

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第四条：地震による損傷の防止

目 次

1. 基本方針

1. 1 埋設設備

1. 2 その他の設備

2. 地震による損傷の防止に係る設計方針

2. 1 埋設設備

2. 2 その他の設備

1. 基本方針

1. 1 埋設設備

埋設設備は、地震の発生によって~~1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で発生するおそれがある~~安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、耐震重要度に応じ、地震力に十分耐えることができるよう耐震設計を行う。

埋設設備は、~~1G相当の地震力の発生によってを想定しても1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で発生するおそれがある~~安全機能の喪失に至らないため及びそれに続く放射線による公衆への影響を評価した結果は約 ~~1.6×10^{-4} mSv/y~~であり、放射線による公衆への影響は十分小さいことから、耐震重要度分類Cクラスを基本として設計する。埋設設備の耐震設計については、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(原規規発第20033110号(令和2年3月31日原子力規制委員会決定))別記2等を用い、静的地震力に対しておおむね弾性範囲となるよう設計する。

1. 2 その他の設備

覆土は、おおむね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。

排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層は、埋設設備に一体となるよう設置し、耐震性を確保する設計とする。

2. 地震による損傷の防止に係る設計方針

2. 1 埋設設備

a. 耐震設計の基本方針

埋設設備は、地震の発生によって発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、埋設設備の耐震重要度に応じ、地震力に十分耐えることができるよう耐震設計を行う。また、埋設設備は、十分な支持力を有する地盤に設置する。

b. 耐震重要度

(a) 耐震重要度の設定の方針

耐震重要度は、「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の解釈」（以下「許可基準規則解釈」という。）に基づき、安全機能を有する施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて設定する。

~~ここでは、事業所内にある1号、2号及び3号廃棄物埋設施設を対象として、地震により覆土前の埋設設備が損傷し、埋設設備が有する安全機能である遮蔽機能及び漏出防止機能が喪失する際に想定される事象について、公衆の放射線被ばくの程度を評価する。~~

~~埋設設備は、遮蔽機能及び漏出防止機能が1基ごとに独立していることから、埋設設備1基ごとに評価した上で、最大の放射性廃棄物が埋設された状態を想定し、1号、2号及び3号廃棄物埋設地全体についても評価する。さらに、2020年5月までの1号及び2号埋設設備の覆いが完了した埋設設備の実績を考慮する。~~

~~(b) 放射線による公衆への影響の程度~~

~~(一) 外部への放射線の放出~~

~~外部への放射線の放出による公衆への影響の評価では、地震により埋設設備外周部の外周仕切設備及び覆いが損傷し、遮蔽機能が喪失することによる、外部への放射線の放出を想定する。~~

~~この際の放射線による公衆の外部被ばく線量を評価する。~~

~~(ア) 線源の設定~~

~~埋設設備に定置した廃棄体を線源とし、廃棄体がセメント系充填材により固型化された状態を考慮する。線量の計算は廃棄体の表面線量当量率に基づき行い、3号埋設設備の最上段には0.3mSv/h、最上段以外には2mSv/h、1号及び2号埋設設備の最上段には2mSv/h、最上段以外には10mSv/hの廃棄体が定置された状態とする。2020年5月時点で、1号廃棄物埋設地の覆いが完了した埋設設備は、埋設された廃棄体の表面線量当量率の平均に余裕をもった0.2mSv/hとし、2号廃棄物埋設地の覆いが完了した埋設設備は、埋設された廃棄体の表面線量当量率の平均に余裕をもった0.05mSv/hの廃棄体が定置されているとする。放射線を放出する放射性物質は、廃棄体に含まれる放射性物質のうちガンマ線エネルギーが高く、初期の放射エネルギーが多いCo-60とする。~~

~~また、廃棄物埋設地全体での評価は、評価時点を全ての埋設設備の覆い設置が完了した時点とする。ここで、廃棄物埋設施設の予定埋設数量を参考として、覆い完了か~~

~~らの期間がCo-60の半減期である約5年以上となる埋設設備について、埋設した廃棄体に含まれる放射性物質の減衰を考慮する。~~

~~(イ) 評価条件の設定~~

~~公衆の外部被ばく線量は、線源の状態を考慮するとともに、埋設設備の外周仕切設備及び覆いが有する遮蔽機能が喪失した状態を仮定し、これらによる放射線の低減効果を考慮せず評価する。また、応急措置による遮蔽機能の一時的な回復に要する期間を、東北地方太平洋沖地震時のインフラの復旧状況⁽⁴⁾を参考に想定し、線量の評価期間を2ヶ月とする。~~

~~(ウ) 線量評価~~

~~線量評価は、敷地境界外で最大の被ばくを与える地点を線量の計算地点とし、そこに居住する人を対象に行う。~~

~~放射線は、廃棄体から放出されるガンマ線とし、廃棄物埋設地では、直接ガンマ線は周囲の地形により遮蔽されることから、スカイシャインガンマ線について評価する。~~

~~スカイシャインガンマ線による線量の計算には一次元輸送計算コード(ANISN)⁽⁴⁾及び一回散乱計算コード(G33)⁽⁴⁾を組み合わせたものを用いる。~~

~~これらの計算コードにより、線量の計算地点における線束密度を計算し、ICRP Pub.74⁽⁴⁾の換算係数を用いて空気吸収線量を計算後、線量を計算する。~~

~~なお、廃棄体表面の線量当量率から等価線源を求める計算は一次元輸送計算コード(ANISN)⁽⁴⁾を用いる。~~

~~(二) 外部への放射性物質の漏えい~~

~~外部への放射性物質の漏えいによる公衆への影響の評価では、地震により埋設設備外周部の外周仕切設備及び覆い並びにポーラスコンクリート層が損傷し、漏出防止機能が喪失することによる、外部への放射性物質の漏えいを想定する。~~

~~なお、埋設する廃棄体は、「事業規則」に定められた廃棄体に係る技術上の基準を満足するものであり、容器の構造、定置までの取扱い、強度等から、変形・損傷や外部からの雨水及び地下水の浸入が生じ難い構造と考えられるため、容易に廃棄体内の放射性物質が容器の外へ漏えいすることはないという特徴がある。埋設する廃棄体の特徴及び以下の考え方を踏まえて、耐震重要度の評価においては、飛散による放射性物質の漏えい及び水への移行による放射性物質の漏えいは考慮しない。~~

~~(ア) 飛散による放射性物質の漏えい~~

~~埋設する廃棄体の特徴を踏まえると、廃棄体は、容器が損傷しない限り、放射性物質が漏えいすることはない。また、廃棄体を定置した埋設設備の区画内は、有害な空隙が残らないようにセメント系充填材が充填されることから、地震によって、埋設設備内の廃棄体容器が損傷に至ることは想定し難い。仮に廃棄体容器が損傷したとしても、廃棄体容器の内部の放射性廃棄物はセメント系充填材で固型化され飛散し難く、放射性物質の飛散は抑えられると想定されることから、耐震重要度の評価におい~~

~~ては、飛散による放射性物質の漏えいは考慮しない。~~

~~(イ) 水への移行による放射性物質の漏えい~~

~~水への移行による放射性物質の漏えいは、地震のみにより生じるものではなく、地震と降雨が重畳した場合に生じるおそれがあるものである。~~

~~ここで、地震により埋設設備及びポラスコンクリート層が損傷するとともに、埋設設備内に雨水が浸入しても、埋設する廃棄体の特徴を踏まえると、廃棄体は外部からの雨水及び地下水の浸入が生じ難い構造と考えられる。また、廃棄体容器の内部の放射性廃棄物はセメント系充填材で固型化されていることにより、放射性物質が水に移行して容易に容器の外へ漏えいすることはない。仮に、廃棄物埋設地内が冠水し、放射性物質が移行した水が廃棄物埋設地内に漏出した場合でも、全量が瞬時に岩盤に浸透するものではなく、必要に応じ漏出した水を回収することで公衆への影響は生じない。~~

