4.5 3.0~3.9 3.4 3.8~5.0 5.0		5.1 2.1 2.4 2.5 2.8~4.0 1.7		5.0~6.7 4.5~6.7 5.2~9.7 6.0~11.8 7.0~9.6 5.8~8.1
おいらせ町	二川目 一川目 川口・百石				4		4.0 1.8~4.2 2.5~5.0		2.7 1.7~4.1 3.7~4.0		4.5~8.8 4.8~11.0 1.3~8.9
八戸市	市川・橋向 河原木 八戸(湊) 鮫・蕪島			1~3	3~4	3	3.0~3.8 1.5~3.0 2.1~4.7	2.0	2.1~4.8 1.6~3.2 1.5~4.4		3.0~9.6 3.3~8.4 1.9~7.1 4.5~6.4
野田村	野田		4~5		6	10.5~20.0	5.0~15.6	2.2	3.9~4.6		5.2~38.4
宮古市	田老 宮古	15~21 6~8	2~3 2~3	1~2	3.8~4 2	8.5~14.6 4.6	4.0~10.1 3.0~8.2	1.0 0.7~1.3	1.2~1.5 1.2~2.0	0.8 1.0~1.1	7.4~39.8 0.4~38.3
大槌町	大槌 (大須賀)	5~10	2.8~4		3~3.5	2.7~4.0	2.9~3.9		2.2~2.3		7.2~18.1
釜石市	釜石			1	3~3.7	4.5~8.2	2.7~5.4	2	2.0~3.2	1.3	4.2~30.6
文献		羽鳥 (2000) ⁽⁵⁾	羽鳥 (2000) ⁽⁵⁾	羽鳥 (2000) ⁽⁵⁾	羽鳥 (2000) ⁽⁵⁾	中央 気象台 (1933) ⁽⁶⁾ 等 ⁽²⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾	中央 気象台 (1933) ⁽⁶⁾ 等 ^{(8)~(10)}	渡辺 (1998) ⁽²⁾	岸 (1969) ⁽¹¹⁾	東北 大学 (2004) ⁽¹²⁾	東北地方 太平洋沖 地震津波 合同調査 グループ (2012) ⁽¹³⁾

*1：1968 年十勝沖地震と同じものとして扱う。

添3へ-第3表 主な既往の遠地津波(1/2)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M [Mt] (Ms)	津波 規模 m	地震・津波の概要
1586年 7月10日 (天正14年)	ペルーのリマ沖 φ = 12.3° S λ = 77.7° W	7.7	4	津波の高さはリマで26m、10km内陸まで浸入。三陸の陸前海岸で津波あり。
1687年 10月20日 (貞享4年)	ペルーのカヤオ沖 φ = 15.2° S λ = 75.9° W	7.6	3	カヤオ、チャシカイ、ピスコで津波。この津波は日本沿岸にも波及し、塩釜で高さ1.5尺～1.6尺(約50cm)、12回～13回押し寄せた。沖縄でも3回津波が押し寄せた。
1700年 1月26日 (元禄12年)	北米北西部沖 (カスケード地帯)	9クラス [9?]	3～4	米国やカナダの沿岸における津波の高さは5m～7mと推定。日本沿岸各地の津波の高さは岩手県宮古3m、同大槌と和歌山県田辺で2m、茨城県那珂湊や静岡県清水(三保)で約2mと推定される。宮古と田辺で津波の被害があったという。
1730年 7月8日 (享保15年)	チリのバルパライソ沖 φ = 33.1° S λ = 71.6° W	8.7	4	バルパライソは浸水が激しく、港は破壊された。コンセプション全滅。津波は三陸の陸前沿岸に襲来、牡鹿半島で田畑が浸水した。
1751年 5月25日 (宝暦1年)	チリのコンセプション沖 φ = 36.8° S λ = 71.6° W	8.5	3	古いコンセプションは全滅。津波は日本沿岸へ襲来、三陸沿岸の大槌、牡鹿及び気仙沼で床まで浸水した。
1780年 6月29日 (安永9年)	千島列島 ウルップ島南東沖 φ = 46.0° N λ = 151.0° E	7.5	3	ウルップ島で津波の高さ10m～12m。同島東岸(ワニノフ)に停泊中のロシア船山上に打ち上げられた。津波は北海道東岸へ襲来した。
1837年 11月7日 (天保8年)	チリ南部沖 φ = 39.8° S λ = 73.2° W	8.0 [9 ¹ / ₄]	3	コンセプション、バルデビアで大津波。津波によりハワイ諸島で大被害。三陸沿岸陸前の気仙沼湾、本吉、牡鹿及び宮城の3郡で潮溢れる。
1868年 8月13日 (慶応4年)	チリ北部アリカ沖 φ = 18.5° S λ = 70.4° W	8.5 [9.0]	4	『アリカ地震』: チリ北部(当時ペルー領)で大津波となり太平洋に波及した。アリカで津波の高さ14m、死者25,000人ともいわれている。ハワイ島で大被害。日本沿岸では函館で2m、宮城県本吉郡、伊豆下田、沖縄那覇港でも観測。
1877年 5月10日 (明治10年)	チリのイキケ沖 φ = 19.6° S λ = 70.2° W	8.3 [9.0]	4	『イキケ地震』: 1868年以上のチリ大地震。太平洋沿岸全域に波及。チリ沿岸では1.2m～24m。ハワイ諸島で1.2m～6.6m。日本沿岸では、函館2.4m、釜石3m、東京湾0.7m。函館と三陸沿岸で被害があった。また房総半島で死者を含む被害があった。
1918年 9月7日 (大正7年)	千島列島 ウルップ島東方沖 φ = 45.5° N λ = 151.5° E	8.2 [8.5]	3	津波の高さはウルップ島東岸で12m。日本沿岸では、根室1m、函館0.5m、三陸沿岸1m以下。父島では1.4mで家屋浸水12、橋梁流失2の被害。

添3へ-第3表 主な既往の遠地津波(2/2)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M [Mt] <Ms>	津波 規模 m	地震・津波の概要
1922年 11月11日 (大正11年)	チリのアタカマ沖 φ=28.5° S λ=70° W	8.3 [8.7]	3	『アタカマ地震』:チリ沿岸で大津波となり、太平洋沿岸各地に波及した。ペルーのカヤオで24m。日本沿岸の津波の最大全振幅は、花咲60cm、鮎川65cm等。大船渡で家屋30棟が波に洗われた(高さ1~2mか)。
1946年 4月1日 (昭和21年)	アリューシャン列 島東部 φ=52.8° N λ=162.5° W	7.4 [9.3]	4	『アリューシャン津波』:アリューシャンのウニマク島灯台で30.5m、ハワイ諸島で0.5m~17mの高さとなる等太平洋沿岸各地にかなりの津波が襲来した。日本沿岸の津波の最大全振幅は鮎川56cm、八戸20cm等。
1952年 11月4日 (昭和27年)	カムチャツカ半島 南東沖 φ=52.3° N λ=161.0° E	8.5 [9.0]	3	『カムチャツカ津波』:カムチャツカ半島で1m~15mの津波。ハワイ諸島で10.4mに達する等太平洋沿岸全域に影響した。日本沿岸における津波の高さは0.5m~3.0m程度。北海道、三陸沿岸、下田、尾鷲等広範囲で家屋の浸水があり、三陸沿岸では漁業関係の被害があった。
1960年 5月22日 (昭和35年)	チリ南部沖 φ=39.5° S λ=74.5° W	8.5 [9.4]	4	『チリ地震津波』:チリのイスラ・モチャで20m~25mの津波。太平洋沿岸各地に波及し、ハワイ諸島で10.5mに達する。日本沿岸での波高は三陸沿岸で0.8m~8.1m、その他で0.6m~4.2m。日本全体で死・不明142(うち沖縄で3)、家屋全壊1,500余、半壊2千余。
1964年 3月28日 (昭和39年)	アラスカ湾 φ=61.1° N λ=147.5° W	9.2 [9.1] <8.4>	4	『アラスカ地震津波』:アラスカのバルディーズで6.1m~30mの津波。日本では三陸沿岸で漁業施設に若干の被害があった。
1965年 2月4日 (昭和40年)	アリューシャン列 島 φ=51.3° N λ=178.6° E	8.7 [8.6] <8.2>	3	アリューシャンで0.2m~10mの津波。三陸沿岸の浅海漁業施設に僅かの被害があった。
1996年 2月17日 (平成8年)	インドネシアのイ リアン・ジャヤ沖 φ=0.950° S λ=137.016° E	<8.1>	3	インドネシアのピアック島で最大7.7m(津波到達時の潮位上)に達した。日本沿岸の津波の最大全振幅は、父島で195cm、串本で170cm。土佐清水では漁船20艘が転覆し、八丈島で漁船に被害があった。
2010年 2月27日 (平成22年)	チリ中部沖 φ=36.12° S λ=72.90° W	8.5	[3]	チリ沿岸は平均5m~9mの津波(遡上高さ)。最大は28m(遡上高さ)。日本沿岸での最大は気仙沼湾奥で3.0m(全振幅)。

注1:「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾による。

注2:「発生場所、緯度、経度」、「地震規模 M[Mt] <Ms>」及び「津波規模 m」は、次の値を示している。

2010年の地震:国立天文台編(2014)⁽⁴⁾による。ただし、「津波規模 m」は宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾による。

2010年以外の地震:渡辺(1998)⁽²⁾による。

Mtは津波マグニチュードを、Msは表面波マグニチュードを示す。

注3:「地震・津波の概要」は、次を参照している。

2010年の地震:今村ほか(2010)⁽¹⁸⁾及び都司ほか(2010)⁽¹⁹⁾による。

2010年以外の地震:渡辺(1998)⁽²⁾による。

添 3 へ-第 4 表 主な既往の遠地津波の津波高

(単位：m)

市町村名	地名	1868 年 慶応 4 チリ北部 アリカ沖	1877 年 明治 10 チリの イキケ沖	1952 年 昭和 27 カムチャツカ 半島南東沖	1960 年 昭和 35 チリ南部沖
森町	森・東森 砂原				1.5 1.5
鹿部町	鹿部				0.9
函館市	臼尻 楸法華 山背泊 浜町 函館	2	2.4	0.5～1.5	0.4 1.9 1.2 1.4～2.9
北斗市	上磯				1.3～1.9
大間町	奥戸 大間				2.0
風間浦村	易国間 下風呂 甲				
むつ市	木野部 大畑・湊 出戸川 関根				1.9～2.3 1.4～2.1 1.2 1.6
東通村	入口 岩屋 尻屋 尻労 小田野沢 老部 白糠				1.7～1.8 1.3 1.4 2.0
六ヶ所村	袖戸 泊 出戸 尾駁 新納屋 高瀬川				1.0 2.2
三沢市	塩釜 六川目 淋代 五川目 四川目 三川目				2.0 2.3 1.9 1.3
おいらせ町	二川目 一川目 川口・百石				1.0 1.2 3.2～4.9
八戸市	市川・橋向 河原木 八戸(湊) 鮫・燕島			1.8	1.5～3.4 2.2～5.3 2.5～4.3 3.9
野田村	野田				4.9～5.2
宮古市	田老 宮古			2.2 0.4～1.8	1.8～3.2 1.2～2.4
大槌町	大槌(大須賀)			1.5	2.4～3.9
釜石市	釜石		3		2.1～3.3
文献		渡辺(1998) ⁽²⁾	渡辺(1998) ⁽²⁾	渡辺(1998) ⁽²⁾	チリ津波 合同調査班 (1961) ⁽¹⁴⁾ 及び 気象庁(1961) ⁽¹⁵⁾

添3へ-第5表 主な計算条件

空間格子間隔 Δs (m)	1440	480 (1440/3)	160 (1440/9)	80 (1440/18)	40 (1440/36)	20 (1440/72)	10 (1440/144)	5 (1440/288)
時間格子間隔 Δt (s)	0.1							
基礎方程式	後藤・小川(1982) ⁽²⁵⁾ の非線形長波式							
沖側境界条件	自由透過	外側の大格子領域と水位・流量を接続						
陸側境界条件	完全反射			小谷ほか(1998) ⁽²⁶⁾ の遡上境界条件				
越流境界条件	—						本間(1940) ⁽²⁷⁾ の越流境界条件	
初期海面変動	地震断層モデルを用いて Mansinha and Smylie(1971) ⁽²⁴⁾ の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える							
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 $n=0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ (土木学会(2016) ⁽²⁸⁾ より)							
水平渦動粘性係数	考慮しない							
潮位条件	T. M. S. L $\pm 0.0\text{m}$							
計算再現時間	地震発生後4時間							

基礎方程式：非線形長波〔浅水理論〕の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0$$

ここで、 x, y : 水平座標 (m) t : 時間 (s)

Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅当たりの流量(=流速×全水深)(m^2/s)

η : 静水面からの水位 (m) D : 全水深(= $h + \eta$) (m)

h : 静水深 (m) g : 重力加速度 (m/s^2)

n : マニングの粗度係数 ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)

添3へ-第6表 海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の推定津波高

海域活断層	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	地震 モーメント M_0 (N·m)	モーメント マグニ チュード M_w	津波の 伝播距離 Δ (km)	推定 津波高 Ht (m)
F-a	20	12.0	2.11	1.75×10^{19}	6.8	63	0.3
F-b	15	10.0	1.58	8.18×10^{18}	6.5	64	0.2
F-c	15	10.0	1.58	8.18×10^{18}	6.5	38	0.3
F-d	6	4.0	0.63	5.24×10^{17}	5.7	15	0.2

添3へ-第7表 二層流モデルの主な計算条件

計算格子間隔 Δt (s)	計算時間 (h)	海底摩擦係数 (マニングの粗度係数) n ($m^{-1/3}s$)		界面抵抗係数 f_{int}	水平渦動 粘性係数 ν (m^2/s)
		上層	下層		
0.15	3	0.03	0.40	0.0	考慮しな い

添3へ-第8表 Kinematic landslide モデルの主な計算条件

計算格子間隔 Δt (s)	計算時間 (h)	鉛直変位 ライズタイム (s)	変動伝播速度 (m/s)
0.15	3	120	10

添3へ-第9表 既往知見とすべり量3倍モデルのすべり量の比較

	巨大地震のすべり量に関する文献調査結果			評価モデル		
	2011年東北地方 太平洋沖型地震 モデル (杉野ほか (2014) ⁽⁴⁸⁾)	南海トラフの 巨大地震の 津波断層モデル (内閣府 (2012) ⁽²³⁾)	世界のM _w 9.0クラ スの巨大津波 (M. Johnson and Satake(1999) ⁽⁴⁹⁾ 等 ^(50~52))	既往知見を 踏まえた 津波の評価モ デル	すべり量3倍 モデル	全域超大 すべり域 モデル
平均すべり量	10.4m	8.8m~11.3m	大きいもので 11m	8.40m	25.20m	31.19m
最大すべり量	31.2m	最大のモデルで 「60m~70m」	大きいもので 「28m~32m」	31.19m	93.56m	31.19m

添3ト-第1表 事業所敷地周辺の第四紀火山一覧(敷地を中心とする半径160km範囲)

火山名	位置		敷地からの 離隔(km)	
	北緯	東経		
1	砂蘭部岳(さらんべだけ)	42° 08' 21"	140° 14' 05"	159
2	濁川カルデラ(にごりかわ)	42° 07' 11"	140° 26' 47"	148
3	渡島毛無山(おしまけなしやま)	42° 05' 15"	140° 28' 14"	144
4	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	42° 03' 48"	140° 40' 38"	133
5	木地挽山(きじびきやま)	41° 57' 07"	140° 36' 09"	125
6	横津岳(よこつだけ)	41° 56' 16"	140° 46' 17"	118
7	恵山丸山(えさんまるやま)	41° 51' 07"	141° 05' 35"	100
8	恵山(えさん)	41° 48' 16"	141° 09' 58"	94
9	銭亀(ぜにかめ)	41° 44' 21"	140° 51' 05"	95
10	函館山(はこだてやま)	41° 45' 33"	140° 42' 14"	103
11	知内(しりうち)	41° 32' 33"	140° 22' 17"	103
12	渡島小島(おしまこじま)	41° 21' 27"	139° 48' 27"	136
13	陸奥燧岳(むつひうちだけ)	41° 26' 20"	141° 03' 10"	57
14	大畑カルデラ(おおはた)	41° 22' 00"	140° 59' 00"	53
15	野平カルデラ(のだい)	41° 16' 00"	140° 52' 00"	52
16	於法岳(おほうだけ)	41° 15' 47"	140° 57' 29"	46
17	恐山(おそれざん)	41° 16' 42"	141° 07' 11"	39
18	岩木山(いわきさん)	40° 39' 21"	140° 18' 11"	95
19	太良駒ヶ岳(だいらこまがたけ)	40° 24' 46"	140° 15' 04"	112
20	田代岳(たしろだけ)	40° 25' 42"	140° 24' 31"	100
21	碓ヶ関カルデラ(いかりがせき)	40° 30' 35"	140° 36' 35"	81
22	三ツ森(みつもり)	40° 29' 54"	140° 41' 49"	76
23	阿闍羅山(あじゃらやま)	40° 29' 37"	140° 35' 36"	83
24	沖浦カルデラ(おきうら)	40° 34'	140° 44'	69
25	藤沢森(ふじさわもり)	40° 31' 53"	140° 48' 14"	67
26	南八甲田火山群(みなみはっこうだ)	40° 36' 12"	140° 50' 33"	59
27	北八甲田火山群(きたはっこうだ)	40° 39' 32"	140° 52' 38"	53
28	八甲田カルデラ(はっこうだ)	40° 41' 00"	140° 55' 00"	49
29	八甲田黒森(はっこうだくろもり)	40° 38' 51"	140° 57' 18"	49
30	八甲田八幡岳(はっこうだはちまんだけ)	40° 42' 11"	140° 59' 54"	42
31	十和田(とわだ)	40° 28' 12"	140° 52' 45"	68
32	先十和田(せんとわだ)	40° 27' 10"	141° 00' 05"	65
33	稲庭岳(いなにわだけ)	40° 11' 54"	141° 02' 47"	90
34	七時雨山(ななしぐれやま)	40° 04' 09"	141° 06' 20"	102
35	荒木田山(あらかだやま)	40° 01' 35"	141° 02' 27"	108
36	高倉・黒森(たかくら・くろもり)	40° 04' 06"	140° 55' 23"	107
37	秋田焼山(あきたやけやま)	39° 57' 49"	140° 45' 25"	123
38	八幡平火山群(はちまんたい)	39° 57' 28"	140° 51' 14"	120
39	柴倉岳(しばくらだけ)	39° 59' 44"	140° 42' 49"	121
40	森吉山(もりよしざん)	39° 58' 36"	140° 32' 38"	130
41	玉川カルデラ(たまがわ)	39° 54' 00"	140° 46' 38"	129
42	岩手山(いわてさん)	39° 51' 09"	141° 00' 04"	128
43	網張火山群(あみはり)	39° 51' 03"	140° 57' 06"	129
44	乳頭・高倉(にゅうとう・たかくら)	39° 48' 17"	140° 50' 18"	137
45	秋田駒ヶ岳(あきたこまがたけ)	39° 45' 40"	140° 47' 57"	142
46	荷葉岳(かようだけ)	39° 48' 23"	140° 43' 50"	140
47	大仏岳(だいはつだけ)	39° 48' 49"	140° 30' 56"	147
48	田沢湖カルデラ(たざわこ)	39° 43' 14"	140° 39' 43"	151

(中野ほか編(2013)⁽¹⁾による。)

添 3 ト-第 2 表 地理的領域内の第四紀火山における活動可能性(1/2)

火山名 ^{*1}	形式 ^{*1}	活動年代 ^{*1} (千年前)		最後の活動 からの 経過期間 (千年間)	廃棄物施設地に 影響を及ぼし得る火山 (21 火山)	
					完新世に活動を行 った火山 (10 火山)	将来の活動可能性が 否定できない火山 (11 火山) ^{*3}
1 砂蘭部岳 (さらんべだけ)	複成火山	1,800		1,800		
2 濁川カルデラ (にごりかわ)	カルデラ-火砕流	15		15		
3 渡島毛無山 (おしまけなしやま)	溶岩流	前期更新世 前半	or 前期更新世	前期更新世 後半以降		
4 北海道駒ヶ岳 (ほっかいどうこまがたけ)	複成火山	30 以前 110 ^{*4}	～ A. D. 2,000	-	○	
5 木地挽山 (きじびきやま)	複成火山	1,900	or 1,900 以降	約 1,900		
6 横津岳 (よこつだけ)	複成火山	1,100 ^{*5}	or 1,100 以降 140 ^{*6}	140		○
7 恵山丸山 (えさんまるやま)	複成火山	200		200		
8 恵山 (えさん)	複成火山 溶岩ドーム	50	～ A. D. 1,874	-	○	
9 銭亀 (ぜにかめ)	カルデラ-火砕流	45		45		
10 函館山 (はこだてやま)	複成火山	1,200	～ 900	900		
11 知内 (しりうち)	複成火山 溶岩ドーム	2,500	～ 1,400	1,400		
12 渡島小島 (おしまこじま)	複成火山	160	～ 110	110		
13 陸奥燧岳 (むつひうちだけ)	複成火山	1,200	～ 500	500		○
14 大畑カルデラ (おおはた)	カルデラ	3,000	～ 1,800	1,800		
15 野平カルデラ (のだい)	カルデラ	1,900		1,900		
16 於法岳 (おほうだけ)	複成火山	2,000		2,000		
17 恐山 (おそれざん)	火砕丘-カルデラ 溶岩ドーム	1,300	～ 20	20	○ ^{*2}	
18 岩木山 (いわきさん)	複成火山 溶岩ドーム	650	～ A. D. 1,863	-	○	
19 太良駒ヶ岳 (だいらこまがたけ)	複成火山	200		200		
20 田代岳 (たしろだけ)	複成火山 溶岩ドーム	600	～ 600 以降 35～15.5 ^{*7}	35～15.5 ^{*7}		○
21 碓ヶ関カルデラ (いかりがせき)	カルデラ-火砕流台地	2,600	～ 2,300	2,300		
22 三ツ森 (みつもり)	複成火山	1,900	～ 1,300	1,300		
23 阿闍羅山 (あじゃらやま)	複成(複合)火山	1,000		1,000		
24 沖浦カルデラ (おきうら)	カルデラ-火砕流台地、 溶岩ドーム	1,700 ^{*8} 900 ^{*8}	～ 1,100 ^{*8} 700 ^{*8}	700 ^{*8}		
25 藤沢森 (ふじさわもり)	溶岩流	3,500	～ 1,700	1,700		○
26 南八甲田火山群 (みなみはっこうだ)	複成火山	1,100	～ 300	300		○

添3ト-第2表 地理的領域内の第四紀火山における活動可能性(2/2)

火山名 ^{*1}	形式 ^{*1}	活動年代 ^{*1} (千年前)		最後の活動からの経過期間 (千年間)	廃棄物埋設地に 影響を及ぼし得る火山 (21 火山)	
					完新世に活動を行った火山 (10 火山)	将来の活動可能性が 否定できない火山 (11 火山) ^{*3}
27 北八甲田火山群 (きたはっこうだ)	複成火山 溶岩ドーム	400	～ 0.6～0.4	0.6～0.4	○	
28 八甲田カルデラ (はっこうだ)	カルデラ-火砕流台地	900	～ 400	400		○ ^{*9}
29 八甲田黒森 (はっこうだくろもり)	複成火山	1,750	～ 1,600	1,600		
30 八甲田八幡岳 (はっこうだはちまんだけ)	複成火山	1,800	～ 1,600	1,600		
31 十和田 (とわだ)	カルデラ-火砕流台地 溶岩ドーム	200	～ A.D. 915	1	○	
32 先十和田 (せんとわだ)	複成(複合)火山	620 2,530 ^{*10}	～ 450	450		○
33 稲庭岳 (いなにわだけ)	複成火山	3,000	～ 2,600	2,600		
34 七時雨山 (ななしぐれやま)	複成火山、溶岩ドーム カルデラ-火砕流台地	1,100	～ 900	900		
35 荒木田山 (あらかだやま)	複成火山	2,100	～ 1,900	1,900		
36 高倉・黒森 (たかくら・くろもり)	複成火山	3,200	～ 2,500	2,500		
37 秋田焼山 (あきたやけやま)	複成火山 溶岩ドーム	500	～ A.D. 1,997	-	○	
38 八幡平火山群 (はちまんたい)	複成火山	1,200	～ 7.3	7.3	○	
39 柴倉岳 (しばくらだけ)	複成(複合)火山	2,600	～ 2,000 ^{*11}	1,200		
		1,200				
40 森吉山 (もりよしざん)	複成火山 溶岩ドーム	1,100	～ 700	700		
41 玉川カルデラ (たまがわ)	カルデラ-火砕流	2,000	and 1,000	1,000		○
42 岩手山 (いわてさん)	複成火山	700	～ A.D. 1,919	-	○	
43 網張火山群 (あみはり)	複成(複合)火山	1,620	～ 300	300		○
44 乳頭・高倉 (にゅうとう・たかくら)	複成火山 溶岩ドーム	600	～ 100	100		○
45 秋田駒ヶ岳 (あきたこまがたけ)	複成火山、溶岩流及び 小型楯状火山	100	～ A.D. 1,971	-	○	
46 荷葉岳 (かようだけ)	複成火山、溶岩流及び 小型楯状火山、溶岩ドーム	2,200	～ 900	900		○
47 大仏岳 (だいぶつだけ)	複成火山	3,000	～ 2,100	2,100		
48 田沢湖カルデラ (たざわこ)	カルデラ 複成火山、溶岩ドーム	1,800	～ 1,400	1,400		

*1: 中野ほか編(2013)⁽¹⁾、西来ほか編(2012)⁽²⁾及び西来ほか編(2014)⁽⁴⁾に基づき作成

*2: 気象庁編(2013)⁽²⁾による活火山に該当するため抽出

*3: 最後の活動からの経過期間が活動期間内の最大休止期間よりも短いとみなせる火山

*4: 雁澤ほか(2005)⁽⁴²⁾によれば、北海道駒ヶ岳起源の降下火砕物(E-x)が洞爺火山灰の下位に認められ、その年代を110kaと推定している

*5: 高田・中川(2016)⁽⁴³⁾によれば、横津岳のグループ1の活動は1.71Maから開始したとされるが、中野ほか編(2013)⁽¹⁾の年代を記載

*6: 新エネルギー・総合技術開発機構(1988)⁽⁴⁴⁾によれば、横津岳に含まれる熊泊山火山噴出物の年代として0.14±0.04Ma(FT年代)が得られている

*7: 宝田(1991)⁽⁴⁵⁾によれば、層序的に十和田大不動火砕流(約3.5万年前)と十和田八戸火砕流(約1.55万年前)の噴出時期の間にあるとされる

*8: 宝田・村岡(2004)⁽²⁷⁾による

*9: 中野ほか編(2013)⁽¹⁾によれば、カルデラ形成時期は0.90Ma、0.76Ma及び0.40Maの各年代値が記載されているが、その活動時期を0.90Ma～0.40Maと評価した

*10: 工藤(2018)⁽⁴⁶⁾によれば、十和田湖周辺の高山溶岩・火山砕屑岩で、2.53±0.07Ma(K-Ar年代)が得られている

*11: 須藤(1992)⁽⁴⁷⁾によれば、柴倉岳火山噴出物と梅森火山噴出物は、前者で2.6±0.5Maと2.0±0.2Ma、後者で1.2±0.1Ma(K-Ar年代)が得られている

添3 ト-第3表 設計対応不可能な火山事象とその噴出物の敷地への到達可能性評価
(地理的領域内の第四紀火山の文献調査結果に基づき作成)

火山名	敷地からの距離 (km)	設計対応不可能な火山事象				
		火砕物 密度流	溶岩流	岩屑なだれ、 地滑り及び 斜面崩壊	新しい火口の 開口	地殻変動
		検討対象となる火山の敷地からの離隔				
		160km以内	50km以内	50km以内	—	—
4 北海道駒ヶ岳 (ほっかいどうこまがたけ)	133	○ (7km)	検討不要		○*1	○*1
6 横津岳 (よこつだけ)	118	○ (12km)	検討不要		○*1	○*1
8 恵山 (えさん)	94	○ (4km)	検討不要		○*1	○*1
13 陸奥燧岳 (むつひうちだけ)	57	○ (8km)	検討不要		○*1	○*1
17 恐山 (おそれざん)	39	○ (15km)	○ (9km)	○ (15km)	○*1	○*1
18 岩木山 (いわきさん)	95	○ (6km)	検討不要		○*1	○*1
20 田代岳 (たしろだけ)	100	○ (12km)	検討不要		○*1	○*1
25 藤沢森 (ふじさわもり)	67	◎	検討不要		○*1	○*1
26 南八甲田火山群 (みなみはっこうだ)	59	○ (13km)	検討不要		○*1	○*1
27 北八甲田火山群 (きたはっこうだ)	53	○ (10km)	検討不要		○*1	○*1
28 八甲田カルデラ (はっこうだ)	49	× (42km)	◎	◎	○*1	○*1
31 十和田 (とわだ)	68	× (100km)	検討不要		○*1	○*1
32 先十和田 (せんとわだ)	65	○ (24km)	検討不要		○*1	○*1
37 秋田焼山 (あきたやけやま)	123	○ (12km)	検討不要		○*1	○*1
38 八幡平火山群 (はちまんたい)	120	◎	検討不要		○*1	○*1
41 玉川カルデラ (たまがわ)	129	○ (41km)	検討不要		○*1	○*1
42 岩手山 (いわてさん)	128	○ (20km)	検討不要		○*1	○*1
43 網張火山群 (あみはり)	129	○ (8km)	検討不要		○*1	○*1
44 乳頭・高倉 (にゅうとう・たかくら)	137	◎	検討不要		○*1	○*1
45 秋田駒ヶ岳 (あきたこまがたけ)	142	○ (13km)	検討不要		○*1	○*1
46 荷葉岳 (かようだけ)	140	◎	検討不要		○*1	○*1

◎：当該火山の活動履歴上、発生実績が認められない火山事象
○：当該火山の活動履歴上、発生実績は認められるが、敷地近傍への到達可能性が十分に小さい火山事象
×：過去の最大規模の噴火による火山噴出物が、敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある火山事象
○内の距離：過去の最大規模の噴火による火山噴出物の到達距離
検討不要：敷地からの隔離による判断
*1：敷地は過去の火口及びその近傍に位置しないことによる

添3 ト-第4表 評価対象とする降下火砕物の選定及び諸元

(灰色セルは操業期間中に同規模の噴火が発生する可能性の低い降下火砕物)

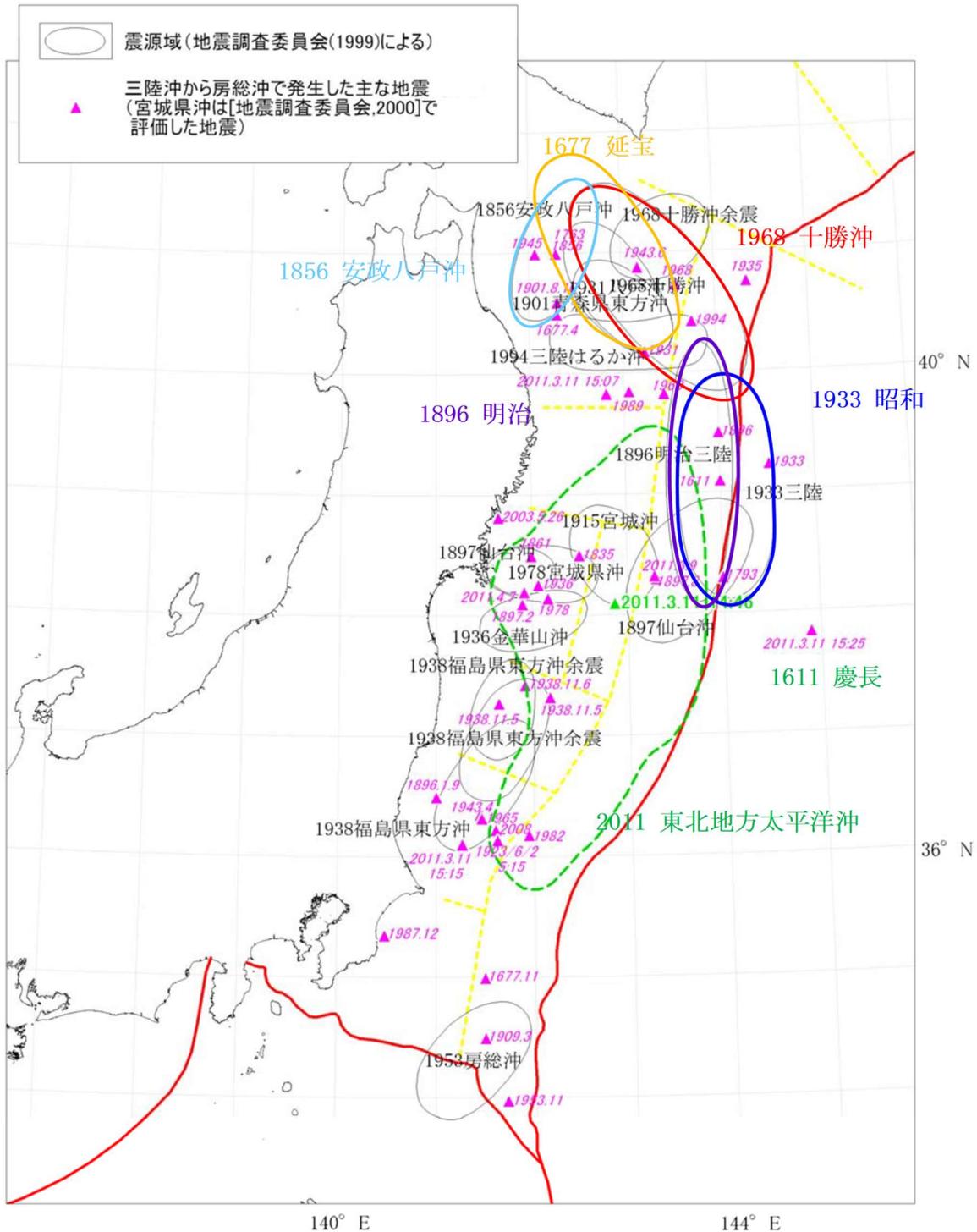
敷地と火山の 距離	噴出源	降下火砕物	年代	層厚(cm)	
				文献調査	地質調査
半径 160km 内	十和田	十和田 a テフラ (To-a)	約 1,100 年前 ⁽¹⁾	<5 ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾	—
	十和田	十和田中撤テフラ (To-Cu)	約 6,200 年前 ⁽⁴⁸⁾	<10 ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽⁴⁹⁾	—
	北八甲田 火山群	甲地軽石(WP)	約 18 万年前～28 万 年前	20～50 ⁽³⁰⁾	43
	濁川 カルデラ	濁川テフラ (Ng)	約 1.5 万年前 ⁽⁹⁾	— ⁽⁹⁾	—
	十和田	十和田八戸テフラ (To-HP)	約 1.55 万年前 ⁽¹¹⁾	<10 ⁽⁹⁾⁽³³⁾	—
	十和田	十和田切田テフラ (To-KR)	約 3.6 万年前 ⁽⁴⁸⁾	<10 ⁽⁹⁾⁽³³⁾	—
	十和田	十和田レッドテフラ (To-Rd)	約 6.1 万年前 ⁽⁴⁸⁾	<10 ⁽⁹⁾⁽³³⁾	30
十和田	オレンジテフラ (Or-p)	約 17 万年前	<30 ⁽³⁰⁾	25	
半径 160km 外	白頭山	白頭山苦小牧テフラ (B-Tm)	約 1,000 年前 ⁽⁹⁾	5～10 ⁽⁹⁾	—
	始良 カルデラ	始良 Tn テフラ (AT)	約 2.8 万年前～3.0 万 年前 ⁽⁹⁾	<5 ⁽⁹⁾	—
	支笏 カルデラ	支笏第 1 テフラ (Spfa-1)	約 4.2 万年前～4.4 万 年前 ⁽⁹⁾	>0 ⁽⁹⁾	—
	阿蘇	阿蘇 4 テフラ (Aso-4)	約 8.5 万年前～9 万 年前 ⁽⁹⁾	>15 ⁽⁹⁾	—
	鬼界 カルデラ	鬼界葛原テフラ (K-Tz)	約 9.5 万年前 ⁽⁹⁾	<2 ⁽⁹⁾	—
	洞爺	洞爺火山灰 (Toya)	約 11.2 万年前～11.5 万年前 ⁽⁹⁾	20～30 ⁽⁹⁾	15
給源不明	—	A テフラ	—	—	約 7 ^{*1}
	—	B テフラ	—	—	約 11 ^{*1}
	—	C テフラ	—	—	約 12 ^{*1}
	—	D テフラ	—	—	約 10 ^{*1}

*1：敷地内には確認されないが、近隣の再処理敷地内で確認された層厚を示す。

添3ト-第5表 降下火砕物シミュレーションの主な計算条件

想定 噴火規模	パラメータ	単位	値	設定根拠等	
甲地軽石 (WP)	噴出物量	kg	8.25×10^{12}	工藤ほか(2004) ⁽³⁰⁾ に基づき設定(噴出量： 3.3km ³ (DRE)、マグマ密度2.5t/m ³)	
	噴煙柱高度	m	25,000	再現性解析結果に基づき設定	
	粒径	最大	mm	$1/2^{-10}$	Tephra2 推奨値
		最小	mm	$1/2^{10}$	Tephra2 推奨値
		中央	mm	$1/2^{-3}$	再現性解析結果に基づき設定
		標準 偏差	φ	2.5	再現性解析結果に基づき設定
	岩片密度	t/m ³	2.6	Tephra2 推奨値	
	軽石粒子密度	t/m ³	1.0	Tephra2 推奨値	
	渦拡散係数	m ² /s	0.04	万年(2013) ⁽⁵⁰⁾ に基づき設定	
	拡散係数	m ² /s	75,000	再現性解析結果に基づき設定	
	Fall Time Threshold	s	3,600	万年(2013) ⁽⁵⁰⁾ に基づき設定	
	給源	X座標 (UTM:54N)	m	489,622	大岳山頂の UTM 座標
		Y座標 (UTM:54N)	m	4,500,900	
		標高	m	1,584	大岳山頂の標高
	風	月別平年値の風*1		気象庁が1981年～2010年の30年間の観測 値の平均を基に算出(秋田地方気象台)	
風向の不確かさの風		ワイオミング大学のHP上の1973年～2018 年のうち秋田地方気象台の高層気象観測デ ータを用いて、敷地方向の風を抽出し作成			
標高 データ	500mメッシュ		国土地理院の数値地図50mを 解析用に500mメッシュに変換		

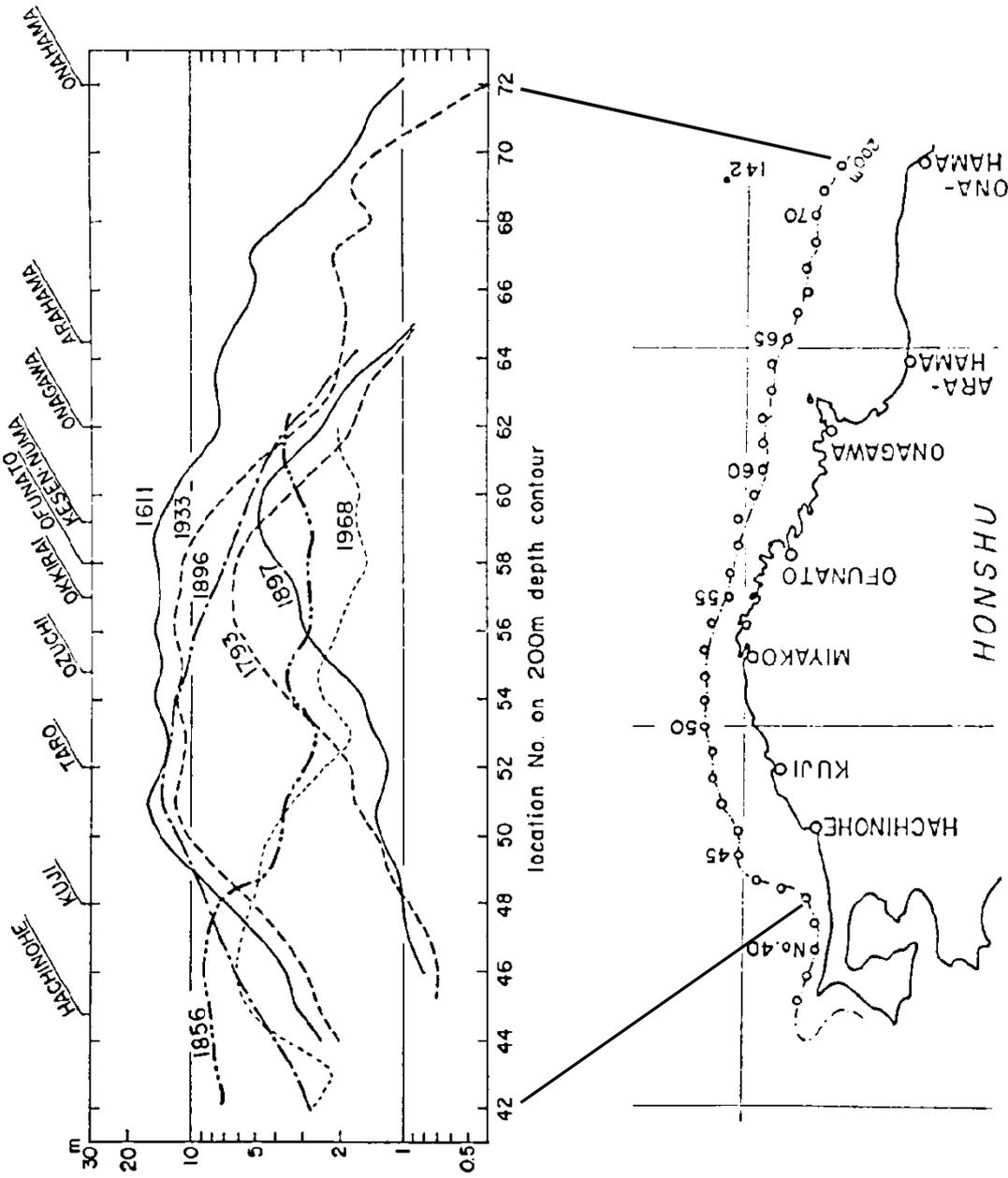
*1:「火山防災マップ作成指針」(内閣府(防災担当)ほか、2013)⁽⁵¹⁾によると、シミュレーションに用いる風向・風速は、気象庁ホームページの気象庁統計情報にある過去の気象データ検索(高層)で紹介されている月平均値を使うと良いとされており、この月平均値の風は、「気象観測統計指針」(気象庁、2018)⁽⁵²⁾において「その時々気象や天候を評価する基準」として示されている月別平年値の風に相当する。



注1：地震調査研究推進本部(2012)⁽¹⁶⁾より抜粋・一部加筆、「1611

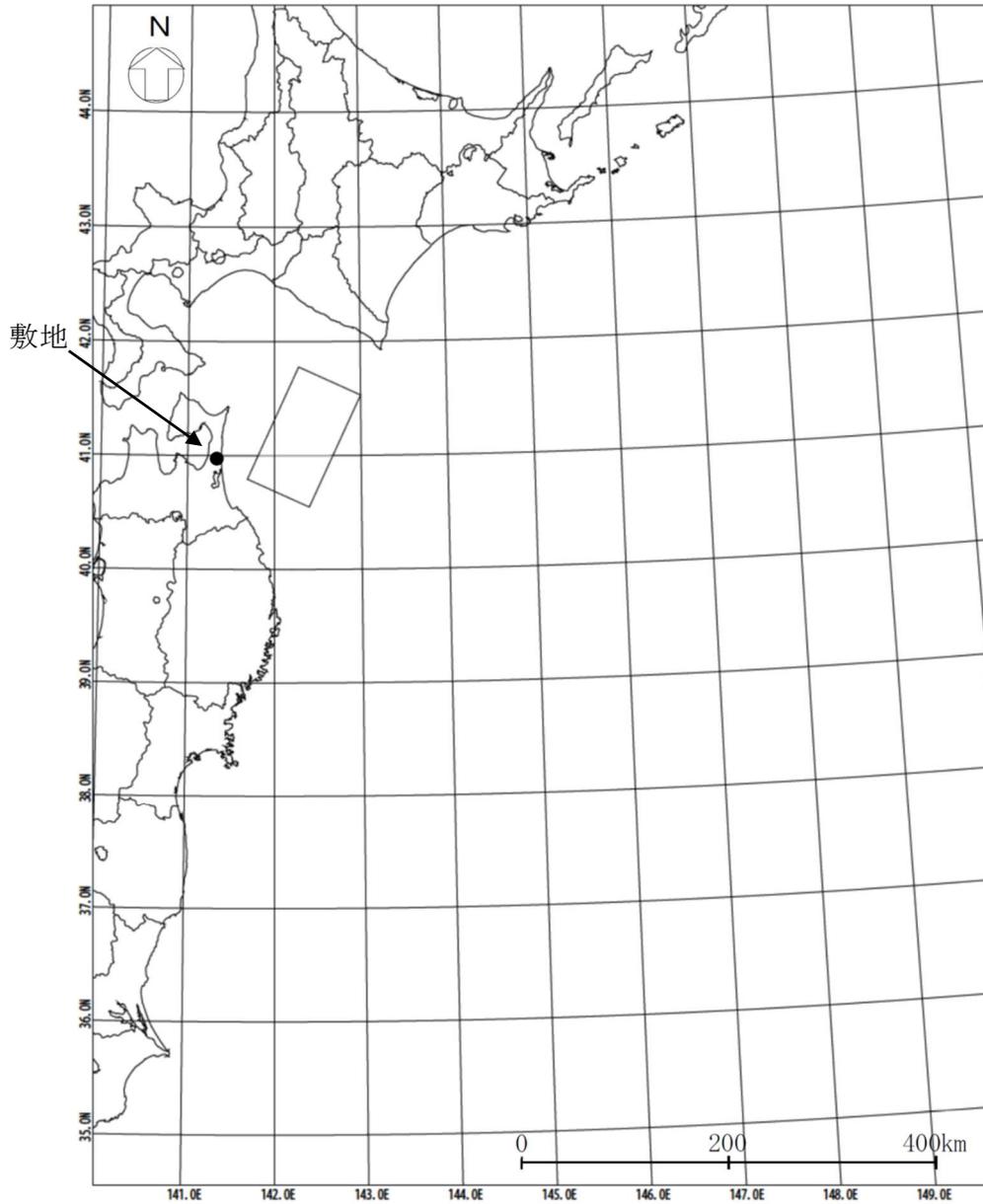
慶長」及び「1677 延宝」の震源域は羽鳥(2000)⁽⁵⁾による。

添3へ-第2図 青森県東方沖から三陸沖で発生した津波の推定波源域



注1：相田(1977)⁽¹⁷⁾の図に加筆。

添3へ-第3図 既往津波の波高分布比較

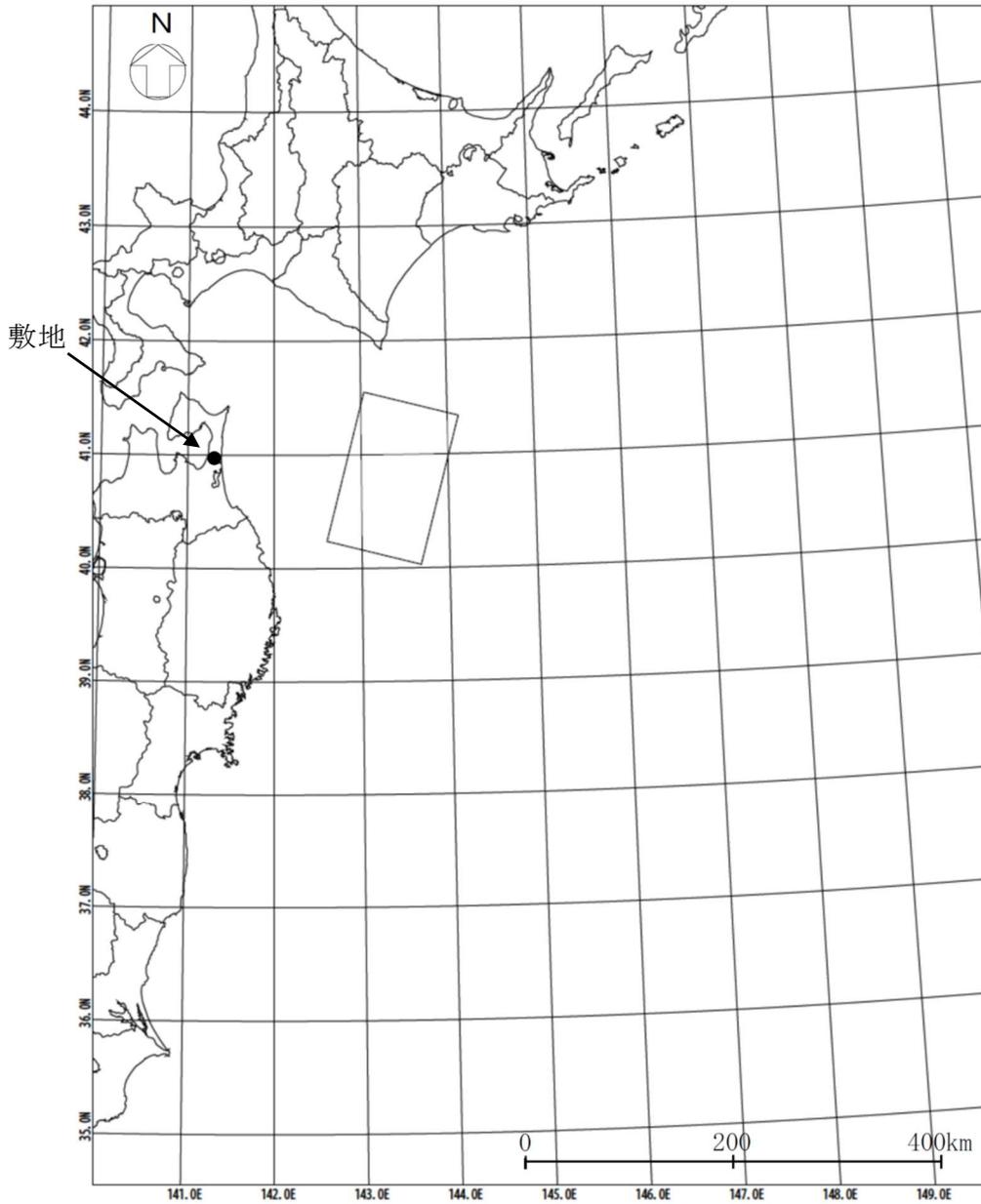


諸元

(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元を補正)