~~公衆への影響は、埋設設備内から廃棄物埋設地内に漏出した水が岩盤を移行し、放射性物質が流入した尾駁沼の水産物を公衆が摂取する場合によっても生じ得るが、この影響は地震直後に生じる外部への放射線の放出による影響と同時に生じるものではないこと、岩盤中の移行による放射性物質の減衰及び生活環境における希釈により小さくなることから、耐震重要度の評価においては、水への移行による放射性物質の漏えいは考慮しない。~~

(be) 耐震重要度

1G 相当の地震力に対して埋設設備の変形を想定しても、損傷に至る変形はなく安全機能の喪失は想定されず、公衆の放射線被ばくはないことから、~~地震の発生によって1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響の程度を評価した。~~

~~公衆の受ける線量は次表に示すとおりであり、「許可基準規則解釈」に基づきおいて規定されている周辺監視区域外における年間の線量限度である1mSvに比べ十分に小さいものであることから、耐震重要度分類はCクラスとする。~~

想定する事象		線量 (mSv/y)	
外部への放射線の放出	3号	埋設設備1基 ^{*1}	約 1.6×10^{-2}
		廃棄物埋設地全体 ^{*2}	約 4.5×10^{-2}
	1号 廃棄物埋設地全体^{*2,3}	約 4.5×10^{-2}	
	2号 廃棄物埋設地全体^{*2,3}	約 6.6×10^{-2}	
	1号、2号及び3号の合計	約 1.6×10^{-1}	

*1：各埋設設備の中で放射性物質の減衰を考慮しない場合の最大の線量となる埋設設備の評価結果

*2：放射性物質の減衰を考慮した評価結果

*3：~~2020年5月時点の埋設設備の覆いが完了した埋設設備の実績を考慮した評価結果~~

c. 埋設設備の耐震設計

埋設設備の耐震設計については、耐震重要度分類がCクラスであり、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(原規規発第20033110号(令和2年3月31日原子力規制委員会決定))別記2に基づき、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設の静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

一般産業施設及び公共施設等の耐震基準として、「耐震設計に係る設工認審査ガイド」(原規規発第 20033110 号(令和 2 年 3 月 31 日改正、原子力規制委員会))に示されている「建築基準法・同施行令」及び「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」⁽¹⁵⁾を参照し、埋設設備の耐震設計に用いる地震層せん断力係数 C_i は 0.2 と設定する。

埋設設備の耐震設計は、地震層せん断力係数 C_i 、耐震重要度分類 C クラスに応じた静的地震力に対し、「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」付録 I ⁽²⁶⁾による許容応力度法を用い、おおむね弾性範囲となるよう設計する。

また、埋設設備を設置する地盤は、十分な支持力を有する。

2. 2 その他の設備

a. 覆土の設計

覆土は、おおむね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。

b. ポーラスコンクリート層の設計

排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層は、埋設設備に一体となるよう設置し、耐震性を確保する設計とする。

参考文献

- ~~(1) 中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告 参考図表集、平成 23 年 9 月 28 日、内閣府~~
- ~~(2) Ward W. Engle, Jr. (1967): A USERS MANUAL FOR ANISN A One-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code With Anisotropic Scattering, K-1693~~
- ~~(3) Yukio SAKAMOTO and Shun-ichi TANAKA (1990): QAD-CGGP2 AND G33-GP2: REVISED VERSIONS OF QAD-CGGP AND G33-GP (CODES WITH THE CONVERSION FACTORS FROM EXPOSURE TO AMBIENT AND MAXIMUM DOSE EQUIVALENTS), JAERI-M 90-110~~
- ~~(4) International Commission on Radiological Protection (1996): Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, ICRP Publication 74~~
- ~~(5) 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~~
- (26) 社団法人 土木学会 (平成 14 年)：2002 年制定コンクリート標準示方書 (構造性能照査編)

以上

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第五条：津波による損傷の防止

目 次

1. 基本方針
2. 津波による損傷の防止
 2. 1 津波評価方針
 2. 2 既往津波に関する検討
 2. 3 既往知見を踏まえた津波の評価
 2. 4 廃棄物埋設地の安全性評価

1. 基本方針

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。

2. 津波による損傷の防止

2. 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 原規規発第2007292号））を参考にした。

2. 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第 2 表に示す。また、主な既往津波高とその位置を第 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、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、第 2 表及び第 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第 4 表に示す。

敷地周辺に来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. -1.04 m

(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、敷地は尾駸沼に隣接していることから、尾駸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。

2. 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、第5表、第5図及び第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、尾駸沼の形状を踏まえ、第8図に示す尾駸沼奥の地点を選定した。また、尾駸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 M_w (モーメントマグニチュード)8.4 となるようにスケーリング則に基づき設定した。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。
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)⁽⁴¹⁾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。

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。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。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(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(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、六ヶ所村沿岸に來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(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(第 16 図参照)。一方、北方への連動型地震は、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、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、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駁沼の固有周期の影響を捉えていることを確認した。

なお、尾駁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、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駁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ルリング則に基づき設定した。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、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第 24 図に、主な計算条件を第 7 表及び第 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。

2. 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(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(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第25図及び第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第 27 図及び第 28 図に示す。第 27 図及び第 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 日三陸地方津浪に關す
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、津波一北海道東
北沿岸一、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、
- (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/Vol13/13/20100227chile_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>
1(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、首籐伸夫(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.

- (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 the 1952 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

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。

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。

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。

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 楸法華 山背泊 浜町 函館				3 3				1.1		1.9 1.1 1.8
北斗市	上磯				1.5	1.8	0.9	0.3	1.0		1.6~3.1
大間町	奥戸 大間						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 尻劣 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 尾駈 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・燕島			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。

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 ウルフ島南東沖 φ = 46.0° N λ = 151.0° E	7.5	3	ウルフ島で津波の高さ 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 ウルフ島東方沖 φ = 45.5° N λ = 151.5° E	8.2 [8.5]	3	津波の高さはウルフ島東岸で 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。

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。

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	白尻 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 尾駸 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⁾

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 (1440/14 4)	5 (1440/28 8)
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 ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)

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

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 (マンニングの粗度係数) 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

第8表 Kinematic landslide モデルの主な計算条件

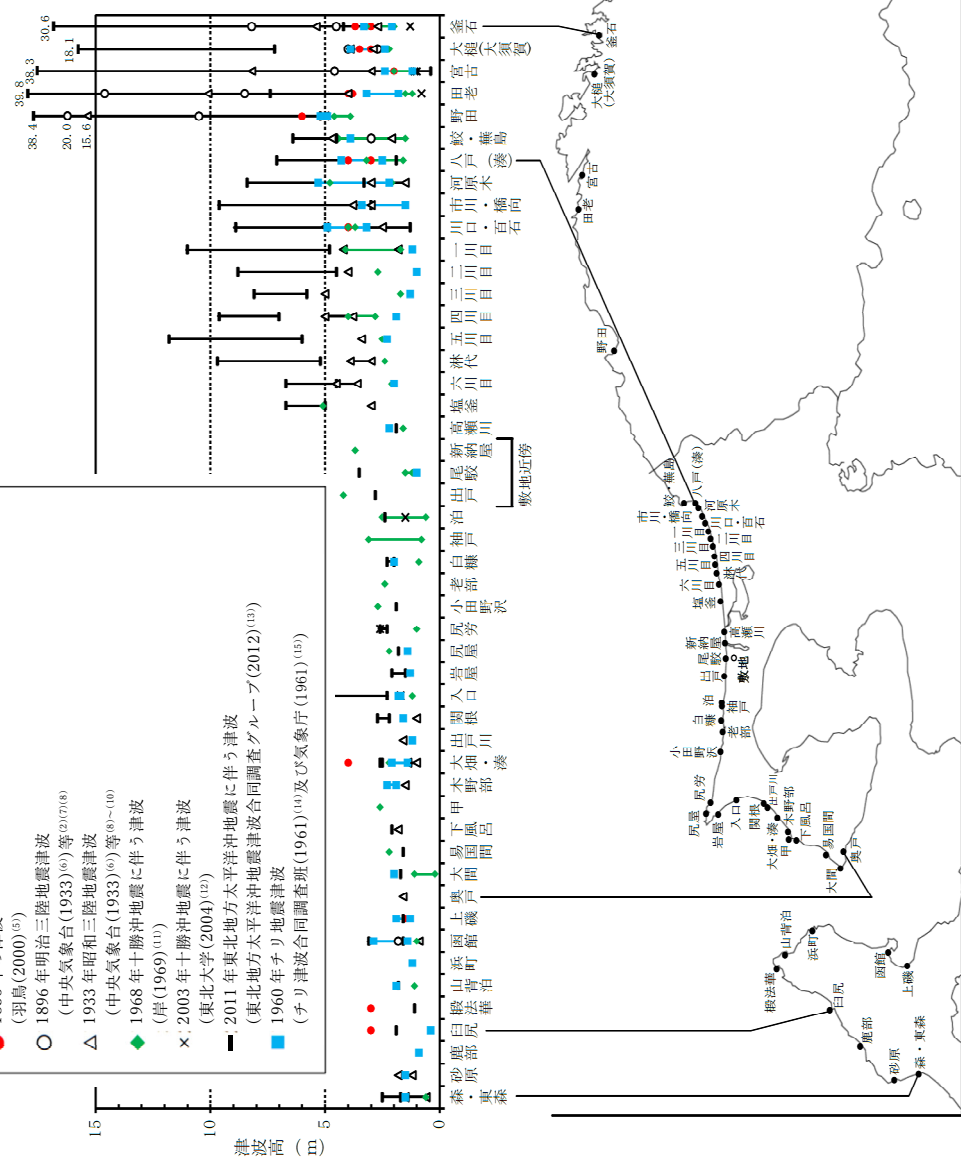
計算格子間隔 Δt (s)	計算時間 (h)	鉛直変位 ライズタイム (s)	変動伝播速度 (m/s)
0.15	3	120	10

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

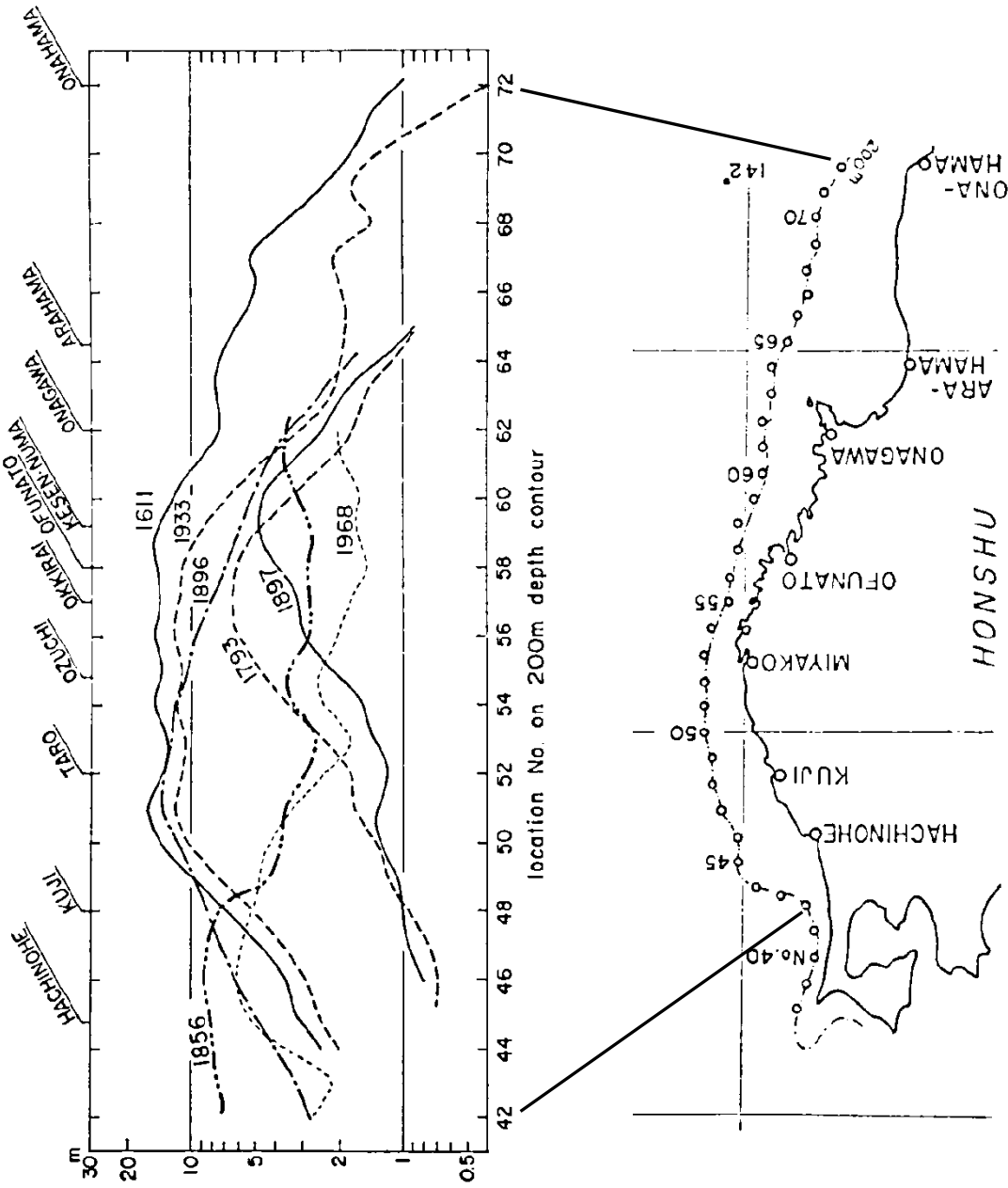
	巨大地震のすべり量に関する文献調査結果			評価モデル		
	2011年東北地方 太平洋沖型地震 モデル (杉野ほか (2014) ⁽⁴⁸⁾)	南海トラフの 巨大地震の 津波断層モデル (内閣府 (2012) ⁽²³⁾)	世界のM _w 9.0クラ スの巨大津波 (M. Johnson and Satake(1999) ⁽⁴⁹⁾ 等 ^(50~52))	既往知見を 踏まえた 津波の評価 モデル	すべり量3倍 モデル	全域超大 すべり域 モデル
平均すべり量	10.4m	8.8m~11.3m	大きいもので 11m	8.40m	25.20m	31.19m
最大すべり量	31.2m	最大のモデルで 「60m~70m」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