モーメント マグニチュード [°] M _w	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜 角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.32	120	70	205	26	20	90	5.0 × 10 ¹⁰	9.00

添3へ-第4図 既往津波の再現性の確認に用いた波源モデルの位置及び諸元
(1/2) (1856年の津波)



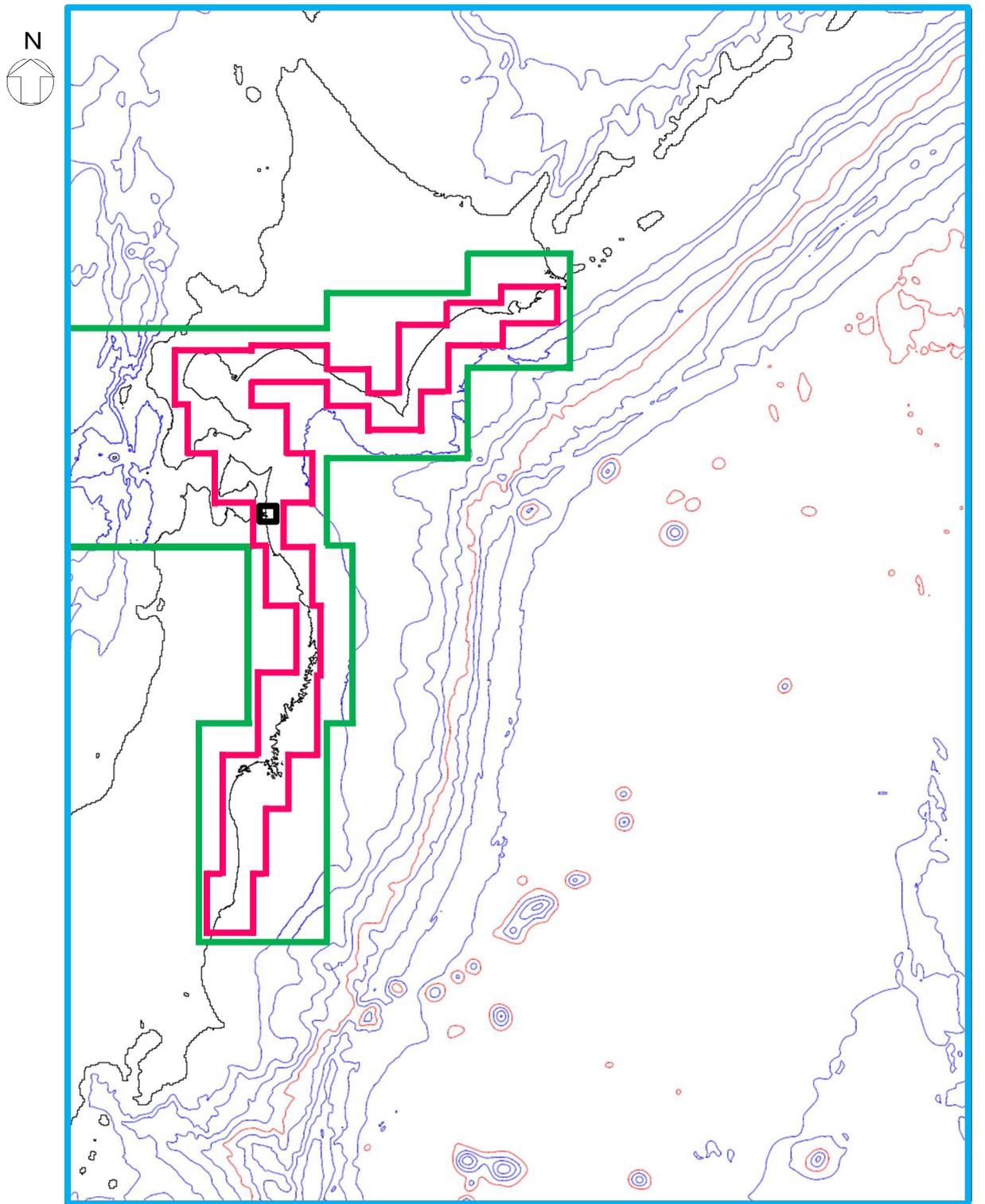
諸元

(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元を補正)

モーメント マグニチュード ^o Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ ($^{\circ}$)	上縁深さ d (km)	傾斜 角 δ ($^{\circ}$)	すべり角 λ ($^{\circ}$)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.36	150	100	195	12	20	76	5.0×10^{10}	5.90

添3へー第4図 既往津波の再現性の確認に用いた波源モデルの位置及び諸元

(2/2) (1968年の津波)



空間格子間隔 Δs

- 1,440m
- 480m
- 160m
- 80m

0 200 400 km

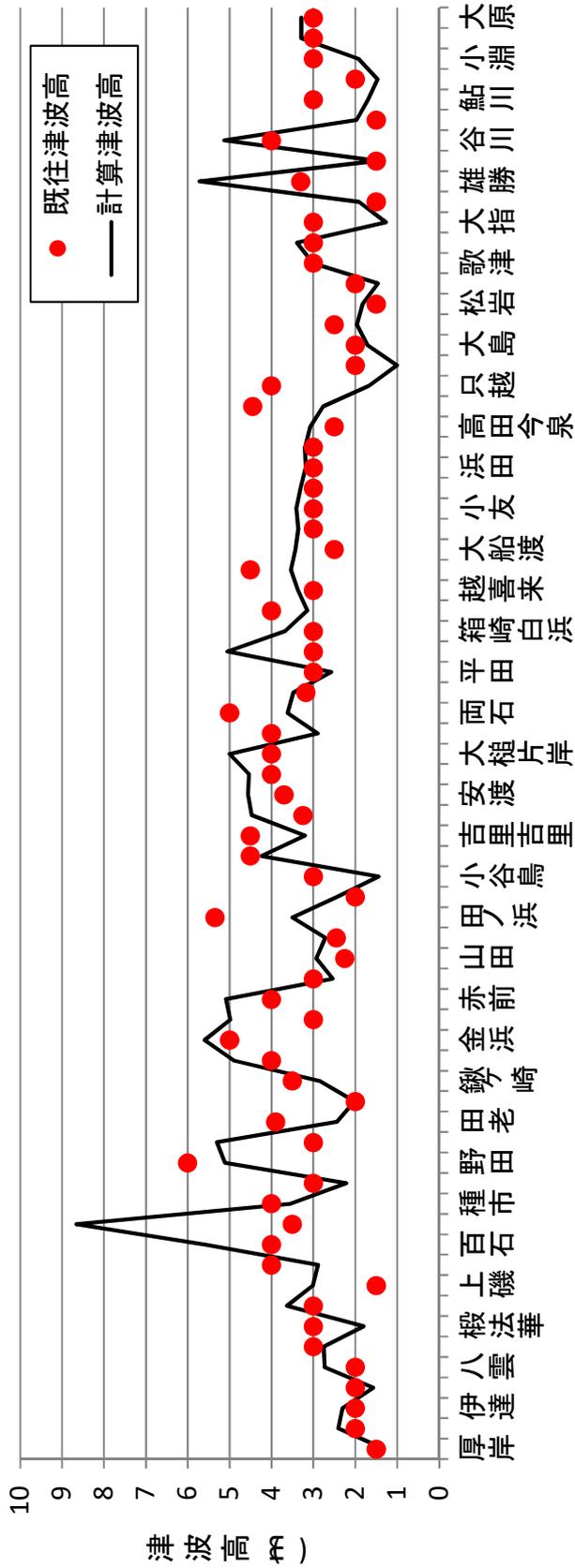
注1：コンター線は、1,000m ピッチ。

添3へ-第5図 計算領域とその水深及び格子分割



添3へ-第6図 敷地近傍の計算領域とその水深及び格子分割

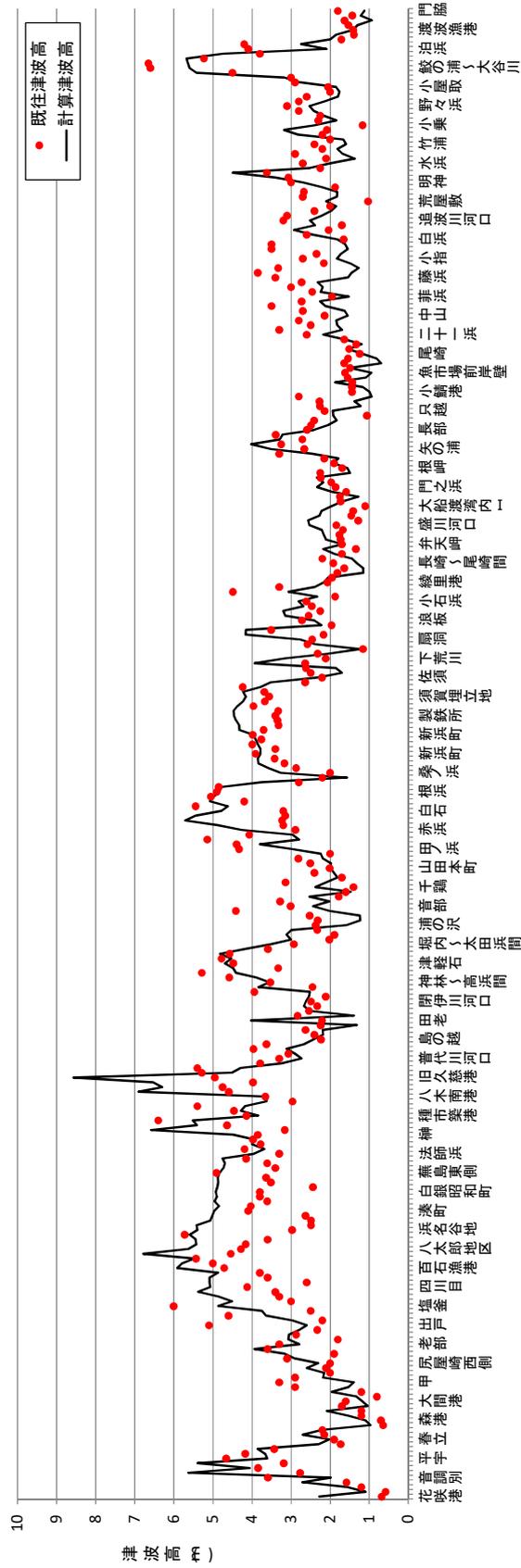
比較地域	地点数n	K	κ
厚岸～大原	71	1.01	1.42



注1：既往津波高は羽鳥(2000)⁽⁵⁾。

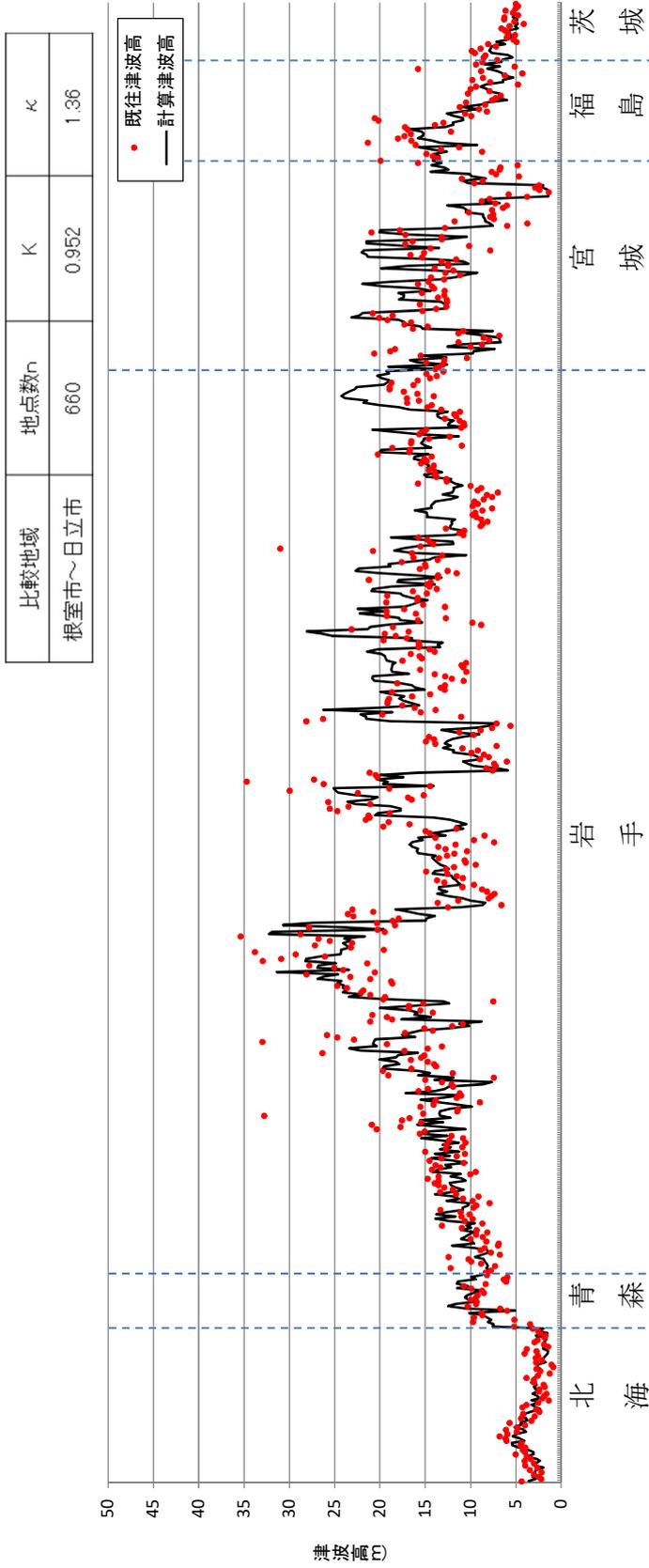
添3へ-第7図 既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較(1/3)(1856年の津波)

比較地域	地点数n	K	κ
花咲港～門脇	313	0.99	1.44



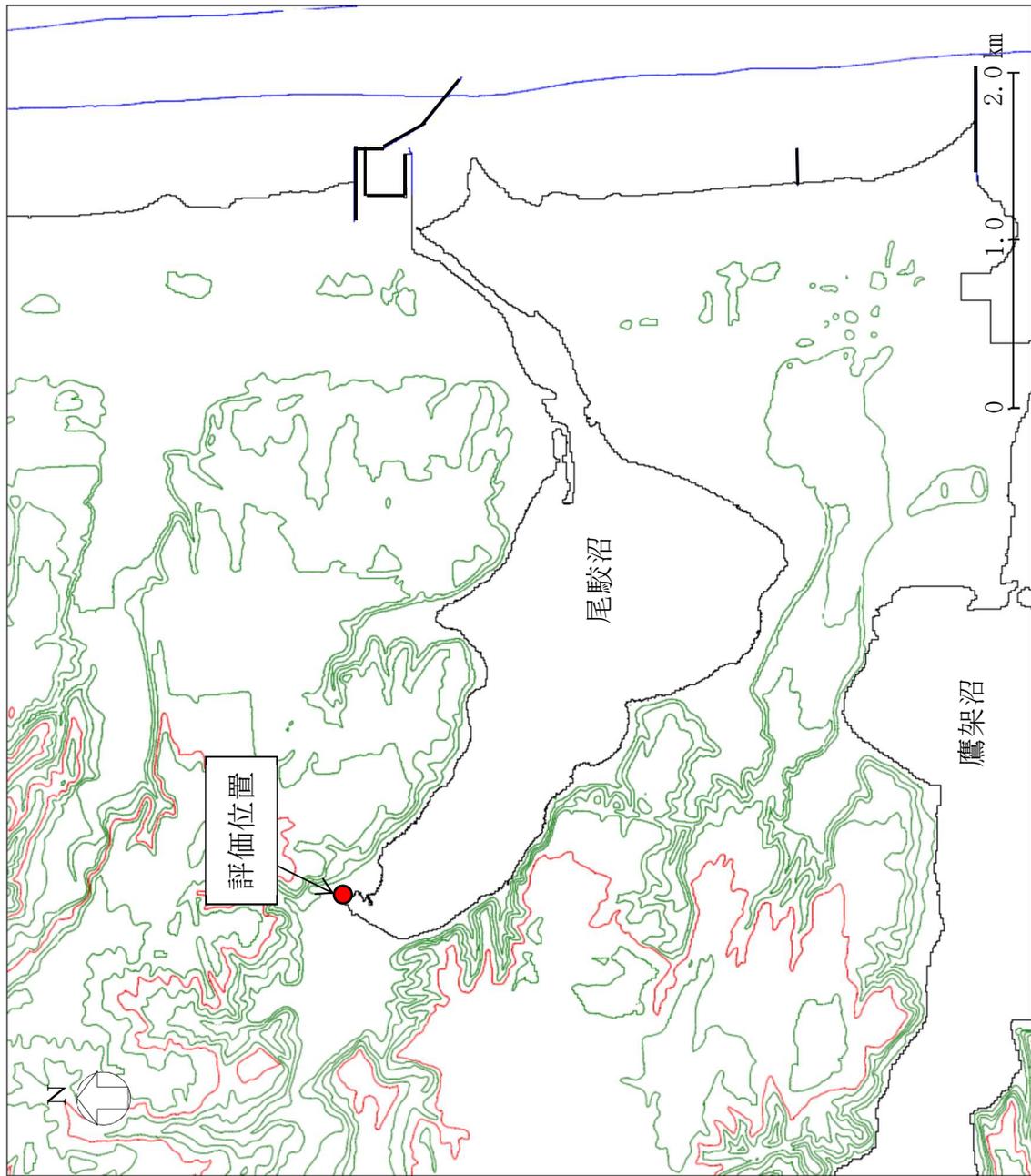
注1：既往津波高は岸(11)。

添3へ-第7図 既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較(2/3)(1968年十勝沖地震に伴う津波)



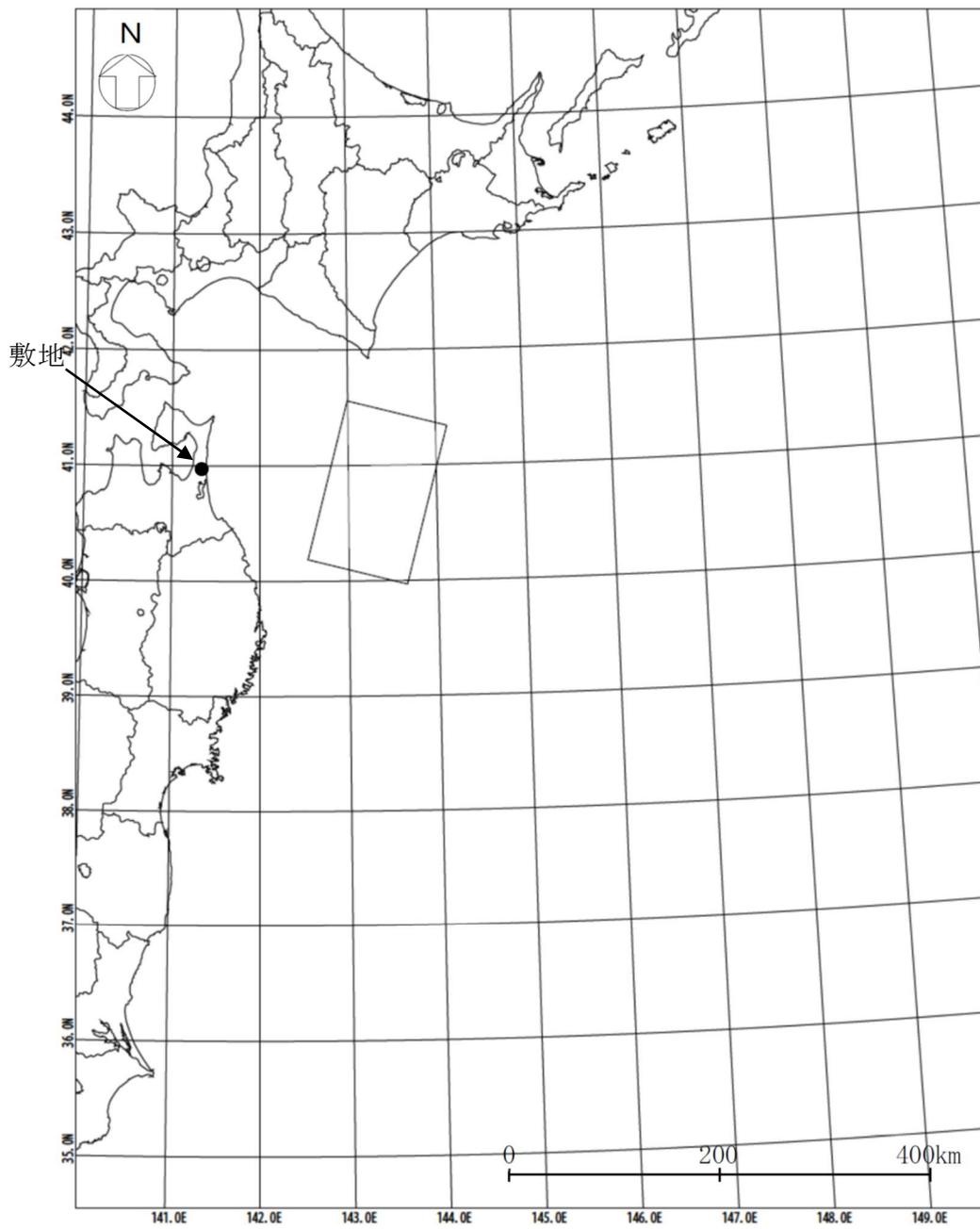
注1：既往津波高は東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)⁽¹³⁾。

添3へ-第7図 既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較(3/3)(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波)



注1：コンター線は、10mピッチ。

添3へ-第8図 津波高の評価位置

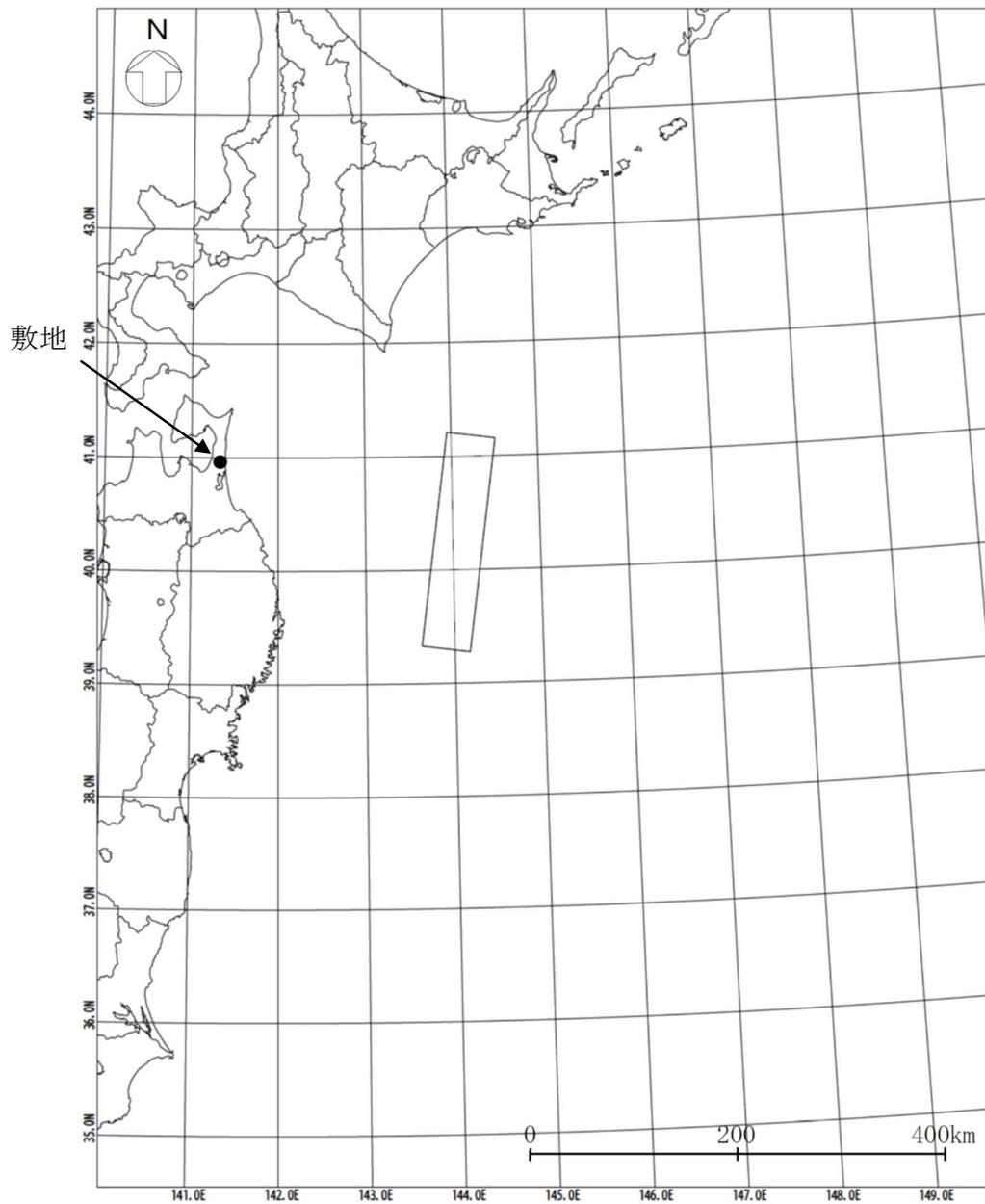


諸元

(添3 へ-第4 図(2/2)に示す波源モデルの諸元を補正)

モーメント マグニチュード ¹⁾ Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ ($^{\circ}$)	上縁深さ d (km)	傾斜 角 δ ($^{\circ}$)	すべり角 λ ($^{\circ}$)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.4	157	104	195	12	20	76	5.0×10^{10}	6.16

添3 へ-第9 図 三陸沖北部のプレート間地震の波源モデルの位置及び諸元

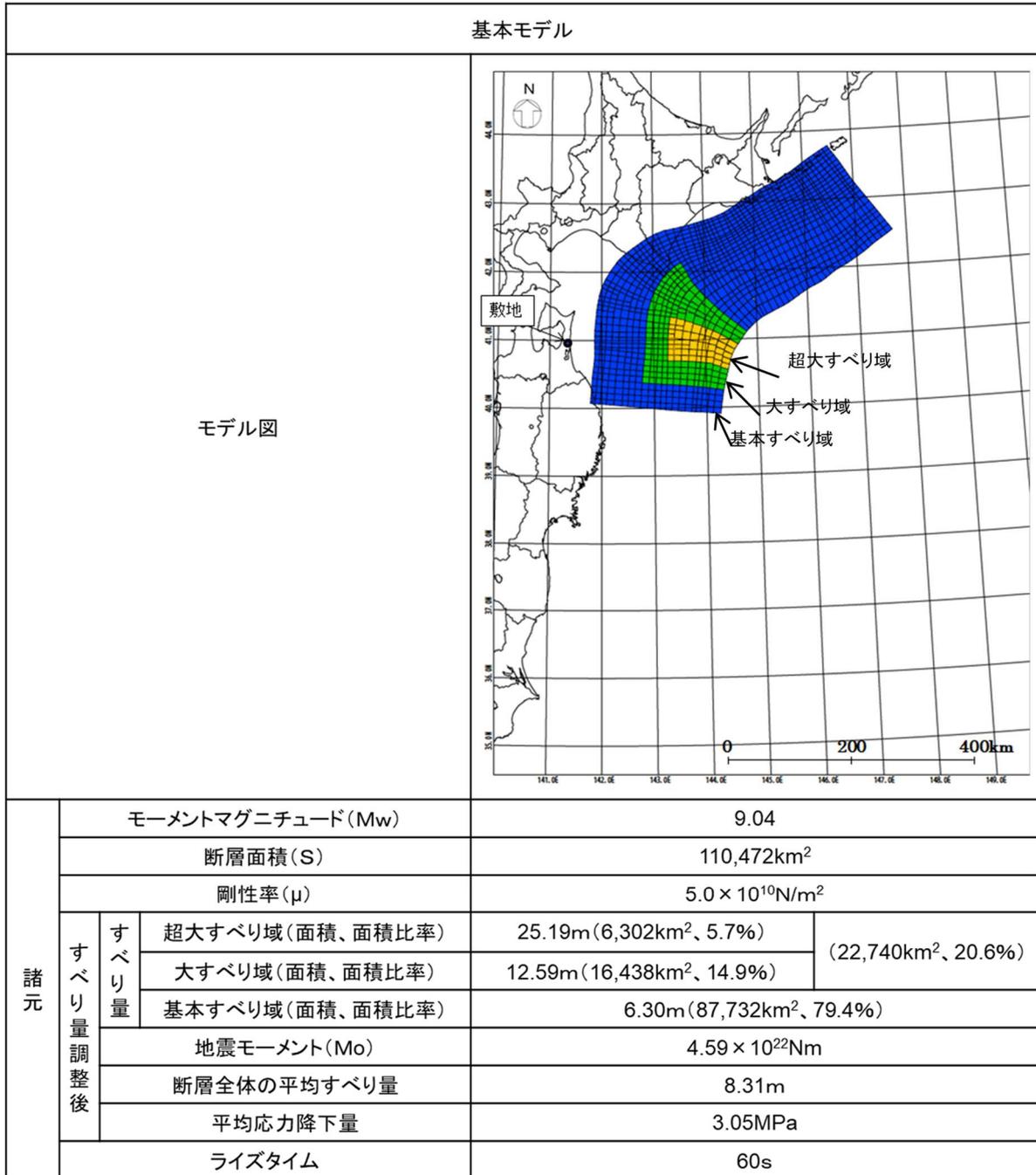


諸元

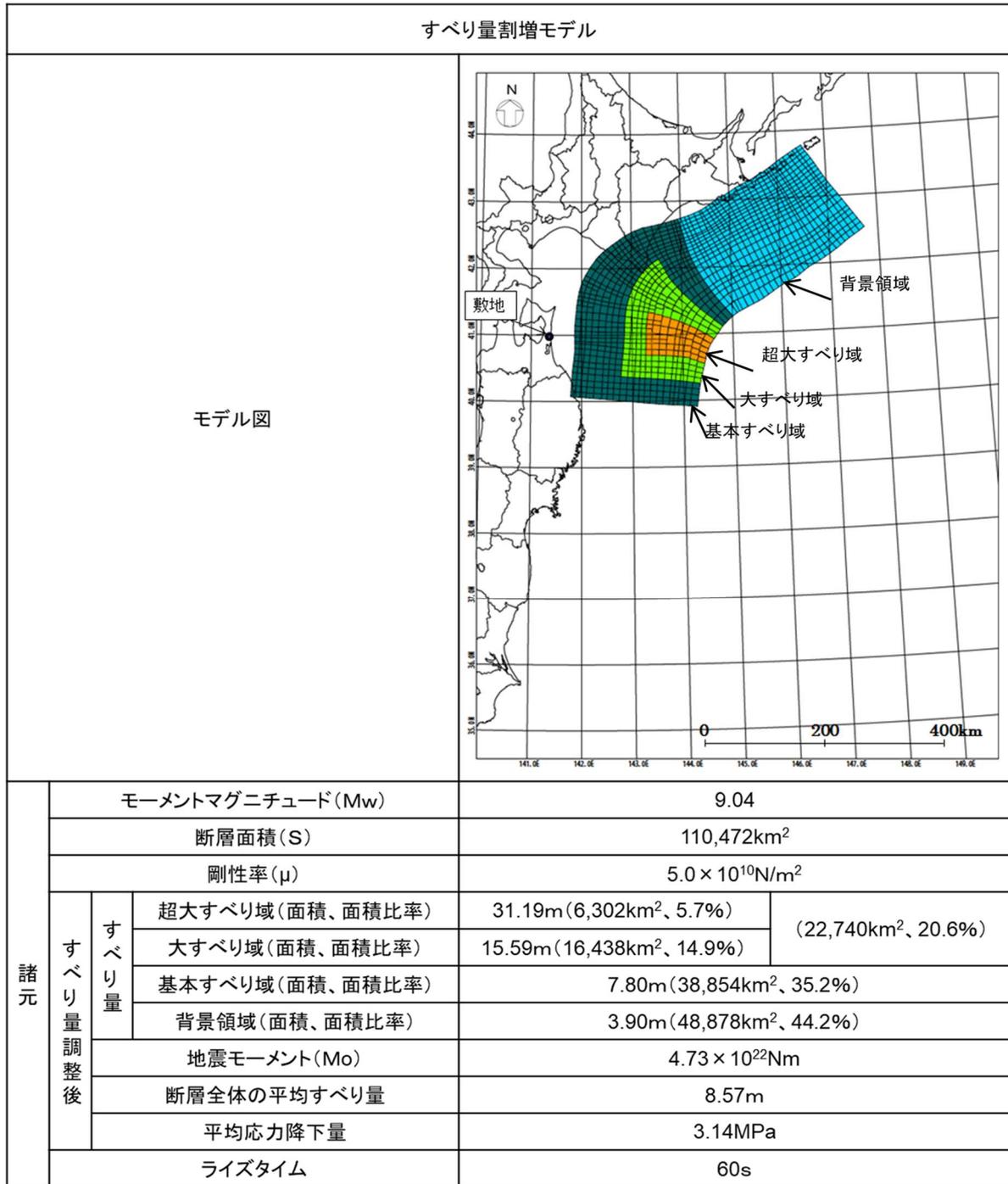
(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元)

モーメント マグニチュード ²⁾ M _w	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜 角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.3	210	50	188	1	20	75	3.5×10 ¹⁰	9.70

添3へ-第10図 津波地震の波源モデルの位置及び諸元



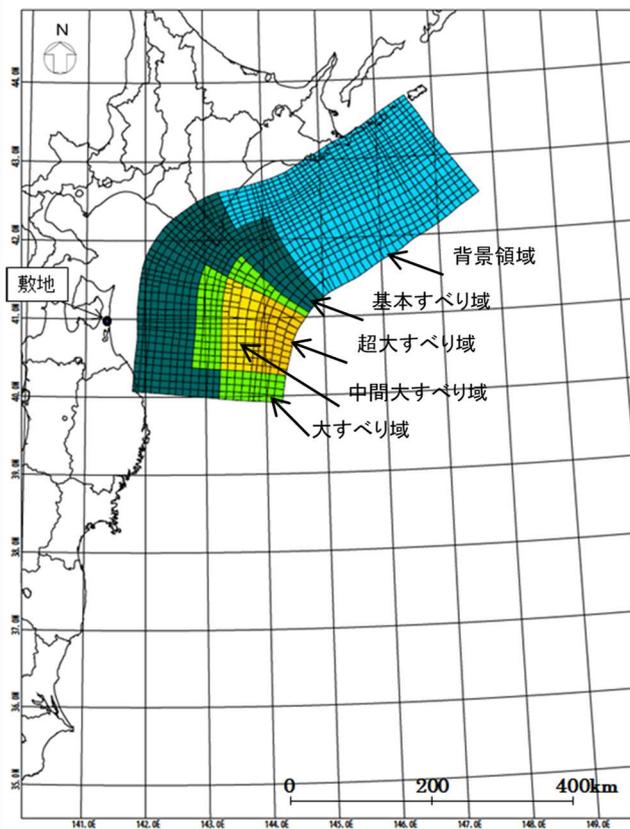
添 3 へ-第 11 図 北方への連動型地震の波源モデルの位置及び諸元(基本モデル)



添 3 へ-第 12 図 北方への連動型地震の波源モデルの位置及び諸元(1/2)
(すべり量割増モデル)

海溝側強調モデル

モデル図

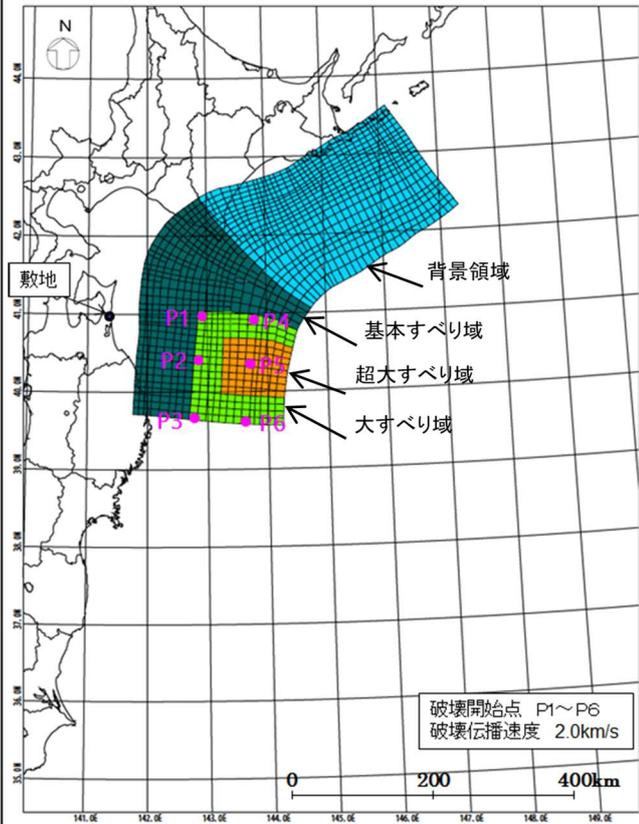


		モーメントマグニチュード(Mw)	9.04		
		断層面積(S)	110,472km ²		
		剛性率(μ)	5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²		
諸元	すべり量調整後	超大すべり域(面積、面積比率)	29.77m(5,696km ² 、5.2%)	(23,191km ² 、21.0%)	
		中間大すべり域(面積、面積比率)	22.33m(6,018km ² 、5.4%)		
		大すべり域(面積、面積比率)	14.88m(11,477km ² 、10.4%)		
		基本すべり域(面積、面積比率)	7.44m(35,022km ² 、31.7%)		
		背景領域(面積、面積比率)	3.72m(52,259km ² 、47.3%)		
			地震モーメント(Mo)	4.65 × 10 ²² Nm	
			断層全体の平均すべり量	8.42m	
			平均応力降下量	3.08MPa	
		ライズタイム	60s		

添 3 へ-第 12 図 北方への連動型地震の波源モデルの位置及び諸元(2/2)
(海溝側強調モデル)

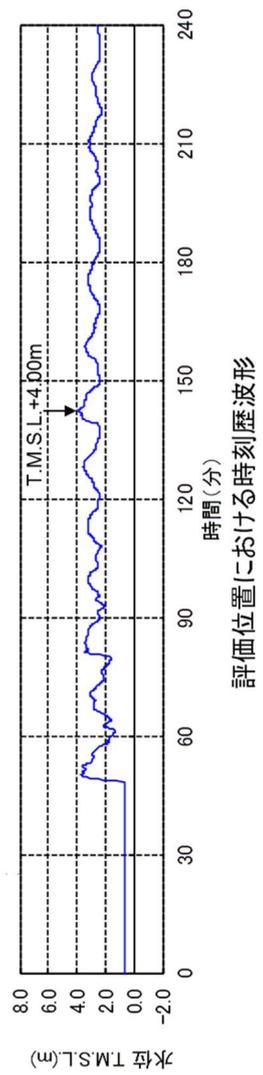
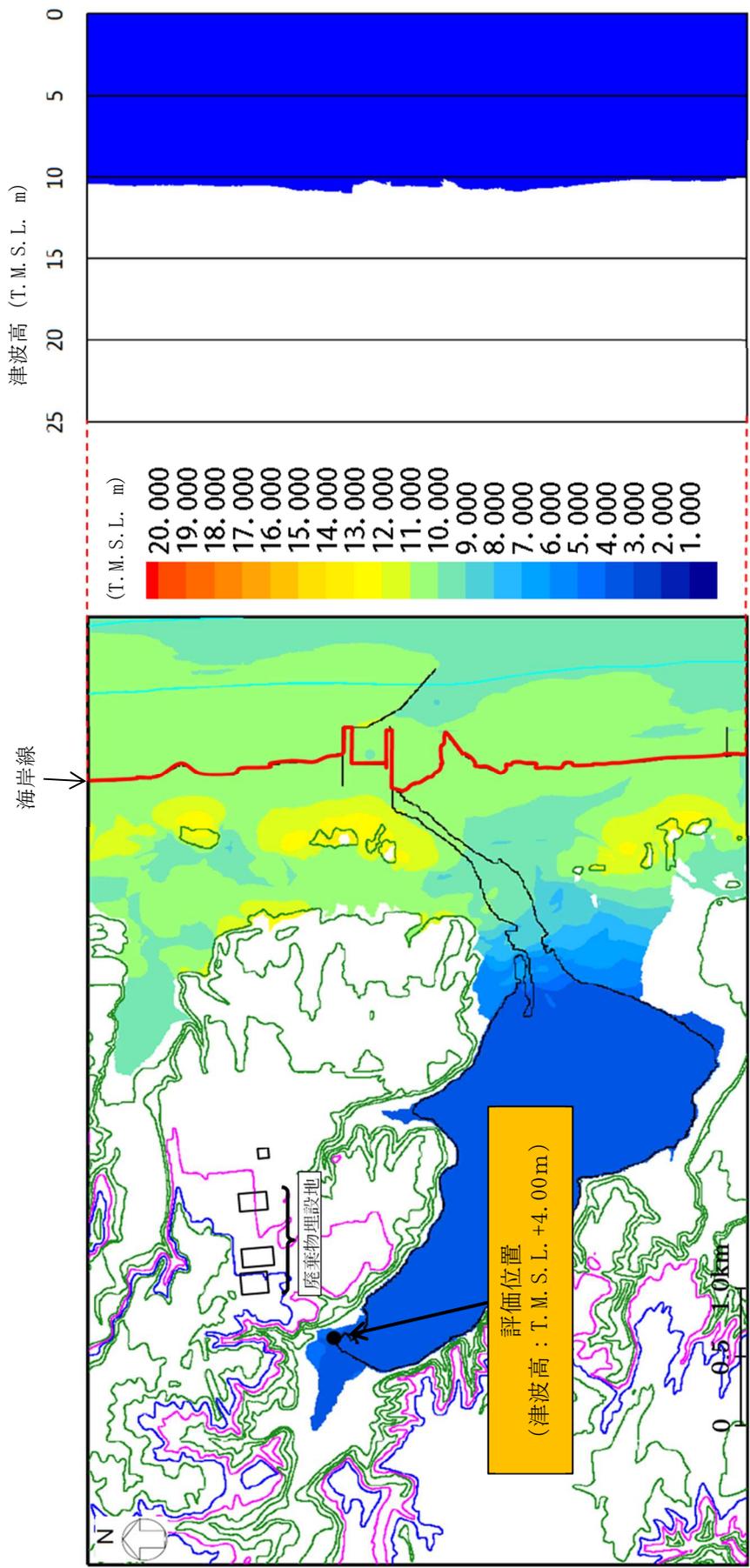
破壊開始点の不確かさ検討モデル

モデル図



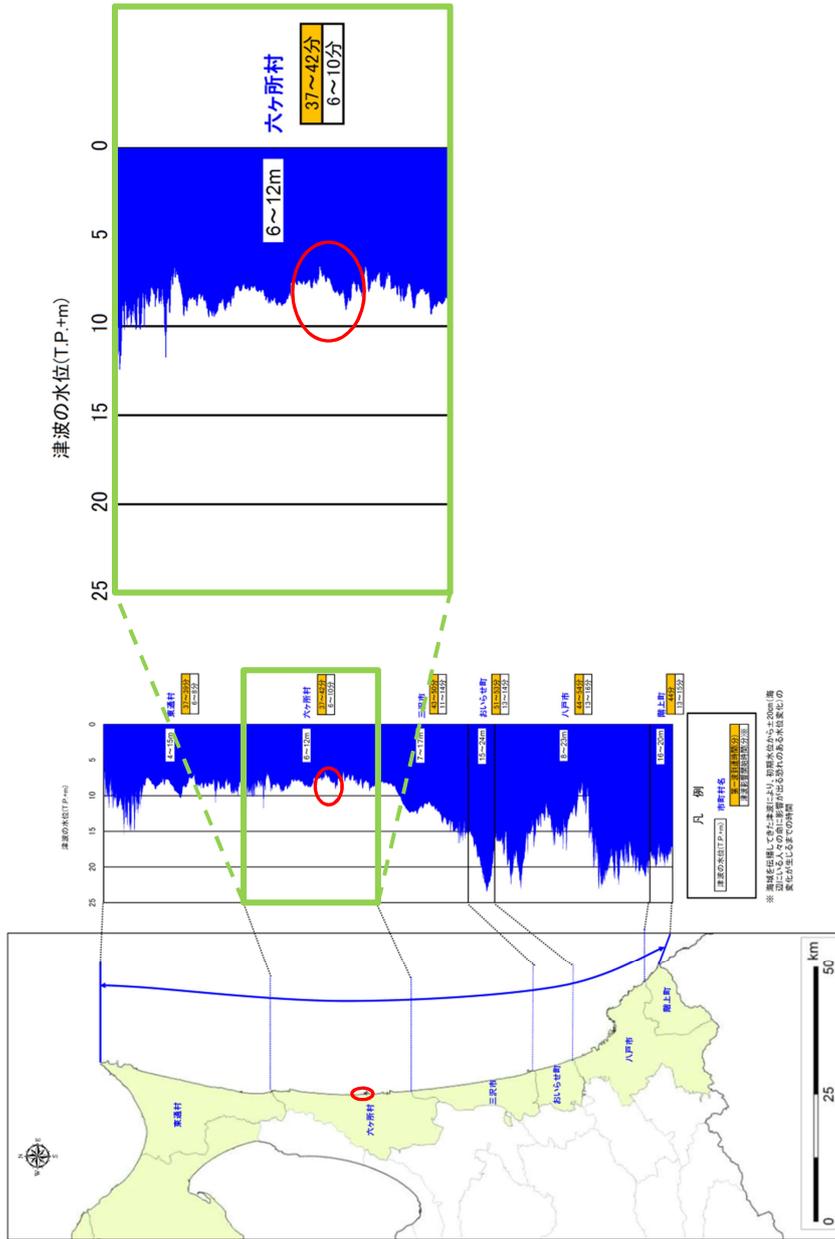
諸元	モーメントマグニチュード(Mw)		9.04		
	断層面積(S)		112,309km ²		
	剛性率(μ)		5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²		
	すべり量調整後	すべり量	超大すべり域(面積、面積比率)	31.19m(7,530km ² 、6.7%)	(20,968km ² 、18.7%)
			大すべり域(面積、面積比率)	15.59m(13,438km ² 、12.0%)	
		基本すべり域(面積、面積比率)		7.80m(36,623km ² 、32.6%)	
		背景領域(面積、面積比率)		3.90m(54,718km ² 、48.7%)	
	地震モーメント(Mo)		4.72 × 10 ²² Nm		
	断層全体の平均すべり量		8.40m		
	平均応力降下量		3.05MPa		
ライズタイム		60s			

添 3 へ-第 13 図 破壊開始点の位置



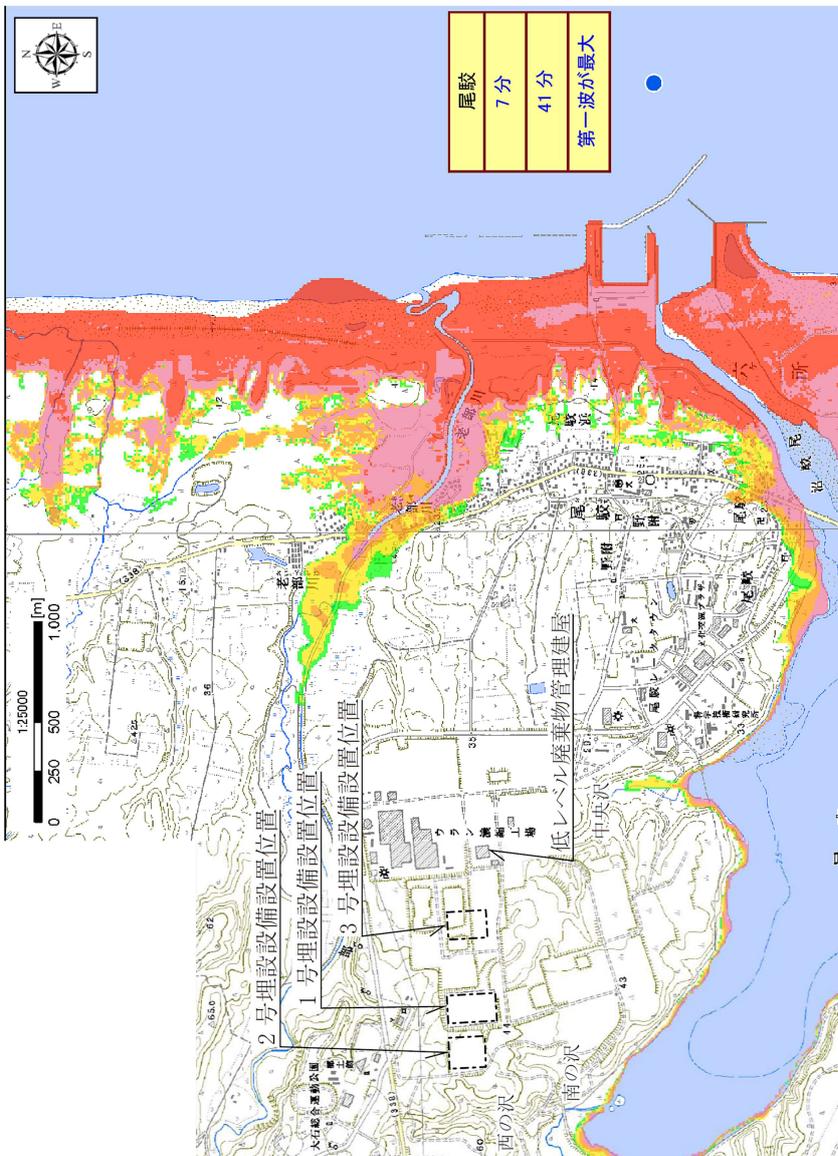
添3へ-第14図 北方への連動型地震に起因する津波の最大ケースの津波高分布

H24青森県太平洋側想定地震 海岸線上の津波の水位（青森県太平洋岸）

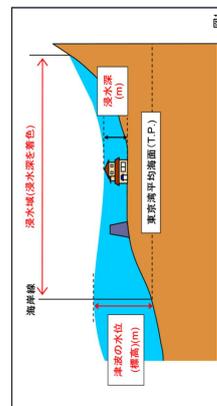
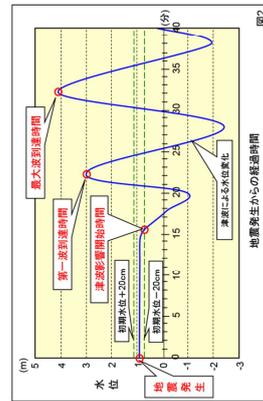


注1：青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾より抜粋・一部加筆。

添3へ-第15図 南方への運動型地震に起因する津波の検討結果
(海岸線上の津波の水位)



津波の到達時間	
地名	
津波影響開始時間	
第一波到達時間	
最大波到達時間	
● 予測代表地点	



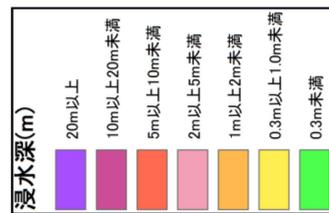
【留意事項】

- 「津波浸水想定」は、津波防災地域づくりに関する法律（平成25年法律第125号）第8条第1項に基づいて設定するもので、津波防災地域づくりを実施するための基礎となるものです。
- 「津波浸水想定」は、最大クラスの津波が悪条件下において発生した場合に想定される浸水域（浸水域）と水深（浸水深）を設定するものです。
- 最大クラスの津波は、現在の科学的知見を基に、過去に実際に発生した津波が想定される津波から設定したものであり、これよりも大きな津波が発生する可能性がないというものではありません。
- 津波浸水想定は、浸水域や浸水深等は、「何としても人命を守る」という考えの下、避難を中心とした津波防災対策を進めるためのものであり、津波による災害や被害の発生範囲を決定するものではないことに注意下さい。
- 浸水域や浸水深等は、津波の第一波ではなく、第二波以降に最大となる場所もあります。
- 浸水域や浸水深等は、地面の凹凸や構造物の影響等により、浸水域外でも浸水が発生したり、局所的に浸水深がさらに大きくなったりする場合があります。
- 津波浸水想定では、津波による河川内や湖沼内の水位変化を明示していませんが、津波の遡上等により、実際には水位が変化することがあります。
- 地震の震源が想定より陸地に近かったり、想定を超える津波が来襲するなど、条件が異なる場合には、ここで示した時間よりも早く津波が来襲したり、遡上高が高くなったり、浸水域以外でも浸水する可能性があります。
- 代表地点の津波の影響開始時間（注1）、第一波到達時間（注2）、最大波到達時間（注3）を表示しています。

【シミュレーションの条件】

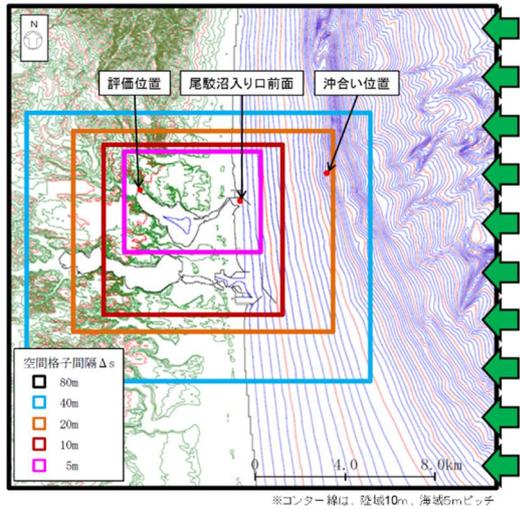
- (1) 想定津波：H44青森県太平洋沖地震断層モデル
- (2) 津波防災施設：津波影響開始時間、浸水域、浸水深、津波到達時間、最大波到達時間、津波引退時間
- (3) 潮位：観測平均高潮位

※浸水深、浸水深、浸水深の水位（図1）
 ※津波の水位：海抜からの高さ、浸水域、浸水深、津波到達時間、最大波到達時間、津波引退時間
 ※注1 津波影響開始時間（図2）
 ※注2 第一波到達時間（図2）
 ※注3 最大波到達時間（図2）
 ※最大波到達時間：代表地点において津波の最大到達高が生じるまでの時間



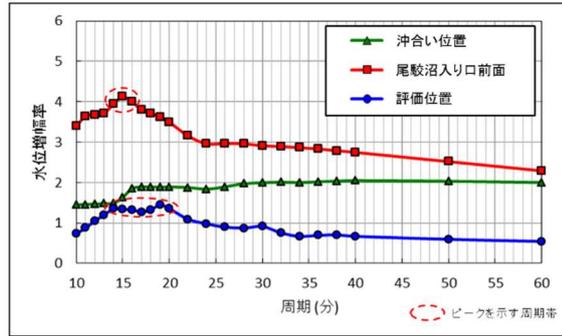
注1：青森県海岸津波対策検討会（2012）⁽³⁶⁾より抜粋・一部加筆。

添3 〳-第16 図 南方への連動型地震に起因する津波の検討結果（浸水予測図）

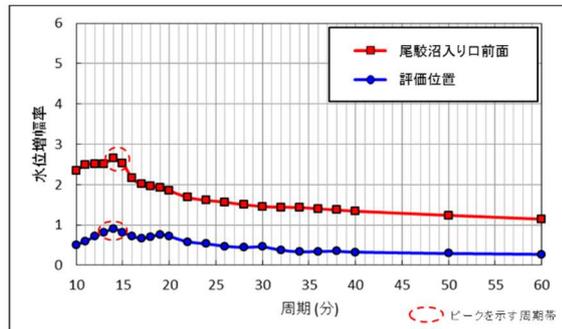


主な条件

正弦波の波長	3波長
正弦波の振幅	1m
正弦波の周期	10分から20分まで1分ビッチ、20分から40分まで2分ビッチ、50分、60分のケースとした。
潮位条件	T. M. S. L. ±0.0m
時間格子間隔: Δt(s)	0.1

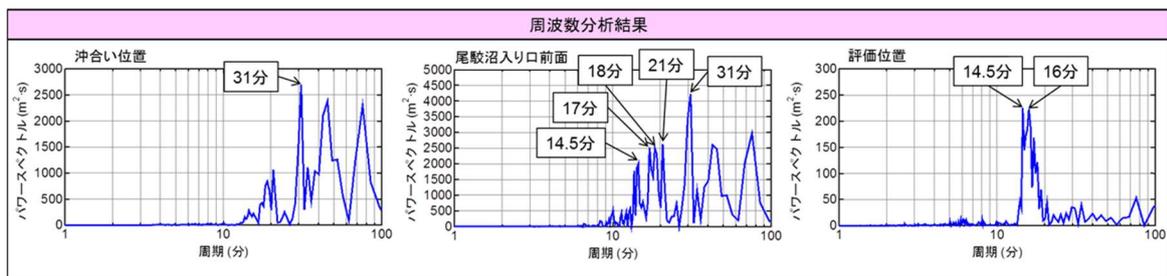
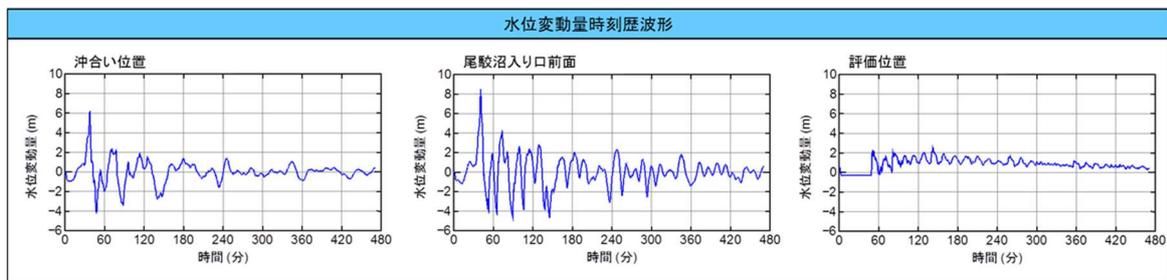


入力波に対する水位増幅率

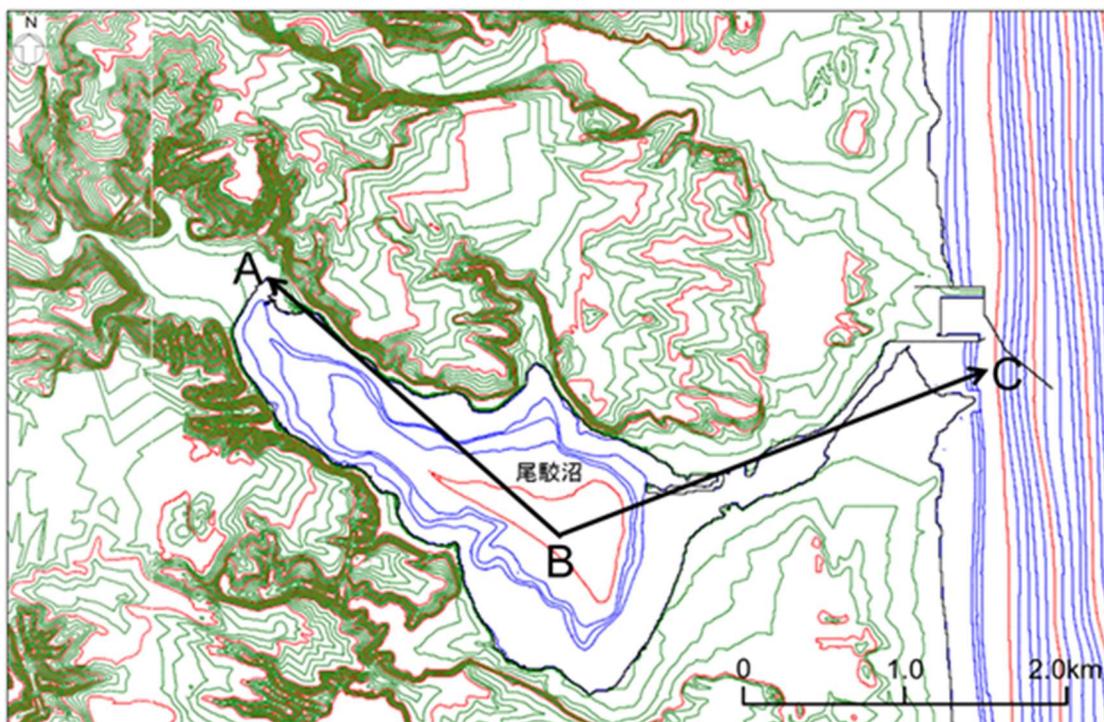


沖合い位置に対する水位増幅率

添 3 へ-第 17 図 正弦波入力による検討結果



添 3 へ-第 18 図 周波数分析結果



注1：コンター線は、陸域2m、海域1mピッチ。

土木学会(2016)⁽²⁸⁾による格子間隔の設定

- ✓ 湾内平均波長: $L_v = T \cdot (g \cdot h / 2)^{1/2}$
- ✓ 湾中央部より奥の平均波長: $L_o = T \cdot (g \cdot h / 4)^{1/2}$

T : 入力波周期 (s)、 g : 重力加速度、
 h : 湾口水深 (m)、 l : 湾口～湾奥の距離 (m)

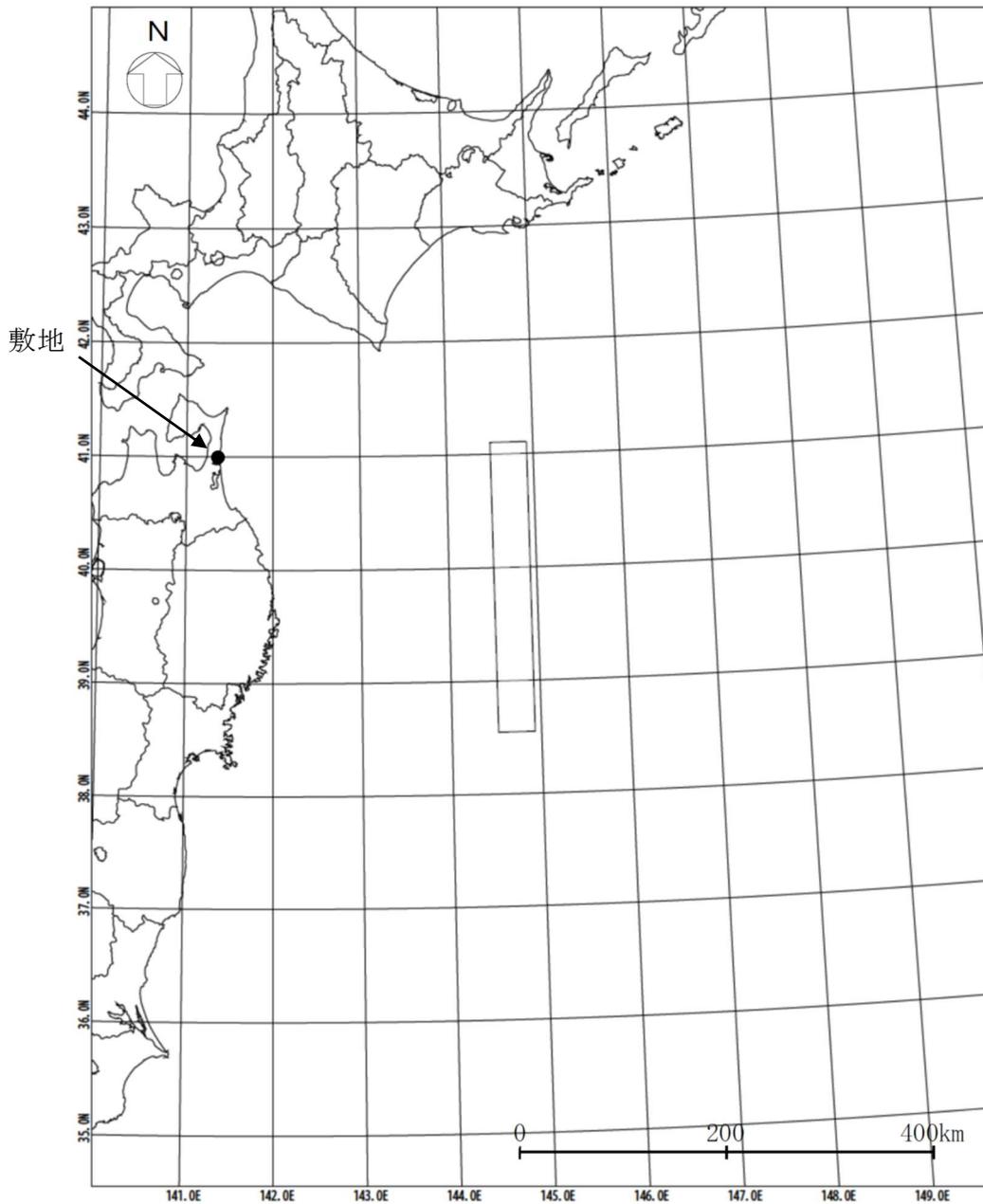
区分	湾口～湾奥距離 l と湾内平均波長 L_v との関係	格子間隔 Δx の目安
湾口～湾中央部	—	L_v の 1/40 程度
湾奥	$L_v/l < 6$	L_o の 1/100 以下
	$6 \leq L_v/l < 10$	L_o の 1/50 程度
	$10 \leq L_v/l$	L_o の 1/40 程度

検討結果

$T(s)$	900
$h(m)$	5
$l(m)$ (A~B~C)	5,300
$L_v(m)$	4,455
$L_o(m)$	3,150
L_v/l	0.8
湾奥の $\Delta x(m)$	31
湾口～湾中央部の $\Delta x(m)$	111

土木学会(2016)⁽²⁸⁾により算定される格子間隔の目安は、尾駁沼奥で31m以下、尾駁沼入り口～尾駁沼中央部で111m程度である。一方、当該領域の格子間隔は5mに設定している。

添3へ-第19図 格子間隔の妥当性に係る検討結果

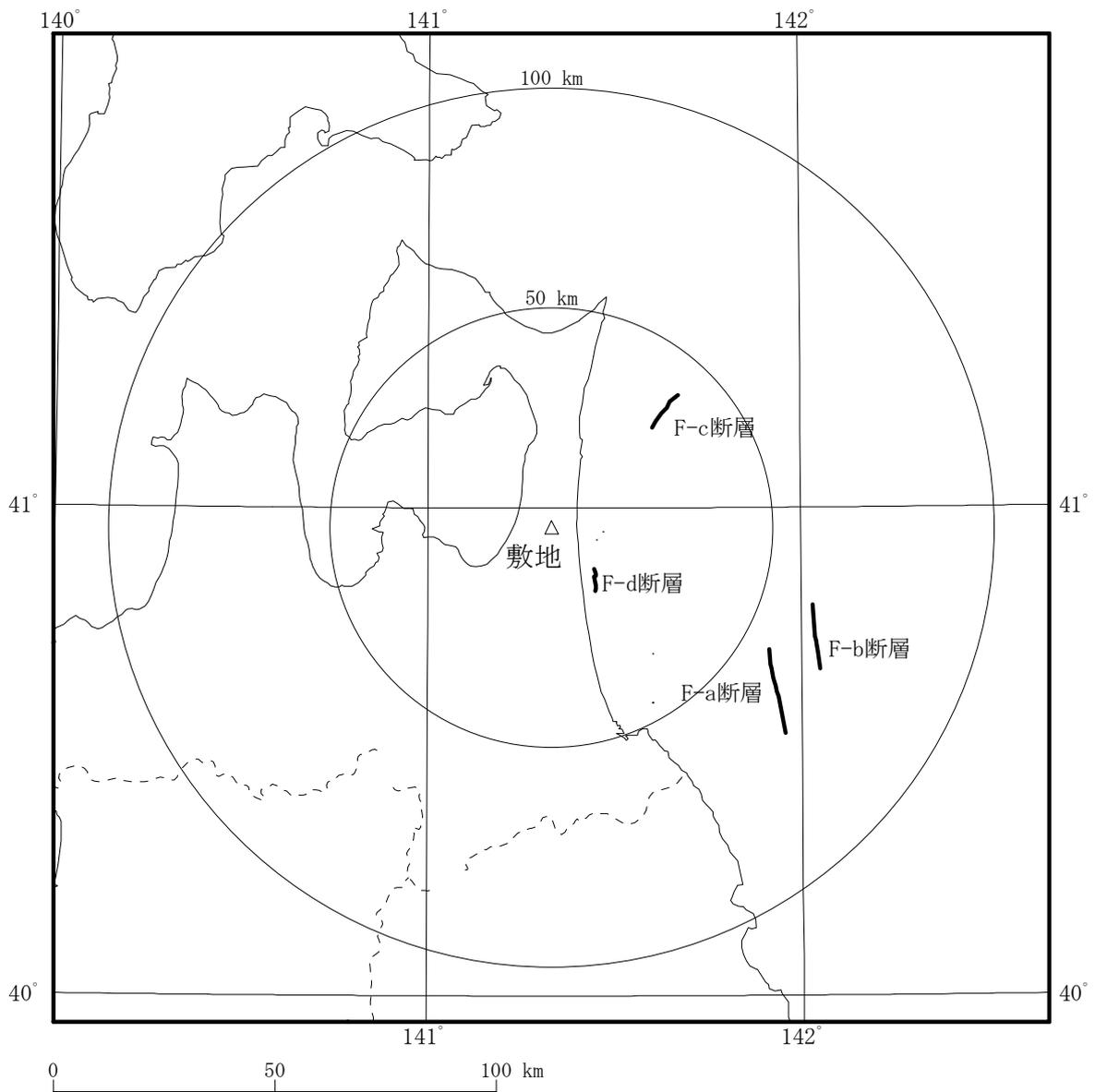


諸元

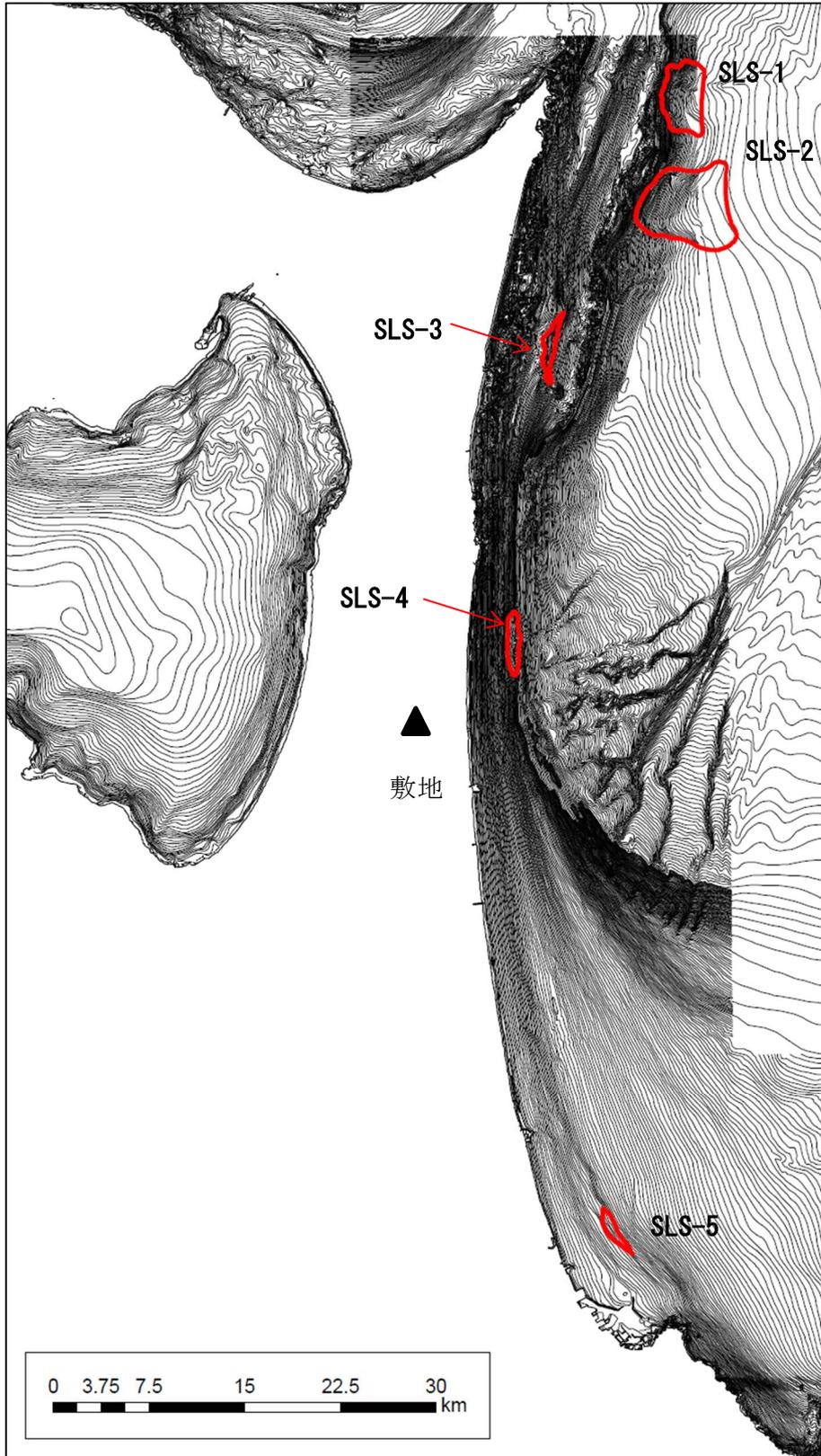
(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元を補正)

モーメント マグニチュード Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ ($^{\circ}$)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ ($^{\circ}$)	すべり角 λ ($^{\circ}$)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.6	283	50	180	1	45	270	7.0×10^{10}	10.10

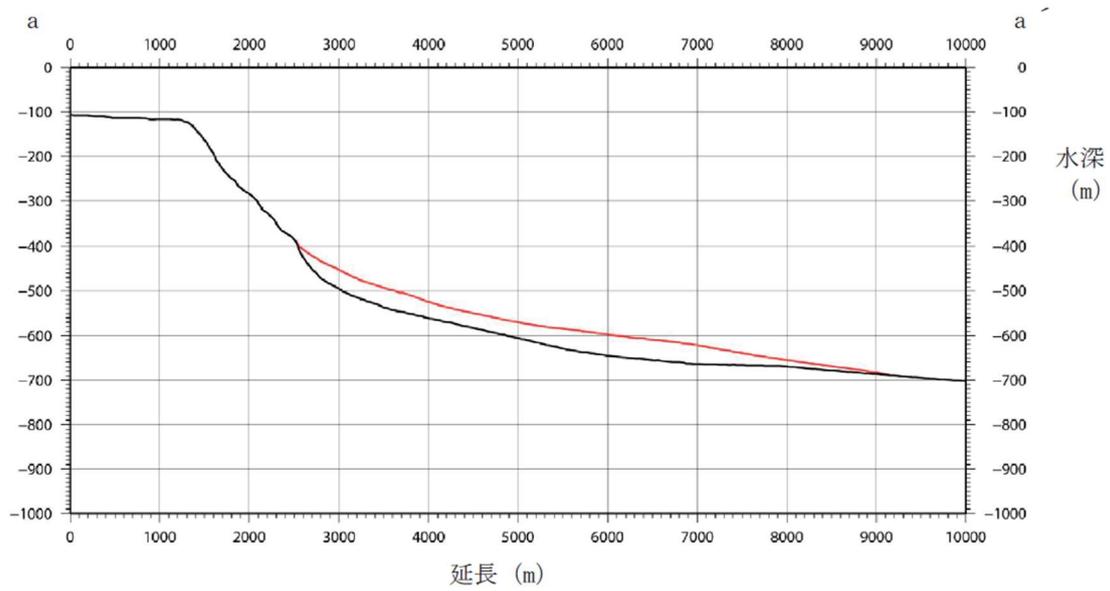
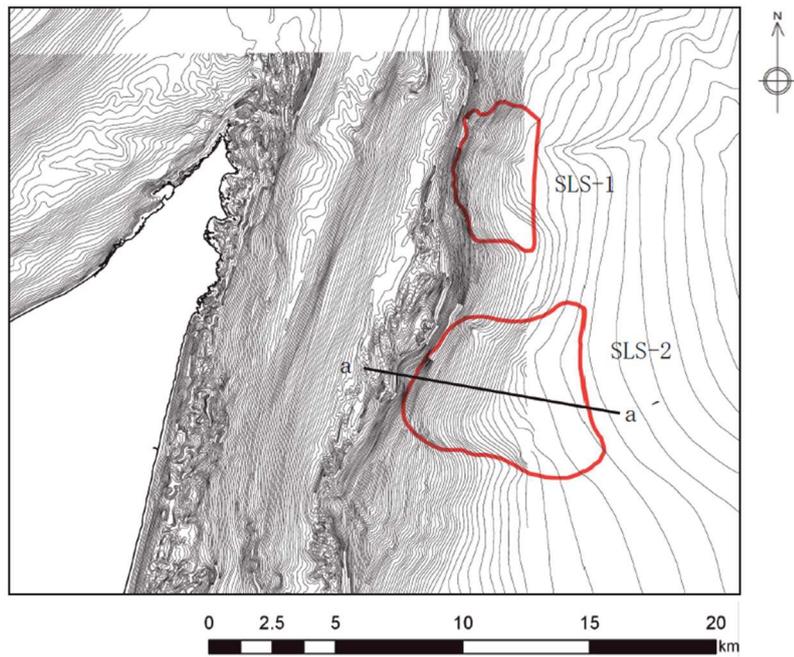
添3 へー第20 図 海洋プレート内地震の波源モデルの位置及び諸元 (正断層型の地震)



添3へ-第21図 敷地周辺海域の活断層分布

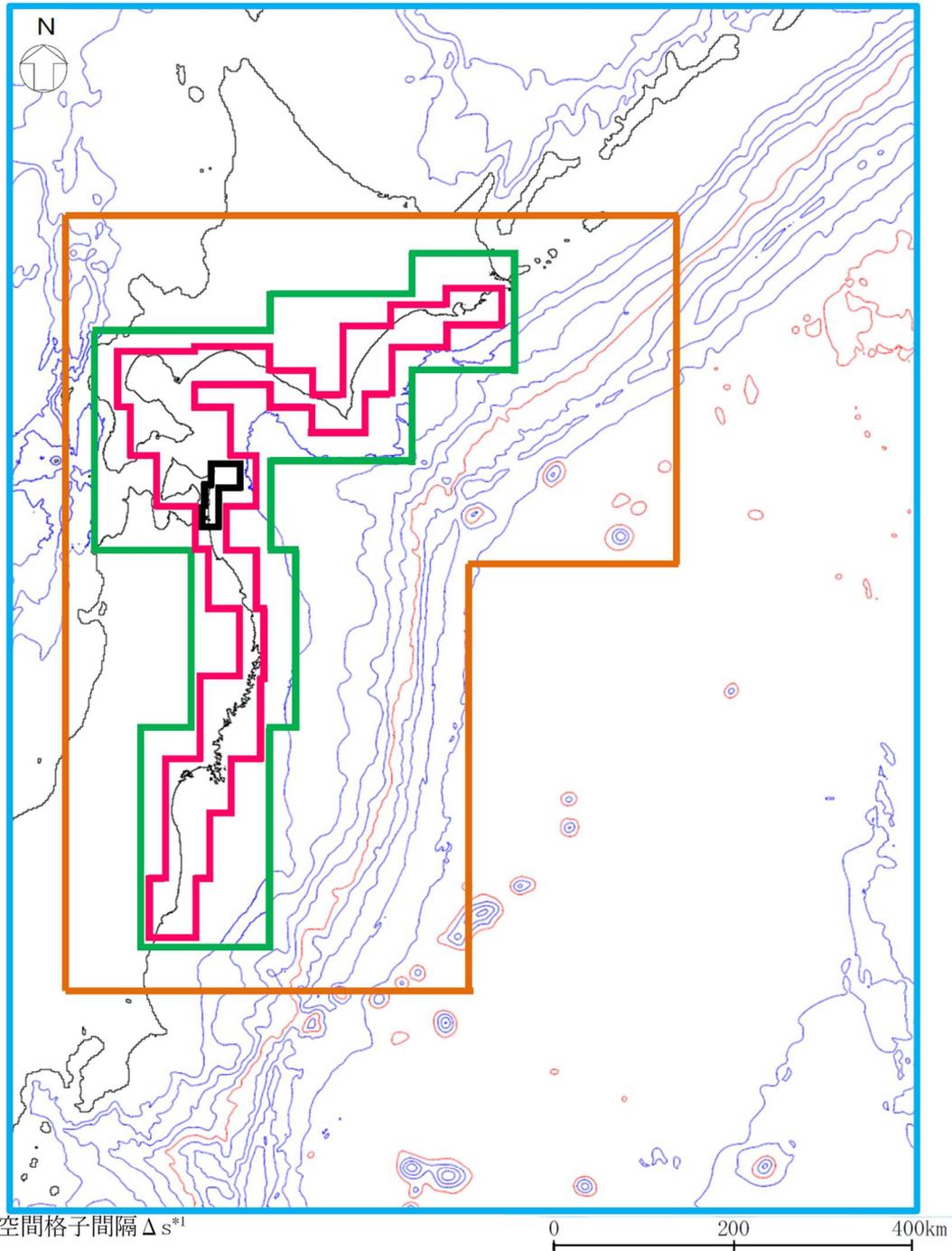


添3へ-第22図 海底地すべり地形



(黒線：現地形、赤線：復元地形)

添3へ-第23図 海底地すべり地形の断面



- 1,280m
- 640m
- 320m
- 160m
- 80m

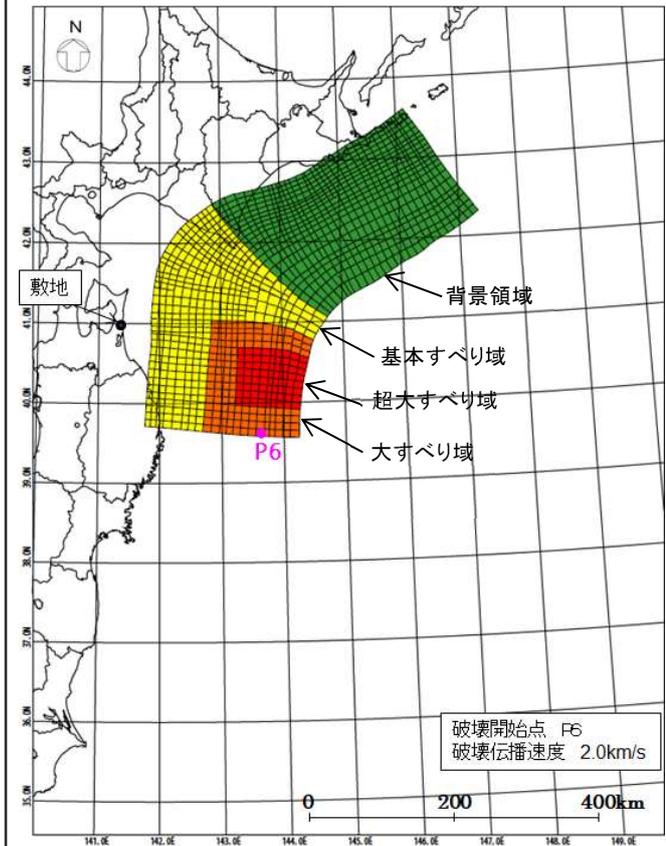
注1：コンター線は、1,000m ピッチ

*1： $\Delta s=40m$ 以下の計算領域については添3へ-第6図参照。

添3へ-第24図 計算領域とその水深及び格子分割

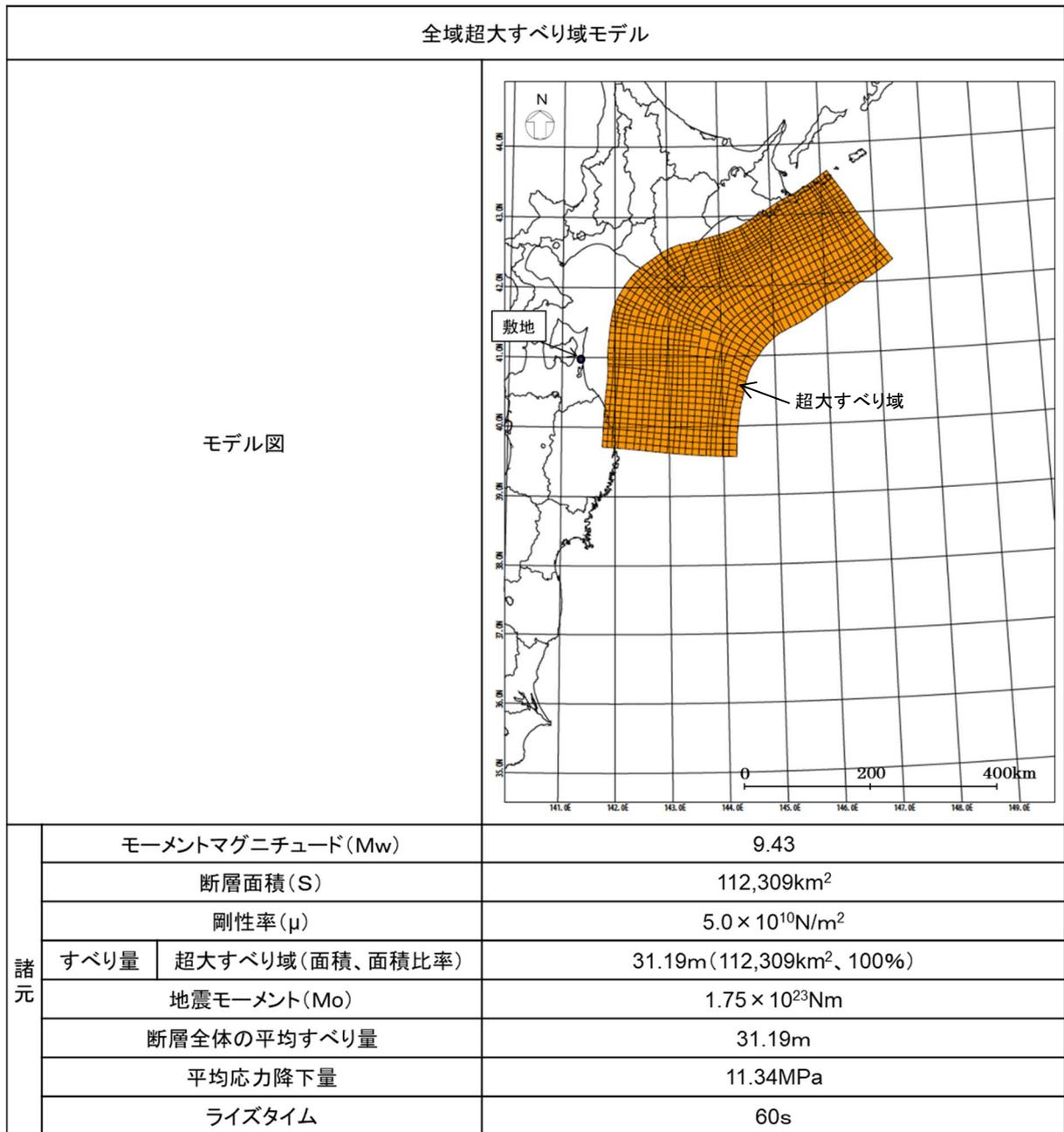
すべり量3倍モデル

モデル図

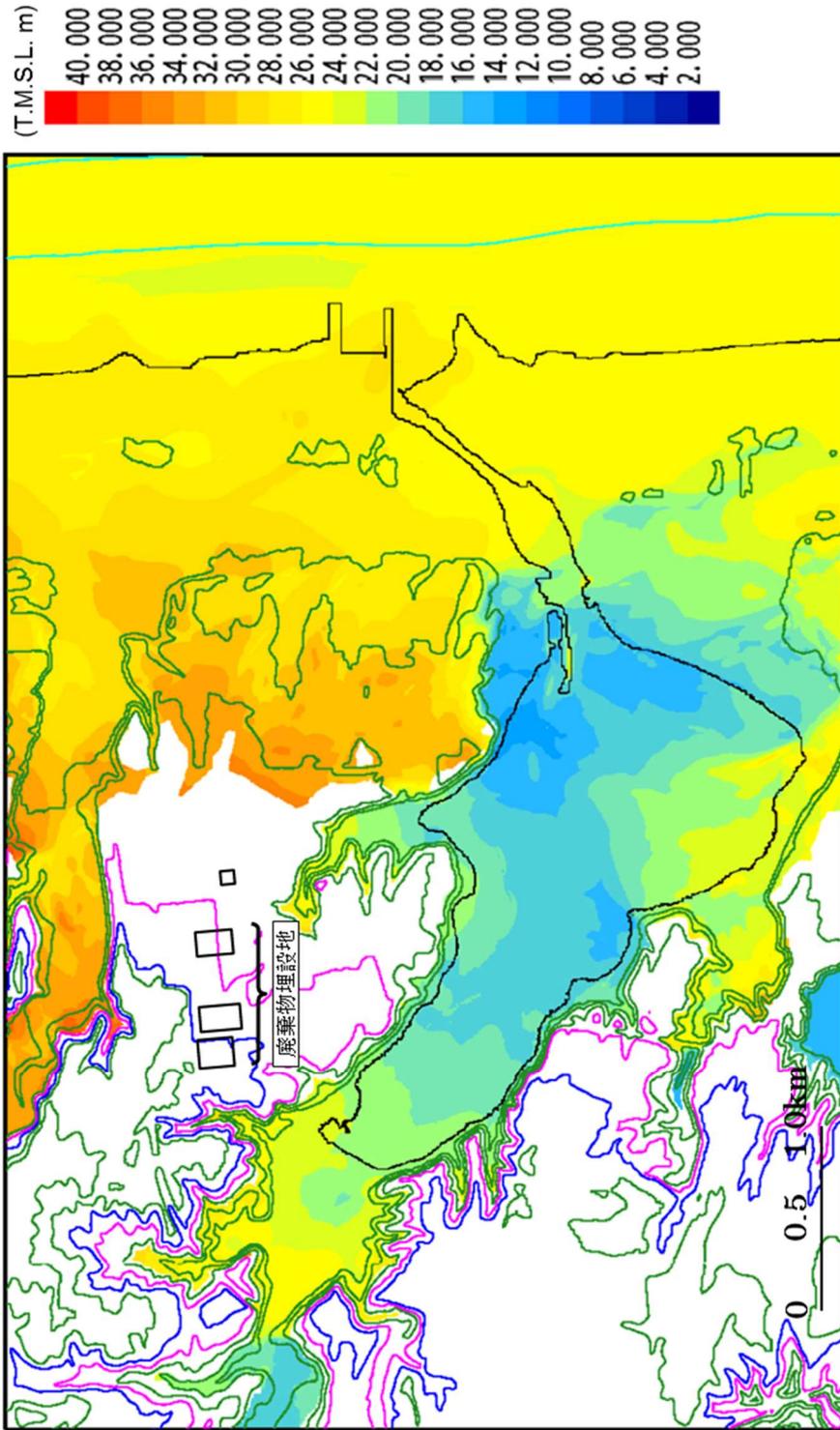


諸元	モーメントマグニチュード(Mw)	9.37		
	断層面積(S)	112,309km ²		
	剛性率(μ)	5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²		
	すべり量	超大すべり域(面積、面積比率)	93.56m(7,530km ² 、6.7%)	(20,968km ² 、18.7%)
		大すべり域(面積、面積比率)	46.78m(13,438km ² 、12.0%)	
		基本すべり域(面積、面積比率)	23.39m(36,623km ² 、32.6%)	
		背景領域(面積、面積比率)	11.70m(54,718km ² 、48.7%)	
		地震モーメント(Mo)	1.41 × 10 ²³ Nm	
		断層全体の平均すべり量	25.20m	
		平均応力降下量	9.16MPa	
	ライズタイム	60s		