凡例

- 1856年の津波
(羽鳥(2000)⁽⁵⁾)
- 1896年明治三陸地震津波
(中央気象台(1933)⁽⁶⁾)等^{(2),(7),(8)}
- △ 1933年昭和三陸地震津波
(中央気象台(1933)⁽⁶⁾)等⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾
- ◆ 1968年十勝沖地震に伴う津波
(岸(1969)⁽¹¹⁾)
- × 2003年十勝沖地震に伴う津波
(東北大学(2004)⁽¹²⁾)
- 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波
(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)⁽¹³⁾)
- 1960年チリ地震津波
(チリ津波合同調査班(1961)⁽¹⁴⁾及び気象庁(1961)⁽¹⁵⁾)

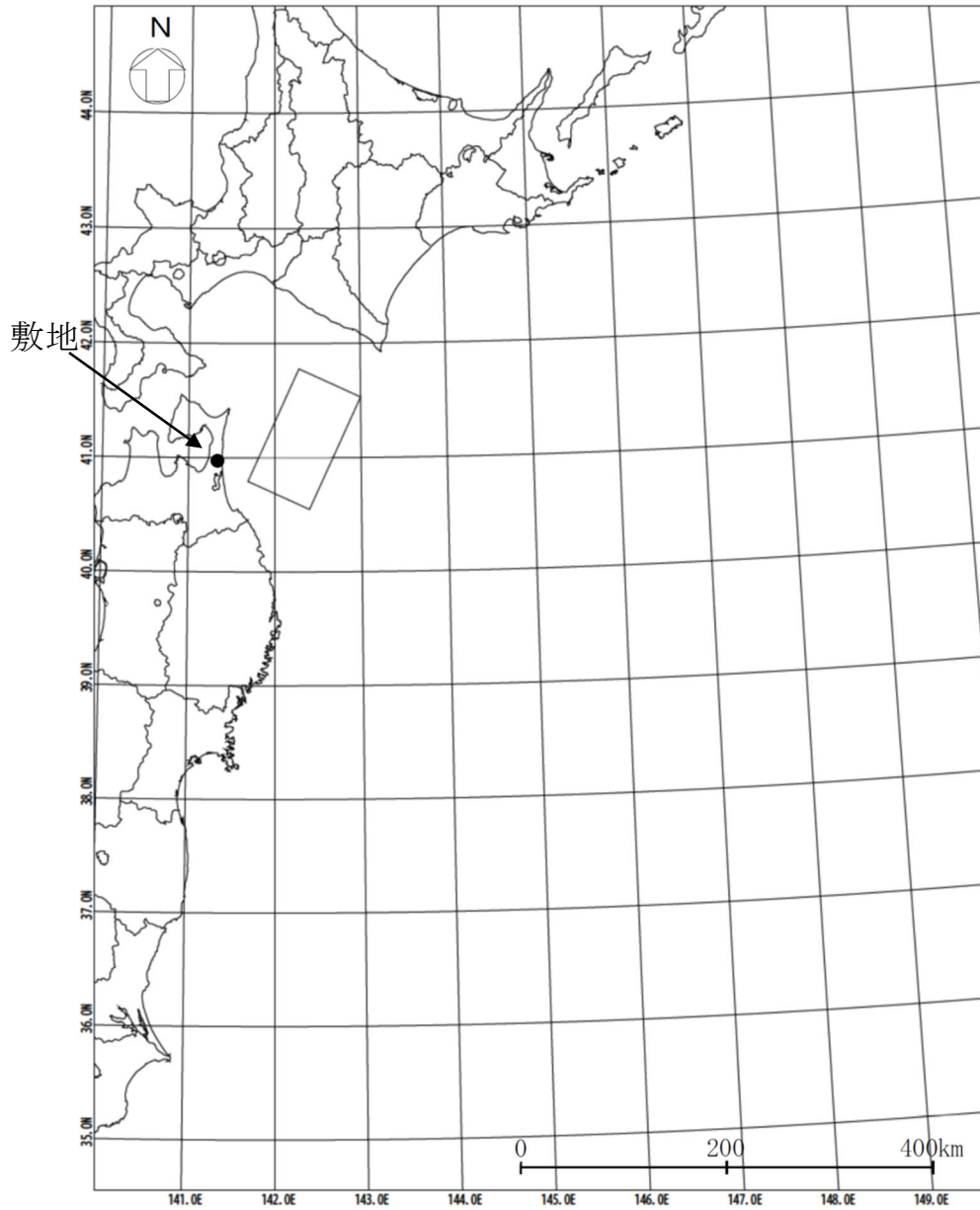


第1図 主な既往津波高とその位置



注1：相田(1977)⁽¹⁷⁾の図に加筆。

第3図 既往津波の波高分布比較

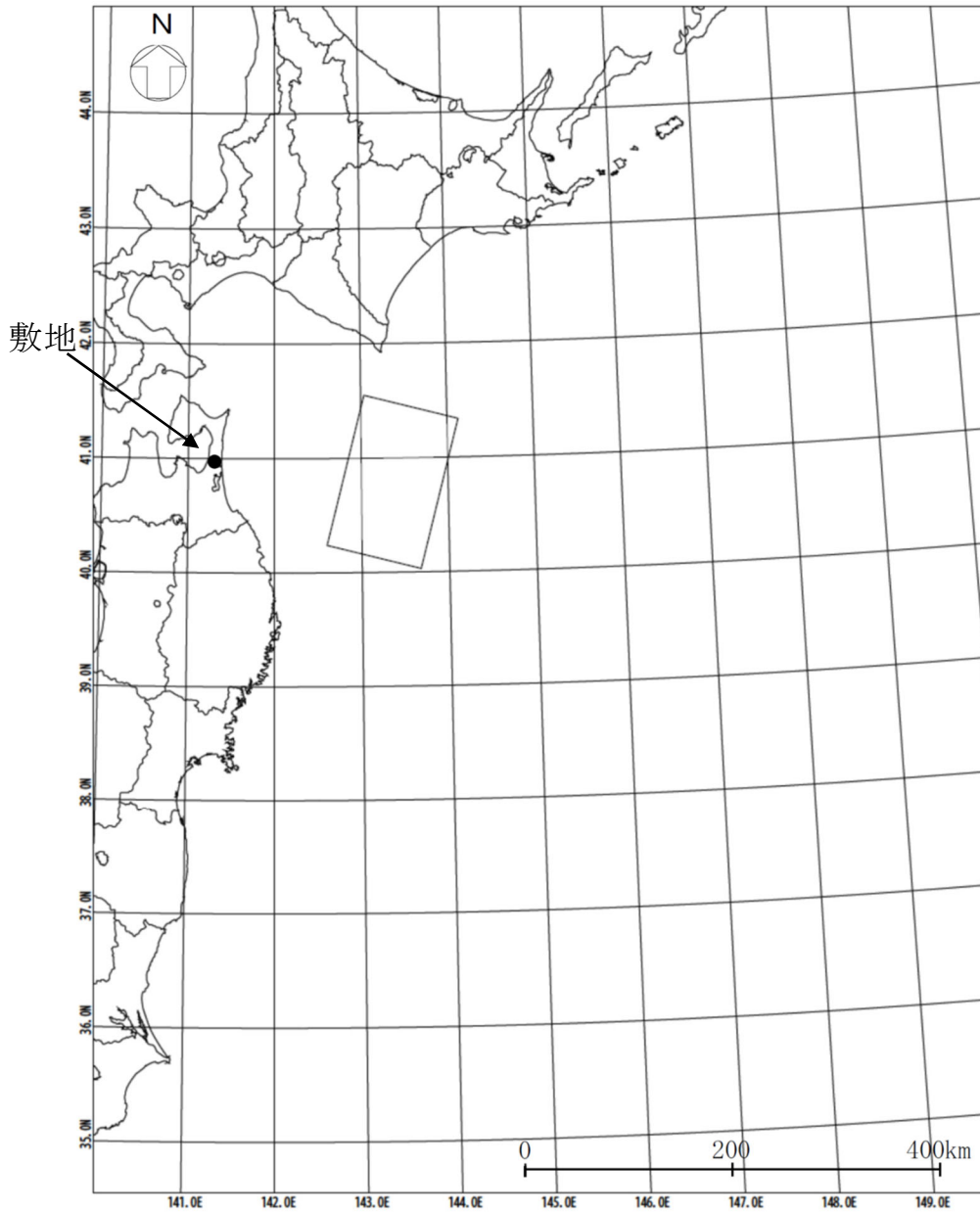


諸元

(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元を補正)