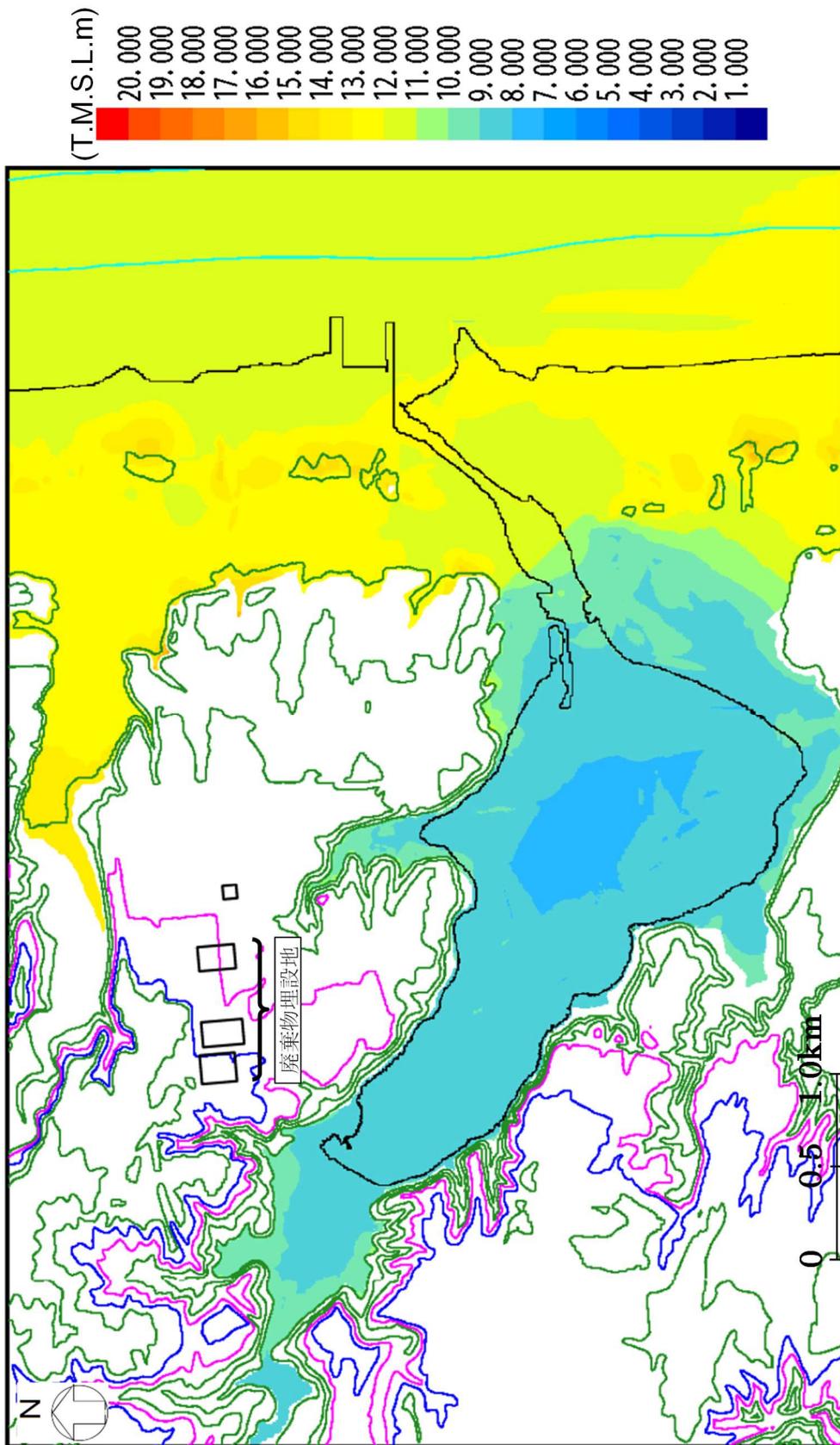
添 3 へ-第 25 図 すべり量 3 倍モデルの位置及び諸元



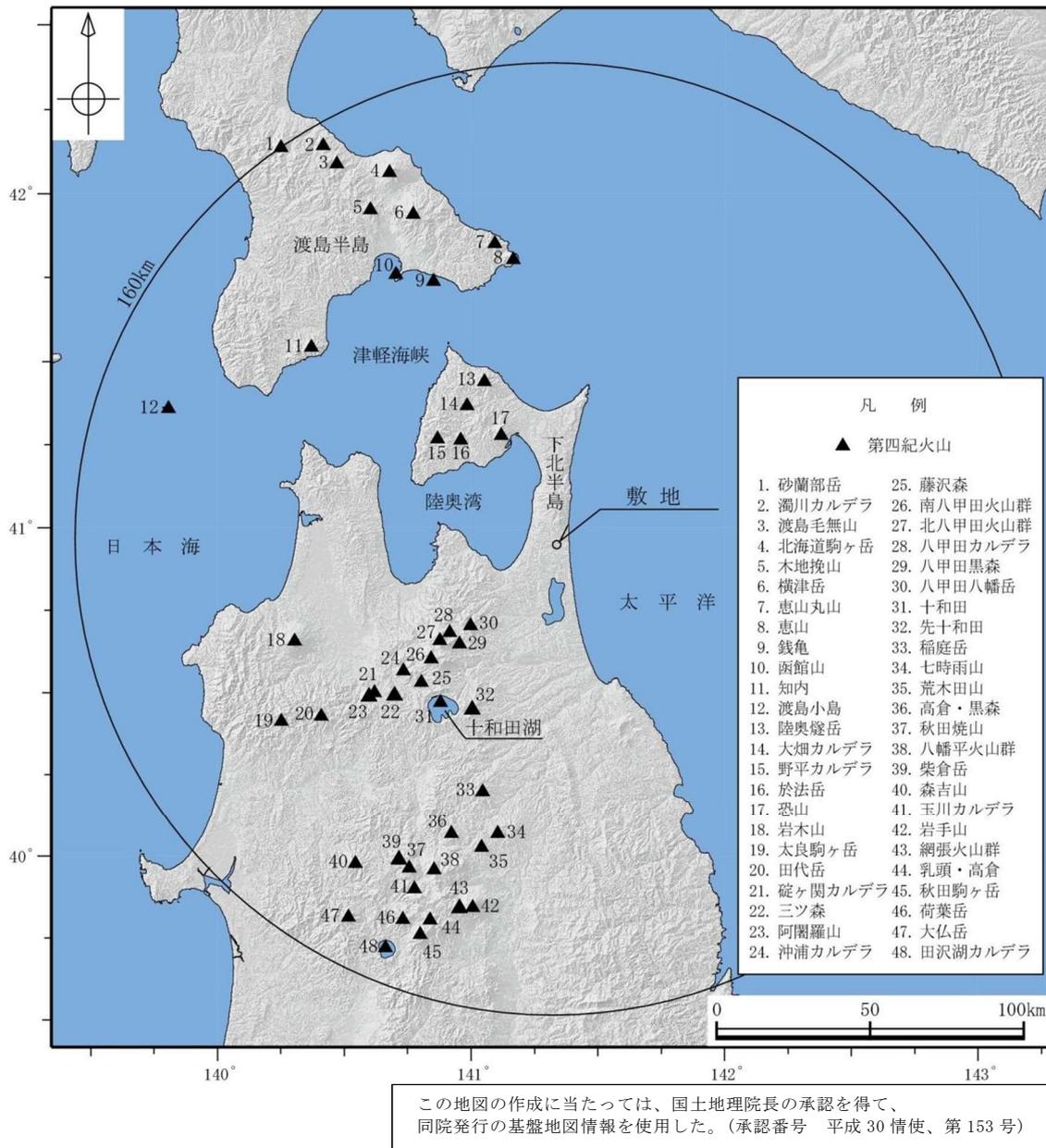
添3 へ-第26 図 全域超大すべり域モデルの位置及び諸元



添3へ-第27図 すべり量3倍モデルによる検討結果

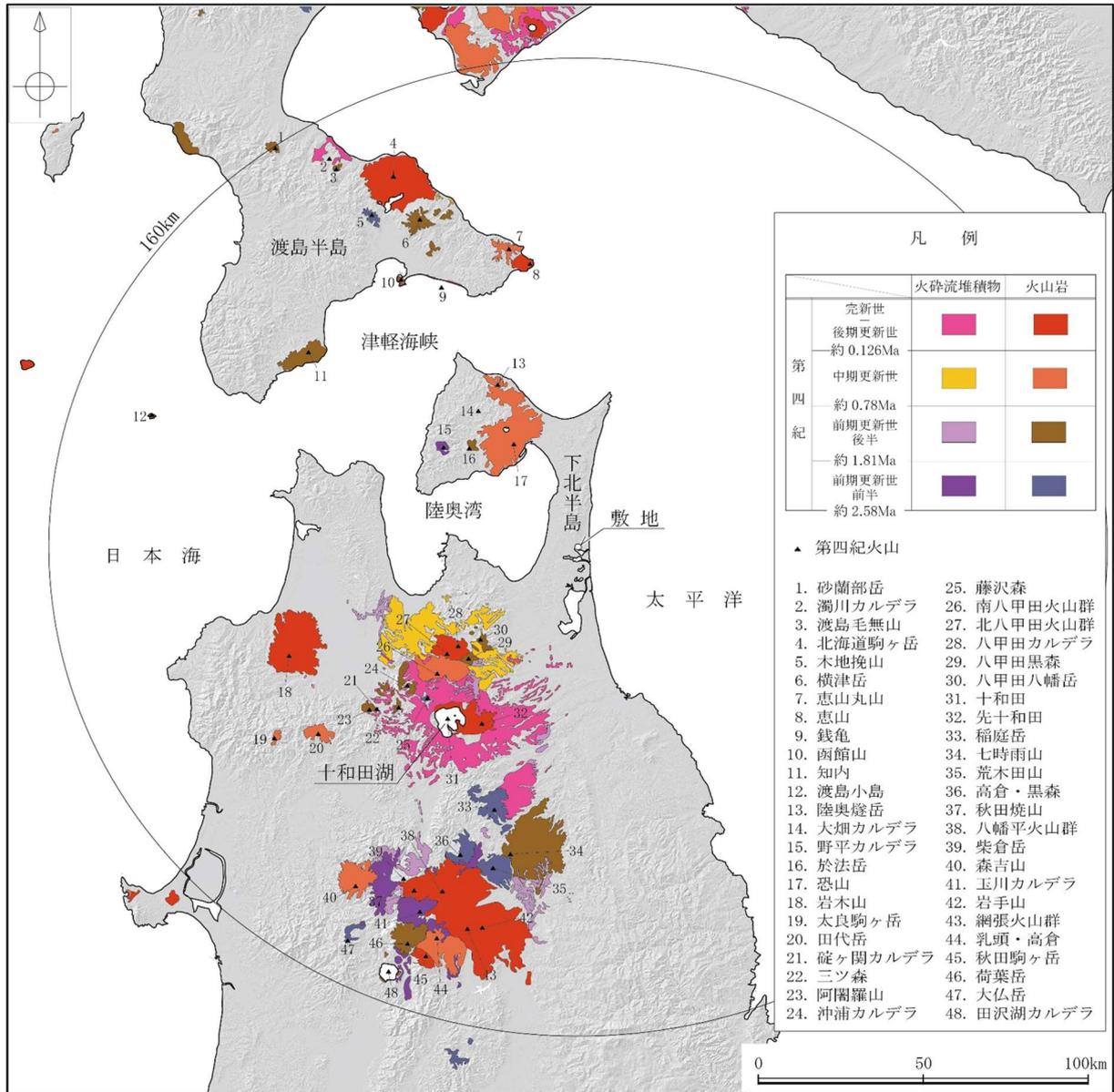


添3へ-第28図 全域超大すべり域モデルによる検討結果

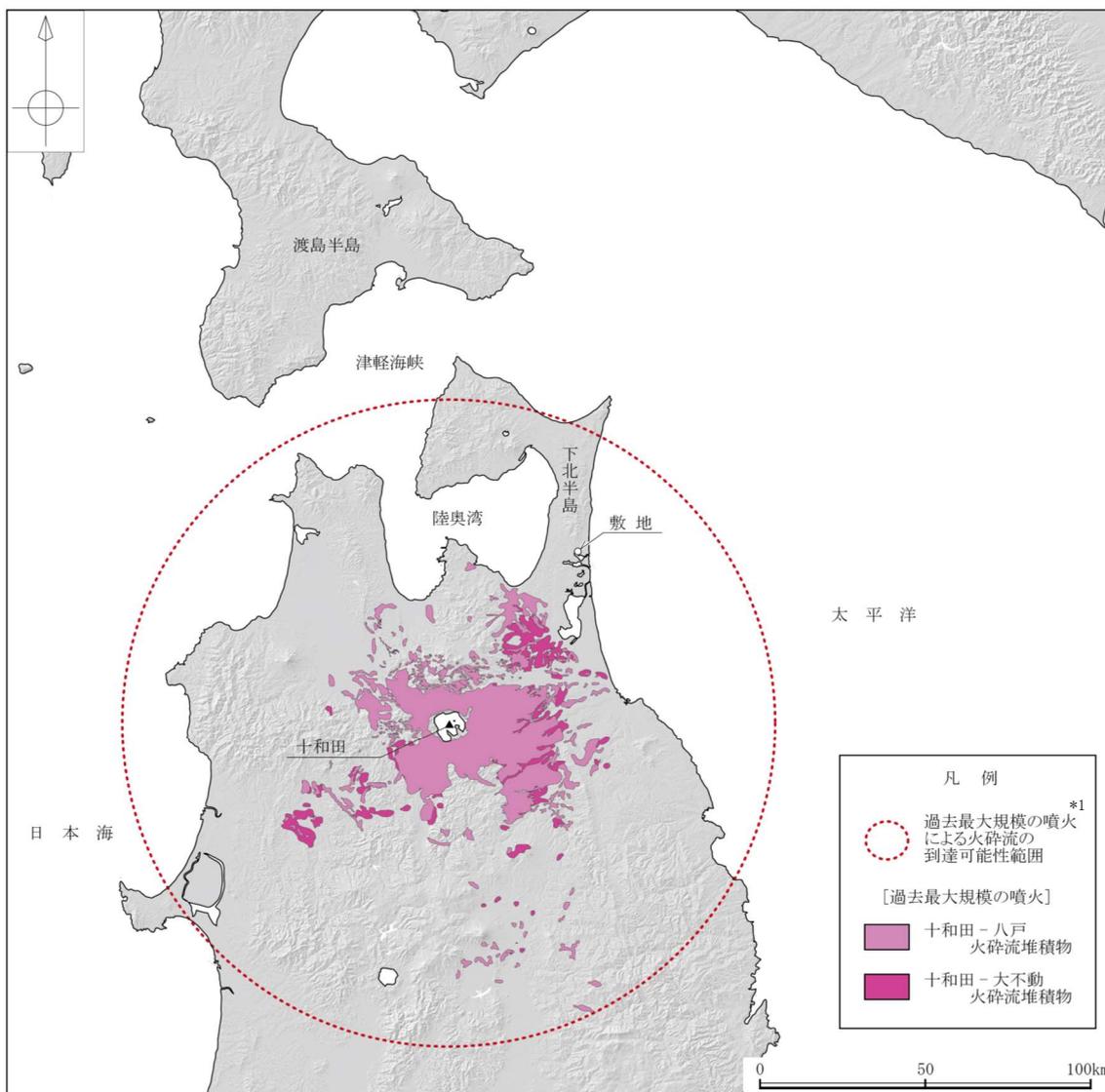


中野ほか編(2013)⁽¹⁾に基づき作成

添 3 ト-第 1 図 事業所敷地周辺の第四紀火山分布図
(敷地を中心とする半径 160km 範囲)



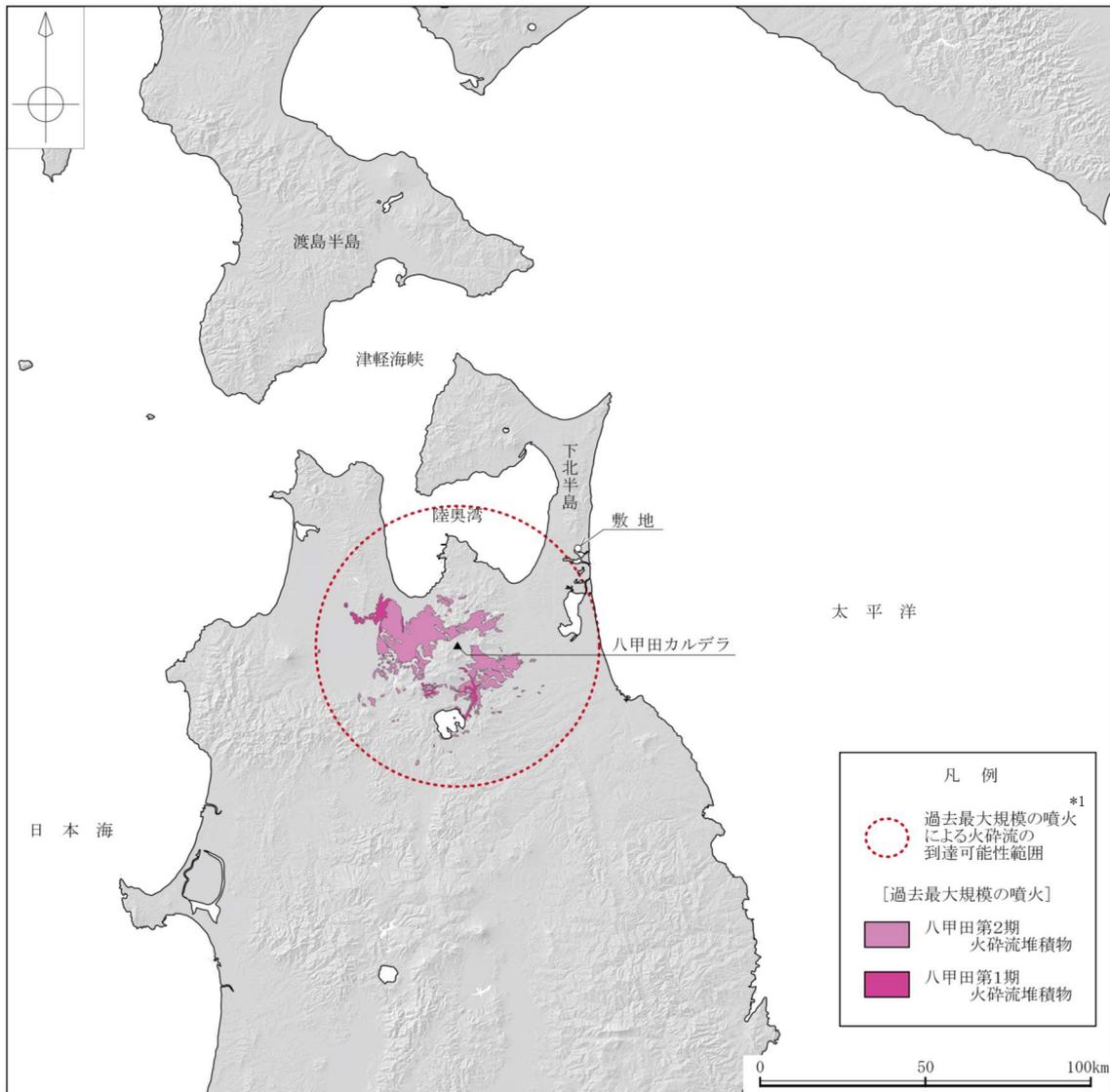
添 3 ト-第 2 図 地理的領域内の火山地質図



*1：到達可能性範囲は、火山を中心に過去の最大規模の噴火に伴う火砕流の最大到達距離を半径とし、円を描いた。

町田・新井(2011)⁽⁹⁾、中川ほか(1972)⁽⁵³⁾、土井(1993)⁽⁵⁴⁾、村岡ほか(1991)⁽⁵⁵⁾、大沢ほか(1993)⁽⁵⁶⁾、大沢・須田(1978)⁽⁵⁷⁾及び長森ほか(2013)⁽⁵⁸⁾に基づき作成

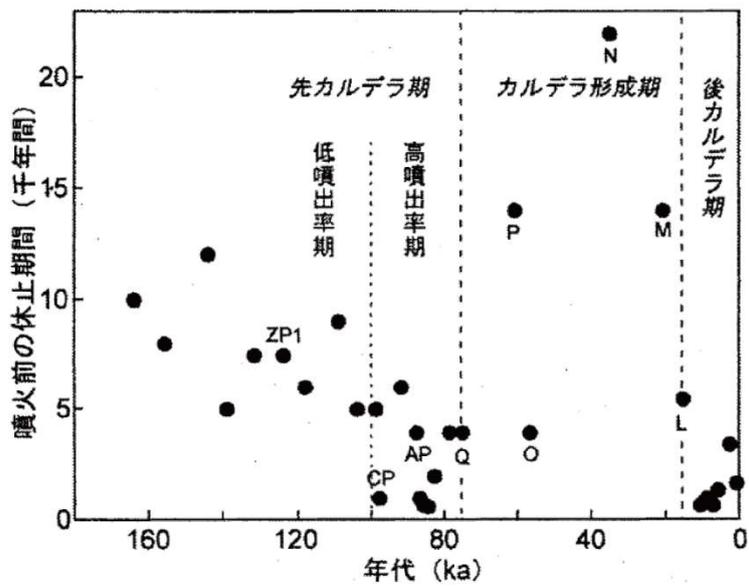
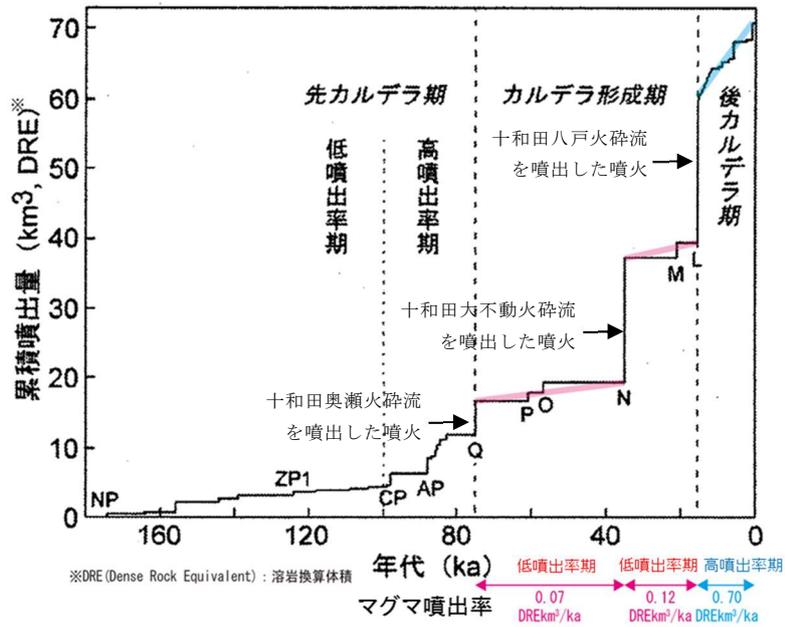
添3ト-第3図 十和田における過去最大規模の噴火による火砕流堆積物の分布と到達可能性範囲



*1：到達可能性範囲は、火山を中心に過去の最大規模の噴火に伴う火砕流の最大到達距離を半径とし、円を描いた。

村岡・高倉(1988)⁽²⁸⁾、工藤ほか(2019)⁽⁴⁸⁾、村岡ほか(1991)⁽⁵⁵⁾、大沢ほか(1993)⁽⁵⁶⁾、長森ほか(2013)⁽⁵⁸⁾及び
青森県史編さん自然部会(2001)⁽⁵⁹⁾に基づき作成

添3ト-第4図 八甲田カルデラにおける過去最大規模の噴火による
火砕流堆積物の分布と到達可能性範囲

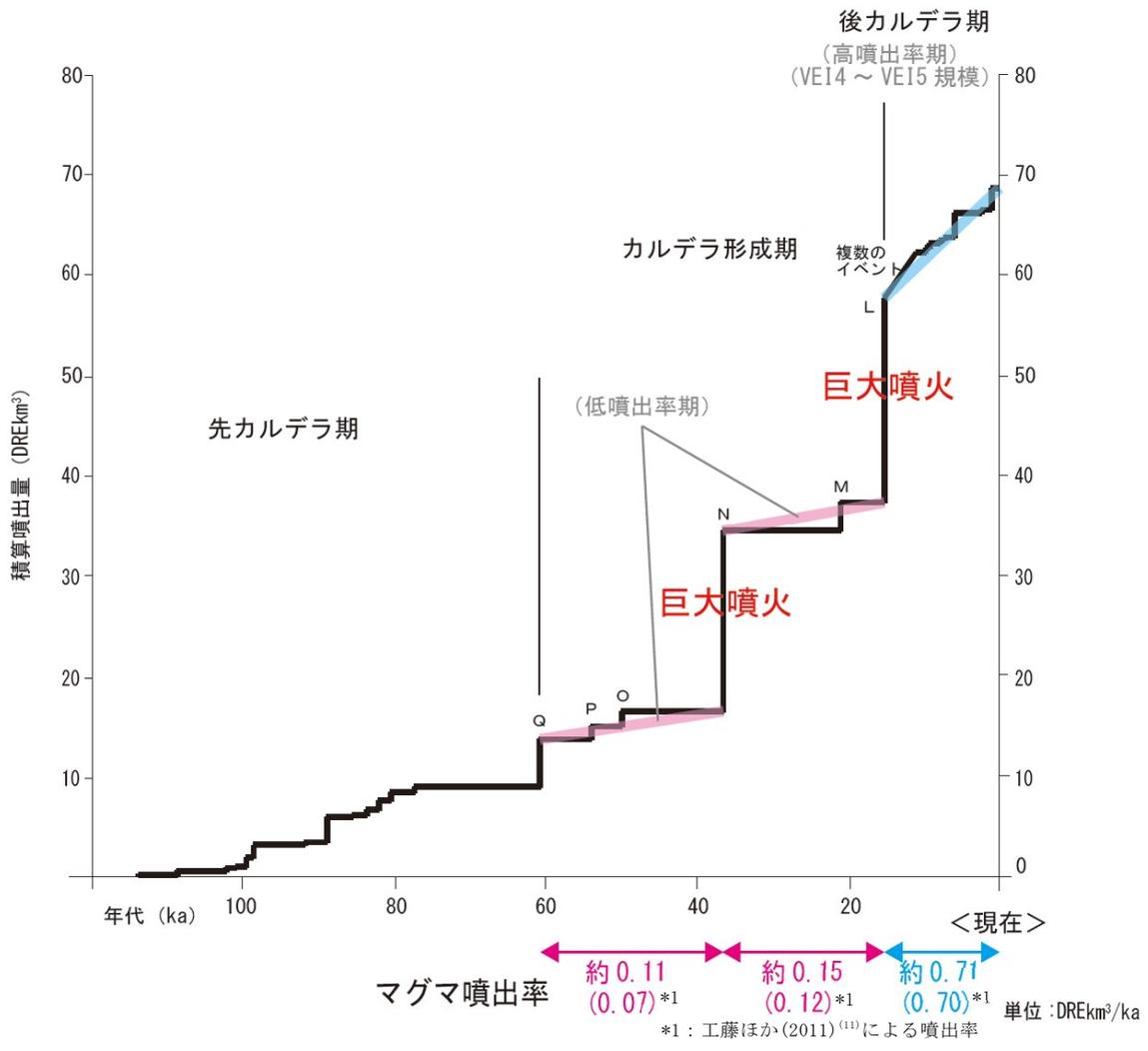


- | | |
|---------------------|-----------------|
| [カルデラ形成期] | [先カルデラ期] |
| L: 十和田八戸火砕流及び八戸テフラ | AP: 十和田アオスジテフラ |
| M: 十和田ビスケット2テフラ | CP: 十和田カステラテフラ |
| N: 十和田大不動火砕流及び切田テフラ | ZP1: 十和田ザラメ1テフラ |
| O: 十和田合同テフラ | NP: 十和田ヌカミソテフラ |
| P: 十和田キビダンゴテフラ | |
| Q: 十和田奥瀬火砕流及びレッドテフラ | |

工藤ほか(2011)⁽¹¹⁾に基づき作成

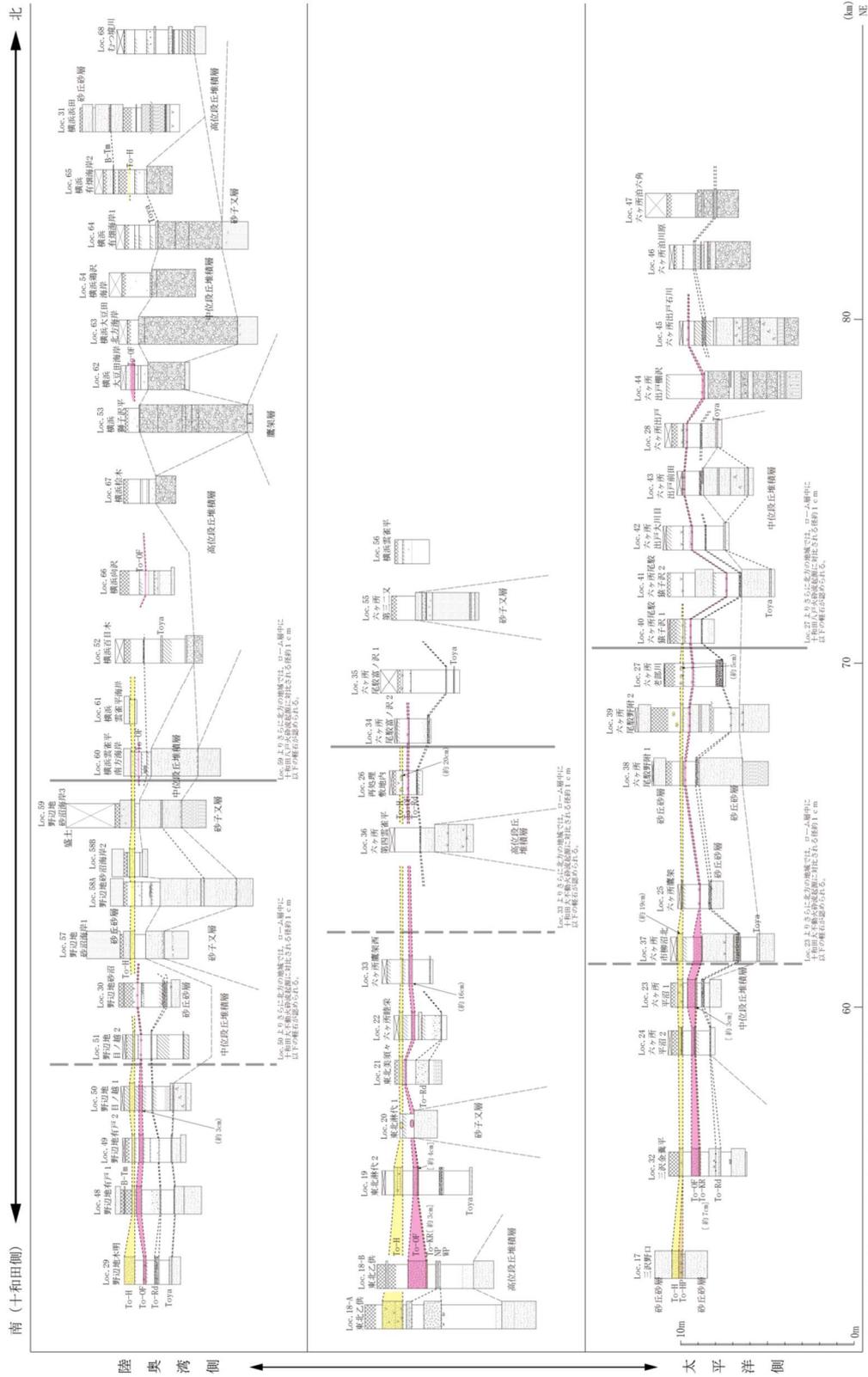
添3ト-第5図 十和田の階段ダイアグラム及び噴火前休止期間の時間変化

注1: 八甲田ベタテフラの年代を190kaとした場合における各噴出物の年代

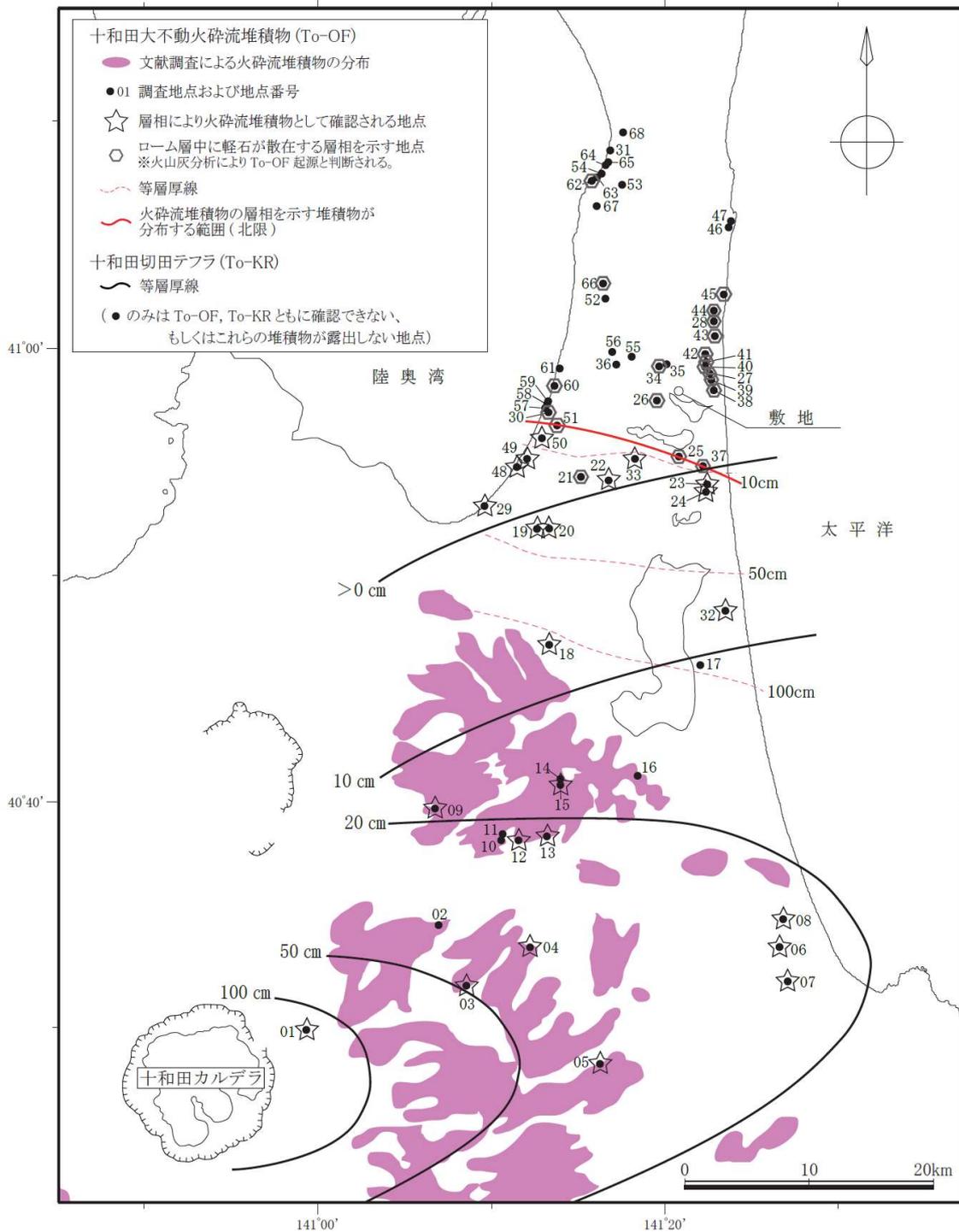


Yamamoto et al. (2018)⁽¹²⁾に基づき作成

添3 ト-第6図 十和田の階段ダイアグラム



添3 ト-第7図 巨大噴火に伴う火砕流堆積物に着目した地質柱状図 (2/2)
 (各調査地点の位置は添3 ト-第8図及び添3 ト-第10図に示す)

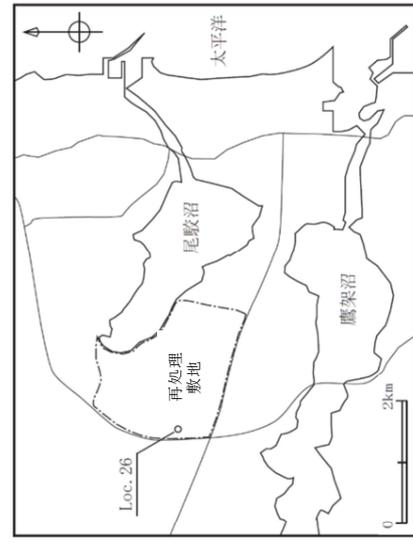


町田・新井(2011)⁽⁹⁾及び土井(1993)⁽⁵⁴⁾に基づき当社が作成

添3ト-第8図 十和田大不動火砕流堆積物の分布及び十和田切田テフラの等層厚線図
(各調査地点の地質柱状図は添3ト-第7図に示す)

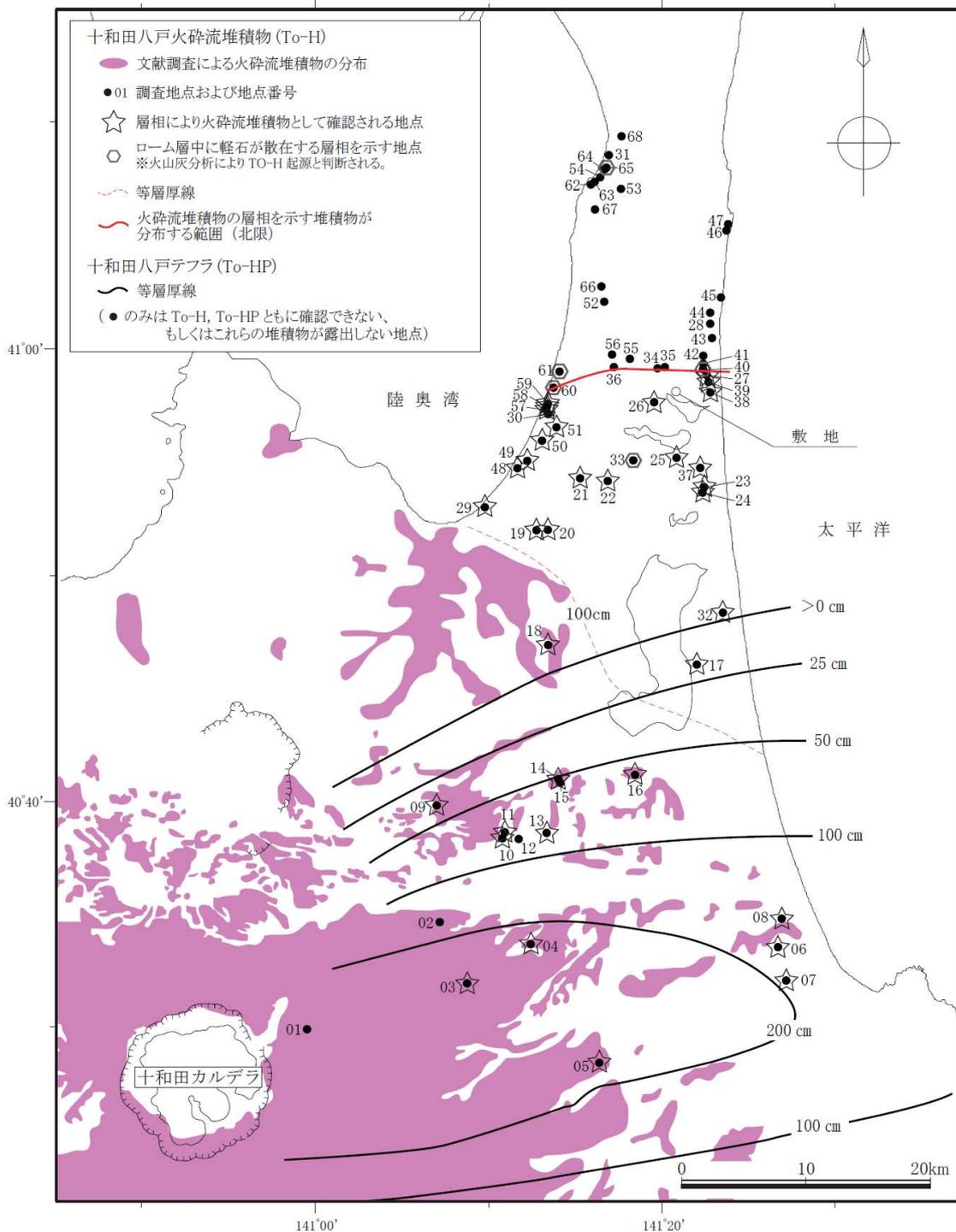


上位より、
十和田八戸火砕流堆積物 (To-H)、十和田大不動
火砕流堆積物 (To-0F) 起源の軽石が散在する層準、
並びに軽石及び岩片が密集する十和田レッドテフラ
(To-Rd) が確認される。



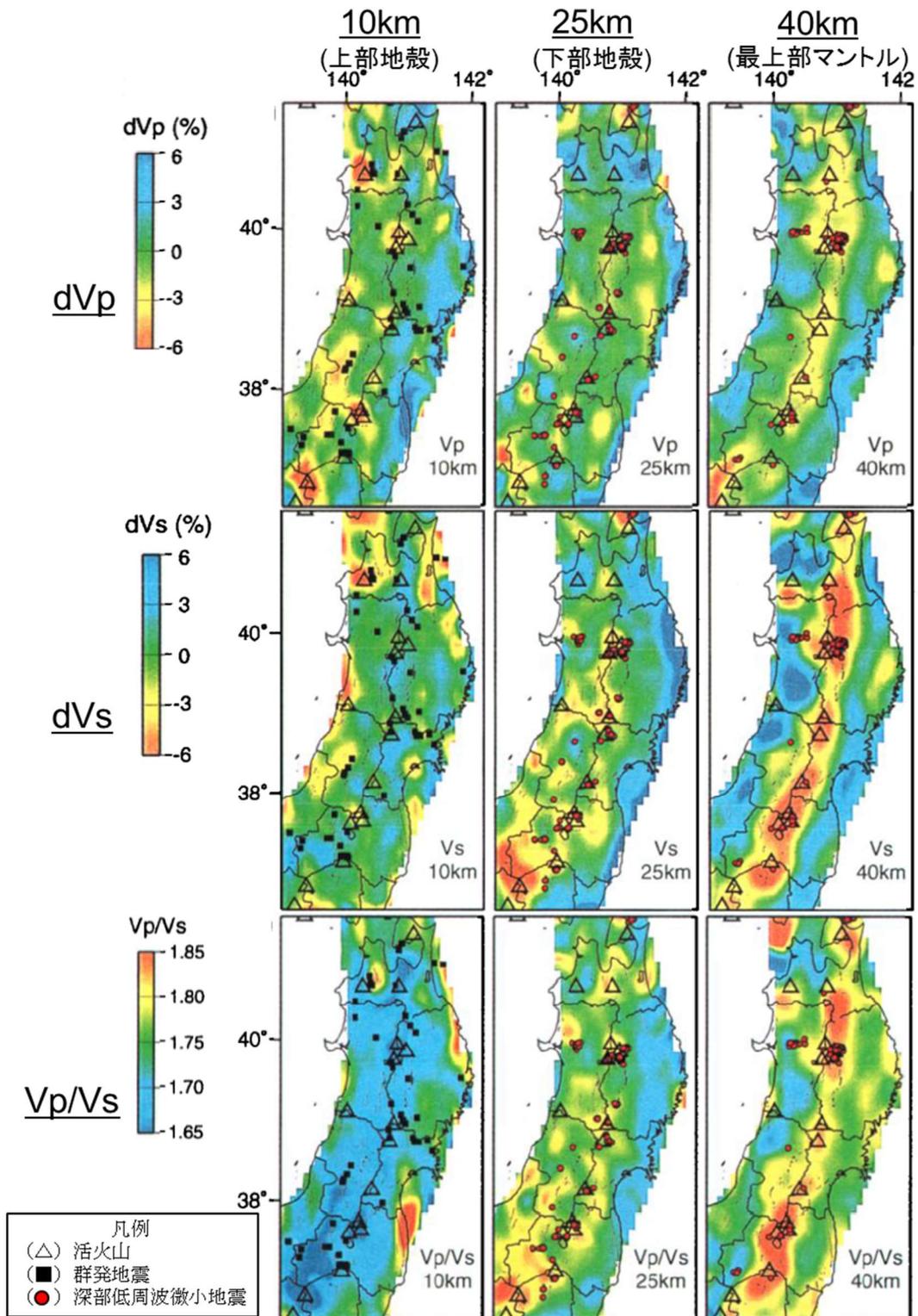
添3ト-第9図 Loc. 26における十和田八戸火砕流堆積物及び

十和田大不動火砕流堆積物の状況



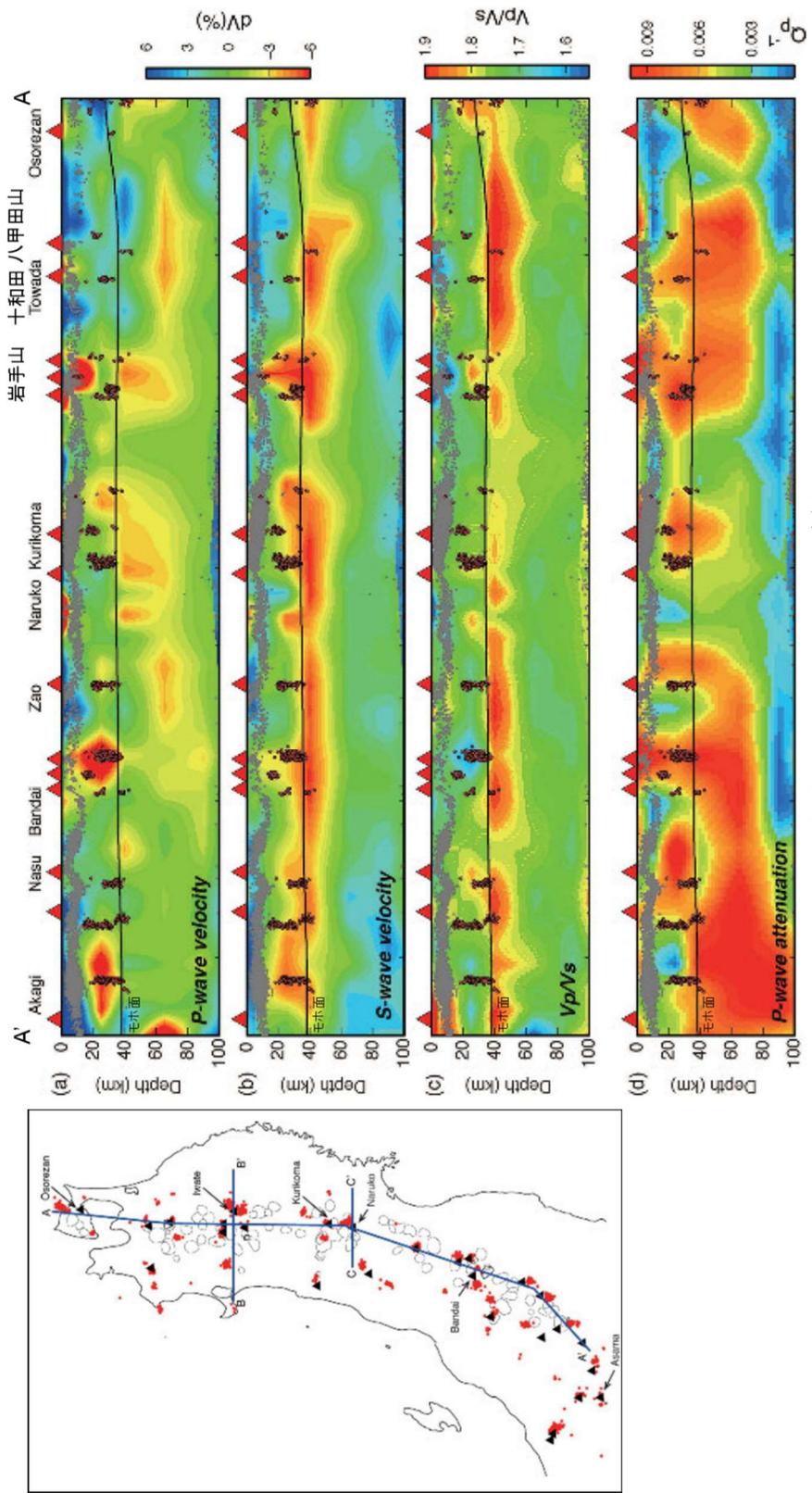
町田・新井(2011)⁽⁹⁾、土井(1993)⁽⁵⁴⁾、村岡ほか(1991)⁽⁵⁵⁾、大沢ほか(1993)⁽⁵⁶⁾及び大沢・須田(1978)⁽⁵⁷⁾に基づき当社が作成

添3ト-第10図 十和田八戸火砕流堆積物の分布及び十和田八戸テフラの等層厚線図
(各調査地点の地質柱状図は添3ト-第7図に示す)



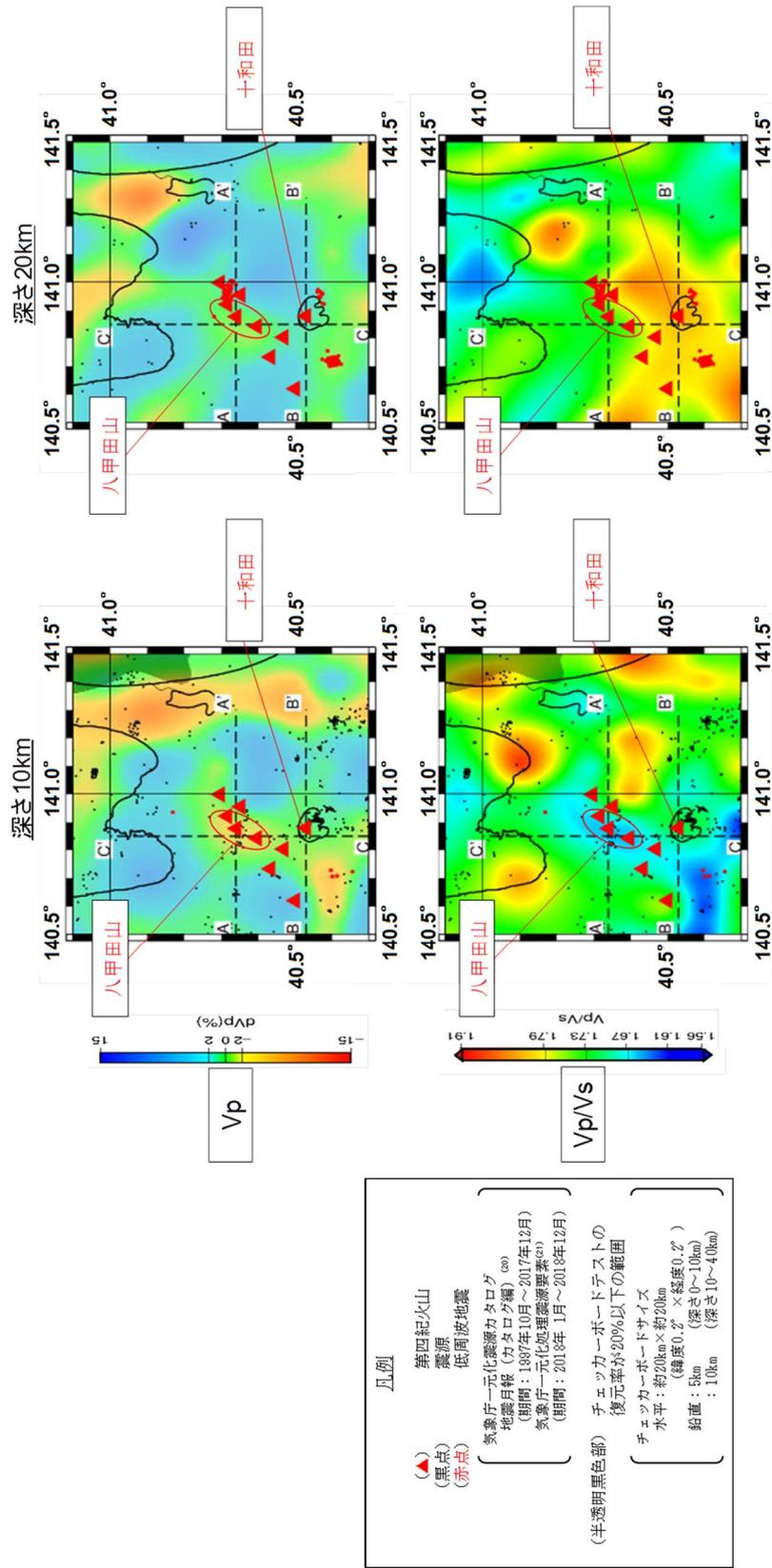
Nakajima et al. (2001)⁽¹⁶⁾に加筆

添3ト-第11図 Nakajima et al. (2001)の地震波トモグラフィ解析結果



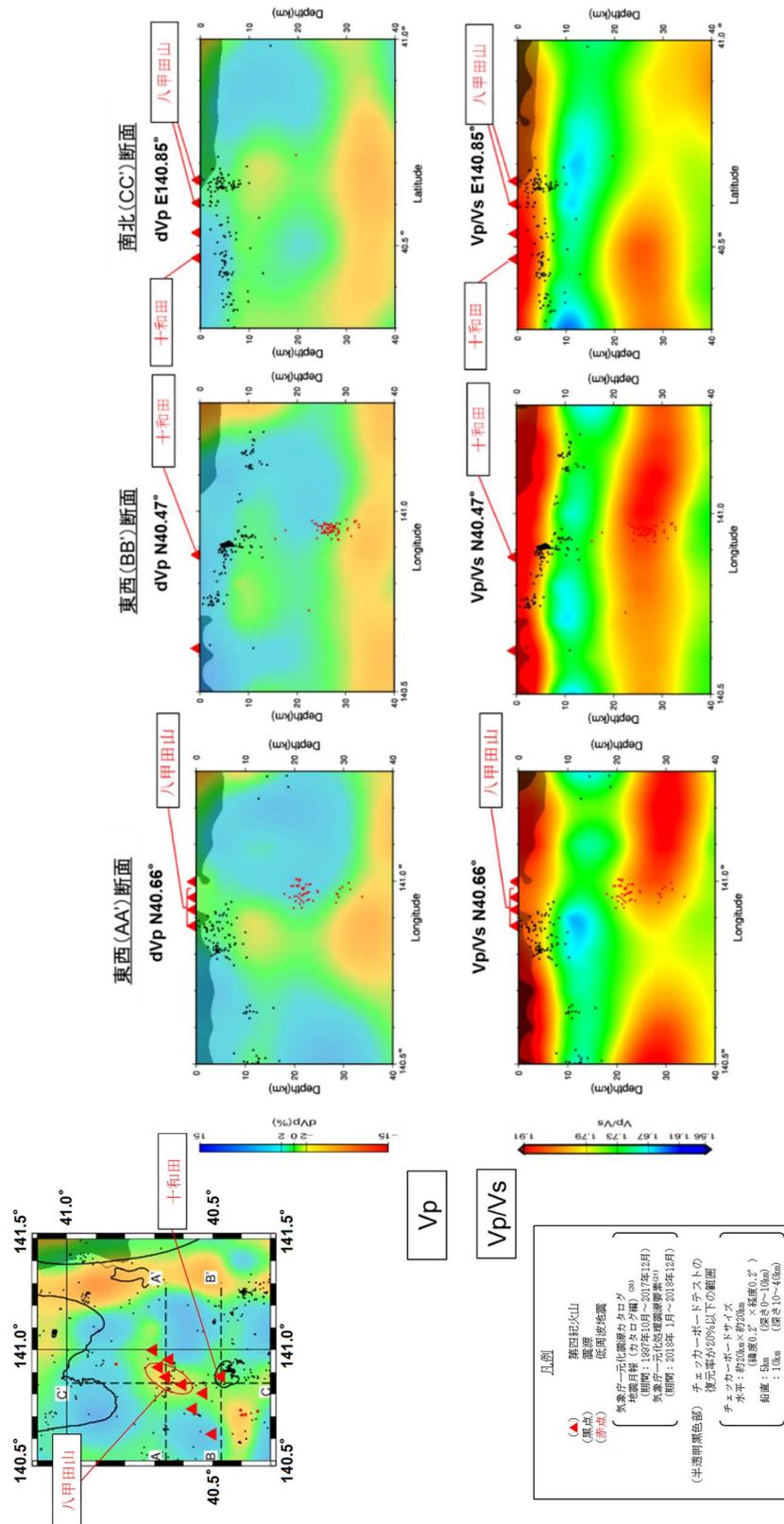
*1 : (a) ~ (c) の解析結果は Nakajima et al. (2001)⁽¹⁶⁾ と同じ
 中島 (2017)⁽¹⁷⁾ に加筆*

添3ト-第12図 中島 (2017) の地震波トモグラフィ解析結果



防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」地震波トモグラフィ解析結果の公開データを基に当社が作図 (解析手法等は Matsubara et al. (2019)⁽¹⁸⁾ に記載)

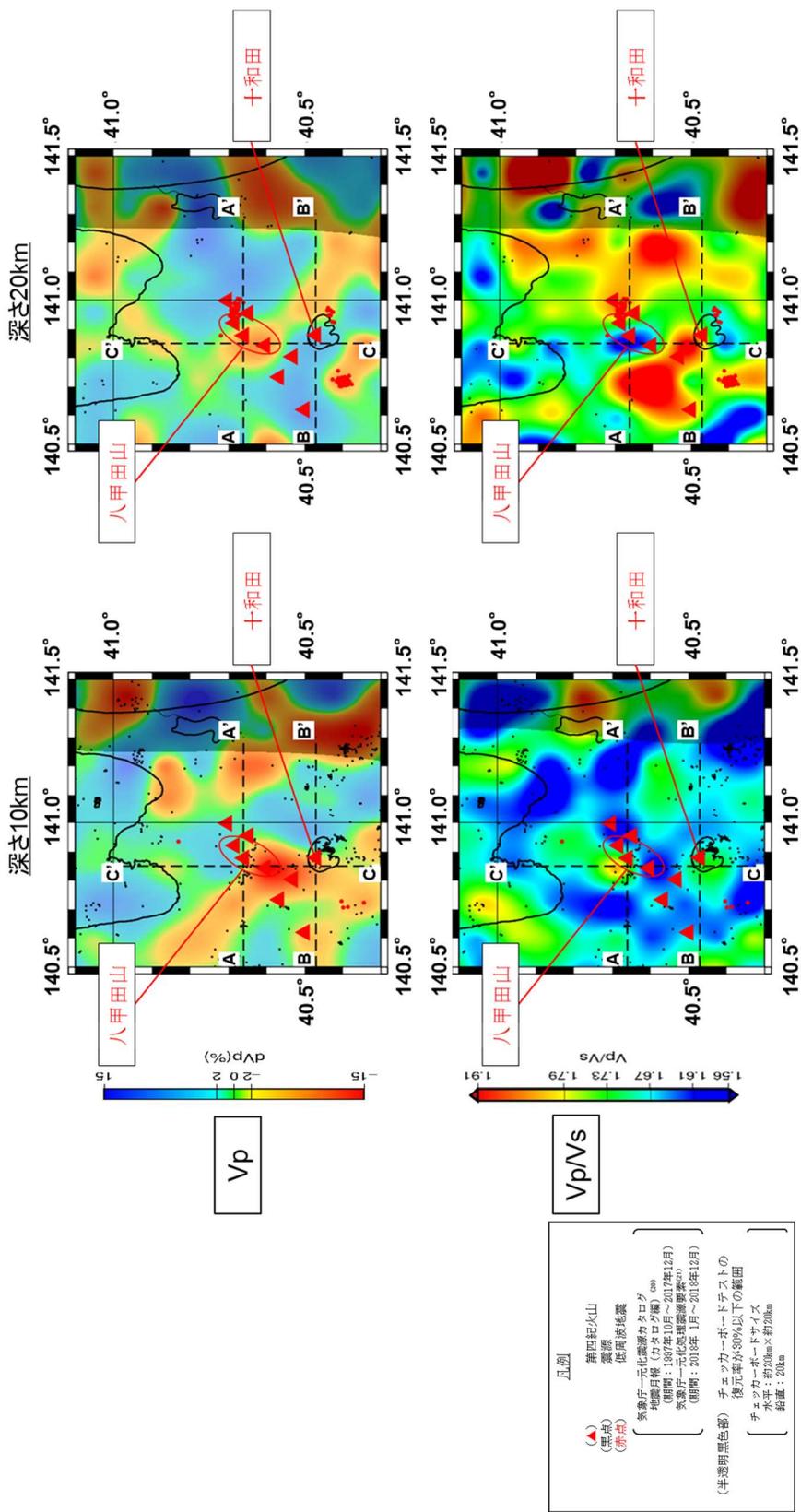
添 3 ト-第 13 図 防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」の地震波トモグラフィ解析結果(1/2)



防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」地震波トモグラフィ解析結果の

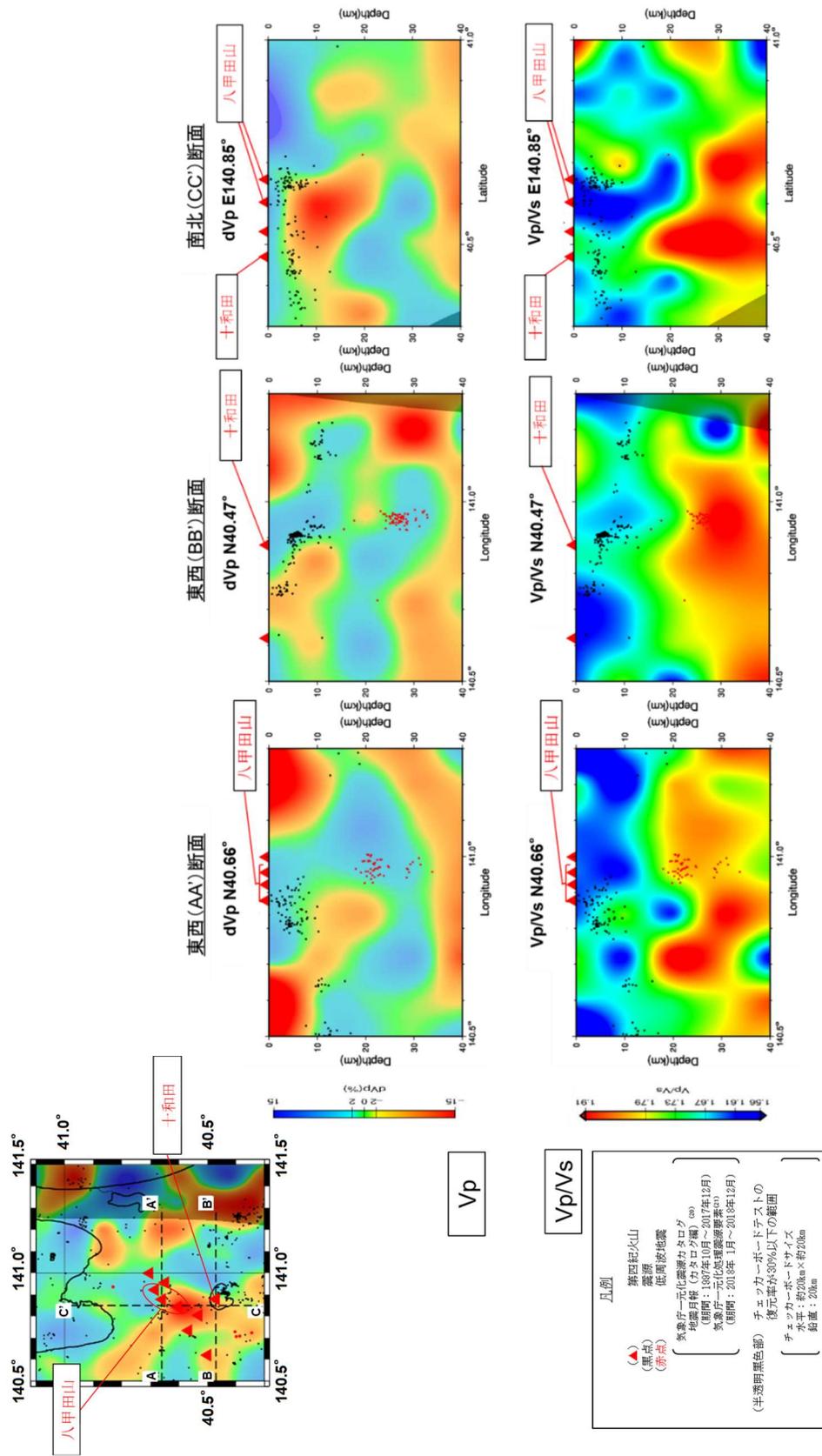
公開データを基に当社が作図 (解析手法等は Matsubara et al. (2019)⁽¹⁸⁾に記載)

添 3 ト-第 13 図 防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」の地震波トモグラフィ解析結果 (2/2)



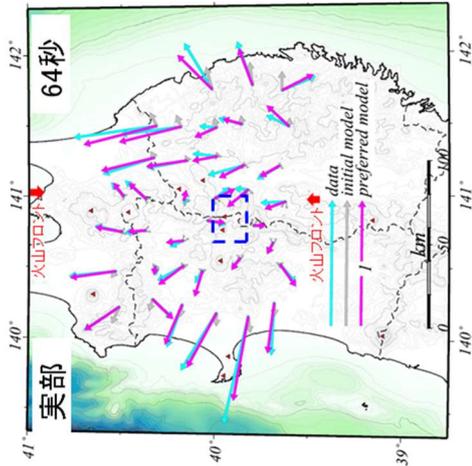
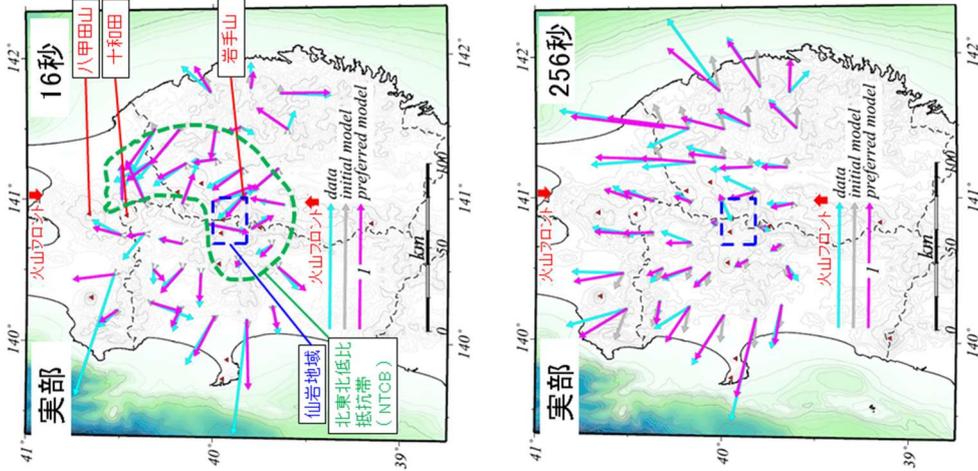
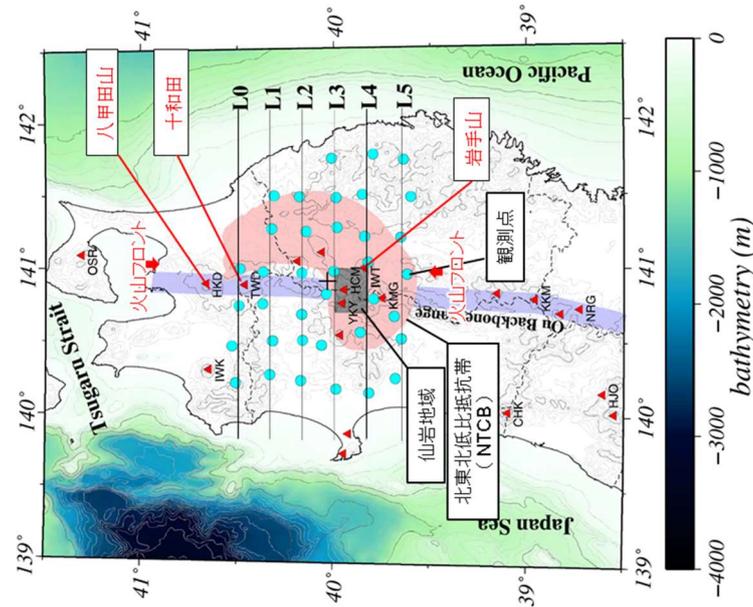
添3ト-第14図 Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果

(1/2)



添3ト-第14図 Hi-netや東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果

(2/2)



Kanda and Ogawa(2014)⁽¹⁹⁾のインダクションベクトルのうち青矢印は、Ogawa(1987)⁽⁶⁰⁾で示された観測データに基づくインダクションベクトルと同じ。

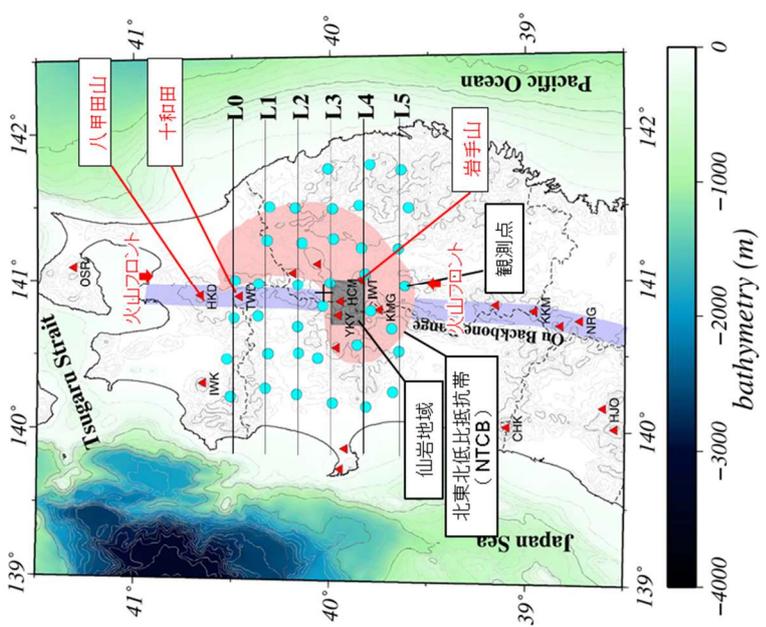
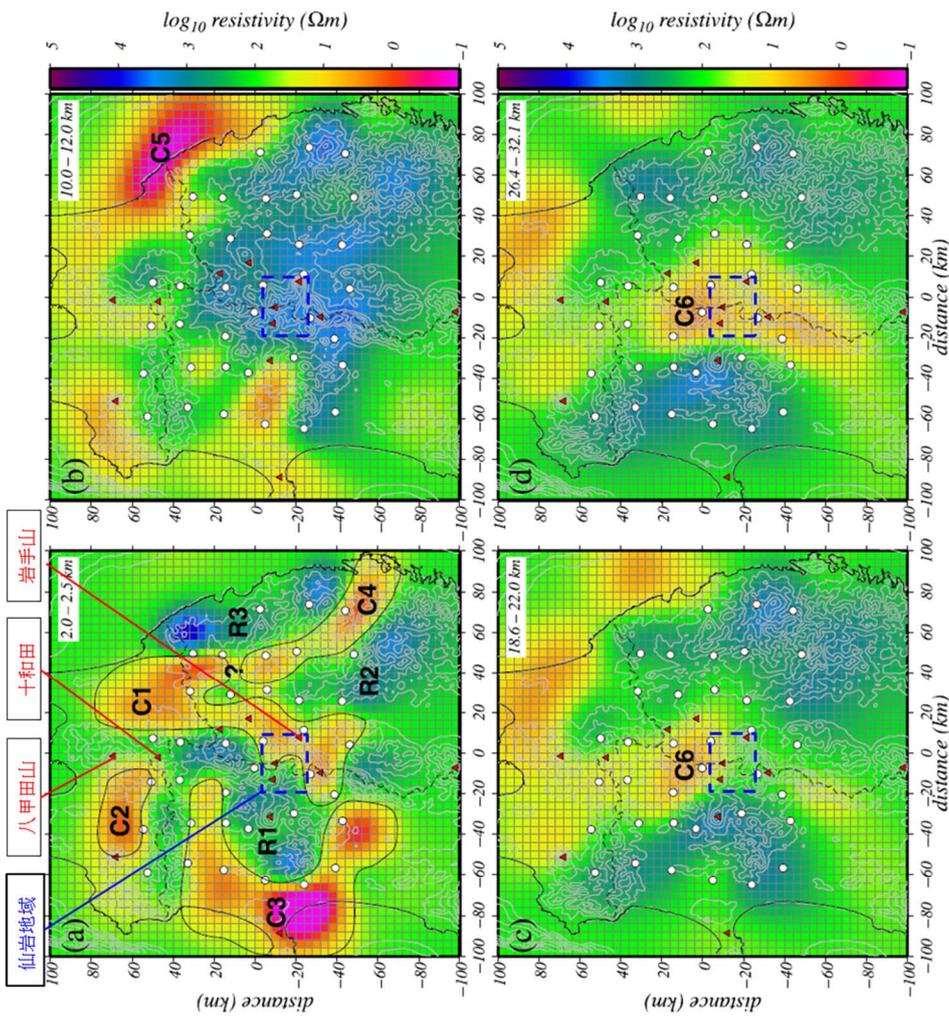
Skin depthは、観測する周波数帯域の電磁場がどれくらいの深さの情報を持っているかの指標となる。上嶋(2009)⁽⁶⁷⁾に基づけば、大地の比抵抗を100Ωmと仮定すると、

- ・16秒周期では深さ約20km以浅
- ・64秒周期では深さ約40km以浅
- ・256秒周期では深さ約80km以浅

の比抵抗構造を反映する。

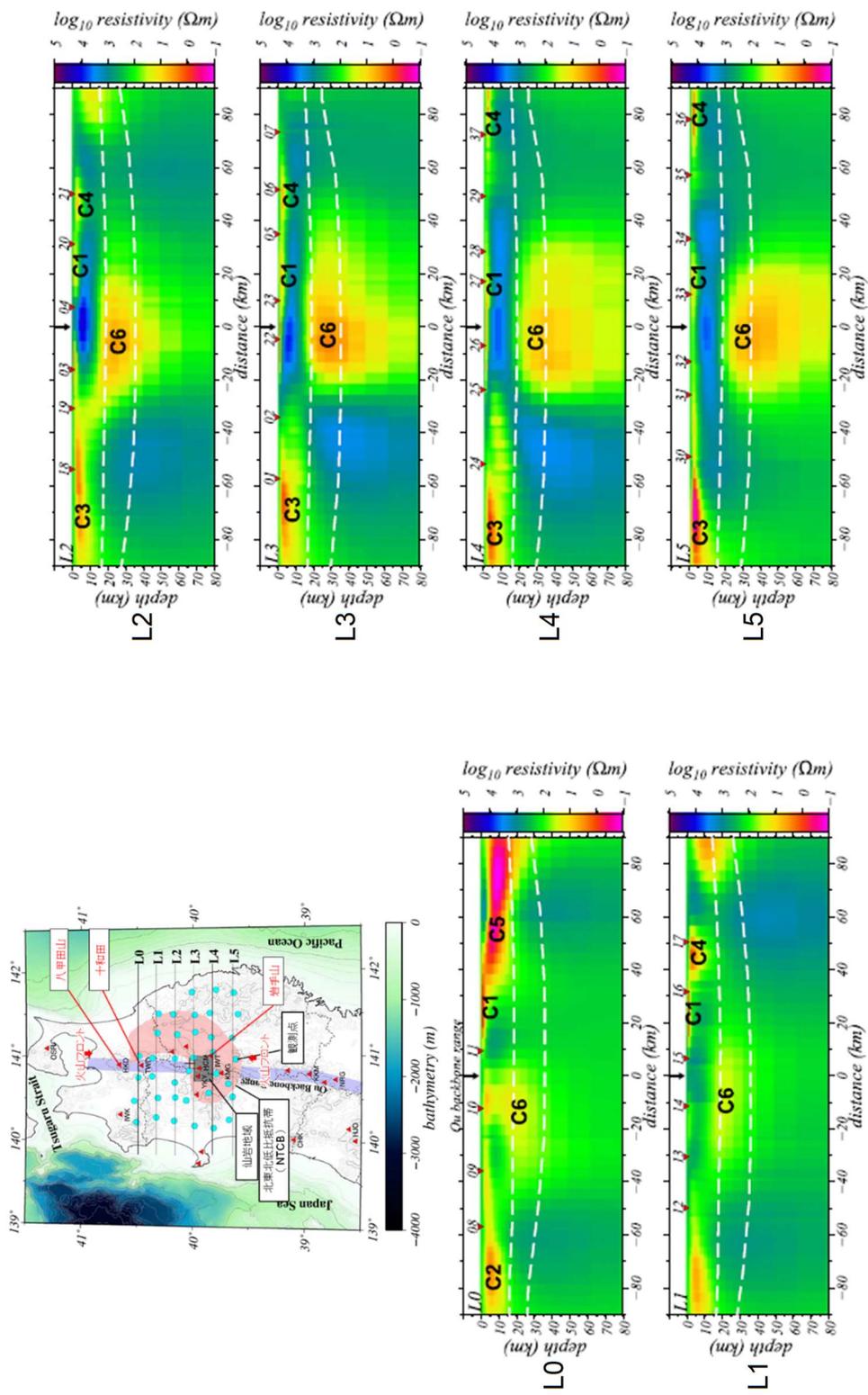
kanda and ogawa(2014)⁽¹⁹⁾に加筆

添3ト-第15図 北東北における観測及びモデル化されたインダクションベクトル



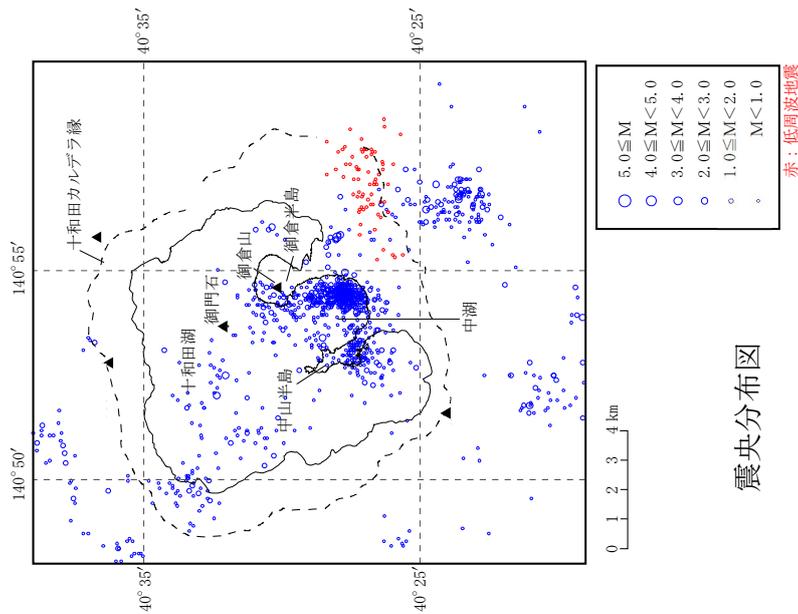
添3ト-第16図 北東北の三次元比抵抗構造(1/2)(水平断面)

kanda and ogawa (2014) ⁽¹⁹⁾ に加筆



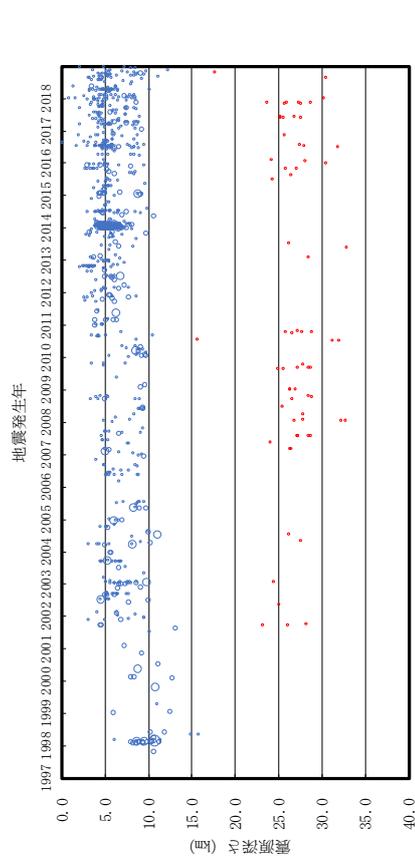
kanda and ogawa (2014) ⁽¹⁹⁾ に加筆

添3 ト-第16 図 北東北の三次元比抵抗構造(2/2) (鉛直断面)

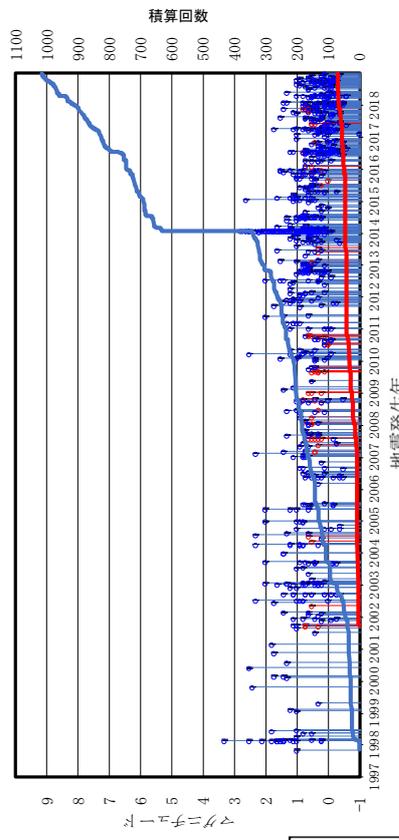


震央分布図

気象庁一元化震源カタログ
「地震月報 (カタログ編)」 気象庁 (2019) (20) (期間: 1997年10月~2017年12月)
「気象庁一元化処理震源要素」 防災科学研究所 (2019) (21) (期間: 2018年1月~2018年12月)

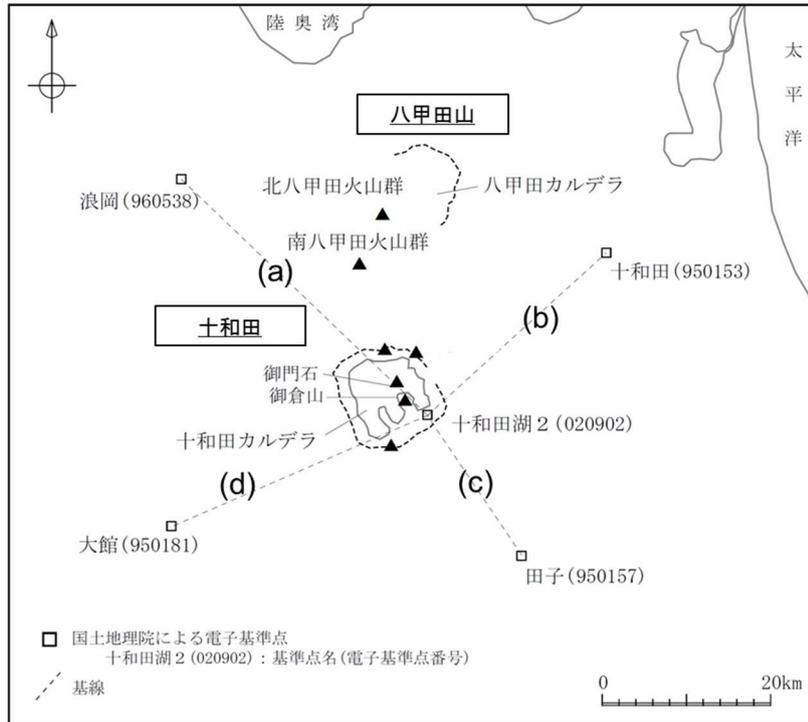


震源深さの時間変化図

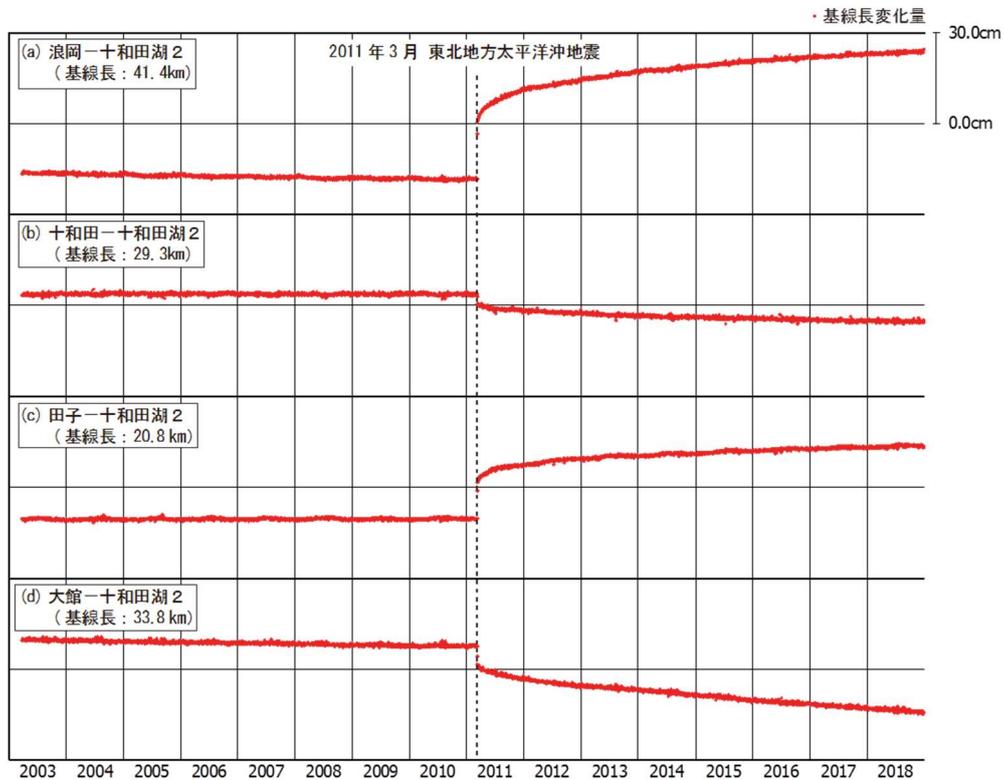


地震活動経過図及び回数積算曲線

添3ト-第17図 十和田付近における地震活動



電子基準点及び基線位置図

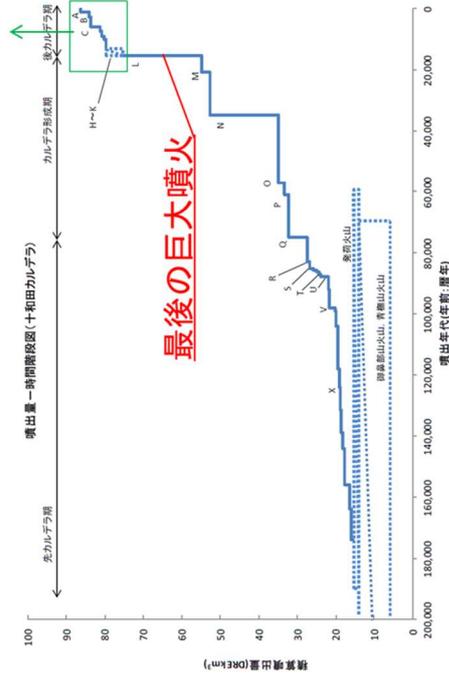
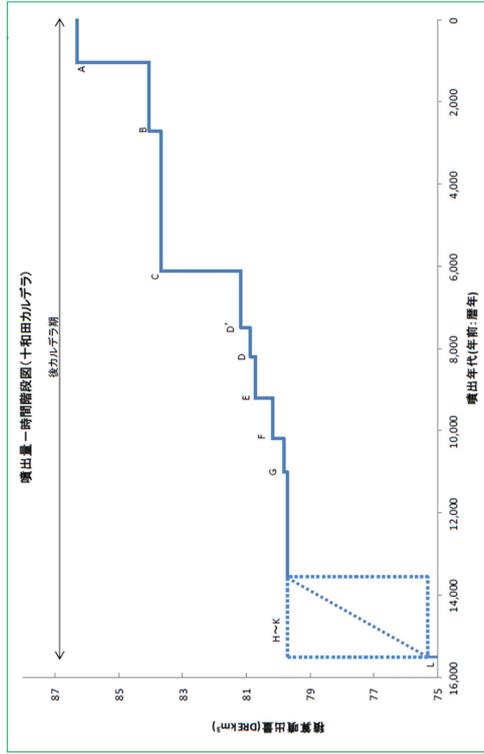


国土地理院の電子基準点データより作成(期間：2003年1月～2018年12月)

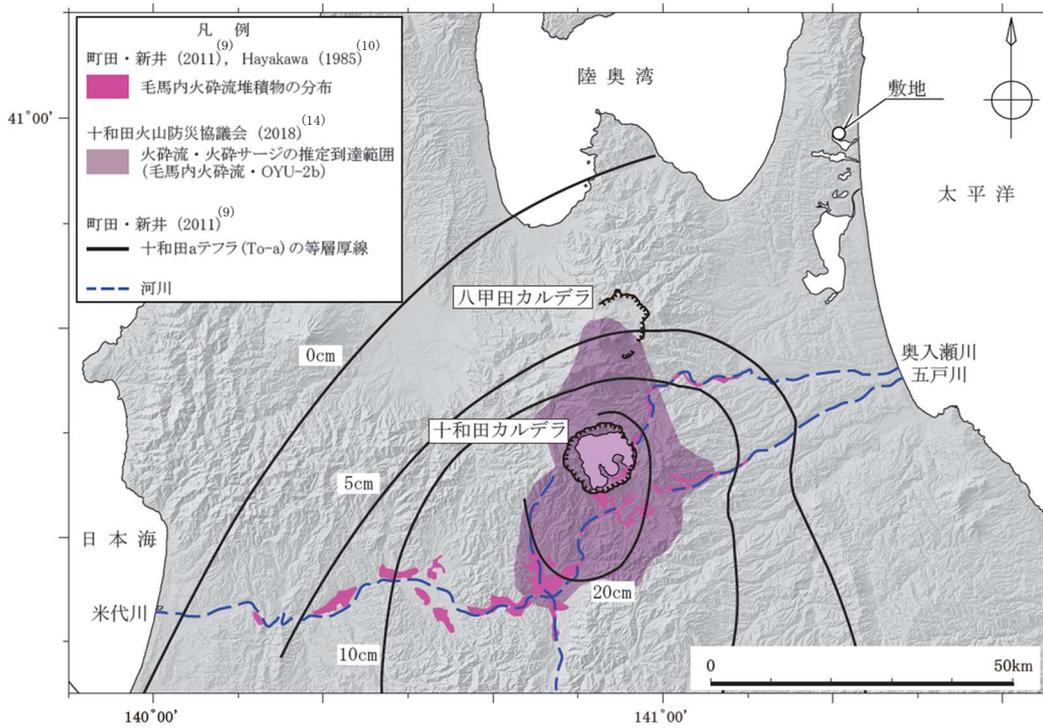
添3ト-第18図 十和田を囲む電子基準点間の基線長の時間変化(斜距離成分)

活動期	噴火エピソード (Hayakawa, 1985)	噴出物	マグマ種類	噴火様式	体積: km ³ (斜体はDRE 下線は見かけの噴出量)
後カルデラ 成層火山- 溶岩ドーム (後カルデラ 期)	十和田aアフラ	流紋岩~ デイサイト	流紋岩~ デイサイト	火砕流	2.27 ^{※2}
	A	毛馬内火砕流	—	降下軽石	6.51 ^{※3}
	大湯湖軽石	大湯湖軽石 (OYU-2)	—	降下火山灰, 火砕サーージ	—
	大湯湖軽石	大湯湖軽石	流紋岩	降下軽石	—
	B	惣部火山灰	—	降下火山灰	0.95 ^{※2}
	迷ヶ平軽石	迷ヶ平軽石	流紋岩	降下軽石	0.84 ^{※3}
	C	宇樽部火山灰	デイサイト	火砕サーージ, 降下火山灰	2.52 ^{※2}
	金ヶ沢軽石	金ヶ沢軽石	デイサイト	降下軽石	9.18 ^{※3}
	D'	中瀬軽石 (OU)	安山岩~ デイサイト	プリニー式噴火; 降下軽石	—
	御門石溶岩	御門石溶岩	デイサイト	溶岩ドーム	0.29 ^{※2}
御倉山溶岩	御倉山溶岩	デイサイト	溶岩ドーム	0.22 ^{※3}	
戸来火山灰	戸来火山灰	デイサイト	マグマ水蒸気噴火; 降下火山灰	19 ^{※1}	
D	中ノ沢火山灰	—	降下火山灰	0.16 ^{※2}	
小国軽石	小国軽石	デイサイト	降下軽石, 降下火山灰	0.34 ^{※3}	
E	奥守火山灰	—	降下火山灰	0.64 ^{※2}	
南前軽石	南前軽石	デイサイト	プリニー式噴火; 降下軽石	2.51 ^{※3}	
F	柵山火山灰	安山岩	降下火山灰, ス코리아	0.96 ^{※2}	
G	夏坂スコリア	安山岩	降下スコリア	1.26 ^{※3}	
H	新御軽石	デイサイト	降下軽石	0.1 ^{※2}	
I	五色岩火山	玄武岩質	溶岩流, 降下スコリア,	4.42 ^{※2}	
J	二の倉アフラ群	安山岩	降下火山灰	10.4 ^{※3}	
K	(二の倉前後, 中, 前期)				

※1: 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) (5) より引用
※2: 文献中で DRE 換算されている値を階段図等から読み取った体積 ※3: Hayakawa (1985) (10) より引用

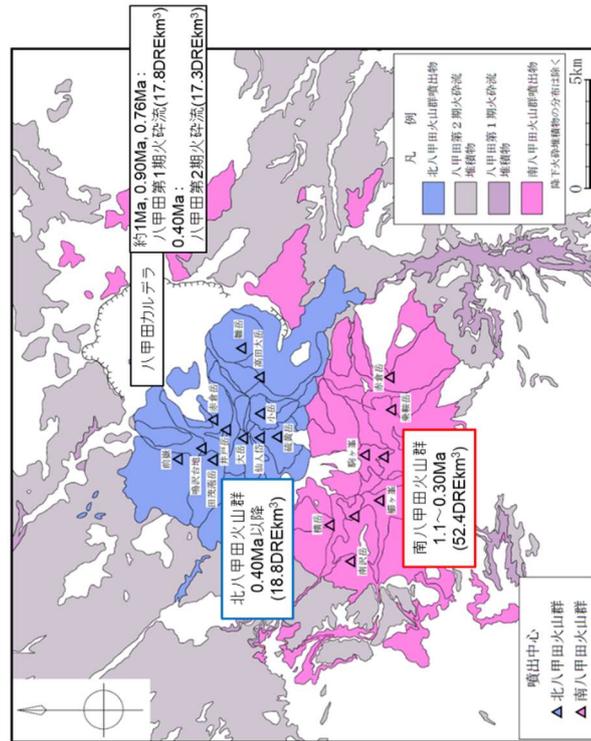


山元 (2015) (8) に基づく作成
添 3 ト-第 20 図 十和田の後カルデラ期の階段ダイヤグラム

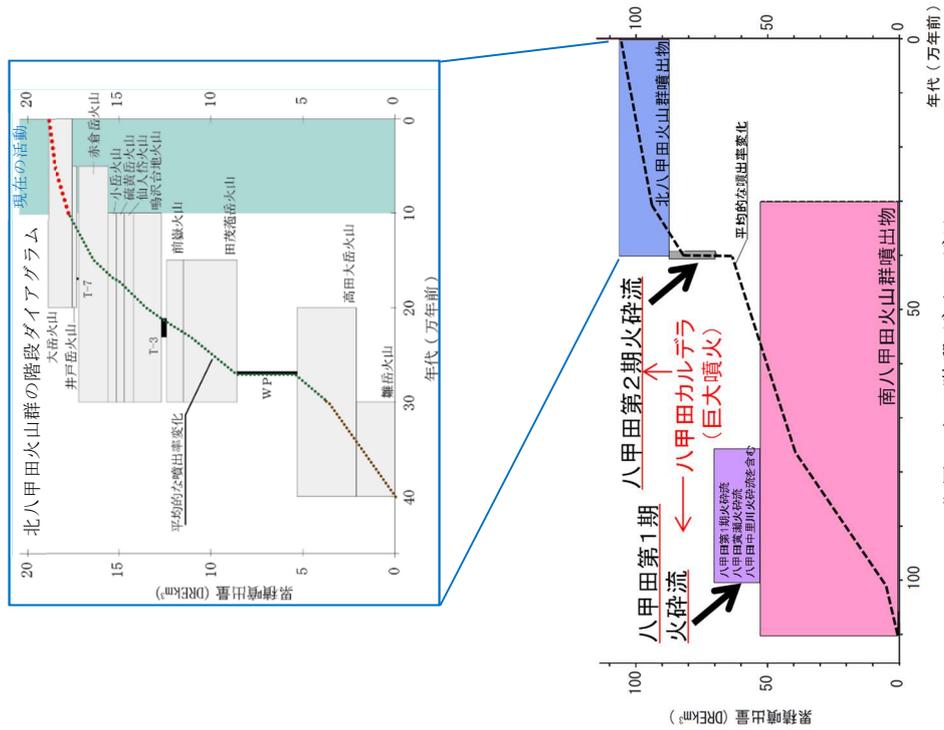


町田・新井(2011)⁽⁹⁾、Hayakawa(1985)⁽¹⁰⁾及び十和田火山防災協議会(2018)⁽¹⁴⁾に基づき作成

添3ト-第21図 毛馬内火砕流堆積物の分布

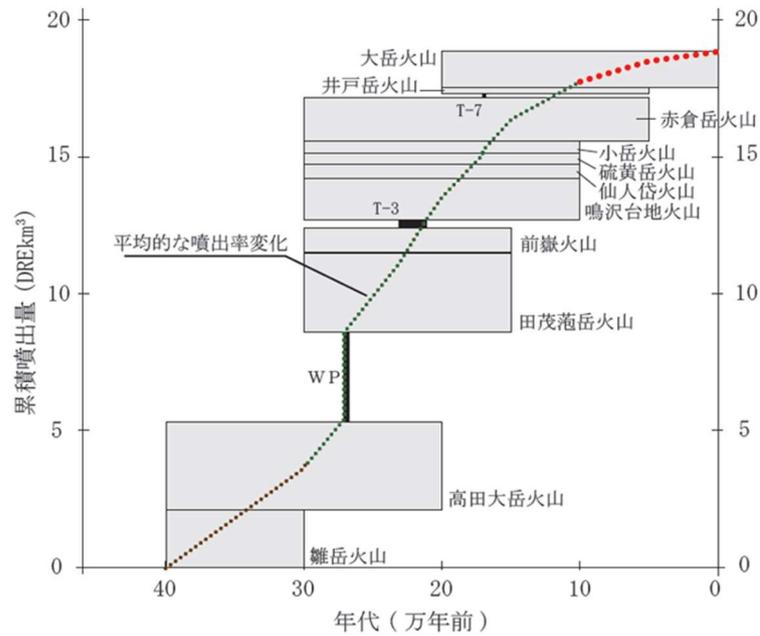


八甲田山の地質図



中野ほか編(2013)⁽¹⁾、宝田・村岡(2004)⁽²⁷⁾、村岡・高倉(1988)⁽²⁸⁾、工藤ほか(2004)⁽²⁹⁾、工藤ほか(2011)⁽²⁹⁾、工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾及びUmeda et al. (2013)⁽³²⁾に基づき作成

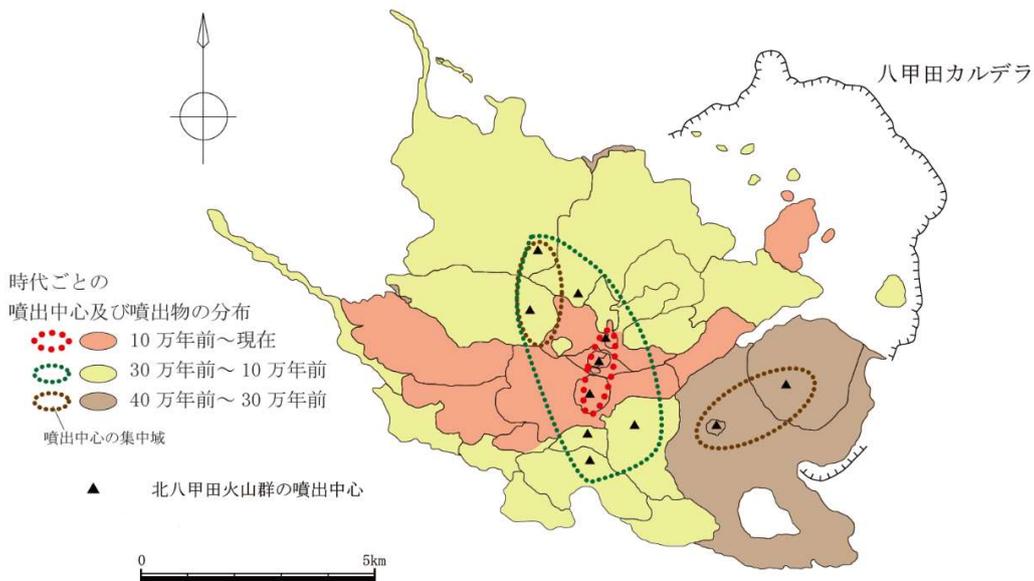
添3ト-第22図 八甲田山の噴出物の分布と階段ダイアグラム



火山体	年代	噴出量	降下火砕物	年代※	噴出量
大岳火山	0.2Ma ~ 現在	1.3DREkm ³	T-7	0.17Ma	0.1DREkm ³
井戸岳火山	0.2Ma ~ 0.1Ma 以降	0.25DREkm ³	T-3	0.23Ma ~ 0.21Ma	0.3DREkm ³
赤倉岳火山	0.3Ma ~ 0.1Ma 以降	1.6DREkm ³	甲地軽石 (WP)	0.27Ma	3.3DREkm ³
小岳火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	0.45DREkm ³			
硫黄岳火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	0.43DREkm ³			
仙人岱火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	0.51DREkm ³			
鳴沢台地火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	1.4DREkm ³			
前嶽火山	0.3Ma ~ 0.15Ma	0.91DREkm ³			
田茂菴岳火山	0.3Ma ~ 0.15Ma	2.9DREkm ³			
高田大岳火山	0.4Ma ~ 0.2Ma	3.2DREkm ³			
雑岳火山	0.4Ma ~ 0.3Ma	2.1DREkm ³			

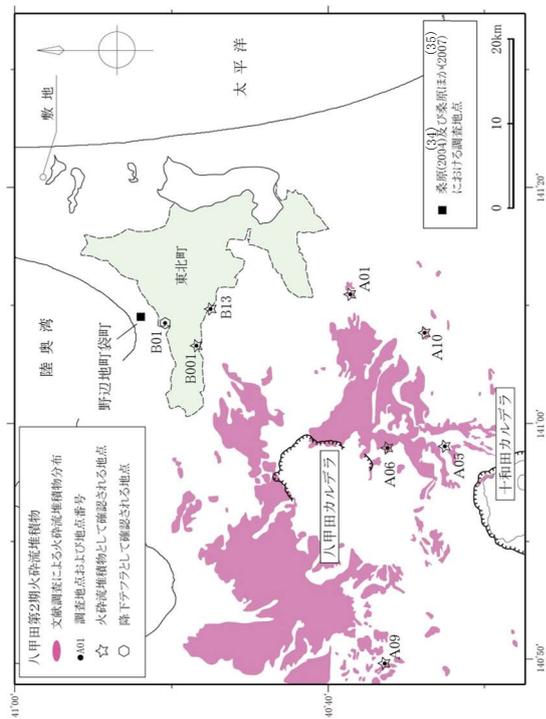
※八甲田第2期火砕流堆積物と洞爺火山灰の年代及び堆積物間の土壌層厚からの推定値

※北八甲田火山群の噴出物の区分、年代及び噴出量は工藤ほか(2004)に基づく

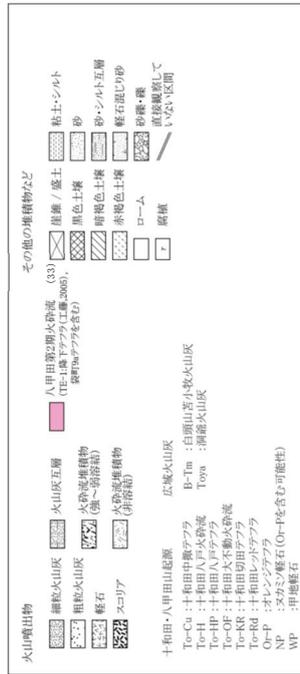
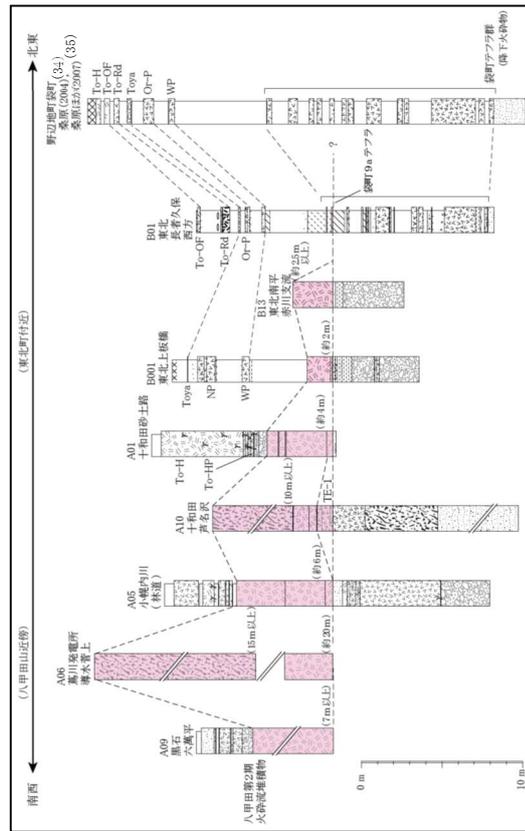