モーメント マグニチュード 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)
8.32	120	70	205	26	20	90	5.0×10^{10}	9.00

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)



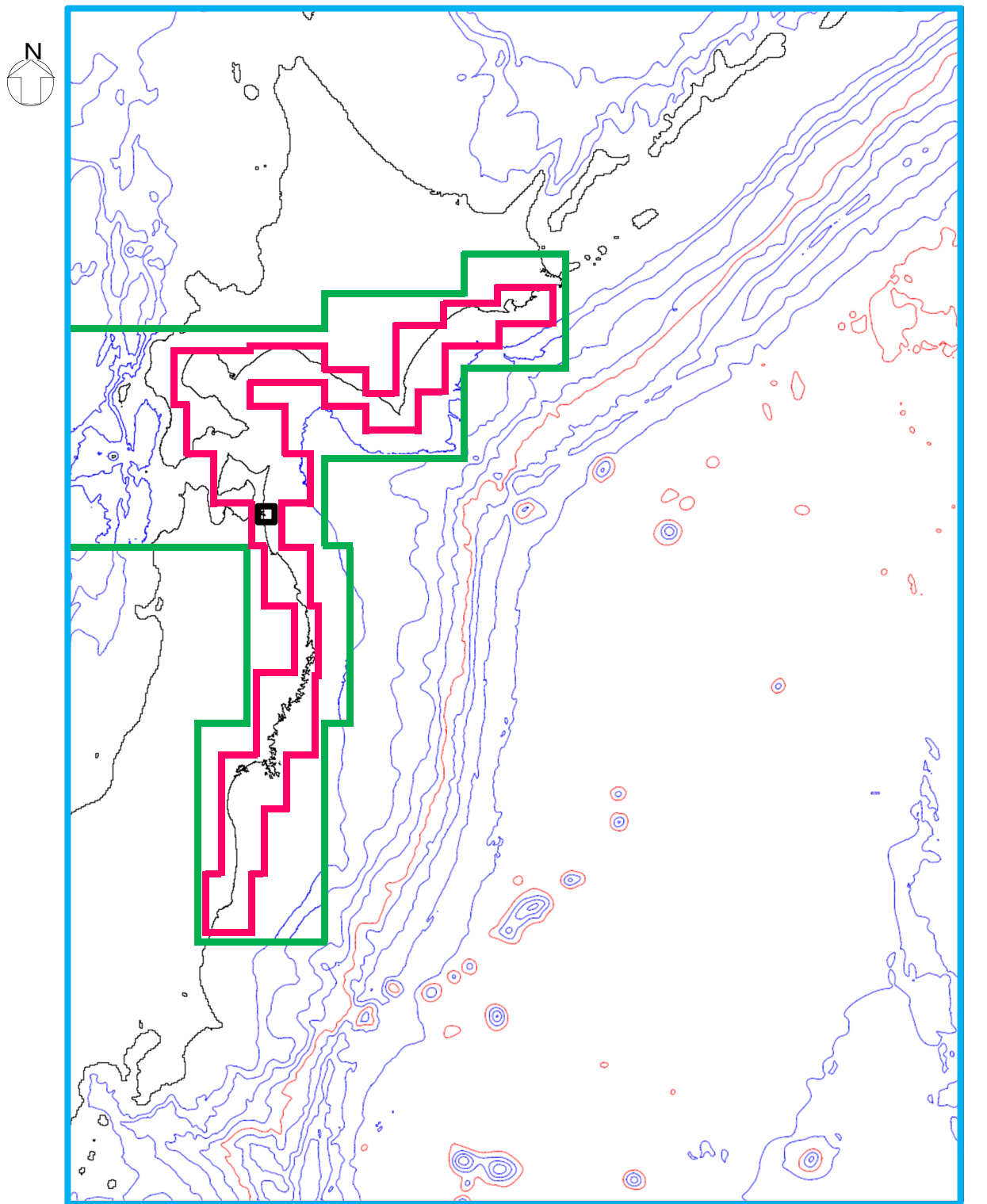
諸元

(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元を補正)

モーメント マグニチュード 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

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)



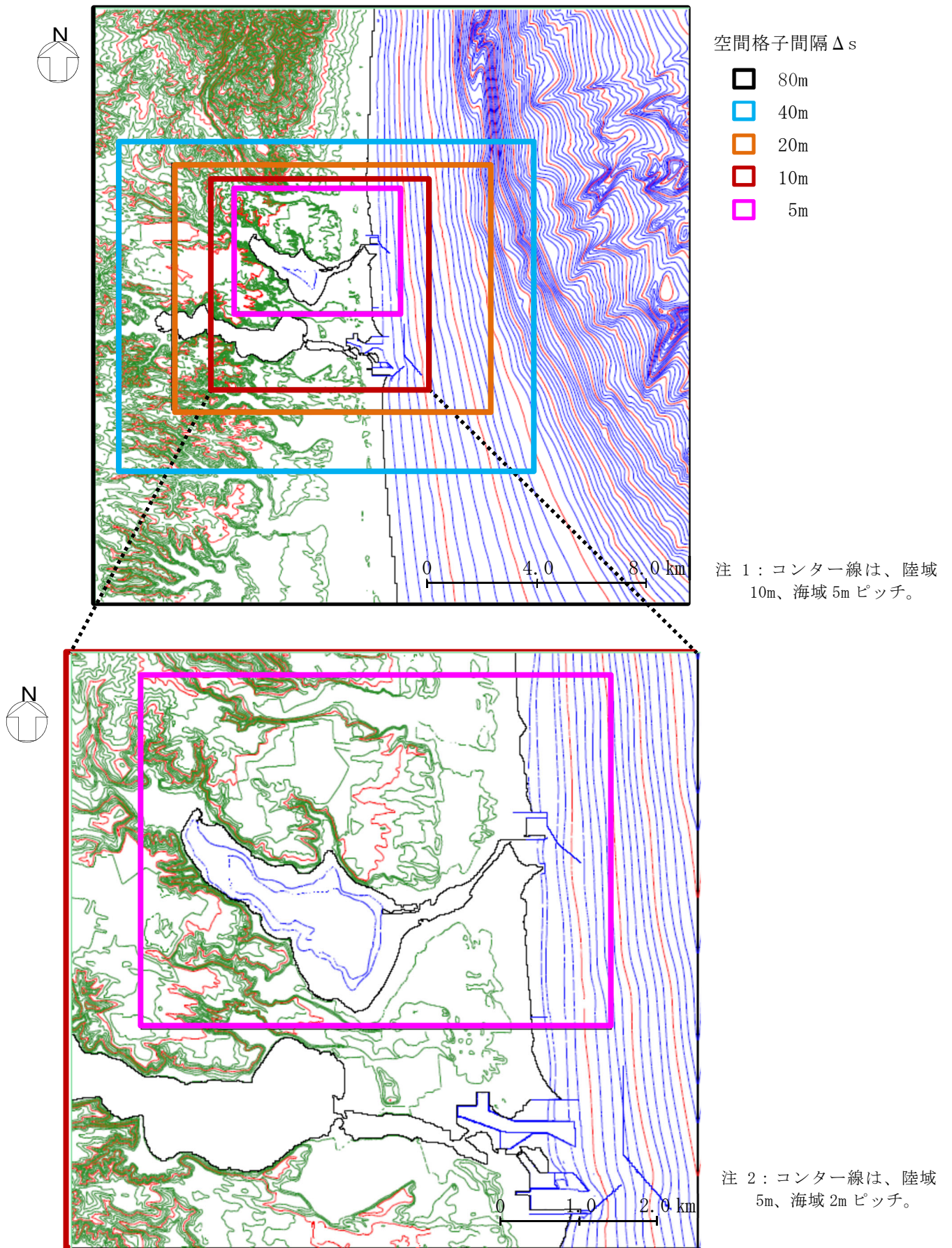
空間格子間隔 Δs

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

0 200 400 km

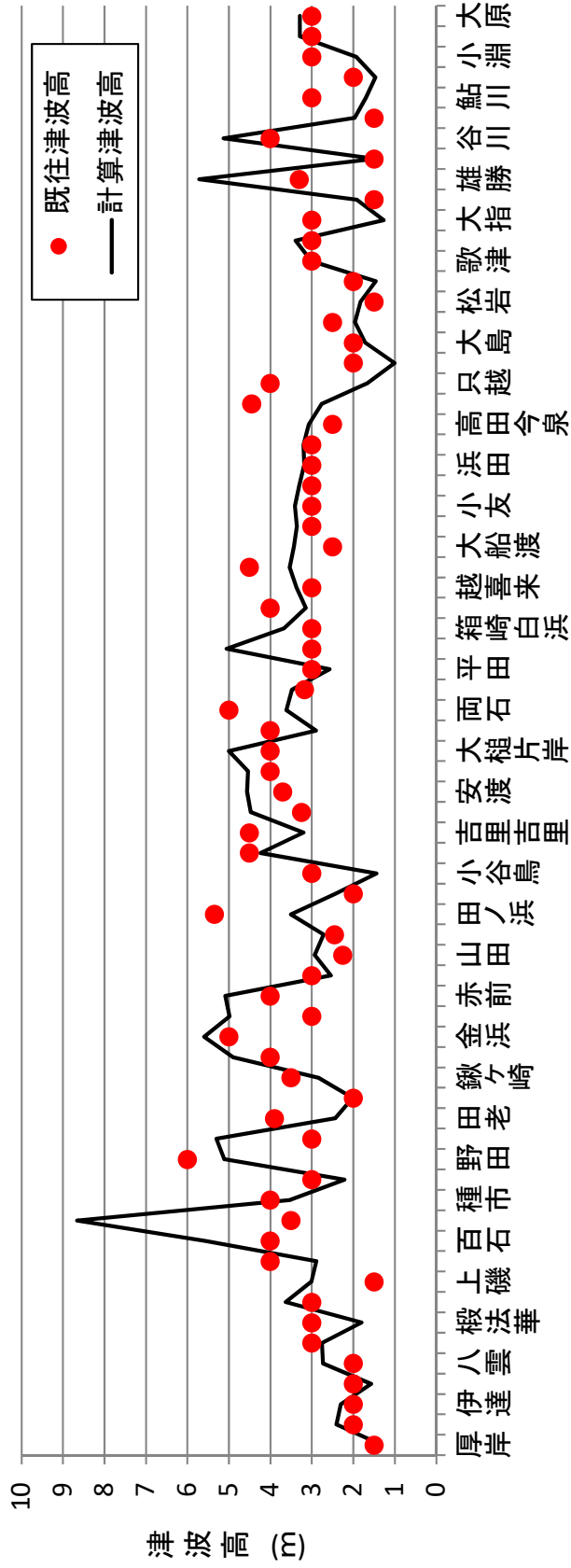
注1：コンター線は、1,000m ピッチ。

第5図 計算領域とその水深及び格子分割



第 6 図 敷地近傍の計算領域とその水深及び格子分割

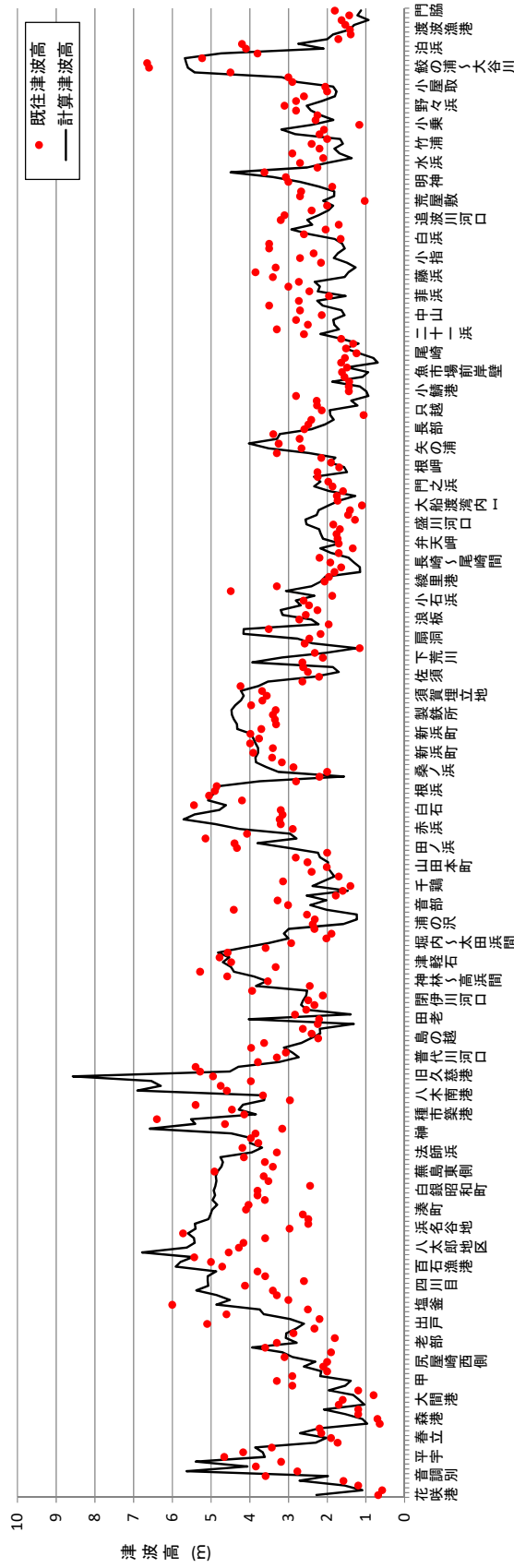
比較地域	地点数n	K	κ
厚岸～大原	71	1.01	1.42