工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾に基づき作成

添3ト-第23図 北八甲田火山群の噴出率の時間変化及び噴出中心の時空間分布

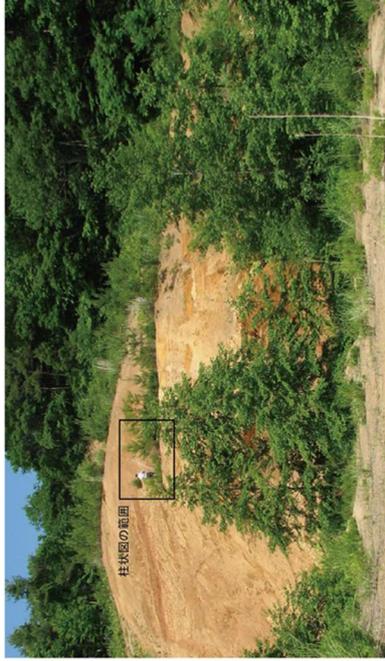
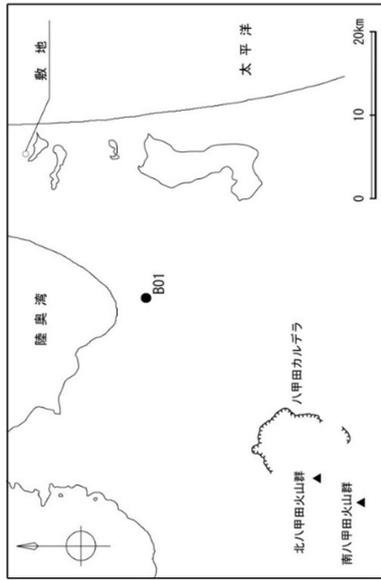


(村岡・高倉(1988)⁽²⁸⁾、桑原(2004)⁽³⁴⁾、桑原ほか(2007)⁽³⁵⁾、村岡ほか(1991)⁽³⁵⁾、大沢ほか(1993)⁽³⁶⁾及び青森県史編さん自然部会(2001)⁽⁵⁰⁾に基づき作成

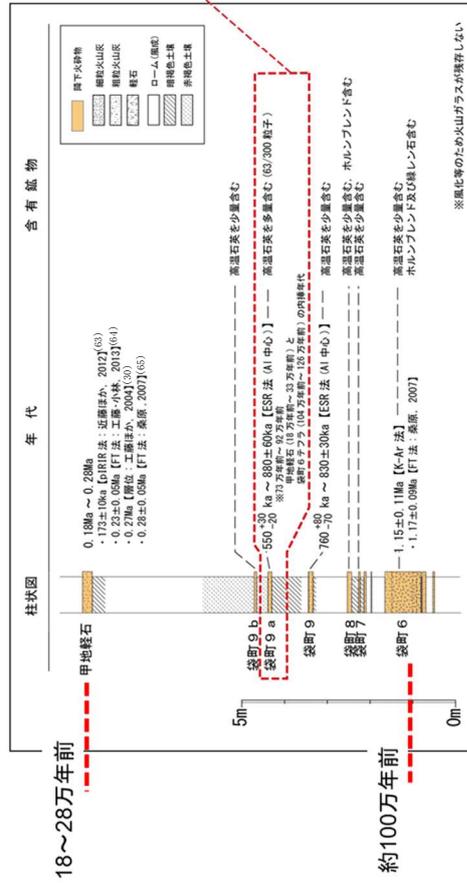
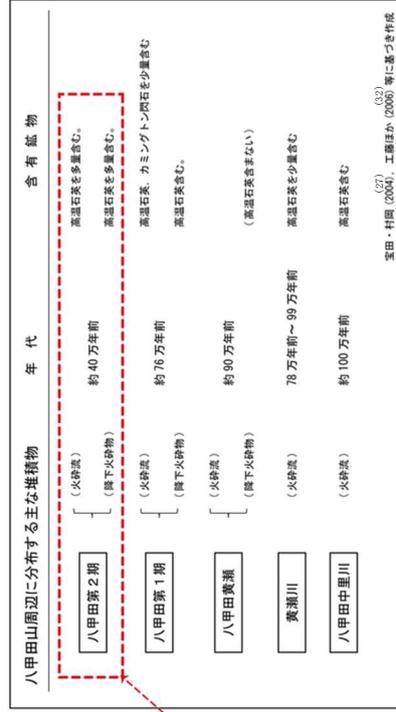


添3ト-第24図 八甲田第2期火砕流堆積物に着目した地質柱状図

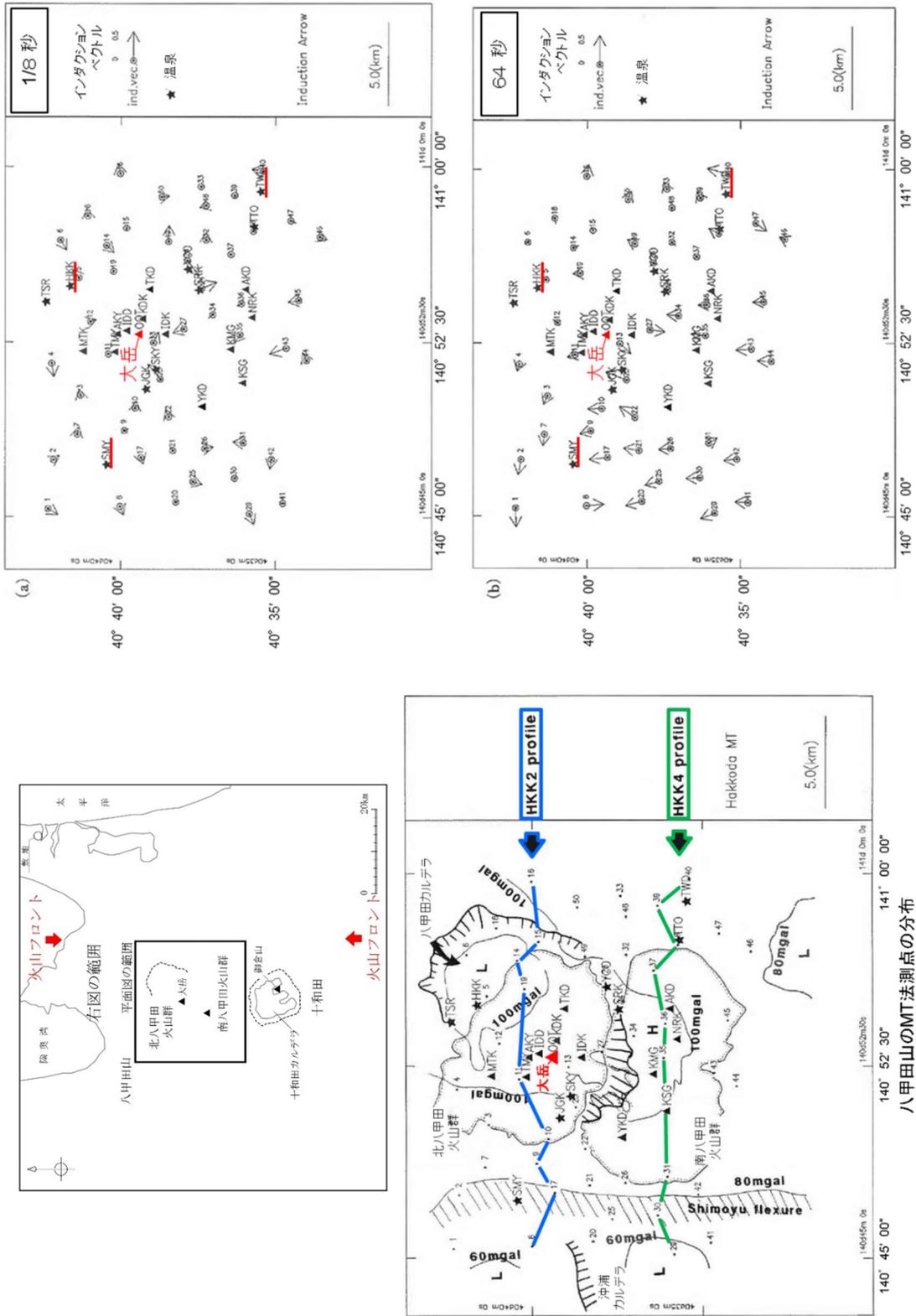
【東北町の露頭：B01地点】



露頭写真

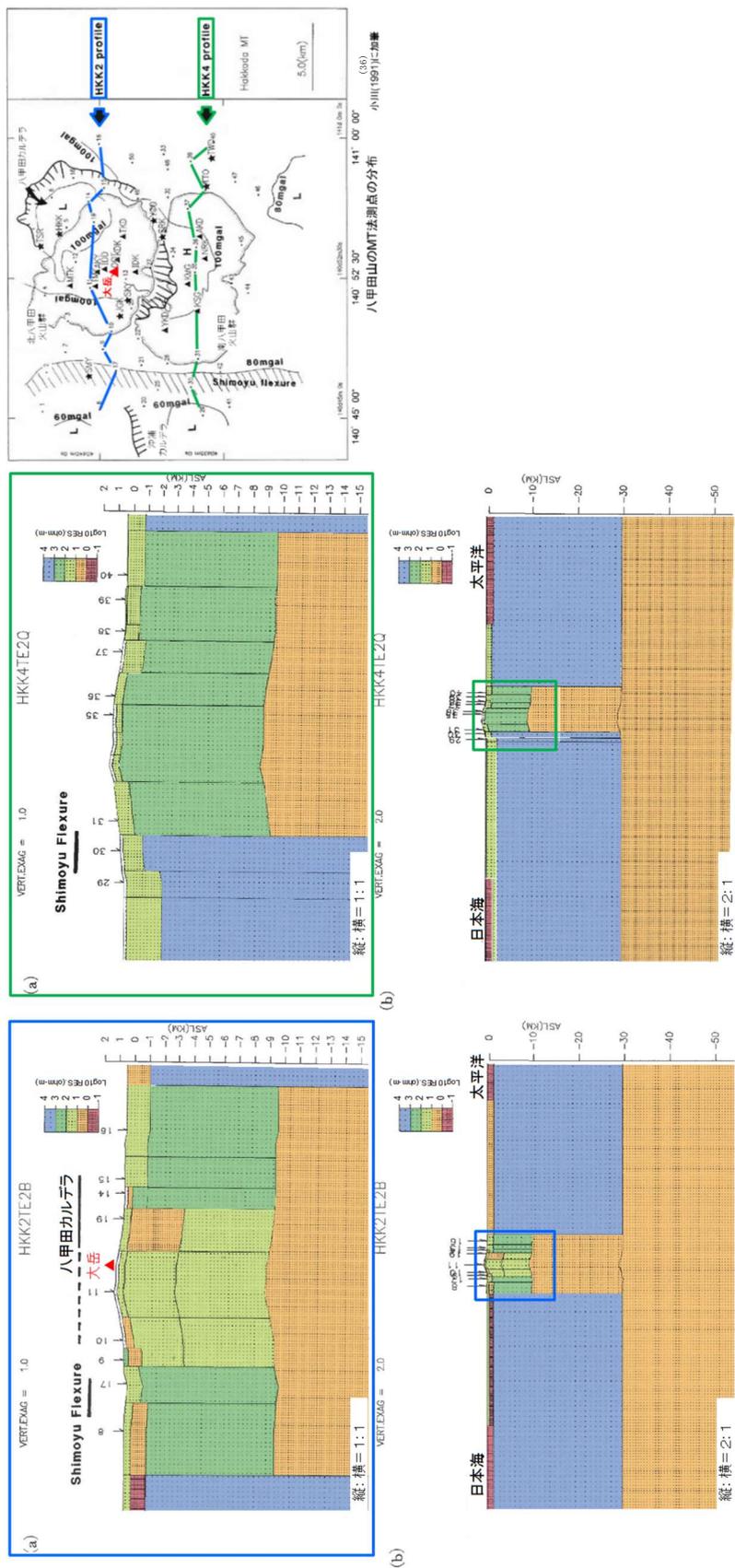


添3 ト-第25 図 Loc. B01 における八甲田カルデラの噴出物に着目した地質柱状図等



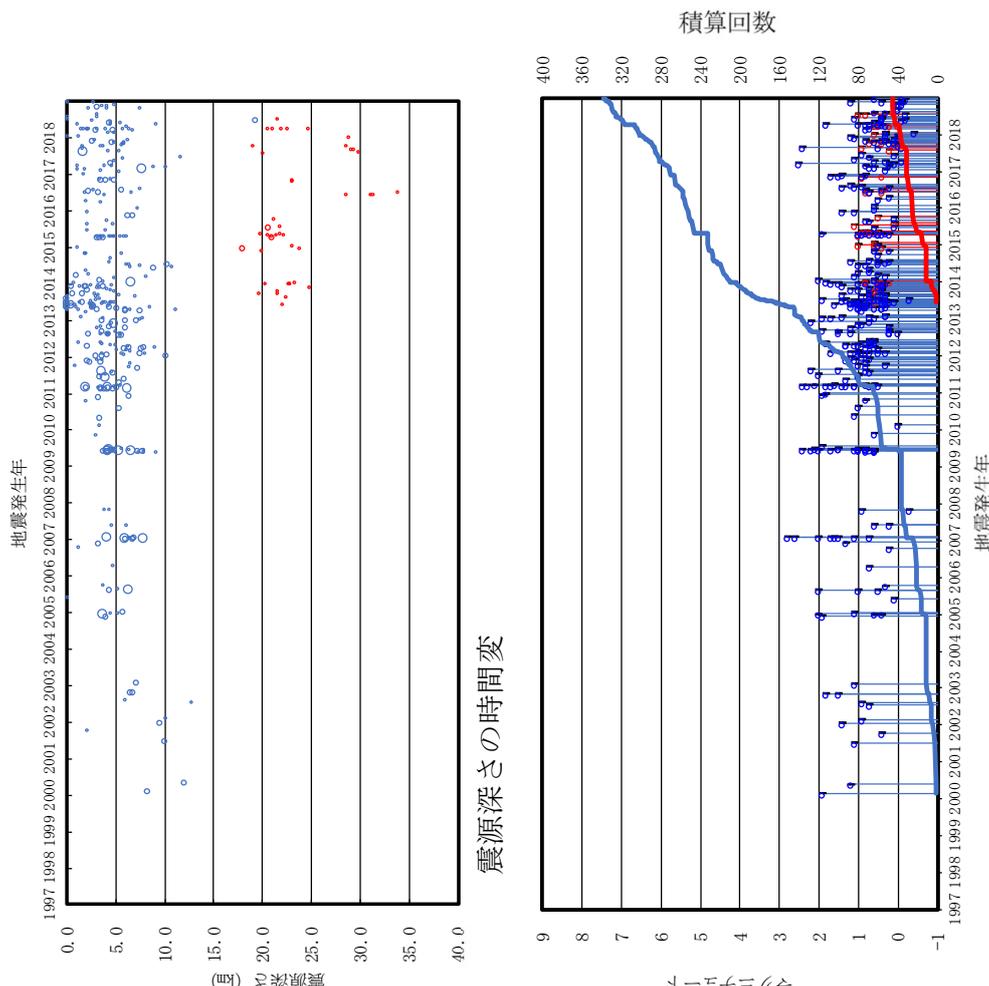
小川(1991)⁽³⁶⁾に加筆

添3ト-第26図 八甲田山におけるインダクションベクトルの実部の分布

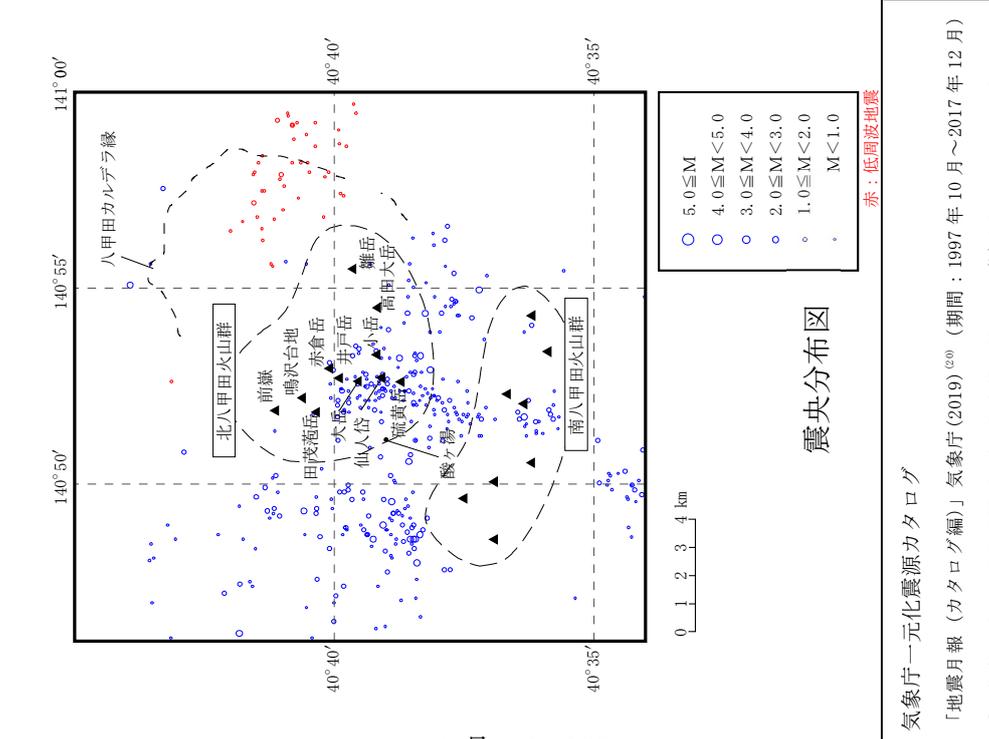


小川(1991)⁽³⁶⁾に加筆及び塗色

添3ト-第27図 八甲山の比抵抗構造

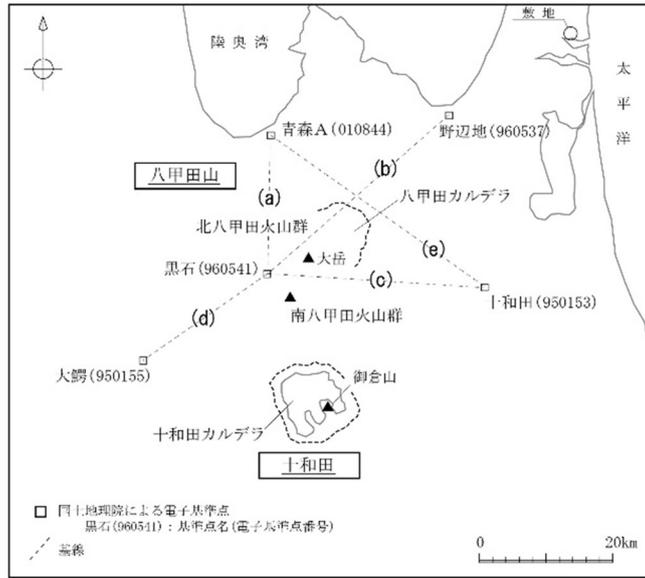


地震活動経過図及び回数積算

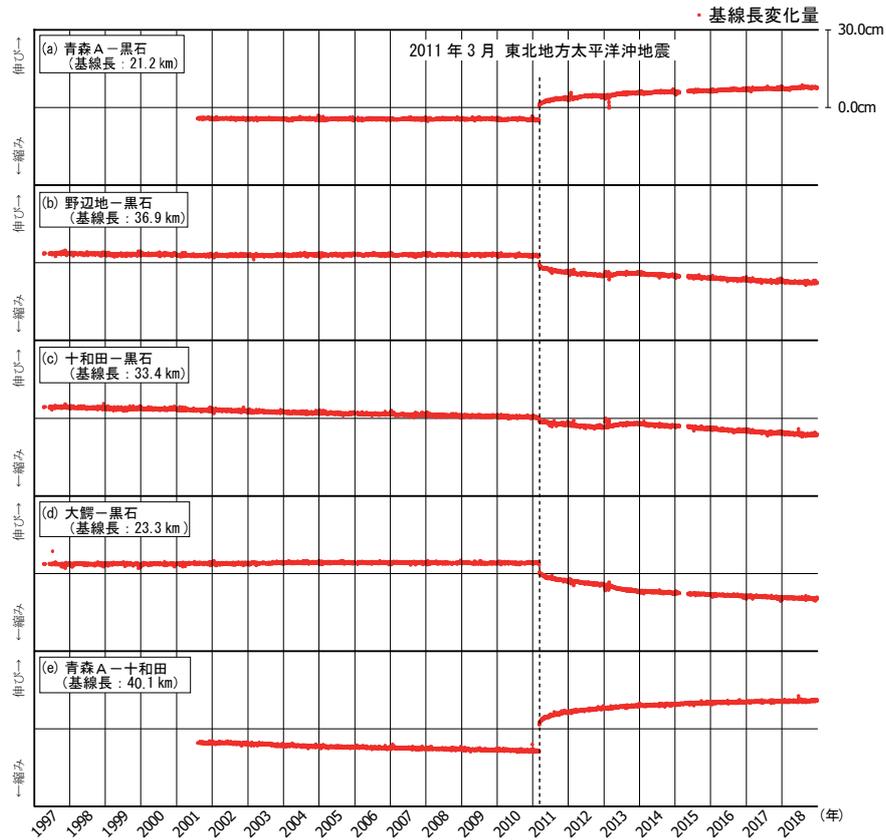


添 3 ト-第 28 図 八甲山付近における地震活動

気象庁一元化震源カタログ
 「地震月報 (カタログ編)」気象庁(2019)⁽²⁰⁾ (期間: 1997年10月~2017年12月)
 「気象庁一元化処理震源要素」防災科学研究所(2019)⁽²¹⁾ (期間: 2018年1月~2018年12月) に基づき作成



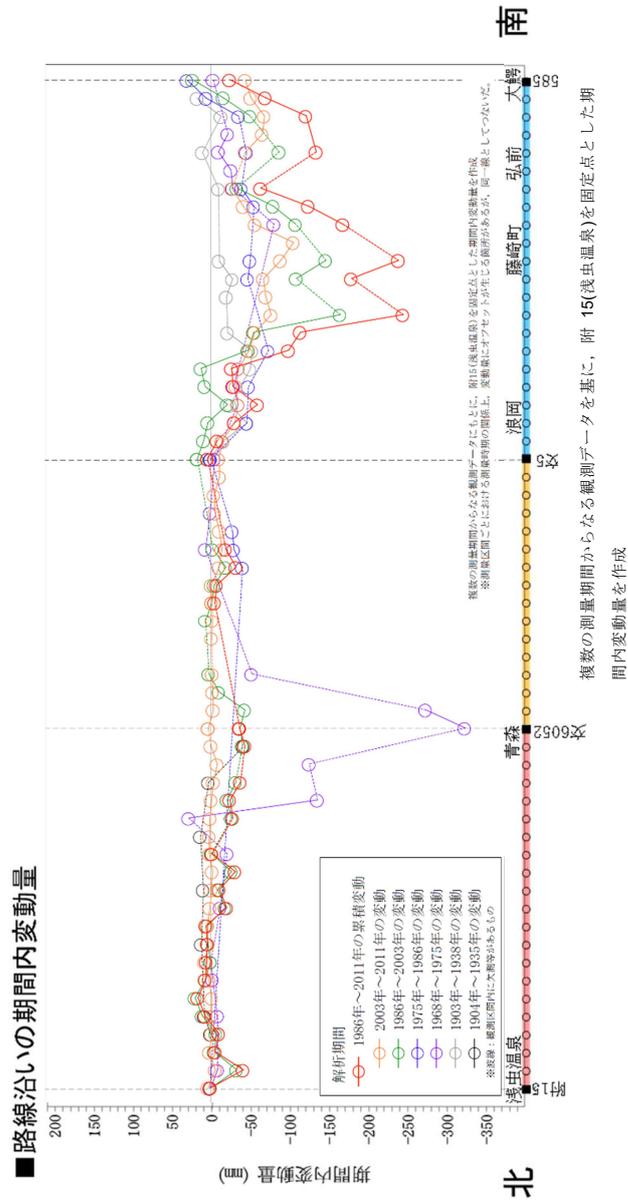
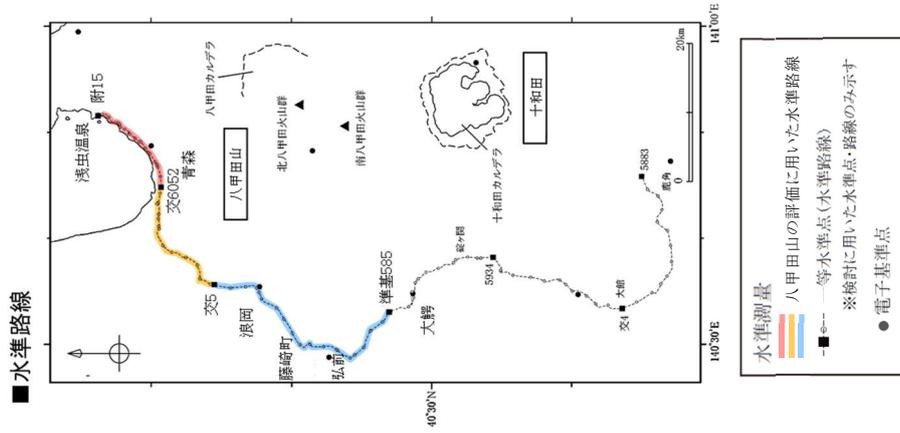
電子基準点及び基線位



基線長の時間変化

国土地理院の電子基準点データより作成 (期間: 1997年1月~2018年12月)

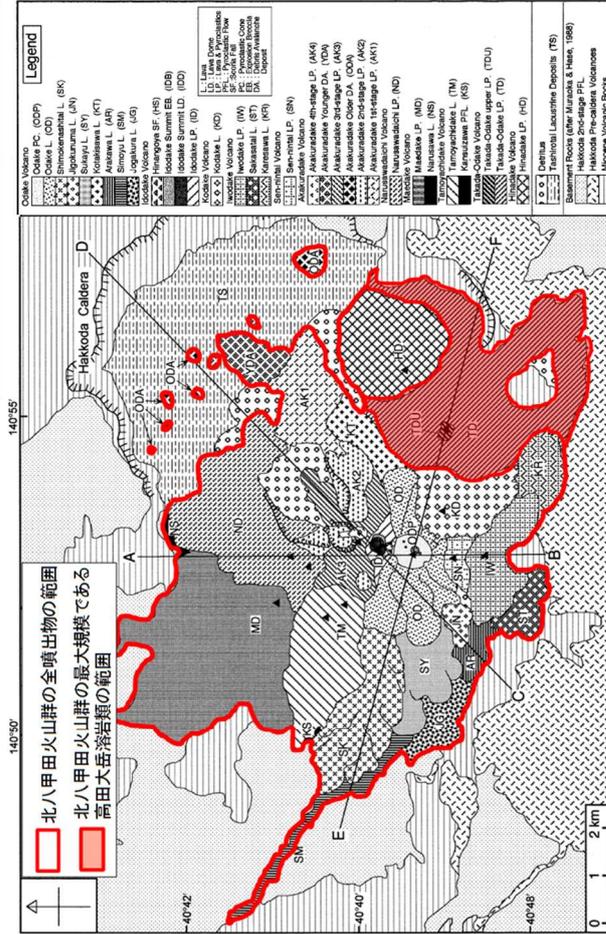
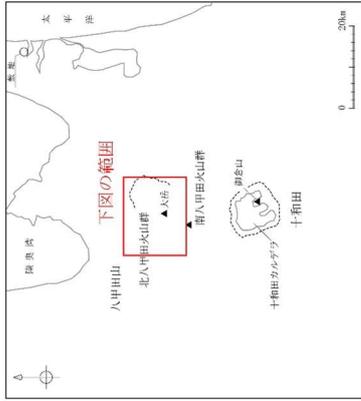
添3ト-第29図 八甲田山を囲む電子基準点間の基線長の時間変化 (斜距離成分)



国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録より作成
 添 3 ト-第 30 図 八甲田山付近の一等水準路線の上下変動の期間内変動量

Volcano	Geological Unit* Abbreviation	Volume** (DRE, km ³)
Otake	OD/P Otake PC.	0.01
	OD Otake L.	0.18
	SK Shimokenashitai L.	0.27
	JN Jigokunuma L.	0.02
	SY Sukayu L.	0.22
	KT Kotakisawa L.	0.09
	SM Shimoyu L.	0.17
	AR Arakawa L.	0.11
	JG Jougakura L.	0.19
	Total	1.3
	Idodake	HS Hinangoya SF.	0.001
IE Idodake Summit EB.		0.001
IDD Idodake Summit LD.		0.004
ID Idodake LP.		0.25
Total	0.45	
Kodake	KD Kodake L.	0.23
	IW Iwodake LP.	0.11
	ST Sakasatai L.	0.11
	KZ Kozawa L.	0.09
Total	0.43	
Sen-nintai	SN Sen-nintai LP.	0.51
	AK4 Akakuradake 4th-stage LP.	0.002
	AK3 Akakuradake 3rd-stage LP.	0.11 (0.02)
	AK2 Akakuradake 2nd-stage LP.	0.79 (0.23)
	AK1 Akakuradake 1st-stage LP.	0.39 (0.08)
Total	1.6	
Narusawadaichi	ND Narusawadaichi LP.	1.3 (0.09)
	Total	1.4
Maedake	MD Maedake LP.	0.88
	NS Narusawa L.	0.03
Total	0.91	
Tamoyachidake	TM Tamoyachidake L.	2.9
	KS Kansuzawa PFL.	0.02
	Total	2.9
Takada-Otake	TDU Takada-Otake upper LP.	0.003
	TD Takada-Otake LP.	3.2
Total	3.2	
Hinadake	HD Hinadake LP.	2.1
	YDA Akakuradake Younger DA.	0.03
Avalanche	ODA Akakuradake Older DA.	0.40
	Total	15

北八甲田火山群起源の噴出物



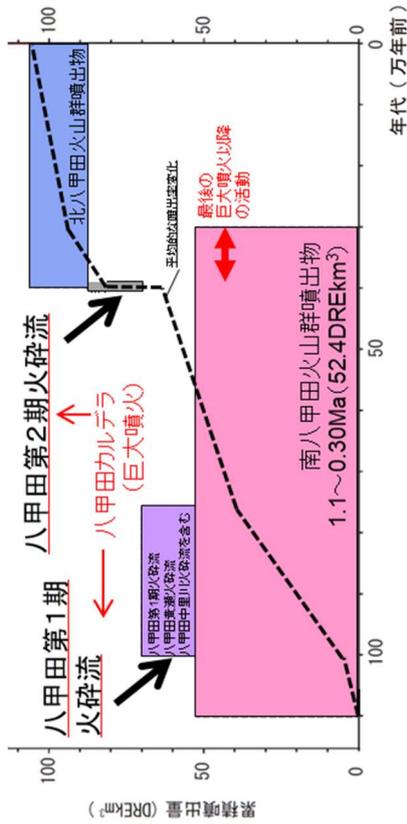
北八甲田火山群起源の設計対応不可能な火山事象の分布 (赤線内)

工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾に加筆

添3ト-第31図 北八甲田火山群起源の設計対応不可能な火山事象の分布

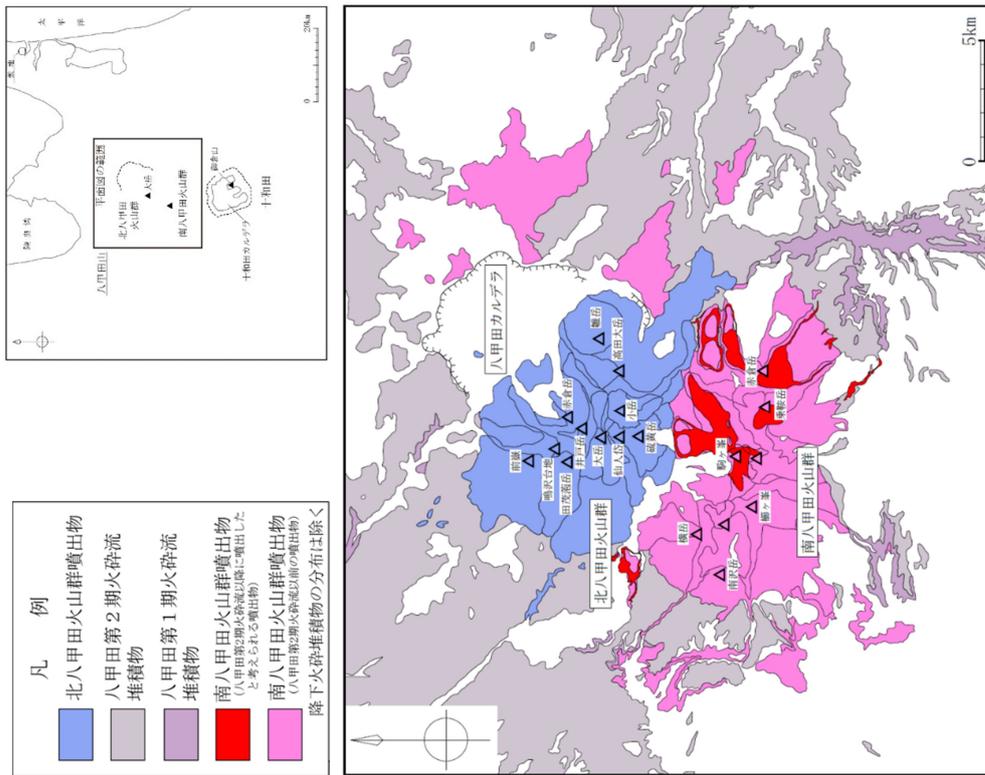
噴出物	噴火様式	年代	体積
駒ヶ峯溶岩, 駒ヶ峯火砕岩	溶岩流, 溶岩ドーム, 火砕岩	0.3Ma	最後の 巨大噴火以降 の活動
黄金平溶岩	溶岩流	0.3Ma	
南八甲田第3ステージ溶岩・火砕岩	成層火山体：溶岩流, 火砕岩	0.5Ma~0.3Ma	52.4 km ³ (DRE)
蕪川火砕堆積物	降下火砕物, 火砕流	0.65Ma~0.35Ma	
南八甲田第2ステージ溶岩・火砕岩	成層火山体：溶岩流, 火砕岩	0.8Ma~0.6Ma	
黄瀬川火砕流	火砕流	1.0Ma~0.8Ma	
南八甲田第1ステージ溶岩・火砕岩	成層火山体：溶岩流, 火砕岩	1.1Ma~0.8Ma	

宝田・村岡(2004)⁽²⁷⁾、Umeda et al.(2013)⁽⁶²⁾に基づき作成。
 なお、蕪川火砕堆積物は八甲田第2期火砕流(0.4Ma)よりも下位層準である。



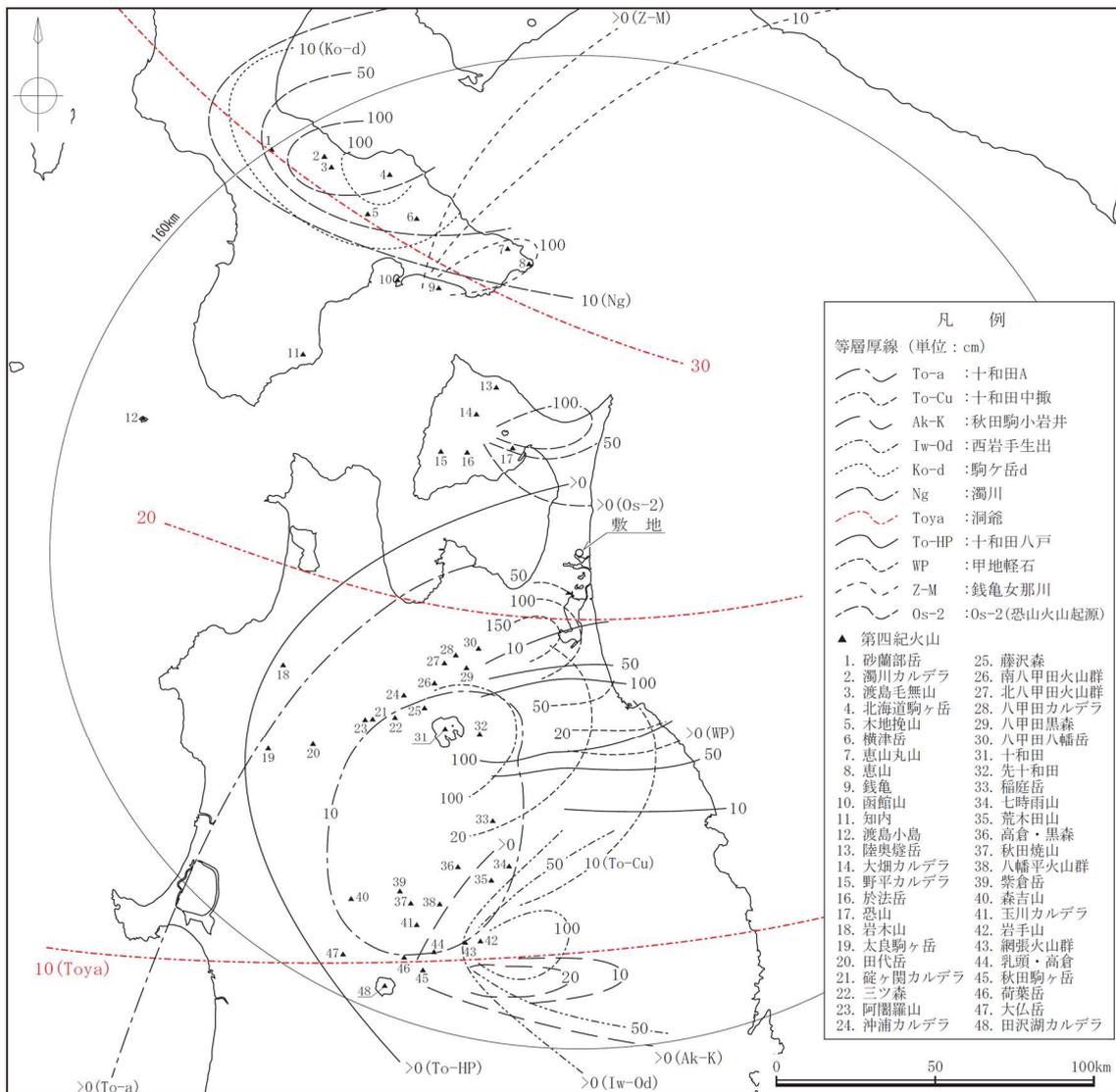
年代は中野ほか編(2013)⁽¹⁾、噴出量はUmeda et al.(2013)⁽⁶²⁾、工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾及び工藤ほか(2011)⁽²⁹⁾に基づく

八甲田山の階段ダイアグラム



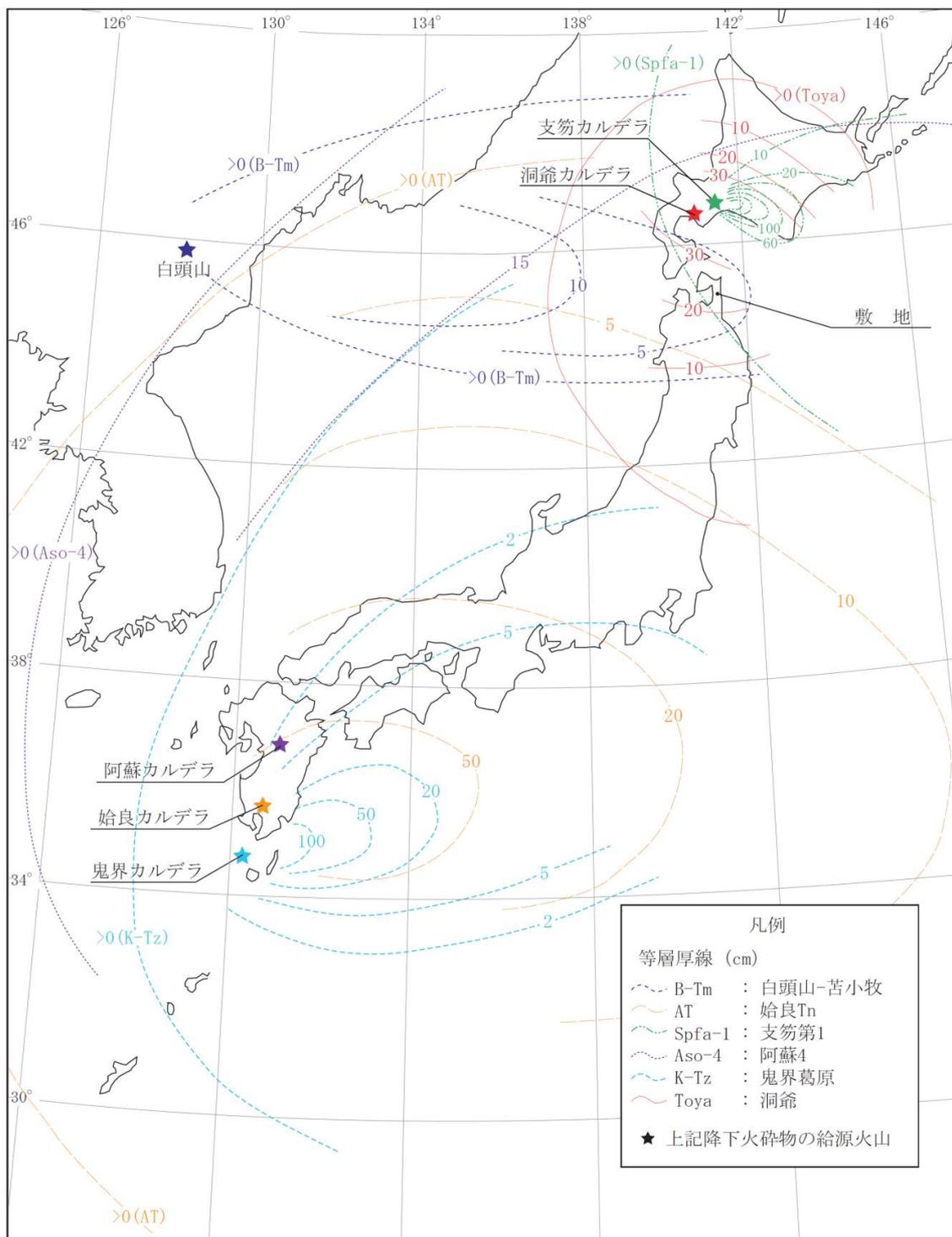
八甲田山起源の火山噴出物の分布

添3 ト-第32図 南八甲田火山群起源の設計対応不可能な火山事象の分布



第四紀火山の位置及び名称は、中野ほか編(2013)⁽¹⁾に基づき作成
 降下火砕物の名称及び等層厚線は、町田・新井(2011)⁽⁹⁾、工藤ほか(2004)⁽³⁰⁾及びリサイクル燃料貯蔵株式会社(2007)⁽⁶⁶⁾に基づき作成

添 3 ト-第 33 図 地理的領域内の第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布
 (事業所敷地及び事業所敷地近傍に分布する主な降下火砕物については
 地理的領域外もあわせて示す)



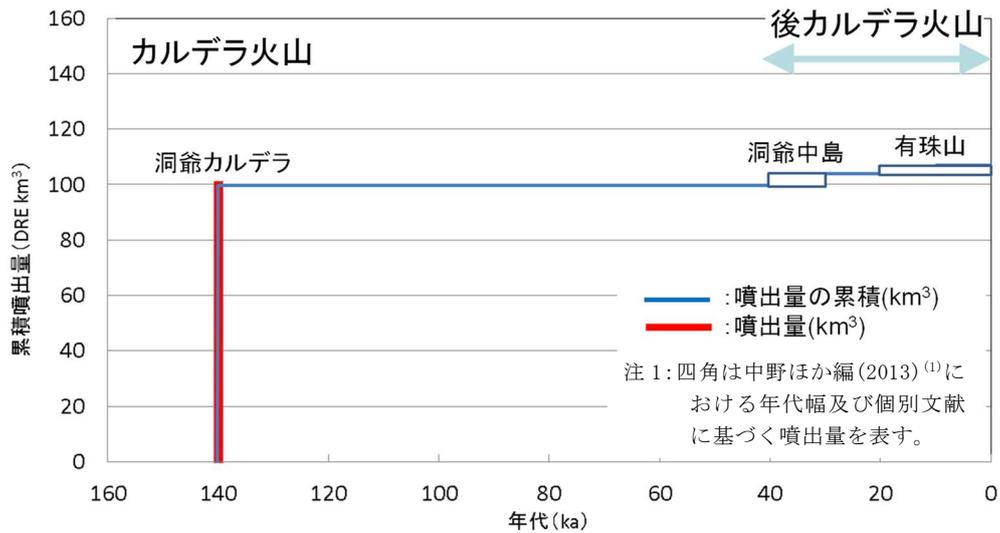
町田・新井(2011)⁽⁹⁾に基づき作成

添3ト-第34図 地理的領域外の第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布
(事業所敷地及び事業所敷地近傍に分布する主な降下火砕物)

洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.2000	後カルデラ火山	有珠山	2000年噴火	中野ほか編(2013) ⁽¹⁾ 町田・新井(2011) ⁽⁹⁾ 曾屋ほか(2007) ⁽⁶⁷⁾ 中川ほか(2005) ⁽⁶⁸⁾ 第四紀火山カタログ委員会編(1999) ⁽⁶⁾
20ka			1663年噴火(Us-b)	
30ka		有珠外輪山溶岩 等		
40ka	洞爺中島	中島火山噴出物	4.2	
140ka	カルデラ火山	洞爺カルデラ	100	
		洞爺火山灰 *1		

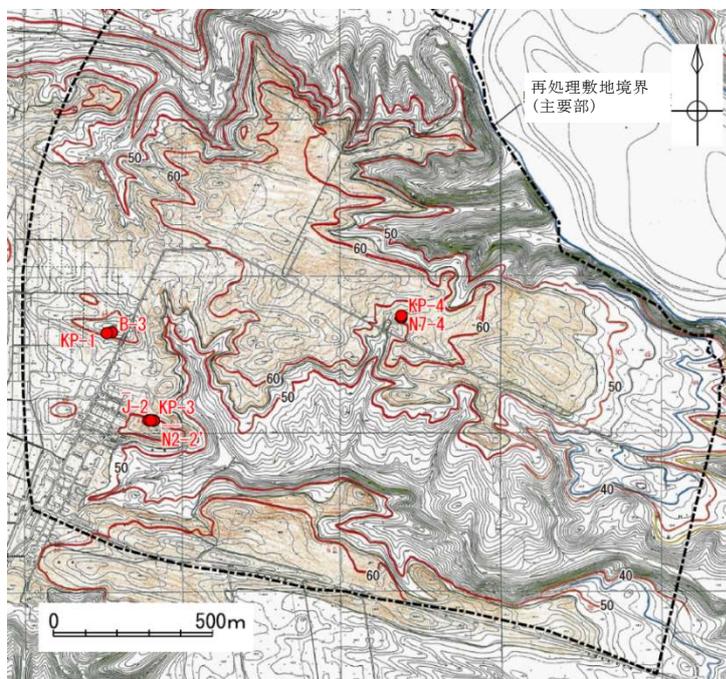
*1: 町田・新井 (2011) ⁽⁹⁾によると, 11.2~11.5 万年前に噴出したテフラとしている。