注1：既往津波高は羽鳥(2000)⁽⁵⁾。

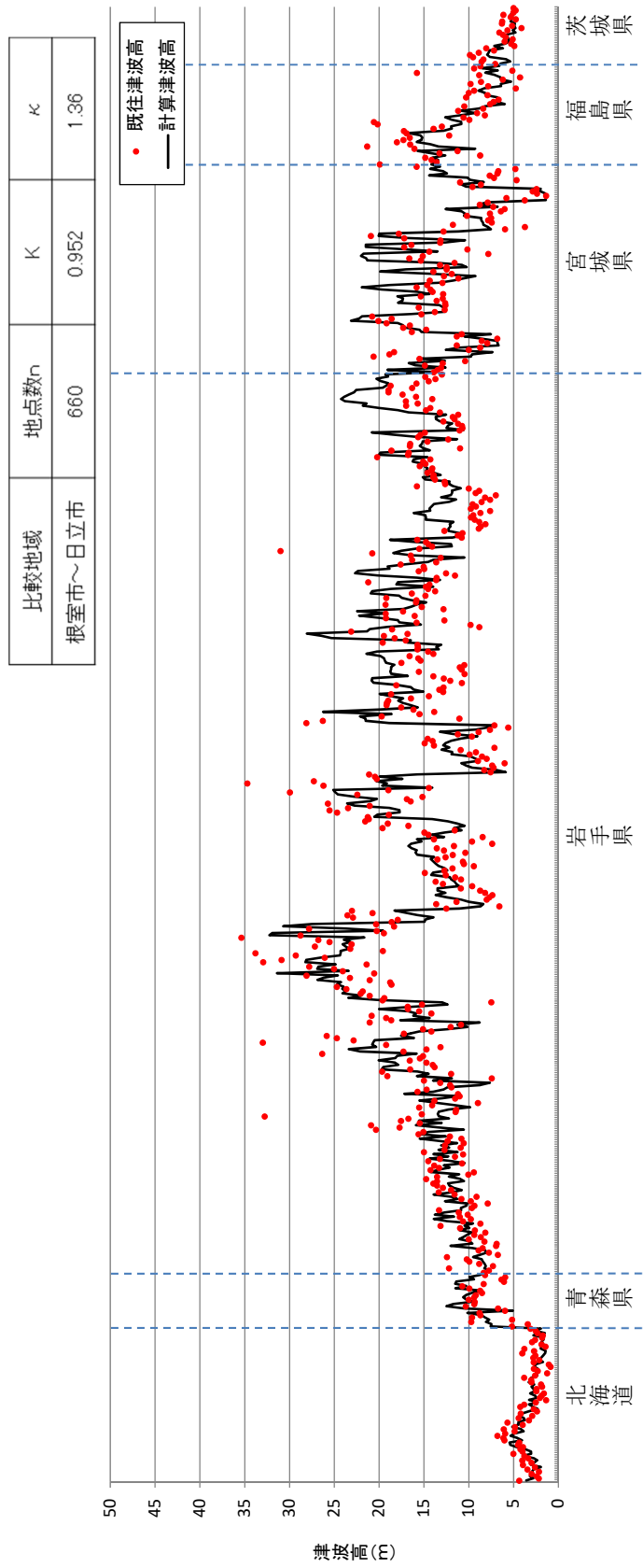
第7図 既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較(1/3)(1856年の津波)

比較地域	地点数n	K	κ
花咲港～門脇	313	0.99	1.44



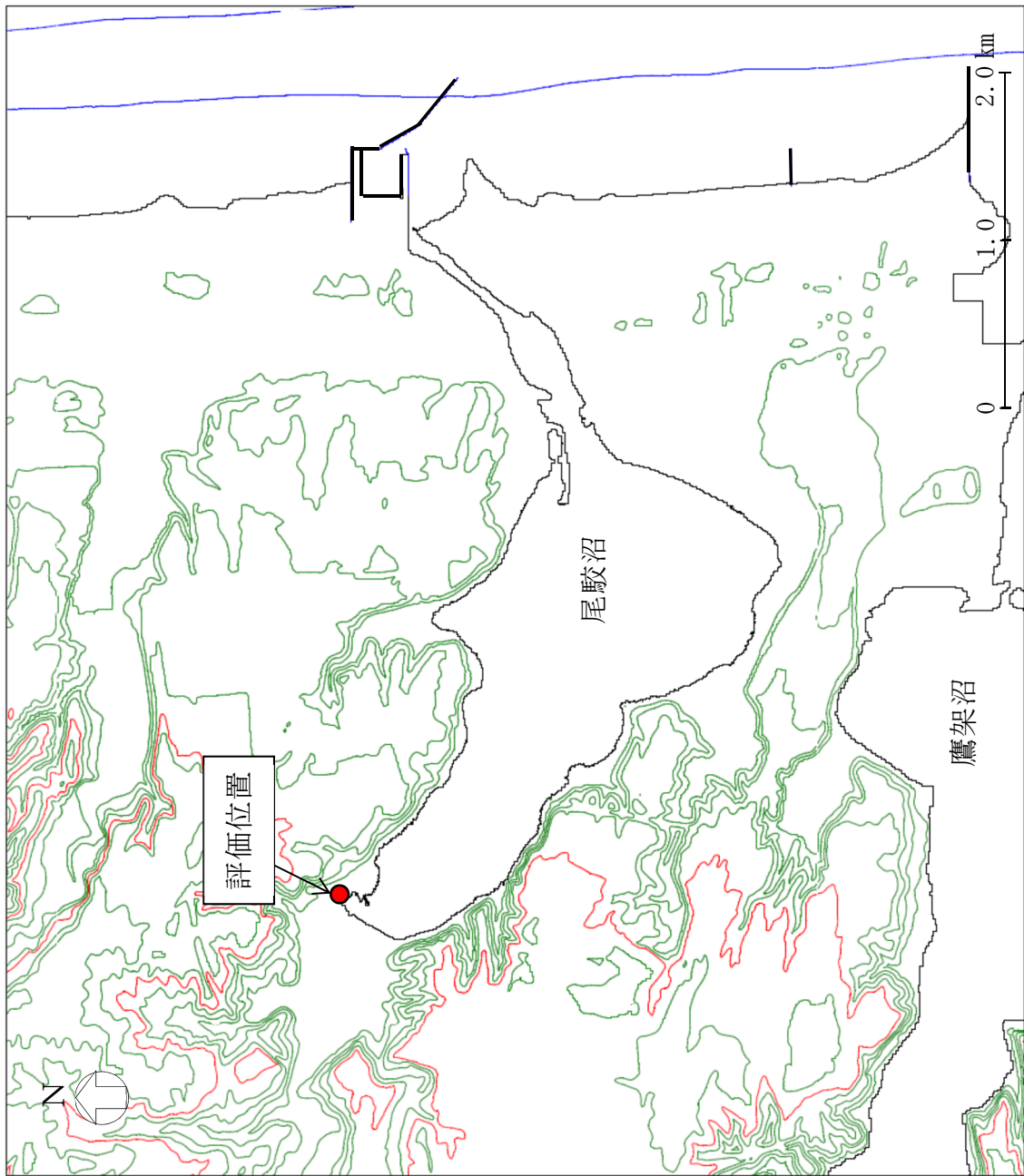
注 1 : 既往津波高は岸(1969) (11)。

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)