添 3 ト-第 35 図 洞爺カルデラの階段ダイアグラム

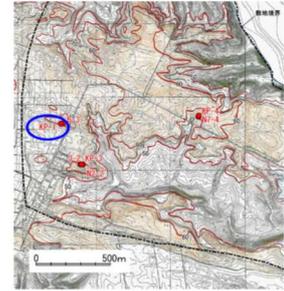
再処理敷地内で確認した甲地軽石の層厚

ボーリング 孔名	層厚	確認深度 (確認標高)	備考
KP-1 孔	43cm	2.90m～3.33m (50.46m～50.89m)	・火山灰質シルト(甲地軽石の再堆積含む)22cm ・甲地軽石(主部)21cm
B-3 孔	37cm	8.57m～8.94m (50.98m～51.35m)	・火山灰質シルト(甲地軽石の再堆積含む)5cm ・甲地軽石(主部)32cm
KP-3 孔	—	—	シルト質砂層中に散在(深度:3.50m～3.72m、 標高:51.53m～51.75m)するため層厚評価不適
N2-2' 孔	—	—	砂層中に散在(深度:3.90m～3.92m、 標高:51.60m～51.62m)するため層厚評価不適
J-2 孔	10cm	3.60m～3.70m (51.48m～51.58m)	
KP-4 孔	17cm	2.21m～2.38m (53.06m～53.23m)	
N7-4 孔	16cm	7.50m～7.66m (53.37m～53.53m)	



甲地軽石を確認した再処理敷地内ボーリング調査位置図

添 3 ト-第 36 図 甲地軽石に着目した地質調査結果

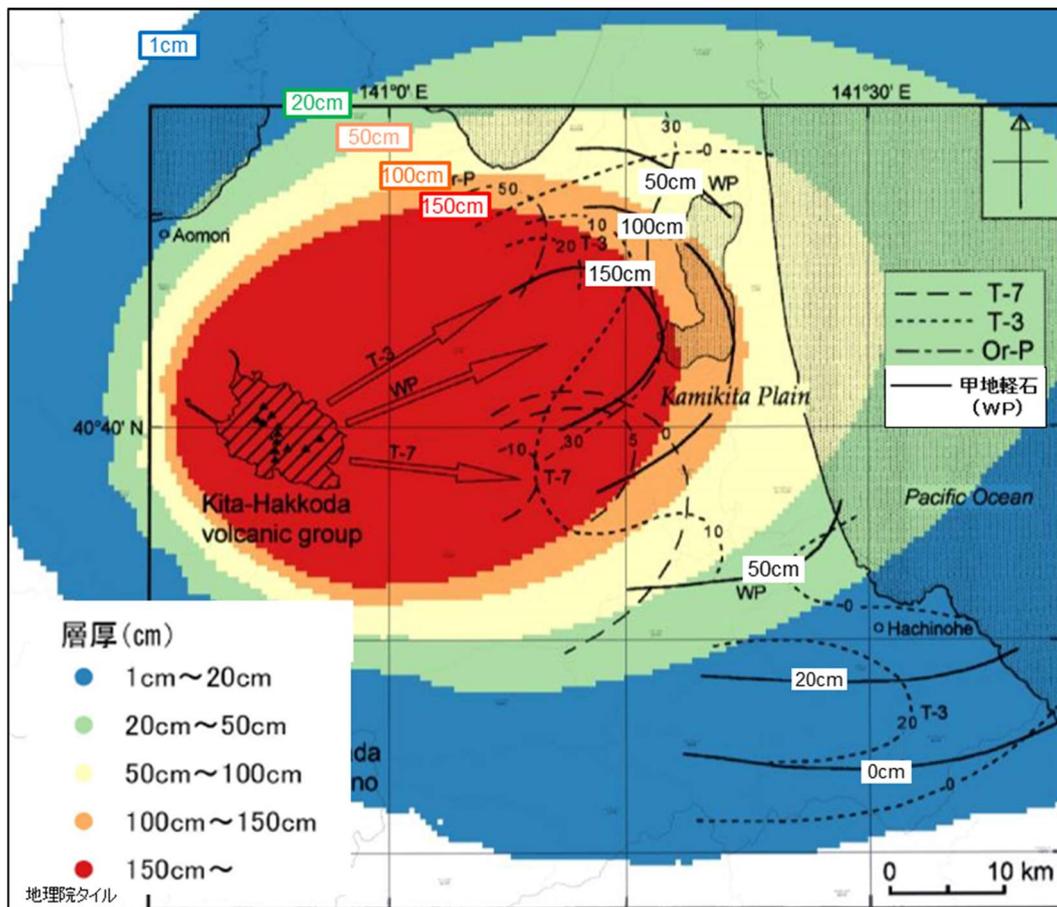


再処理敷地内のボーリング位置図

KP-1 孔の各深度のコア写真(上)とCT画像(下)

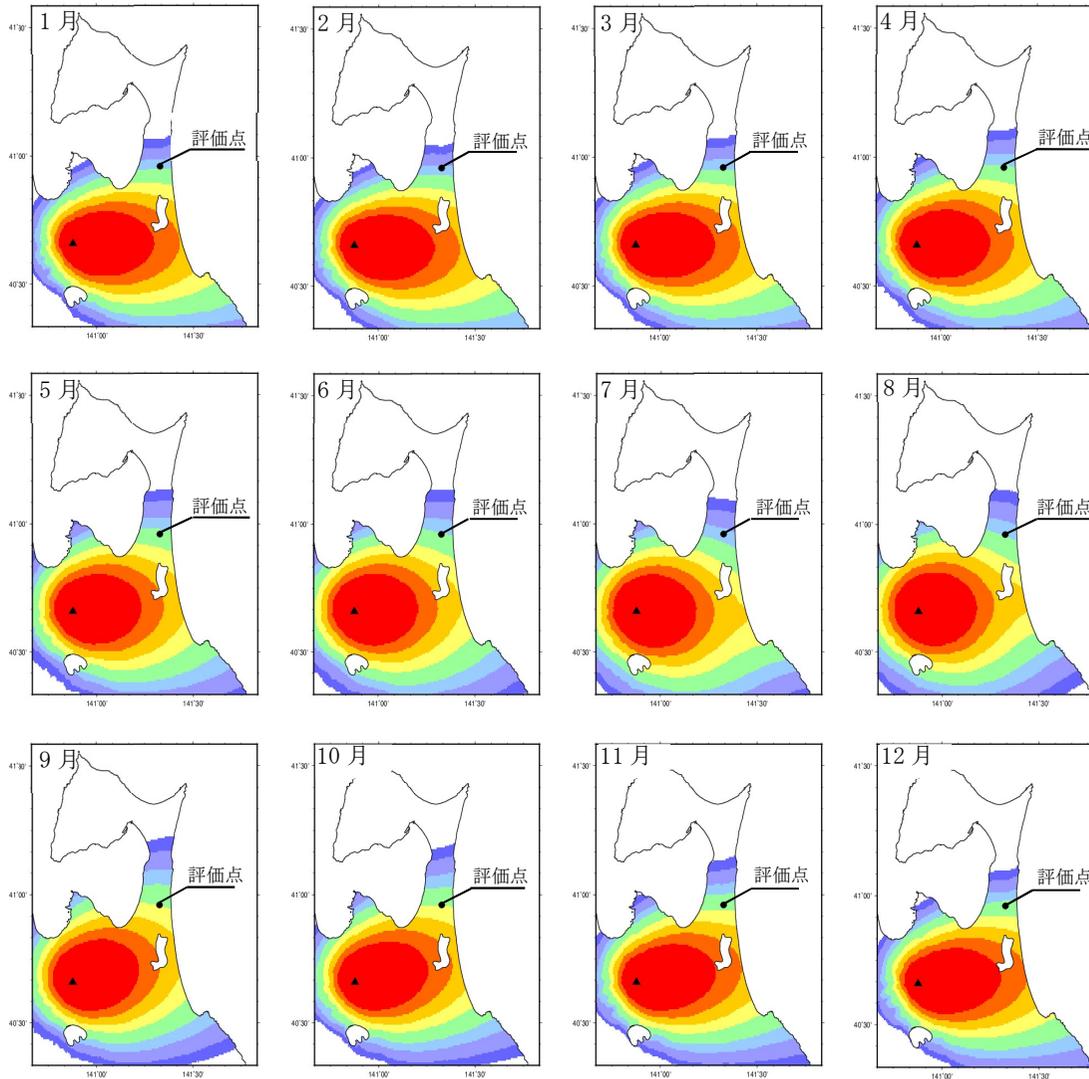
- ・深度 2.90m~3.12m (層厚 22 cm) : 再堆積層
火山灰質シルトからなる。
下部 5 cm に軽石が散在し、基底部に粗粒砂が密集する。
- ・深度 3.12m~3.33m (層厚 21 cm) : 甲地軽石 (主部)
灰白色の軽石からなる。有色鉱物を多く含まない。
軽石は亜角~亜円形で、指圧で潰れる程度に風化をうける。軽石の間隙はシルトで充填される。

添 3 ト-第 37 図 再処理敷地で確認された甲地軽石の堆積状況



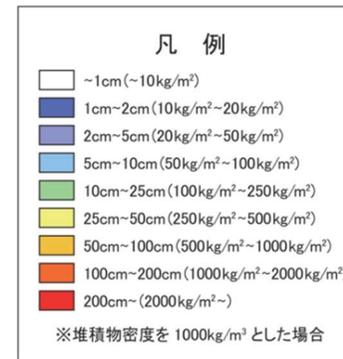
工藤ほか(2004) ⁽³⁰⁾に当社の解析結果を重ね合わせて作成

添3ト-第38図 甲地軽石(WP)の再現性解析結果

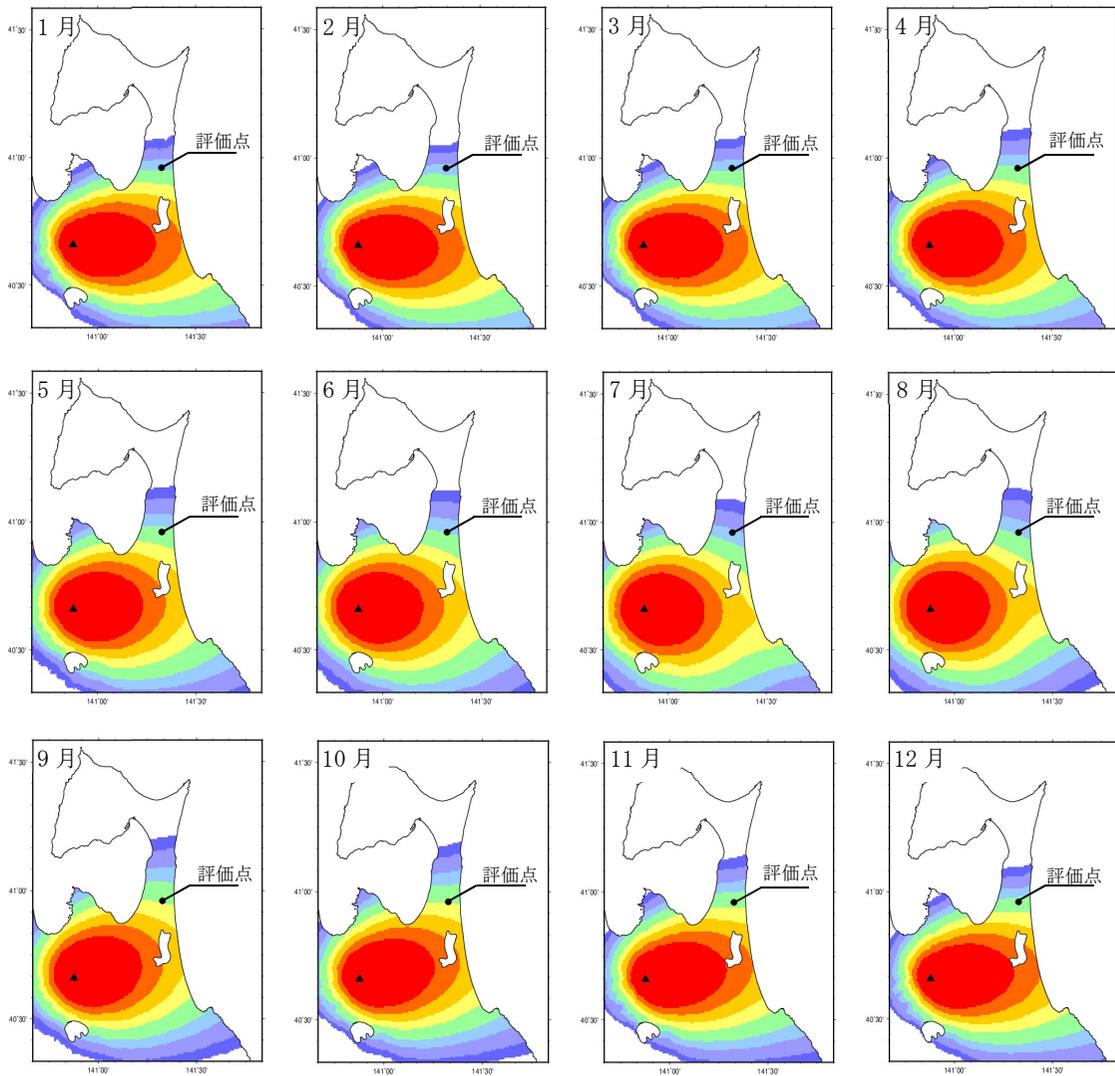


	質量 (kg/m ²)	層厚 (cm)
1月	8.4×10^1	8.4×10^0
2月	6.1×10^1	6.1×10^0
3月	8.8×10^1	8.8×10^0
4月	1.1×10^2	1.1×10^1
5月	1.3×10^2	1.3×10^1
6月	1.1×10^2	1.1×10^1
7月	6.7×10^1	6.7×10^0
8月	9.3×10^1	9.3×10^0
9月	2.5×10^2	2.5×10^1
10月	2.5×10^2	2.5×10^1
11月	1.9×10^2	1.9×10^1
12月	1.3×10^2	1.3×10^1

月別平年値(9時)の風の際の評価点での層厚(1981年~2010年)

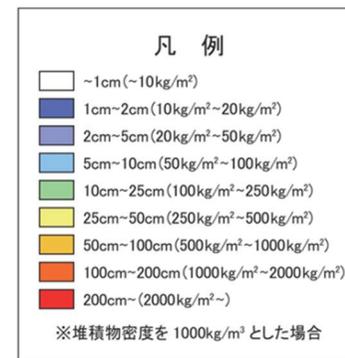


添3 ト-第39図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(1/2) (月別平年値の風：9時)

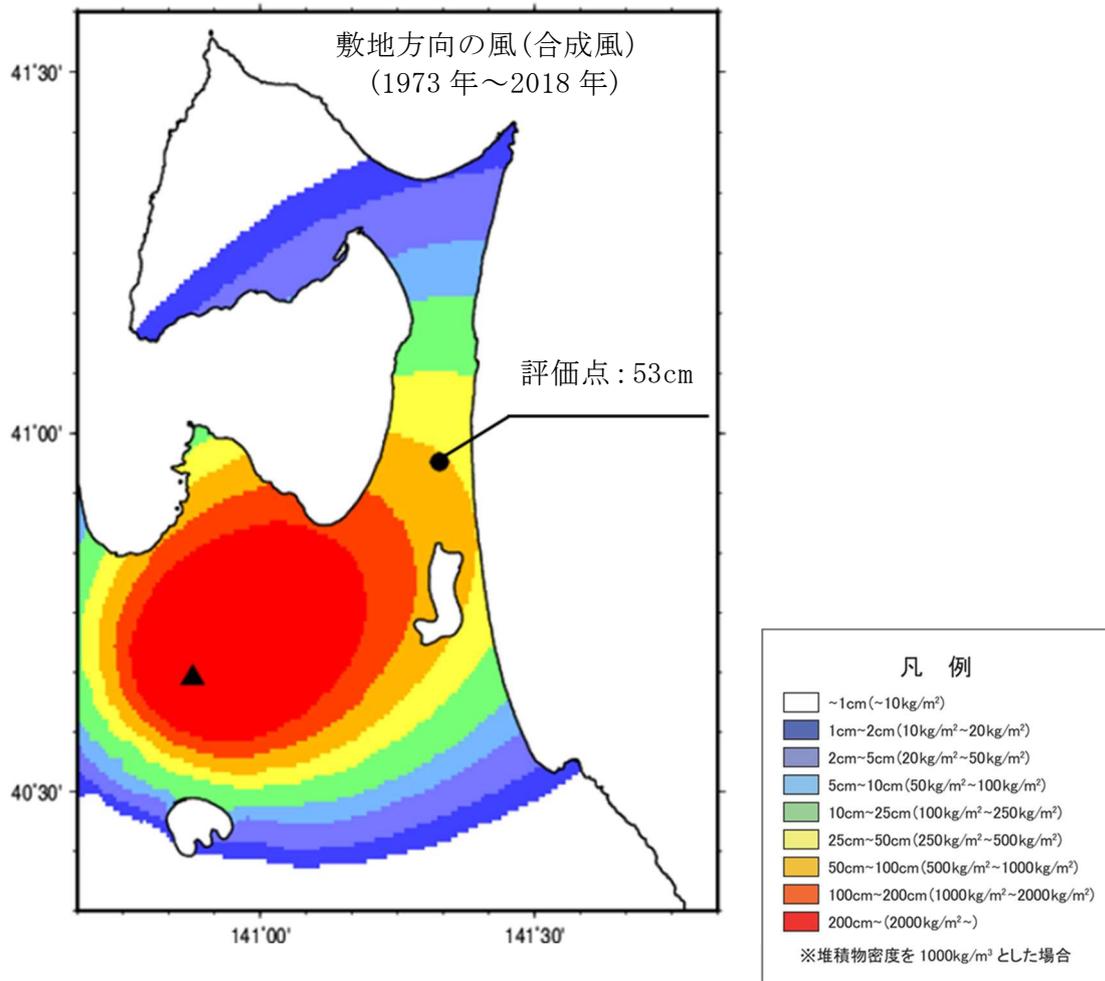


	質量 (kg/m ²)	層厚 (cm)
1月	8.9×10^1	8.9×10^0
2月	6.5×10^1	6.5×10^0
3月	8.6×10^1	8.6×10^0
4月	1.1×10^2	1.1×10^1
5月	1.3×10^2	1.3×10^1
6月	9.9×10^1	9.9×10^0
7月	6.0×10^1	6.0×10^0
8月	9.0×10^1	9.0×10^0
9月	2.3×10^2	2.3×10^1
10月	2.4×10^2	2.4×10^1
11月	1.8×10^2	1.8×10^1
12月	1.3×10^2	1.3×10^1

月別平年値(21時)の風の際の評価点での層厚(1981年~2010年)



添3ト-第39図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(2/2)(月別平年値の風:21時)



添3ト-第40図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(風向きの不確かさを考慮)

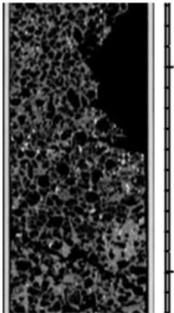
甲地軽石の密度試験結果

試料名		試料1	試料2	試料3	平均
乾燥密度	g/cm ³	0.36	0.50	0.42	0.43
湿潤密度	g/cm ³	1.14	1.20	1.14	1.16
飽和密度	g/cm ³	1.21	1.30	1.25	1.25



KP-1孔（本孔）の
甲地軽石（主部）
のCT画像

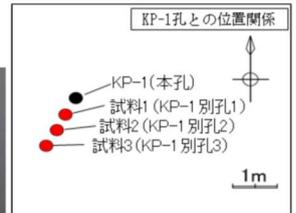
（第37図の
CT画像より抜粋）



CT画像設定:
WL:500 WW:2000
スライス厚:0.5mm



密度試験に用いた供試体の写真



試料採取位置

添3ト-第41図 甲地軽石の密度試験結果

添 付 書 類 四

変更に係る廃棄物埋施設設置の場所の中心から五キロメートル以内の地域を含む
縮尺五万分の一の地図

別添1「添付書類四」のとおり。

添 付 書 類 五

変更後における廃棄物埋施設設の安全設計に関する説明書

添 付 書 類 五

変更後における廃棄物埋設地の安全設計に関する説明書

目 次

イ	安全設計の方針	……………2号-5-1
ロ	安全設計	……………2号-5-8
ハ	施設配置	……………2号-5-22
ニ	廃棄物埋設地	……………2号-5-23
添5ロ-第1表	廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備	……………2号-5-30
添5ロ-第3表	地下水の水位その他廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備	……………2号-5-31
添5ニ-第1表	覆土の要求性能及び設計要件	……………2号-5-32
添5ニ-第2表	長期状態において覆土の透水特性に影響を及ぼす要因とその機構	……………2号-5-33
添5ロ-第1図	監視測定設備の設置箇所概略図(埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで)	……………2号-5-34

添5ロ-第2図 監視測定設備の設置箇所概略図(覆土完了から廃止措置の開始まで) ……2号-5-35

添5ニ-第1図 覆土断面図 ……2号-5-36

以下の図表については、別添2に示す図表のとおり。

添5ロ-第2表 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

添5ロ-第4表 通信連絡設備の一覧

添5ロ-第5表 警報装置

イ 安全設計の方針

(1) 設計対象

2号廃棄物埋設施設(以下「本施設」という。)は、廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地の附属施設(以下「附属施設」という。)により構成する。

廃棄物埋設地は、埋設設備、排水・監視設備及び埋設設備の上面及び側面を覆う土砂等(以下「覆土」という。)により構成する。

埋設設備は、外周仕切設備、内部仕切設備、廃棄体支持架台、セメント系充填材、覆い及びコンクリート仮蓋により構成する。排水・監視設備は、ポーラスコンクリート層、排水管及び点検路により構成する。覆土は、難透水性覆土、下部覆土及び上部覆土により構成する。

附属施設は、低レベル廃棄物管理建屋(以下「管理建屋」という。)、放射性廃棄物の受入施設、放射線管理施設、監視測定設備、廃棄施設、通信連絡設備等により構成する。このうち、放射性廃棄物の受入施設は、一時貯蔵天井クレーン、コンベア、廃棄体取り出し装置、払い出し天井クレーン、廃棄体一時仮置台、廃棄体検査装置及び埋設クレーンのことを総称している。

本施設のうち、変更申請対象となる設備は、覆土及び定期的な評価等に必要なたデータを取得するための監視測定設備並びに事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量を表示する設備である。

附属施設は、放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーン、監視測定設備のうち廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍に設置する設備、通信連絡設備等のうち廃棄物埋設地に設置する設備を除き、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用し、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」(平成10年10月8日付け、10安(廃規)第49号をもって事業変更許可)(以下「既許可」という。)からの変更はない。

(2) 安全設計の方針

本施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(以下「原子炉等規制法」という。)等の関係法令の要求を満足するとともに、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下「許可基準規則」という。)に適合する構造とする。

本施設で取り扱う放射性廃棄物で容器に固型化したもの(以下「廃棄体」という。)は、実用発電用原子炉の運転及び本施設の操業に伴って付随的に発生する固体状の放射性廃棄物をセメント系充填材で金属製の容器に固型化したもので、その容器が損傷しない限り、放射性物質は漏えいすることはない。また、取り扱う廃棄体の放射能濃度が低く、個々の廃棄体に含まれる放射性物質の量は十分少ないが、埋設する総本数が多い。そのため、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能(以下これらをあわせて「移行抑制機能」という。)並びに遮蔽機能が喪失した場合には、放射線障害を及ぼすおそれがあることから、これらを安全機能とする。

本施設の安全設計の基本的方針は、常時機能維持を必要とする動的な設備・機器は不要であり、静的な設備・機器によりこれらの安全機能を有するよう設計することとし、これらの安全機能を適切に組み合わせることによって、安全性を確保することとする。

具体的には、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の移行、本施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線並びに周辺環境に対して放出される放射性物質により、濃縮・埋設事業所(以下「事業所」という。)の事業所敷地(以下「敷地」という。)周辺の公衆の受ける線量が、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」(平成30年6月8日 原子力規制委員会告示第4号)(以下「線量告示」という。)で定められた線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable(ALARA)の考えの下、合理的に達成できる限り十分低くなるよう、実効線量で $50\mu\text{Sv/y}$ 以下を達成できる設計とする。

放射線業務従事者は、その受ける線量が「線量告示」で定められた線量限度を超えない設計とする。

廃止措置の開始後、廃棄物埋設地は、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しのある設計とする。廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態とは、廃止措置の開始後の評価において、科学的に合理的と考えられる範囲の人工バリアや天然バリアの状態及び被ばくに至る経路の組合せのうち、最も可能性が高いと考えられるパラメータを設定した

自然事象シナリオで評価される公衆の受ける線量が $10 \mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、科学的に合理的と考えられる範囲の人工バリアや天然バリアの状態及び被ばくに至る経路の組合せのうち、最も厳しいパラメータを設定した自然事象シナリオで評価される公衆の受ける線量が $300 \mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、自然事象シナリオ以外の廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮した人為事象シナリオの公衆の受ける線量が 1mSv/y を超えないこととする。

ここで、人工バリアとは、埋設する放射性廃棄物からの放射性物質の漏出の防止又は低減を行う人工構築物をいう。天然バリアとは、埋設する放射性廃棄物又は人工バリアの周囲に存在し、埋設する放射性廃棄物から漏出してきた放射性物質の生活環境への移行の抑制を行う岩盤(鷹架層)をいう。

(3) 安全機能を有する施設

本施設のうち安全機能を有する施設は、覆土とする。

(4) 安全機能及びその安全機能を維持すべき期間

(i) 放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能に関する設計方針

覆土は、以下に示す方針に基づき、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあつては移行抑制機能を維持する設計とし、廃止措置の開始後にあつては移行抑制機能を期待できる設計とする。

移行抑制機能は、放射性物質の移行に伴う公衆の受ける線量を低減するため、埋設設備内からの放射性物質の漏出を低減するとともに、放射性物質の移行を遅延する設計とする。

埋設設備内からの放射性物質の漏出の低減として、埋設設備内に流入する地下水の量を抑制する設計とする。低透水性を有する土質系材料の難透水性覆土及び下部覆土を埋設設備の上面及び側面に設置することにより埋設設備内に流入する地下水の量を抑制する設計とする。

放射性物質の移行の遅延として、収着性を有する材料を用いる設計とし、覆土に収着性を有する土質系材料を用いる設計とする。

また、覆土の移行抑制機能の設計に当たっては、天然バリアの移行抑制機能を考慮して行い、岩盤(鷹架層)を掘り下げて埋設設備を設置することで、岩盤(鷹架層)の有する低透水性及び収着性を期待する。

これらにより、放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制を行い、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の移行による公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による公衆の受ける線量並びに周辺環境に対して放出される放射性物質による公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv/y}$ 以下となる設計とする。

(ii) 放射線の遮蔽機能に関する設計方針

本施設は、敷地周辺の公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量が、「線量告示」で定められた線量限度を超えないことはもとより、合理的に達成できる限り低くするため、以下に示す方針に基づき遮蔽機能を有する設計とする。

遮蔽機能は、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、埋設設備及び覆土により、平常時における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地周辺の公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行による公衆の受ける線量及び周辺環境に対して放出される放射性物質による公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv/y}$ 以下となる設計とする。また、管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量を公衆の線量限度以下に低減できる設計とする。

なお、周辺監視区域の廃止後は公衆が敷地内に立ち入る可能性を考慮し、覆土により、敷地内に立ち入る公衆の受ける線量を公衆の線量限度以下に低減できる設計とする。

(iii) 安全機能を維持すべき期間

本施設に必要な安全機能を「移行抑制機能」及び「遮蔽機能」とし、その機能の維持すべき期間及び考え方は、以下のとおりである。廃止措置の開始後は、移行抑制機能及び遮蔽機能を期待できるように設計する。

安全機能	廃止措置の開始前	
	放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	覆土完了から廃止措置の開始まで
移行抑制機能	—	○
遮蔽機能	—	○

○：安全機能を維持する

—：考慮しない

(5) 飛散防止について

本施設では、飛散防止のための措置を講ずる機器としては廃棄体取扱い設備全般が該当するが、廃棄体に含まれる放射性物質の量は十分少なく、一度に取り扱う廃棄体の本数にも制限がある。さらに、廃棄体中の放射性廃棄物はセメント系充填材で一体となるように固型化したものであり、模擬廃棄体による落下試験においても、廃棄体からの飛散率は十分小さいことを確認している。そのため、本施設では廃棄体が落下した場合においても公衆又は放射線業務従事者に放射線障害を及ぼすおそれがないことから、廃棄体取扱い設備の飛散防止のための措置は安全機能に該当しない。

なお、廃棄体の落下を想定した場合の公衆への影響の評価は、既許可の「添付書類七 ロ (2) (i) 廃棄体の取扱いに伴う事故」のとおり。

(6) 本施設の設計に関して留意する事項

(i) 廃棄物埋設地の設計に関する留意事項

廃棄物埋設地は、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、放射性物質の漏出を低減するため、以下に留意した設計とする。

- ・埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること
- ・劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること
- ・劣化・損傷が生じた場合にも当該機能が維持できる構造・仕様であること

- ・放射性物質の漏出を低減する機能は、地下水の浸入を抑制する機能、放射性物質を収着する機能等の機能のうち、一つのものに過度に依存しないこと

また、廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能を損なわない設計とする。

(ii) 本施設の設計の関連規格

本施設の設計、材料の選定、建設・施工及び検査に当たっては、本施設の安全機能を確保するため原則として国内法規に基づく規格及び基準に準拠する。ただし、外国の規格及び基準による場合又は規格及び基準で一般的でないものを適用する場合には、それらの規格及び基準の適用の根拠、国内法規に基づく規格及び基準との対比並びに適用の妥当性を明らかにし、本施設の安全機能に問題がないことを確認する。

本施設の設計等は、「原子炉等規制法」、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」（以下「事業規則」という。）、「許可基準規則」、「線量告示」等に基づくとともに、必要に応じて以下の法令、基準等に準拠する。

- ・ 建築基準法
- ・ 労働安全衛生法
- ・ 消防法
- ・ 電気事業法
- ・ 日本産業規格 (JIS)
- ・ 日本電機工業会規格 (JEM)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会)
- ・ 建築基礎構造設計指針 (日本建築学会)
- ・ 建築工事標準仕様書・同解説 (日本建築学会)
- ・ 建築設備耐震設計・施工指針 (日本建築センター)
- ・ コンクリート標準示方書 (土木学会)
- ・ 道路橋示方書・同解説 (日本道路協会)

(iii) 他施設との共用

本施設の設備を他の原子力施設と共用する場合は、本施設の安全機能を損

なわない設計とする。

(iv) 異常時の放射線障害の防止について

安全機能を有する覆土は静的な設備であり、動的な設備・機器ではないことから、故障、誤動作又は誤操作による異常の発生は想定されない。また、本施設で取り扱う廃棄体は、容器に固型化されたものであり、放射性物質の飛散又は漏えいは起き難いととも、放射能濃度が低く、個々の廃棄体に含まれる放射性物質の量は十分少ないという特徴があるため、覆土が一部破損した場合においても、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。そのため、「誤操作による放射性廃棄物の落下等に伴う放射性物質の飛散」及び「その他機器等の破損、故障、誤動作又は操作員の誤操作等に伴う放射性物質の外部放出等であって、公衆の放射線被ばくの観点から重要と考えられる異常」の発生は想定されず、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。

ロ 安全設計

(1) 放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能に関する安全設計

廃棄物埋設地は、以下に示す設計を行うことにより、覆土完了後において、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減し、生活環境への移行を抑制する。

- (i) 難透水性覆土及び下部覆土は、放射性物質が地表近傍へ移行することによる汚染拡大を防止するため、低透水性を有する設計とする。
- (ii) 覆土は、収着性を有する土質系材料を用いる設計とする。
- (iii) 覆土は、長期的に安全性が損なわれ難い天然材料である土質系材料を採用する。

なお、覆土の材料は、実際の調達時期により詳細な材料特性が変わる可能性があるが、その場合にも要求性能を満足することを確認した上で用いることとする。

- (iv) 難透水性覆土及び下部覆土は、長期的な力学的影響及び化学的影響に対して、化学的安定性、変形追従性及び液状化抵抗性を考慮する。
- (v) 覆土は、劣化・損傷が生じた場合にも必要な移行抑制機能を有する構成・仕様とするため、難透水性覆土、下部覆土及び上部覆土を十分な厚さで多層化する。
- (vi) 難透水性覆土及び下部覆土は、地下水流動によって地表面へ放射性物質が移行することを抑制するとともに、浸入した地下水が埋設設備の底部から透水性の小さい岩盤(鷹架層)に流出するように、埋設設備の底面を除く外周部に設置する。
- (vii) 難透水性覆土は、透水係数を周辺の岩盤(鷹架層)よりも更に小さくなるように設計し、埋設設備の底面及び埋設設備間において幅 2.5m 以下となる狭隘部(以下「埋設設備間狭隘部」という。)を除く外周部に設置する。
- (viii) 下部覆土は、周辺の岩盤(鷹架層)と同等以下の透水係数とし、難透水性覆土の外周部及び埋設設備間狭隘部に設置する。
- (ix) 移行抑制機能を有する覆土に対する設計、材料の選定、建設・施工及び検査は、「事業規則」、「許可基準規則」等に基づくほか、利用可能な最善の技術として最新の知見を確認し、現状入手できる材料を用いる。2020 年度時点での最新

の知見としては、「道路土工要綱」⁽¹⁾及び「河川土工マニュアル」⁽²⁾を参照する。

(2) 遮蔽機能に関する安全設計

遮蔽設計に係る変更はないことから、既許可の「添付書類五 口 (2) 放射線防護等に関する安全設計」のとおり。

(3) 耐震設計

覆土は、弾性範囲で設計される構造部材ではなく、変形を許容した土質系材料であるため、耐震重要度の設定及び耐震設計は不要とする。

また、覆土は、安定した地盤の一部を掘り込んだ箇所に設置しているため、地震による損傷として、地すべりといった損傷は想定されないが、液状化が想定されるため、液状化し難い材料を用いて適切な管理方法で施工することにより、液状化抵抗性のある設計とする。

覆土の安全機能は、移行抑制機能及び遮蔽機能であるが、これらの安全機能が喪失した場合に公衆に及ぼす影響は十分に小さいものである。

(4) 耐津波設計

(i) 耐津波設計の基本方針

廃棄物埋設地は、敷地及びその周辺地域における過去の記録、現地調査の結果、行政機関が実施した津波シミュレーションの結果及び最新の科学的・技術的知見を踏まえ、影響が最も大きい津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置し、安全機能が損なわれない設計とする。

(ii) 耐津波に関する安全設計

廃棄物埋設地は、海岸線から約 3km 離れた標高 30m 以上の台地に設置し、断層のすべり量が既往知見を大きく上回る波源を想定した場合でも、廃棄物埋設地に津波が到達する可能性はないことから、耐津波設計は不要とする。

(5) 地震及び津波以外の自然現象並びに人為による事象に対する安全設計

安全機能を有する施設の安全機能に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象

及び事業所又はその周辺において想定される安全機能を有する施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く)(以下「人為事象」という。)については、廃棄物埋設地の設置場所によらず変わらないことから、別添1「添付書類五 ロ(6)地震及び津波以外の自然現象並びに人為による事象に対する安全設計」で選定した事象と同じである。そのため、検討対象としては洪水、地すべり、火山の影響、土石流及びダムの崩壊を選定した。また、その評価も廃棄物埋設地の設置場所によらず変わらないことから、廃棄物埋設地の安全機能に大きな影響を及ぼす自然現象及び人為事象はないため、安全設計への考慮は不要とする。

(6) その他の設計

(i) 火災及び爆発に対する考慮

本施設の特徴として、移行抑制機能及び遮蔽機能の安全機能を静的な設備で確保している。ここで、覆土は、不燃性の土質系材料を使用している。

さらに、埋設設備に定置する廃棄体は、実用発電用原子炉の運転及び本施設の操業に伴って付随的に発生する放射性廃棄物を金属製の容器に固型化したものである。加えて、操業工程において可燃性ガス等の可燃性物質は使用しないことから、爆発は発生しないため、爆発による影響は考慮しない。

以上の特徴を踏まえて、安全機能を有する施設は火災及び爆発(以下「火災等」という。)の発生により、廃棄物埋設施設の安全性が損なわれるおそれがないよう以下の設計とする。

a. 火災等の発生防止

覆土は、火災等発生のおそれがない静的な設備であり、不燃性の土質系材料を使用する設計とする。

運用としては、可燃物等の物品の持ち込みは必要最小限とし、適切に防火措置を講じる。

b. 火災等の感知及び消火

覆土には火災等発生源がないことから感知及び消火のための設備は必要としない。

c. 火災等の影響軽減

覆土には火災等発生源がないことから影響軽減対策は必要としない。

d. 異常時の放射線障害の防止

「廃棄物埋設施設内の火災及び爆発による影響」については、覆土は不燃性である土質系材料を使用する設計とすることから、火災により廃棄体が損傷に至ることは想定し難く、操業工程において可燃性ガス等の可燃性物質は使用しないことから、爆発も発生しないため、火災等によって異常の発生は想定されない。したがって、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。

(ii) 放射性廃棄物の受入施設に関する設計

放射性廃棄物の受入施設は、変更申請対象ではないことから、既許可の「添付書類五 ホ (3) 放射性廃棄物の受入れ施設」のとおり。

なお、放射性廃棄物の受入施設は、埋設クレーンを除き、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

(iii) 放射線管理施設に関する設計

放射線管理施設は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別添2「添付書類五 ロ (7) (iii) 放射線管理施設に関する設計」のとおり。

(iv) 監視測定設備に関する設計

a. 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

(a) 監視測定設備の概要

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間にあっては、廃棄物埋設地の限定された区域(埋設設備)から、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあっては、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視及び測定する設備を設置する。

(b) 監視測定設備に関する設計

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、排水・監視設備から採取した排水中の放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地近傍の地下水採取孔から採取した地下水中の放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、周辺監視区域境界付近における地下水中の放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

(c) 主要な監視測定設備

廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備を添5ロ-第1表に示す。

廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備として、排水・監視設備、地下水採取孔、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)を設置する。また、周辺監視区域境界付近における地下水中の放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備として、地下水採取孔、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)を設置する。

周辺監視区域境界付近に設置する地下水採取孔は、既設設備であり、監視及び測定の方法及び場所に変更はなく、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。また、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)は、既許可から変更がない設備(以下「既許可設備」という。)であり、既許可から監視及び測定の方法及び場所に変更がなく、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

なお、既許可設備である放射線管理施設の放射能測定装置及び放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)を監視測定設備として併用する。

b. 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備

事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備は、既許可から監視及び測定の方法及び場所に変更がなく、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別添2「添付書類五 ロ (7) (iv) b. 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量の監視測定設備」のとおり。

c. 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備

(a) 監視測定設備の概要

事業所には、定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリア及び天然バリアの移行抑制機能並びに移行抑制機能に影響を及ぼす廃棄物埋

設地及びその周囲の状況を対象として監視及び測定する設備を設置する。

(b) 監視測定設備に関する設計

埋設設備からの漏出状況を確認するため、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、排水・監視設備からの排水量並びに排水中に含まれる放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

廃棄物埋設地の移行抑制機能が維持されていることを確認するため、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、人工バリア及び天然バリアの収着性及び低透水性の変化を監視及び測定できる設備を有する設計とする。各バリアの損傷を防止する観点から、廃棄物埋設地の近傍で埋設設備と同程度の深度に供試体を埋設し、状態の変化を確認する類似環境下での原位置試験を行うとともに必要に応じそれを補完する室内試験を実施できる設計とする。監視及び測定の対象とする項目は、廃棄物埋設地の安全性を確認する観点から、線量評価パラメータのうち線量の感度が大きく、有意に変化が生じ得る可能性があるもの並びにこれらに関係する種々の影響因子及び前提条件から選定する。具体的な監視及び測定の項目は、金属の膨張量(廃棄体)、分配係数並びに分配係数に関連する間隙率及び密度(廃棄体及び埋設設備)、透水係数並びに透水係数に関連する間隙率及び密度(難透水性覆土及び下部覆土)とする。

移行抑制機能に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその周囲の状況については、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、人工バリア及び天然バリアの収着性及び低透水性に影響を及ぼす地下水の水位及び水質の変化を確認することができる設備を有する設計とする。具体的な監視及び測定の項目は、地下水の水位及び地下水の水質とする。

(c) 主要な監視測定設備

地下水の水位その他廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備を添5ロ-第3表に示す。

地下水の水位その他廃棄物埋設地及びその周囲の状況の監視測定設備として、排水・監視設備、地下水位測定孔、地下水採取孔、放射能測定装置、放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)及び水質の分析装置を設置す

る。

放射能測定装置及び放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)は、既許可設備であり、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。また、周辺監視区域境界付近に設置する地下水位測定孔は既設設備であり、1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

なお、既許可設備である放射線管理施設の放射能測定装置及び放射線サーベイ機器(線量当量率サーベイメータ)を監視測定設備として併用する。

d. その他の主要な事項

(a) 監視測定設備における留意事項

監視測定設備は、「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」(昭和53年9月29日原子力委員会決定)に示されている測定下限濃度、測定頻度及び放射能計測方法を参考とする。

廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の監視及び測定では、公衆に放射線障害が生じるおそれのある放射性物質の異常な漏えいの有無を判断するために、測定された放射性物質の濃度が、「線量告示」に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度に対して十分に小さい(1/100程度)値以上となった場合に監視強化を行う。放射性物質の濃度の測定は屋内で実施することを考慮し、監視測定設備は、実用上必要な精度として、「線量告示」に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度を目安に、この監視強化の判断を行うことができるような目標検出限界値を有した設計とする。また、測定期間が長期にわたることから、必要に応じて測定設備の更新を行う。

廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍に設置する地下水採取孔及び地下水位測定孔は、移行抑制機能を著しく損なわない設計とする。移行抑制機能を著しく損なわないとは、これらを設置することにより、難透水性覆土、下部覆土又は岩盤(鷹架層)の主要な移行抑制機能である低透水性に著しい影響が生じず、廃棄物埋設地内への地下水浸入量の増加及び放射性物質の生活環境への移行の促進が生じないこととする。

監視及び測定は、必要に応じて、定期的な評価の結果に基づいて見直す。

(b) 監視測定設備を設置した場所を経由した放射性物質の漏えいの対策

廃止措置の開始後に監視測定設備を設置した場所を経由した放射性物質の異常な漏えいが生じない対策として、覆土が完了し、排水・監視設備による監視及び測定が終了した後に、有害な空隙が残らないように点検路の解体及び埋戻しを行う。点検路は鉄筋コンクリート製であり、埋設設備の周囲に水平方向に配置し、地表と連絡するための鉛直方向の立坑を設置するが、立坑については、埋設設備の上方向で難透水性覆土及び下部覆土内を貫通する箇所を解体し、有害な空隙が残らないように埋戻しを行う。同様に、廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍に設置する地下水採取孔及び地下水位測定孔は、各孔による監視及び測定が終了した後に、有害な空隙が残らないように、それぞれの孔内の埋戻しを行う。

(c) 監視測定設備の設置箇所

周辺監視区域境界付近にモニタリングポイント(積算線量計)、地下水採取孔及び地下水位測定孔、廃棄物埋設地に排水・監視設備、廃棄物埋設地近傍に地下水採取孔、廃棄物埋設地及びその近傍に地下水位測定孔、管理建屋に排気用モニタ、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器、管理建屋等に水質の分析装置を設置する。監視測定設備の設置箇所の概略図を添5ロ-第1図及び添5ロ-第2図に示す。

地下水採取孔の深さは、以下の考えに基づいて、数m～数10mとする。

- ・地下水の採取対象層を第四紀層と岩盤(鷹架層)とし、それぞれの地層の地下水を採取できる深さとすること
- ・埋設設備を経由した地下水の移行経路に該当する深さとすること
- ・地下水中の放射性物質の濃度を分析する上で必要な水量を確保できる深さとすること

(v) 廃棄施設に関する設計

廃棄施設は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別添2「添付書類五ロ(7)(v)廃棄施設に関する設計」のとおり。

(vi) 予備電源に関する設計

本施設の安全機能は、静的な設備・機器で確保しており、安全機能を維持する上で予備電源の確保が必要な設備はない。

また、外部電源を必要とする設備として、監視測定設備である放射能測定装置があるが、経過観察を行うための試料分析関係設備で常時外部電源が必要ではなく、外部電源復旧後の対応が可能であることから、予備電源は必要ない。なお、その他に監視測定設備として、積算線量計及び放射線サーベイ機器がある。ここで、外部電源が喪失するような緊急を要する事態の対応としては、放射線サーベイ機器により代替が可能であり、放射線サーベイ機器は可搬型設備であることから予備電源は必要としない。加えて、通信連絡設備は、異常が発生した場合であっても、通信連絡ができるようバッテリー及び非常用電源設備の供給電源設備を設置することから、予備電源は必要ない。

廃棄物埋設地は、火災・爆発の検知・警報設備、消火設備は必要としないため、予備電源は必要としない。

さらに、外部電源を必要とする設備として、廃棄体を取り扱う一時貯蔵天井クレーン、払い出し天井クレーン及び埋設クレーンは外部電源が喪失した場合でも吊上状態を維持する保持機能を設けていることから、輸送容器や廃棄体の落下に至ることはない。加えて、液体廃棄物処理設備及び固体廃棄物処理設備の空気作動弁及び電磁弁は、フェイルセーフとなる設計としており、外部電源が喪失した場合でも、液体廃棄物及び固体廃棄物の漏えいや想定外の放出につながるおそれはない。

以上より、予備電源に関する設計は該当なし。

(vii) 通信連絡設備等に関する設計

a. 通信連絡設備

通信連絡設備は、1号廃棄物埋設施設の設備を共用することから、別添2「添付書類五 口 (7) (vii) a. 通信連絡設備」のとおり。

b. 安全避難通路

管理建屋には、災害時において、管理建屋内から屋外へ安全に人が退避するため、建築基準法に準拠し、人の立ち入る区域から出口までの通路、階段を安全避難通路として設置する。

また、安全避難通路には、建築基準法に準拠し、外部電源喪失時に機能する非常用照明設備を設置するとともに、消防法に準拠し、単純、明確かつ永続的な避難方向を明示した標識を設置する。

(viii) 廃棄物埋設地に関する設計の留意事項

廃棄物埋設地は、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、放射性物質の漏出を低減するため、以下に留意した設計とする。

- a. 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること

廃棄物埋設地の設計については、放射性物質の性質及び放射能濃度として、放射性物質の種類により主に半減期や放出される放射線のエネルギーが異なることを考慮する。

- ・半減期の長い放射性物質に対しては、人工バリア及び天然バリアを組み合わせる移行抑制機能の設計により長期的に放射性物質の移行を抑制し、放射能の減衰を図ることで公衆の受ける線量を低減すること
- ・半減期が短く放射線のエネルギーが大きい放射性物質に対しては、遮蔽機能の設計により放射能が有意に減衰するまで遮蔽を確保することで、公衆の受ける外部被ばくを低減すること

また、廃棄物埋設地は、保全に関する措置を必要としない状態に移行できるよう設計する。人間侵入リスクが高い地表面を避け、天然バリアである侵食抵抗性の高い岩盤(鷹架層)の性能を有効に利用するために、地盤を掘り下げて埋設設備を設置する。その結果、埋設設備が地下水面下への設置となることから、その特徴を考慮し設計する。

以上より、廃棄物埋設地に要求される安全機能及びその安全機能を維持すべき期間を踏まえた上で、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術として、諸外国の類似施設の設計を参考とし、広く活用され、かつ、実績を多数有している建設・施工技術を用いる。

覆土完了後は、安全機能(移行抑制機能及び遮蔽機能)を有する部位ごとの要求性能に加え、材料の選定、建設・施工及び検査を考慮した構造物として設計する。以下の内容を満足することで、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術とする。

(a) 合理的な建設・施工技術

覆土完了後の期間は、数百年以上であることから、長期的な透水特性及び

遮蔽性能を期待するために、力学的・化学的作用により安全性が損なわれ難い天然材料である土質系材料を用いた土構造物とすることが合理的である。

また、長期的な核種収着性を期待するために、長期的に安全性が損なわれ難い土質系材料を用いることが合理的である。

(b) 利用可能な最善の建設・施工技術

土構造物としての設計、材料の選定、建設・施工及び検査については、利用可能な最善の建設・施工技術として、最新の知見を確認する。2020年度時点での最新の知見としては、「道路土工要綱」⁽¹⁾及び「河川土工マニュアル」⁽²⁾を参照とする。また、一般土工で用いられる重機を使用し、適切な品質管理を行うことで、目標の透水係数を有する覆土を施工できることを確認している。

なお、施工時の品質管理方法は、覆土施工時に行う施工試験結果を用いて最終決定する。

安全機能ごとに対する設計としては以下のとおり。

- ・移行抑制機能は、低透水性として土質系材料により透水係数及び厚さを確保する設計とし、収着性を有する土質系材料を用いる設計とすること
- ・遮蔽機能は、敷地周辺の公衆及び管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者への被ばくを低減するために、覆土の密度及び厚さを確保することで、長期的な放射線の遮蔽性能を有する設計とすること

b. 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること

難透水性覆土及び下部覆土は、化学的安定性、変形追従性及び液状化抵抗性を考慮し、粒径分布に広がりを持った土質系材料を用いる。

難透水性覆土及び下部覆土は、容易な露呈を防止する観点から安定した地盤を掘り下げ、埋設設備の底面を除く外周部に設置する設計とする。

長期状態において想定される劣化・損傷事象を抽出し、覆土の透水特性に影響を及ぼす要因に対して、長期的に透水特性を維持するための要求機能を満たす見通しのある設計とする。

これらにより、覆土は劣化・損傷に対する抵抗性を有する設計とする。

c. 劣化・損傷が生じた場合にも当該機能が維持できる構造・仕様であること

覆土は、長期的に発生が予想される力学的影響及び化学的影響のいずれに対

しても機能維持が受動的に期待できるよう、多層化した十分な厚さの覆土を設置する。

線量評価上用いる各性能は、線量評価の状態設定における劣化・損傷の程度及び期間の不確実性を包含する設定とすることにより、廃棄物埋設地全体として線量基準を満足できるようにする。

これらにより、劣化・損傷が生じた場合においても、移行抑制機能を維持する構造・仕様とする。

- d. 放射性物質の漏出を低減する機能は、地下水の浸入を抑制する機能、放射性物質を収着する機能等の機能のうち、一つのものに過度に依存しないこと

放射性物質の漏出を低減する機能は、人工バリア及び天然バリアにより確保し、人工バリアは特性の異なる土質系材料を用いる設計とする。また、これらを用いた各部材に対して、次表に示すように、地下水の浸入を抑制する機能(低透水性)及び放射性物質を収着する機能(収着性)の複数の異なる機能を期待することにより、一つの機能に過度に依存しないよう配慮した設計とする。

	部材	収着性	低透水性
人工バリア	難透水性覆土	○	○
	下部覆土	—*1	○
	上部覆土	○	—
天然バリア	岩盤(鷹架層)	○	○

○：期待する

—：期待しない

*1：下部覆土は土質系材料であり収着性を期待できるが、難透水性覆土又は下部覆土の一方に収着性を期待することで十分であることから、下部覆土の収着性は考慮しない。

- e. 埋設する放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能が損なわれないものであること

埋設する廃棄体、埋設設備、排水・監視設備及び覆土には可燃性の化学物質、可燃性ガスを発生する化学物質を含めない。一方、廃棄物埋設地の安全機能に影響を及ぼす可能性のあるその他の化学物質としては、廃棄体又は埋設設備内に含まれる有機物、さらにはセメント系材料から溶出した高アルカリ成分を含む

地下水との反応による影響を考慮する必要がある。

覆土完了から廃止措置の開始までの間の安全機能として、覆土は移行抑制機能及び遮蔽機能を有する。遮蔽機能については、覆土が十分な厚さを有していることから、化学物質と接触することによって生じる覆土の厚さ減少及び密度低下による遮蔽機能への影響は無視できると考えられる。移行抑制機能については、廃棄物埋設地内において地下水位が上昇し、地下水の浸入に伴い溶解及び漏出する化学物質(有機物)及びセメント系材料から溶出した高アルカリ成分が覆土の低透水性及び収着性に影響を及ぼす可能性がある。

上記のような化学物質の影響に対する対策として、覆土に使用する材料については、化学物質による低透水性及び収着性への影響を考慮し、低透水性及び収着性への影響を確認した材料を使用する設計とする。また、化学的安定性の高い材料で構成する設計とする。

参考文献

- (1) 公益財団法人 日本道路協会(平成 21 年)：道路土工要綱(平成 21 年度版)
- (2) 財団法人 国土技術研究センター(平成 21 年)：河川土工マニュアル

ハ 施設配置

施設配置の変更はないことから、既許可の「添付書類五 ハ 施設配置」のとおり。

ニ 廃棄物埋設地

(1) 構成及び設置位置

廃棄物埋設地は、管理建屋から運搬した廃棄体を埋設する場所であり、埋設設備、排水・監視設備及び覆土により構成する。

廃棄物埋設地は、1号廃棄物埋設地の西側に位置し、廃棄体最大41,472m³(200Lドラム缶207,360本相当)を埋設する。

埋設設備は、1基当たり廃棄体約2,592m³(200Lドラム缶12,960本相当)を埋設する埋設設備2基を1埋設設備群とする埋設設備群8群で構成し、東西方向に4基、南北方向に4基配置する。

埋設設備は、現造成面(標高約52m)基準から約16m～21m掘り下げて、標高約31m～36mとなるようにN値50以上の岩盤(鷹架層)に設置する。

(2) 主要設備

(i) 覆土

a. 構成及び安全機能

覆土は、難透水性覆土、下部覆土及び上部覆土により構成する。

難透水性覆土及び下部覆土は、低透水性により放射性物質の移行を抑制し、遮蔽性により放射線の遮蔽を行う。

なお、評価において収着性による移行抑制機能を期待できる設計とする。

b. 要求性能

安全機能を確保するために必要な要求性能を整理する。

覆土の部位ごとに設定した要求性能及び設計要件を添5ニ-第1表に示す。

(a) 技術要件及び設計仕様項目

(一) 移行抑制機能

覆土の移行抑制機能は、埋設設備内を通過する地下水の流量を低減することである。埋設設備からの流出水量は覆土の透水特性によって影響を受けることから、覆土に対する技術要件は透水特性(低透水性)であり、その設計仕様項目は透水係数及び厚さである。

また、移行抑制機能については、長期にわたり機能を維持する必要があるため、透水係数及び厚さの変化に影響を及ぼす要因について抽

出する。長期状態において覆土の透水特性に影響を及ぼす要因とその機構を添5ニ-第2表に示す。影響要因の抽出については、周辺岩盤などの外部環境も含めた施設の構成及び影響要因の相互作用を網羅的に考慮する。抽出した要因は、廃棄物埋設地の覆土完了後の再冠水による水との接触に伴う、ベントナイト特性の変化、有効粘土密度の変化及び短絡経路の形成である。長期における覆土の技術要件は、これらの要因に対する長期機能維持特性(化学的安定性、変形追従性及び液状化抵抗性)であり、その設計仕様項目は透水係数、厚さ及び締固め度である。

なお、覆土には、移行抑制機能に対する技術要件として、土質系材料が有する収着性を考慮するが、その設計仕様項目は設定せず、収着性への影響を確認した材料を使用する設計とする。

(二) 遮蔽機能

覆土の遮蔽機能は、放射線を遮蔽する機能であるため、技術要件は遮蔽性であり、その設計仕様項目は密度及び厚さである。

(b) 設計要件

設計仕様項目である透水係数、厚さ、密度及び締固め度については、各部位が要求性能を満足するための設計要件を設定する。

c. 構造及び仕様

難透水性覆土は、埋設設備の底面及び埋設設備間狭隘部を除く外周部に設置する。下部覆土は、難透水性覆土の外周部及び埋設設備間狭隘部に設置する。上部覆土は、下部覆土の上部に設置する。

埋設設備間狭隘部とは、具体的には埋設設備の東西方向の間を示す。

覆土断面図を添5ニ-第1図に示す。

以下に各部位の仕様を示す。

(a) 難透水性覆土

(一) 概要

難透水性覆土は、砂を母材としたベントナイト混合土で構成し、埋設設備の底面及び埋設設備間狭隘部を除く外周部に設置する。

(二) 設計方針

難透水性覆土に求める安全機能は、覆土完了から廃止措置の開始までの間の移行抑制機能及び遮蔽機能である。

移行抑制機能に対しては、透水特性を確保し、埋設設備からの流出水量を低減するために低透水性を考慮した設計とする。また、周辺岩盤に比して同程度以下の透水係数を長期的に維持できる設計とする。

遮蔽機能に対しては、遮蔽性能を確保する設計とする。

移行抑制機能を長期的に維持するための化学的安定性、変形追従性及び液状化抵抗性は、長期状態評価において考慮する性能を満たす見通しがあるものとする。

(三) 仕様

(ア) 透水特性

覆土の透水係数は、廃棄物埋設地の近傍に分布する岩盤(鷹架層)の透水係数が $7.8 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 程度であることを踏まえ、岩盤(鷹架層)の透水係数以下を長期的に維持することを目標として設計する。

難透水性覆土は、化学的影響の要因である物質の供給源となるセメント系材料と隣接している。難透水性覆土の透水係数は、長期的に性能低下が生じることを想定し、施工時点において、空間的なばらつきを考慮しても全体として期待できる透水係数(以下「巨視的透水係数」という。)として $1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$ 以下を確保する。また、埋設設備に内包される金属の腐食膨張に伴い鉛直方向に変形した場合でも低透水性を維持できるよう、難透水性覆土の厚さは、埋設設備の表面から 2m 以上とする。

(イ) 遮蔽性能

遮蔽性に配慮した設計として、公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の線量(以下「公衆等の受ける線量」という。)を低減するような密度及び厚さを確保するものとし、密度は $1,100 \text{kg/m}^3$ 以上とする。

(ウ) 長期機能維持特性

① 化学的安定性

化学的影響により覆土が変質した場合においても、長期的に低透水性を維持でき、化学的安定性の高いと考えられる天然の土質系材料を使用する。

② 変形追従性

力学的影響又は化学的影響により覆土が変形した場合においても、その変形に追従し、覆土全体として埋設設備からの流出水量の増加を抑制する設計とする。

③ 液状化抵抗性

力学的影響により覆土が変状することのないように、粒径分布に広がりを持った土質系材料で十分に締固めを行う。

なお、実際に使用する材料の粒径分布に基づいて、道路橋示方書⁽¹⁾に示される液状化判定法による確認を行う。

(b) 下部覆土

(一) 概要

下部覆土は、現地発生土に必要な応じてベントナイト、砂及び砕石を混合したもので構成し、埋設設備間狭隘部並びに難透水性覆土の側部全体及び上部に設置する。

(二) 設計方針

下部覆土に求める安全機能は、覆土完了から廃止措置の開始までの間の移行抑制機能及び遮蔽機能である。

移行抑制機能に対しては、透水特性を確保し、埋設設備からの流出水量を低減するために低透水性を考慮した設計とする。また、周辺岩盤に比して同程度以下の透水係数を長期的に維持できる設計とする。

遮蔽機能に対しては、遮蔽性能を確保する設計とする。

移行抑制機能を長期的に維持するための化学的安定性、変形追従性及び液状化抵抗性は、長期状態評価において考慮する性能を満たす見通しがあるものとする。

(三) 仕様

(7) 透水特性

覆土の透水係数は、廃棄物埋設地の近傍に分布する岩盤(鷹架層)の透水係数が $7.8 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 程度であることを踏まえ、岩盤(鷹架層)の透水係数以下を長期的に維持することを目標として設計する。

下部覆土の透水係数は、難透水性覆土によってセメント系材料起源の成分による化学的変質の影響が遅延・緩衝されることから、施工時点において、巨視的透水係数として $1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 以下を確保する。また、難透水性覆土の上部に設置する下部覆土の厚さは 2m 以上とする。

(イ) 遮蔽性能

遮蔽性に配慮した設計として、公衆等の受ける線量を低減するような密度及び厚さを確保するものとし、密度は $1,100 \text{kg/m}^3$ 以上とする。

(ウ) 長期機能維持特性

① 化学的安定性

化学的影響により覆土が変質した場合においても、長期的に低透水性を維持でき、化学的安定性の高いと考えられる天然の土質系材料を使用する。

② 変形追従性

力学的影響又は化学的影響により覆土が変形した場合においても、その変形に追従し、覆土全体として埋設設備からの流出水量の増加を抑制する設計とする。

③ 液状化抵抗性

力学的影響により覆土が変状することのないように、粒径分布に広がりを持った土質系材料で十分に締固めを行う。

なお、実際に使用する材料の粒径分布に基づいて、道路橋示方書⁽¹⁾に示される液状化判定法による確認を行う。

(c) 上部覆土

(一) 概要

上部覆土は、現地発生土に必要な応じて砂及び砕石を混合したもので構成し、下部覆土の上部に設置する。表面は地表水による侵食を抑

制する観点から、すべての上部覆土の施工完了後に適切な排水勾配を設け、植生を行う。

(二) 設計方針

上部覆土は、周辺の土壌・岩盤と水理的に連続性を持たせる観点から廃棄物埋設地周辺の第四紀層の透水係数(10^{-6}m/s オーダー)を目安に施工し、上面は尾駁沼に向かって適切な排水勾配を設ける。

また、上部覆土は、力学的影響により覆土が変状することのないように、粒径分布に広がりを持った土質系材料で十分に締固めを行う。

(三) 仕様

上部覆土は、粒径分布に広がりを持った土質系材料で締固めを行い、難透水性覆土及び下部覆土とあわせて埋設設備上面から 11m 以上の厚さとする。

参考文献

- (1) 公益社団法人 日本道路協会(平成 29 年) : 道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説

添5ロ-第1表 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量の
監視測定設備

監視測定対象	監視測定場所	監視測定設備	施設の区分*1
排水中の放射性物質の濃度及び線量	廃棄物埋設地	排水・監視設備	×
	低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(共用)*2
		放射線サーベイ機器	×(共用)*2
地下水中の放射性物質の濃度及び線量	廃棄物埋設地近傍	地下水採取孔	○
	周辺監視区域境界付近	地下水採取孔	△(共用)*2
	低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(共用)*2
		放射線サーベイ機器	×(共用)*2

*1：○：新設、△：既設設備、×：既許可設備

*2：1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

添5ロ-第3表 地下水の水位その他廃棄物埋設地及びその周囲の状況の
監視測定設備

関係する機能	監視測定時期	監視測定項目	監視測定場所	監視測定設備	施設の区分*1
漏出防止機能	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	排水中の放射性物質の濃度及び線量	廃棄物埋設地	排水・監視設備	×
			低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(共用)*2
				放射線サーベイ機器	×(共用)*2
		排水量	廃棄物埋設地	排水・監視設備	×
移行抑制機能	覆土完了から廃止措置の開始まで	地下水の水位(地下水流動場)	周辺監視区域境界付近	地下水位測定孔	△(共用)*2
		地下水の水質	廃棄物埋設地近傍	地下水採取孔	○
			低レベル廃棄物管理建屋等	水質の分析装置	○(共用)*2
		地下水の水位(覆土内地下水位)	廃棄物埋設地	地下水位測定孔	○
		地下水の水位(動水勾配)	廃棄物埋設地近傍	地下水位測定孔	
		金属の膨張量(廃棄体)	—*3	—*3	—*3
		分配係数並びに分配係数に関連する間隙率及び密度(廃棄体及び埋設設備)			
透水係数並びに透水係数に関連する間隙率及び密度(難透水性覆土及び下部覆土)					

*1：○：新設、△：既設設備、×：既許可設備

*2：1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

*3：模擬試験体を埋設した廃棄物埋設地の類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験によって確認を行う。

添 5 ニ-第 1 表 覆土の要求性能及び設計要件

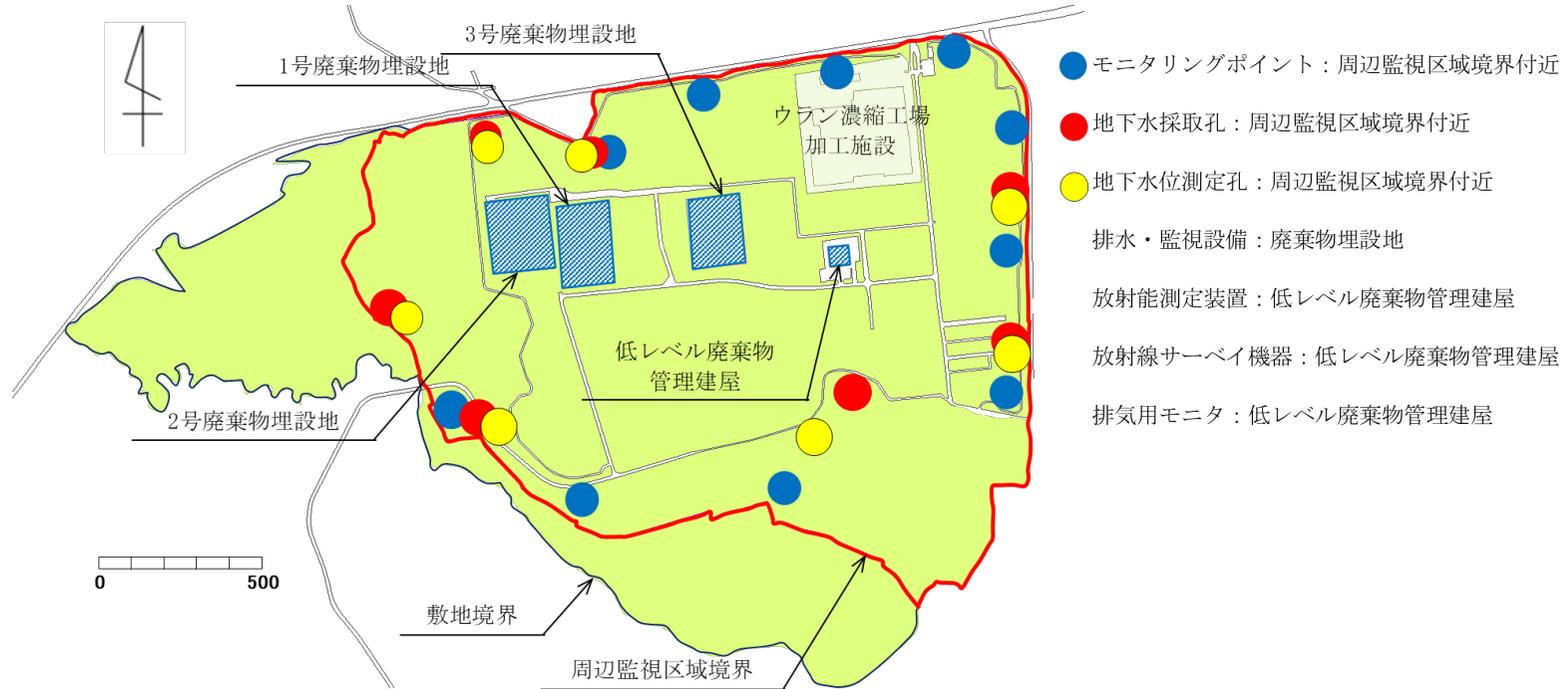
安全機能	要求性能			難透水性覆土	下部覆土	上部覆土	設計要件
	技術要件 (必要な特性)		設計仕様項目				
移行抑制機能	透水特性	低透水性	透水係数	○	○	—	必要な透水係数を有すること。
			厚さ	○	○	—	必要な厚さを有すること。
	核種 収着性	収着性	—	—	—	—	設計仕様項目を設定しない(評価において、覆土が副次的にもつ性能として設定するものとする)。*1
移行抑制機能を長期的に維持するための要求機能	長期機能維持特性	化学的安定性	透水係数	○	○	—	長期状態評価において考慮する性能を満たす見通しがあること。
		変形追従性	透水係数	○	○	—	長期状態評価において考慮する性能を満たす見通しがあること。
			厚さ	○	○	—	長期状態評価において考慮する性能を満たす見通しがあること。
		液状化抵抗性	締固め度	○	○	—	長期状態評価において考慮する性能を満たす見通しがあること。
遮蔽機能	放射線の遮蔽性能	遮蔽性	密度	○	○	—	被ばくを低減するために必要な遮蔽性能を有すること。
			厚さ	○	○	—	被ばくを低減するために必要な遮蔽性能を有すること。

*1：分配係数は、材料仕様、施工の際に取得する分配係数データ又は代替指標となるデータにより管理する。

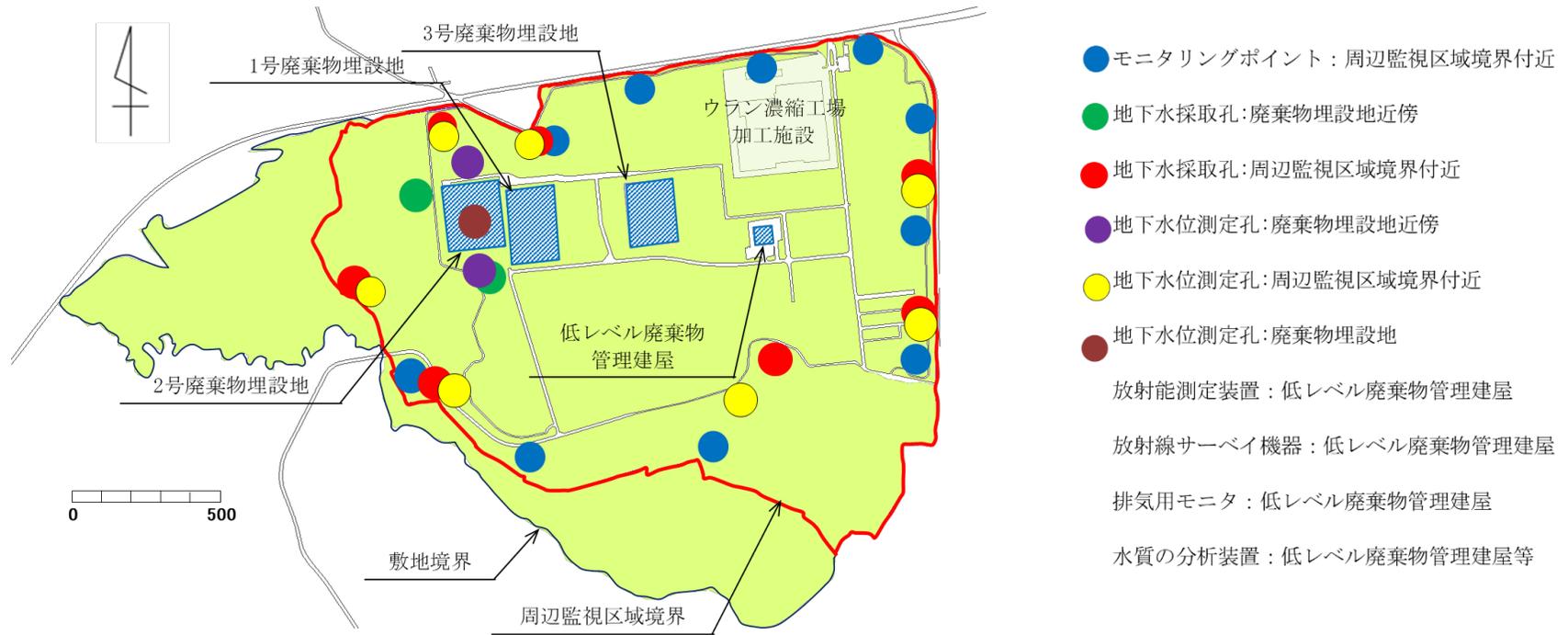
添5ニ-第2表 長期状態において覆土の透水特性に影響を及ぼす要因とその機構

設計仕様項目	長期状態における影響要因			影響機構	要求性能 (技術要件)
透水係数	ベントナイト特性の変化	化学的影響	交換性陽イオンの変化	セメント系材料からの高カルシウム濃度の間隙水によるベントナイトのCa型化	化学的安定性
			廃棄体中のほう酸塩、硫酸塩などの可溶性塩影響	可溶性塩影響により、空隙特性(空隙率、空隙構造)が変化するとともに、膨潤性能が低下。また、陥没による覆土の変形	化学的安定性 変形追従性
	有効粘土密度*1の変化	力学的影響	金属の腐食	金属の腐食膨張により、覆土の隅角部等に、厚さの減少及び変位に伴う透水性が変化した領域の発生	変形追従性
			地震影響	地震力により覆土の変形及び液状化の発生	変形追従性 液状化抵抗性
	化学的影響	モンモリロナイトの溶解、随伴鉱物の溶解、二次鉱物の生成	セメント系材料からの高アルカリ性間隙水によるベントナイト構成材料の溶解に伴う密度低下。溶解成分と地下水成分などが反応して二次鉱物が沈殿	化学的安定性	
厚さ	短絡経路の形成	力学的影響	ガス発生	金属腐食等により発生するガスの破過が生じ、覆土に低密度部を形成	変形追従性

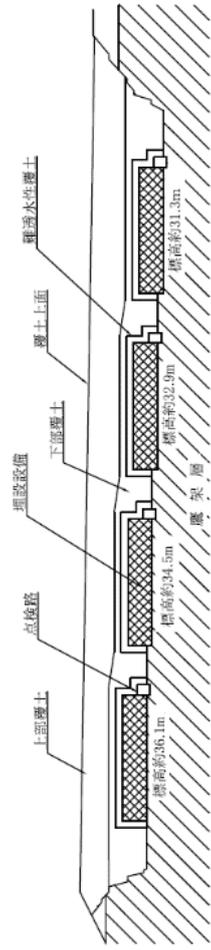
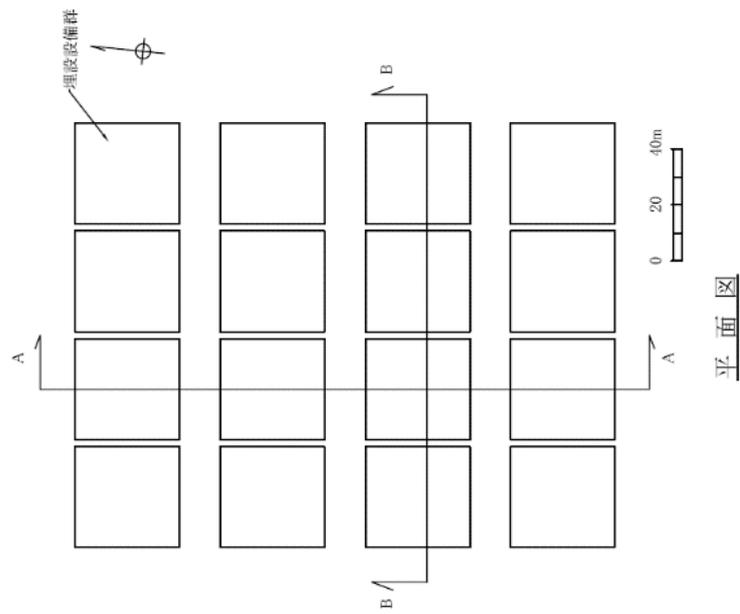
*1：単位体積あたりに含まれるベントナイト分の乾燥重量をそれ自身の体積で割ることにより得られる密度であり、ベントナイト混合材料の特性を把握するときの指標のひとつ。



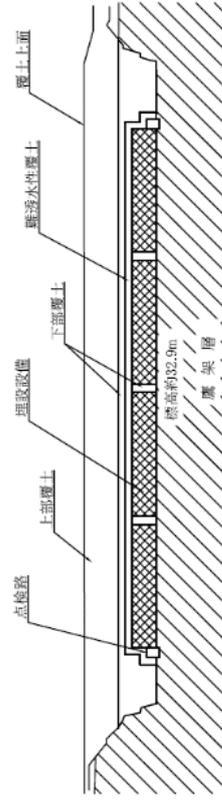
添5ロ-第1図 監視測定設備の設置箇所概略図(埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで)



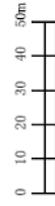
添5ロ-第2図 監視測定設備の設置箇所概略図(覆土完了から廃止措置の開始まで)



A-A断面図



B-B断面図



添5二-第1図 覆土断面図

添 付 書 類 六

変更後における核燃料物質等による放射線の被ばく管理及び放射性廃棄物の廃棄に関する
説明書

添 付 書 類 六

変更後における核燃料物質等による放射線の被ばく管理及び放射性廃棄物の廃棄に関する 説明書

目 次

イ 放射線管理	……………2号-6-1
ロ 放射性廃棄物管理	……………2号-6-2
ハ 廃棄物埋設	……………2号-6-3
ニ 線量評価	……………2号-6-11

以下に示す図表については、別添1に示す図表のとおり。

- 添6ニ-第1表 線量の評価に用いる廃棄体中の放射性物質の組成及び総放射エネルギー
(1/3)～(3/3)
- 添6ニ-第2表 本施設に一時貯蔵及び埋設する廃棄体中に含まれる放射性物質からの
外部被ばくの評価に用いるパラメータ及びその数値
- 添6ニ-第3表 核種に依存する線量評価パラメータ及びその数値(1/2)～(2/2)
- 添6ニ-第4表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(1/10)～(10/10)
- 添6ニ-第5表 廃棄物埋設地に関連する線量評価パラメータ及びその数値(1/6)～

(6/6)

- | | |
|----------|---|
| 添6ニ-第6表 | 生活様式に関連する線量評価パラメータ及びその数値(1/2)～(2/2) |
| 添6ニ-第7表 | 排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の移行による内部被ばくの計算に用いる線量評価パラメータ及びその数値 |
| 添6ニ-第8表 | 液体廃棄物中の放射性物質が移行する尾駸沼の水産物摂取による内部被ばくの計算に用いる線量評価パラメータ及びその数値 |
| 添6ニ-第9表 | 最も可能性が高い自然事象シナリオにおける放射性物質の地下水による移行評価に用いる線量評価パラメータ及びその数値(1/12)～(12/12) |
| 添6ニ-第10表 | 最も可能性が高い自然事象シナリオにおける線量の評価に用いる線量評価パラメータ及びその数値(1/4)～(4/4) |
| 添6ニ-第11表 | 廃止措置の開始までの線量の計算結果(平常時) |
| 添6ニ-第12表 | 敷地周辺と類似する気候因子をもつ地点の年平均気温と年降水量 |
| 添6ニ-第13表 | 将来想定される気温、降水量、蒸発散量及び表流水流量 |
| 添6ニ-第14表 | 将来の動水勾配 |
| 添6ニ-第15表 | ソーンズウェイト法により求めた可能蒸発散量と観測から求められた実蒸発散量(2004年～2011年) |
| 添6ニ-第16表 | 各構成部材に期待する機能 |
| 添6ニ-第17表 | 埋設設備中の環境条件及び金属種類による腐食生成物の設定 |
| 添6ニ-第18表 | 腐食膨張倍率及び腐食速度並びに埋設設備の膨張倍率の設定値 |
| 添6ニ-第19表 | 金属腐食による体積膨張及び塩影響に係る覆土への力学的影響評価 |
| 添6ニ-第20表 | 難透水性覆土の透水係数の化学的影響の評価結果 |
| 添6ニ-第21表 | 難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数 |
| 添6ニ-第22表 | 地下水浸透流解析に用いる透水係数 |
| 添6ニ-第23表 | 線量の評価に用いる埋設設備から上部覆土及び埋設設備から鷹架層への流出水量 |
| 添6ニ-第24表 | 最も厳しい自然事象シナリオの線量の評価に用いる線量評価パラメータ及びその数値(1/7)～(7/7) |
| 添6ニ-第25表 | 廃止措置の開始後における評価の結果(最も可能性が高い自然事象シナリオ)(1/3)～(3/3) |

- 添6ニ-第26表 廃止措置の開始後における評価の結果
(最も厳しい自然事象シナリオ) (1/3)～(3/3)
- 添6ニ-第27表 各バリア材の機能喪失を仮定した各廃棄物埋設地の線量評価結果
(1/3)～(3/3)
- 添6ニ-第28表 人為事象シナリオにおける線量の評価に用いる線量評価パラメータ
及びその数値(1/3)～(3/3)
- 添6ニ-第29表 廃止措置の開始後における評価の結果(人為事象シナリオ) (1/3)～
(3/3)
-
- 添6ニ-第1図 地下水位観測結果(F0-20 孔)
- 添6ニ-第2図 下北半島の海成段丘面の形成年代と隆起量の関係
- 添6ニ-第3図 花粉分析による過去 26,000 年間の気温変動
- 添6ニ-第4図 将来の気温の変動曲線(寒冷化ケース) (1/2)～(2/2)
- 添6ニ-第5図 敷地周辺と類似した気候因子を持つ 36 地点の年平均気温と年間降
水量の関係
- 添6ニ-第6図 将来の海水準の変動曲線(1/2)～(2/2)
- 添6ニ-第7図 寒冷化ケースにおける尾駁沼の河川化時期の予測(最も可能性が高
い設定・最も厳しい設定)
- 添6ニ-第8図 温暖期継続ケースにおける尾駁沼の河川化時期の予測(最も可能性
が高い設定・最も厳しい設定)
- 添6ニ-第9図 暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(1/6)～(6/6)
- 添6ニ-第10図 敷地内の表流水流量の観測結果(2004年～2011年)
- 添6ニ-第11図 敷地周辺と類似した気候因子を持つ 36 地点の年平均気温と蒸発散
量の関係

イ 放射線管理

別添2「添付書類六 イ 放射線管理」のとおり。ただし、「1号廃棄物埋施設設」は「2号廃棄物埋施設設」と読み替える。

ロ 放射性廃棄物管理

別添 2「添付書類六 ロ 放射性廃棄物管理」のとおり。

ハ 廃棄物埋設

(1) 埋設する廃棄体

廃棄物埋設を行う放射性廃棄物で容器に固型化したもの(以下「廃棄体」という。)の種類は、実用発電用原子炉(沸騰水型原子炉、加圧水型原子炉及び黒鉛減速ガス冷却炉)の運転に伴い発生する固体状の放射性廃棄物(加圧水型原子炉の一次系の浄化系で使用している液体フィルタを除く)及び本施設の操業に伴って付随的に発生する固体状の放射性廃棄物で、セメント系充填材で一体となるように固型化したものである。固体状の放射性廃棄物をセメント系充填材で一体となるように固型化したものを「充填固化体」という。

廃棄物埋設地には東西方向に4基、南北方向に4基の計16基の埋設設備(東西方向の埋設設備2基を1埋設設備群とし、最北西部の埋設設備群から順に1群から8群の構成とする。)を設置する。黒鉛減速ガス冷却炉の運転に伴い発生する固体状の放射性廃棄物は3群に埋設する。

これらの放射性廃棄物は、「事業規則」別表第一の放射能濃度を超えないものであって、同規則第八条第1項第二号及び第2項に定められた廃棄物に該当するものであり、以下の仕様を満たすものである⁽¹⁾。

(i) 固型化する方法

a. 固型化材料

固型化材料は、JIS R 5210(1992)若しくはJIS R 5211(1992)に定めるセメント又はこれらと同等以上の品質を有するセメントであること。

b. 容器

容器は、JIS Z 1600(1993)に定める金属製容器(1種、H級)又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。

c. 充填方法

固型化に当たっては、あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料を容器内の放射性廃棄物と一体となるように充填したものであること。この場合において、容器内に有害な空隙が残らないようにしたものであること。

d. 廃棄物の分別・処理方法

廃棄物を分別し、セメント系充填材が容器の内部に充填され易くなるように、

必要に応じて、廃棄物の切断、圧縮、小型混練固化、高圧圧縮又は熔融処理したものであること。

なお、安全機能への影響を低減するため、焼却可能な可燃物は除去し、大半がアルミニウムで構成されている製品は除去又は鉄と熔融処理し、鉛製品は除去したものであること。

(ii) 表面密度限度

廃棄体の表面密度が、アルファ線を放出する放射性物質は $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、アルファ線を放出しない放射性物質は $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超えないものであること。

(iii) 健全性を損なうおそれのある物質

廃棄物埋設地に定置するまでの間に、廃棄体に含まれる物質により廃棄体の健全性を損なうおそれのないものであること。

(iv) 耐埋設荷重

覆土完了までの間において、受けるおそれのある荷重に耐える強度を有するものであること。

(v) 落下により飛散又は漏えいする放射性物質の量

廃棄物埋設地に定置するまでの間において、想定される最大の高さからの落下による衝撃により飛散又は漏えいする放射性物質の量が極めて少ないものであること。

(vi) 廃棄物発生からの経過期間

半減期の短い放射性物質による線量寄与を低減する観点から、受入れ時においてこれらの廃棄体に含まれる放射性物質は実用発電用原子炉で発生後 6 ヶ月以上経過したものであること。

(vii) 廃棄体の表面線量当量率

$10\text{mSv}/\text{h}$ を超えないものであること。

(viii) 廃棄体の重量

1 本当たり $1,000\text{kg}$ を超えないものであること。

(2) 主要な放射性物質の種類

埋設を行う放射性廃棄物は、実用発電用原子炉の運転に伴って発生する放射性廃棄物及び本施設の操業に伴って付随的に発生する放射性廃棄物であり、放射性

物質の起源に変更はないことから、主要な放射性物質の種類は、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」（平成10年10月8日付け、10安(廃規)第49号をもって事業変更許可)の「添付書類五 イ 安全設計の方針 (6) 廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる主要な放射性物質の種類」のとおり。

(3) 廃棄物埋設の方法

廃棄物埋設は、廃棄物埋設地において、廃棄体定置、充填材充填、覆い設置及び覆土の順でそれぞれ以下のとおり行う。

なお、これらの作業は、公衆及び放射線業務従事者の受ける直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量が低くなるよう配慮しながら行う。

(i) 廃棄体定置

廃棄体は、管理建屋から廃棄物埋設地に構内輸送車両により運搬する。廃棄体の定置前には、廃棄体を定置しようとする埋設設備の区画内の排水、危険物等の有無の確認を行う。廃棄体は、埋設設備の区画内に、専用の吊具を取り付けた埋設クレーンにより、8本を取扱単位として定置する。定置は、俵積み方式とし、1区画当たり8行、5列、9段積みの計360本を標準的な1日作業単位とする。

廃棄体の定置に当たっては、放射能濃度に極端な片寄りがないよう、埋設設備1基ごとの放射エネルギーが総放射エネルギーの2/16倍を超えないこと、かつ東西方向埋設設備2群ごとの放射エネルギーが総放射エネルギーの1/4倍を超えないように定置する。埋設設備の最上段(9段目)に定置する廃棄体は、公衆及び放射線業務従事者の放射線防護の観点から表面線量当量率2mSv/hを超えないものとする。

また、以下の措置を講ずる。

- ・埋設設備区画内への雨水等の浸入を防止するとともに外周仕切設備、内部仕切設備等の点検を随時行う
- ・爆発性の物質、他の物質を著しく腐食させる物質及びその他の危険物は埋設しない
- ・廃棄体定置後は速やかにコンクリート仮蓋を設置する

(ii) 充填材充填

廃棄体を区画内に所定数量定置後、コンクリート仮蓋を設置した状態で、埋設設備の区画内に有害な空隙が残らないように、セメント系充填材を充填する。

(iii) 覆い設置

充填材の充填後、埋設設備の区画上部のコンクリート仮蓋を取り外し、充填材上部にポーラスコンクリート層を、その上部に覆いをそれぞれ設置する。

(iv) 覆土

埋設設備の覆い設置が終了した後、埋設設備の上面及び側面は、土砂等を締め固めながら覆土を行う。

(4) 段階管理の計画

廃棄物埋設地には、廃止措置の開始までの段階的な長期間の管理(以下「段階管理」という。)を確実にを行うため、「事業規則」に基づいて埋設保全区域を設定し、放射性廃棄物の種類、埋設を開始した日及び埋設を終了した日並びに保安のための注意事項を表示した立札を設置して、保全のための措置を講ずる。また、「原子炉等規制法」に基づいて保全の措置の終了時期を設定するとともに、放射線防護の観点から事業所敷地(以下「敷地」という。)内の居住を禁止し、放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置を行う。

放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置とは、本施設において、公衆の受ける線量を合理的に達成できる限り低く抑えるため、埋設した廃棄体の放射能が時間の経過に伴って低減することによって、放射性物質の生活環境に及ぼす影響が安全上支障のない状態になるまで、廃棄物埋設地に設置したバリアの施工状況や放射能の減衰に応じ、廃棄物埋設地を段階的に管理することをいう。

また、「事業規則」に基づいて実施する定期的な評価等では、本施設の廃止措置の認可を受ける日までの10年を超えない期間ごと及び放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置を変更しようとするときに、最新の技術的知見を踏まえて、核燃料物質等による放射線の被ばく管理に関する評価を行い、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下「許可基準規則」という。)への適合性を確認する。

本施設では、安全機能を維持すべき期間のうち、放射性物質の漏出を防止する必要がある埋設の終了時期を覆土完了時点とする。

(i) 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間は、人工バリアにより埋設設備から放射性物質の漏出を防止する段階である。

この段階の終了予定時期は、埋設設備の設置、充填材充填、覆い設置及び覆土施工の期間を考慮し、埋設開始以降 30 年以内とする。

この段階における保安のために必要な措置は、以下のとおりである。

- a. 周辺監視区域及び埋設保全区域を設定する。
- b. 周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量及び地下水中の放射性物質の濃度及び必要に応じて線量を監視及び測定する。
- c. 排水・監視設備からの排水中における放射性物質の濃度の測定により、埋設設備からの放射性物質の異常な漏えいがあったと認められる場合には、速やかに埋設設備の修復又はその他の放射性物質の異常な漏えいを防止するために必要な措置を講ずる。
- d. 本施設の巡視及び点検を行い、覆土施工中は必要に応じて覆土を修復する。
- e. 定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリア及び天然バリアの廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能(以下「漏出防止機能」という。)、生活環境への移行を抑制する機能(以下これらをあわせて「移行抑制機能」という。)並びに移行抑制機能に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその地下水の状況等を監視及び測定し、必要に応じて廃棄物埋設地の保全のための措置を講ずる。

(ii) 廃棄物埋設地の覆土完了から廃止措置の開始まで

覆土完了から廃止措置の開始までの間は、人工バリア及び天然バリアにより、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制を行う段階である。

この段階の終了予定時期は、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する時期とし、敷地内の他の廃棄物埋設地の保全措置の終了時期を踏まえ、本施設の覆土完了後 300 年とする。

ここで「廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態」とは、廃止措置の開始後の評価において、自然事象シナリオのうち科学的に合理的と考えら

れる範囲の人工バリアや天然バリアの状態及び被ばくに至る経路の組合せのうち、最も可能性が高いと考えられるパラメータを設定し、評価される公衆の受ける線量が $10 \mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、科学的に合理的と考えられる範囲の人工バリアや天然バリアの状態及び被ばくに至る経路の組合せのうち最も厳しいシナリオであっても公衆の受ける線量が $300 \mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、自然事象シナリオ以外の廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮した人為事象シナリオにおける公衆の受ける線量が 1mSv/y を超えないことをいう。

この段階における保安のために必要な措置は、以下のとおりである。

- a. 周辺監視区域及び埋設保全区域を継続して設定する。設定した周辺監視区域は、本施設の覆土完了及び管理建屋の供用終了後に廃止する。
- b. 周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量及び地下水中の放射性物質の濃度及び必要に応じて線量を監視及び測定する。
- c. 廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えい状況を監視し、異常な漏えいがあったと認められる場合には、放射性物質の異常な漏えいを防止するために必要な措置を講ずる。
- d. 本施設の巡視及び点検を行い、必要に応じて覆土を修復する。
- e. 周辺監視区域廃止後は、公衆が敷地内へ立ち入る可能性があるため、放射線防護の観点から沢水の利用を禁止し、地表面の掘削を制約する。また、周辺環境における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の放射線量及び地下水中の放射性物質の濃度を監視及び測定し、公衆の受ける線量が、線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度以下であることを確認する。

なお、地下水中の放射性物質の濃度の監視及び測定においては、地下水採取孔から地下水を定期的に採取して、地下水中の放射性物質の濃度を測定し、「線量告示」に示されている周辺監視区域外における水中の濃度限度以下であることを確認する。

- f. 定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリア及び天然バリアの移行抑制機能並びに移行抑制機能に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその周囲の状況を監視及び測定する。また、必要に応じて廃棄物埋設地の保全のための措

置を講ずる。

(5) 埋設保全区域

「事業規則」に基づき、廃棄物埋設地の保全のために、特に管理を必要とする場所であって、管理区域以外のものを埋設保全区域として定める。埋設保全区域は、廃棄物埋設地を含み、放射性物質の漏出を防止及び廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制のために保全を行う必要のある区域とする。

なお、埋設保全区域を明らかに他の場所と区別するために、標識を設ける等の措置を講ずる。

参考文献

- (1) 北海道電力株式会社、東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、関西電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社、日本原子力発電株式会社(2019)：充填固化体の標準的な製作方法
- (2) 日本原燃株式会社(平成 23 年)：日本原燃(株)六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターにおける低レベル放射性廃棄物の線量評価と今後の対応について

ニ 線量評価

各廃棄物埋設施設の安全機能の設計に大きな違いはなく、線量評価は、同一事業所内の複数の廃棄物埋設施設の重畳を考慮しているため、「別添1 添付書類六 ニ 線量評価」のとおり。

添 付 書 類 七

変更後における廃棄物埋施設に係る設備の操作上の過失、機械又は装置の故障、火災、爆発、電源喪失等があつた場合に発生することが想定される異常の種類、程度、影響等に関する説明書

添 付 書 類 七

変更後における廃棄物埋設施設に係る設備の操作上の過失、機械又は装置の故障、火災、爆発、電源喪失等があつた場合に発生することが想定される異常の種類、程度、影響等に関する説明書

目 次

イ 基本的考え方	……………2号-7-1
ロ 異常時評価	……………2号-7-2

イ 基本的考え方

既設設備における異常の評価については、構造及び設備の変更はないことから、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」(平成10年10月8日付け、10安(廃規)第49号をもって事業変更許可)の「添付書類七」のとおりとし、安全機能を有する設備における基本的考え方について明記する。

(1) 基本的考え方

異常時の安全性を確認するという観点から、廃棄物埋設施設(以下「本施設」という。)における安全機能を有する覆土を対象に異常の発生の可能性を検討し、異常が発生した場合における事業所周辺の公衆の受ける線量を評価する。

安全機能を有する覆土は、静的な設備であり、動的な設備・機器ではないことから、故障、誤動作又は誤操作による異常の発生は想定されない。また、本施設で取り扱う廃棄体は、容器に固型化されたものであり、放射性物質の飛散又は漏えいは起き難いとともに、放射能濃度が低く、個々の廃棄体に含まれる放射性物質の量は十分少ないという特徴があるため、覆土が一部破損した場合においても、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。したがって、「誤操作による放射性廃棄物の落下等に伴う放射性物質の飛散」及び「その他機器等の破損、故障、誤動作又は操作員の誤操作等に伴う放射性物質の外部放出等であって、公衆の放射線被ばくの観点から重要と考えられる異常」の発生は想定されず、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。また、「廃棄物埋設施設内の火災及び爆発による影響」については、覆土は不燃性の土質系材料を使用する設計とすることから、火災により廃棄体が損傷に至ることは想定し難い。さらに、操業工程において可燃性ガス等の可燃性物質は使用しないことから、爆発も発生しない。したがって、火災及び爆発による異常の発生は想定されず、敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。

ロ 異常時評価

既設設備における異常時評価については、構造及び設備の変更はないことから、「廃棄物埋設事業変更許可申請書」（平成 10 年 10 月 8 日付け、10 安(廃規)第 49 号をもって事業変更許可)の「添付書類七 ロ 異常時評価」のとおり。

添 付 書 類 八

変更後における廃棄物埋設施設の保安のための業務に係る品質管理に
必要な体制の整備に関する説明書

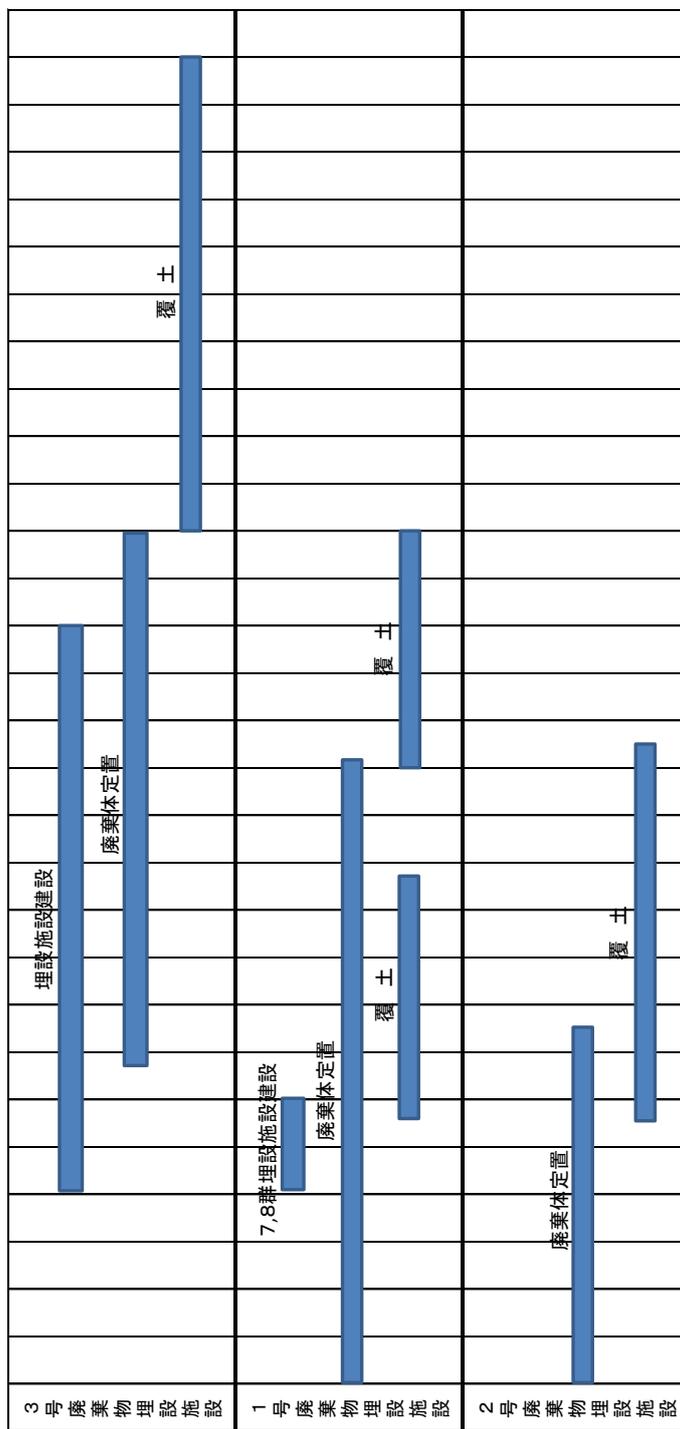
別添1「添付書類八」のとおり。

別紙 4

別紙 4 廃棄物埋設施設の工事計画

年度 項目	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	
主要工程					△ 13号埋設施 7、8群及び 建設工事開始	△ 1号7群 定置開始	△ 3号埋設施 操作開始																							

参考



(注)覆土については準備工事を含む