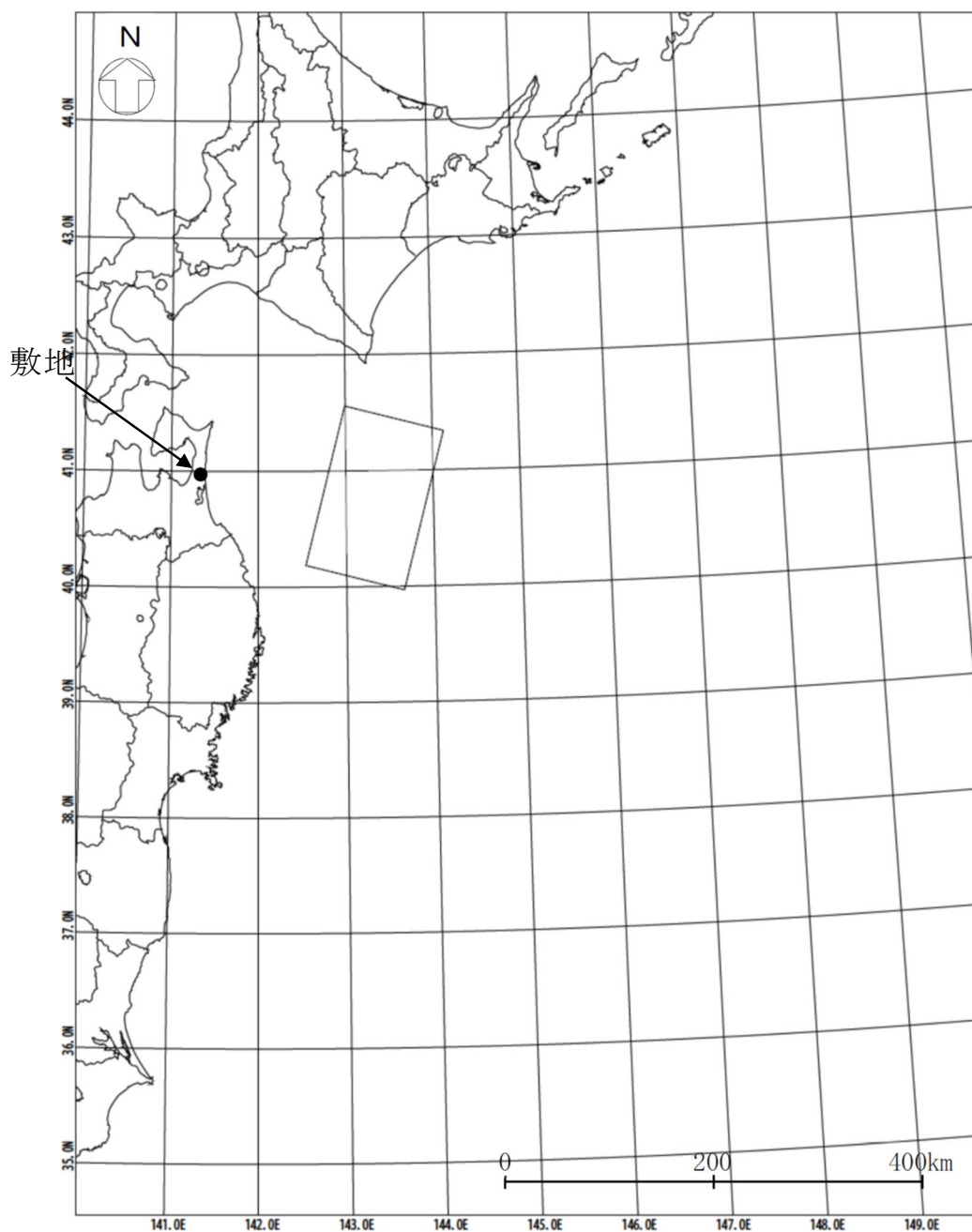
注1：既往津波高は東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)⁽¹³⁾。

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。

第8図 津波高の評価位置

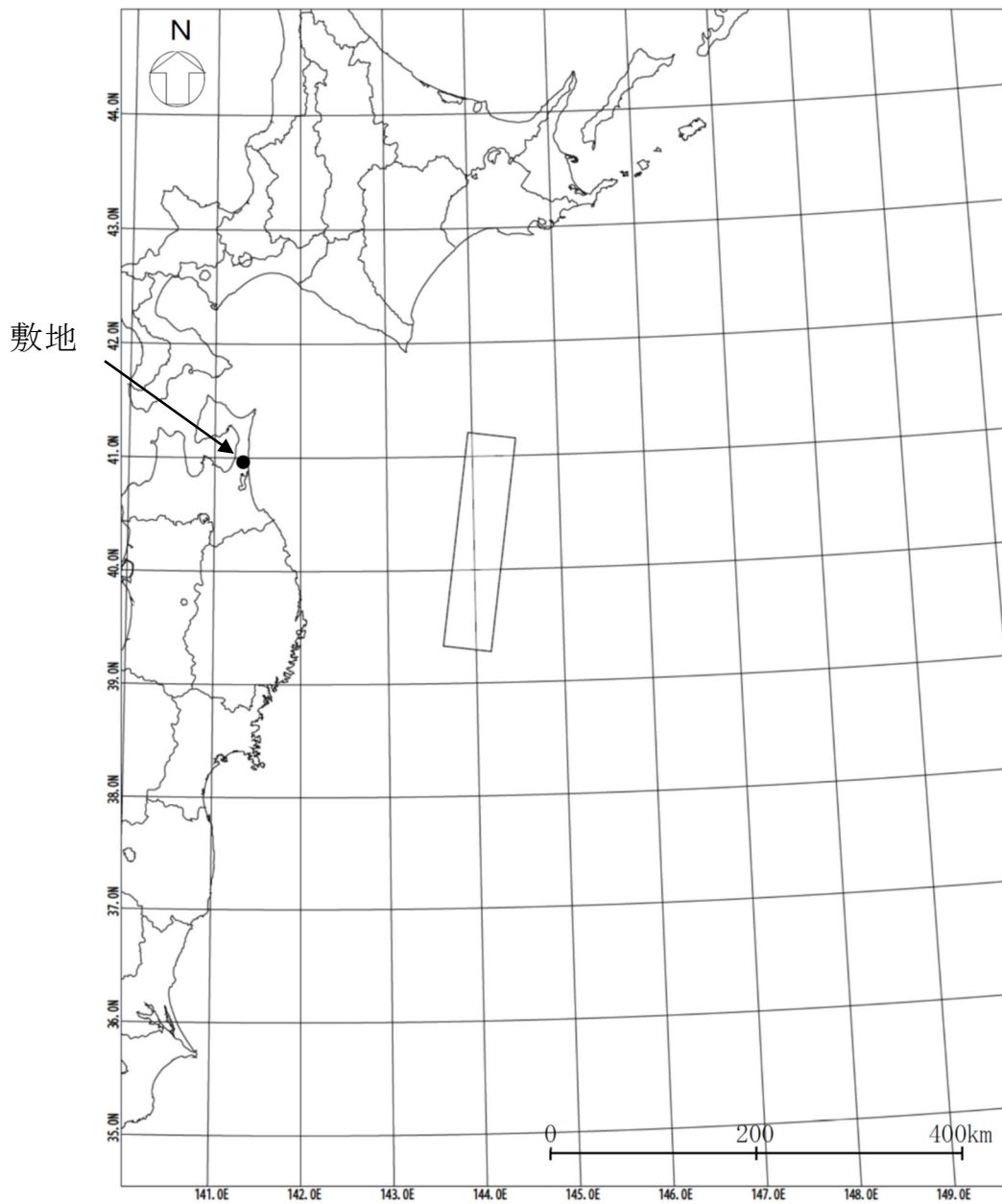


諸元

(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 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

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

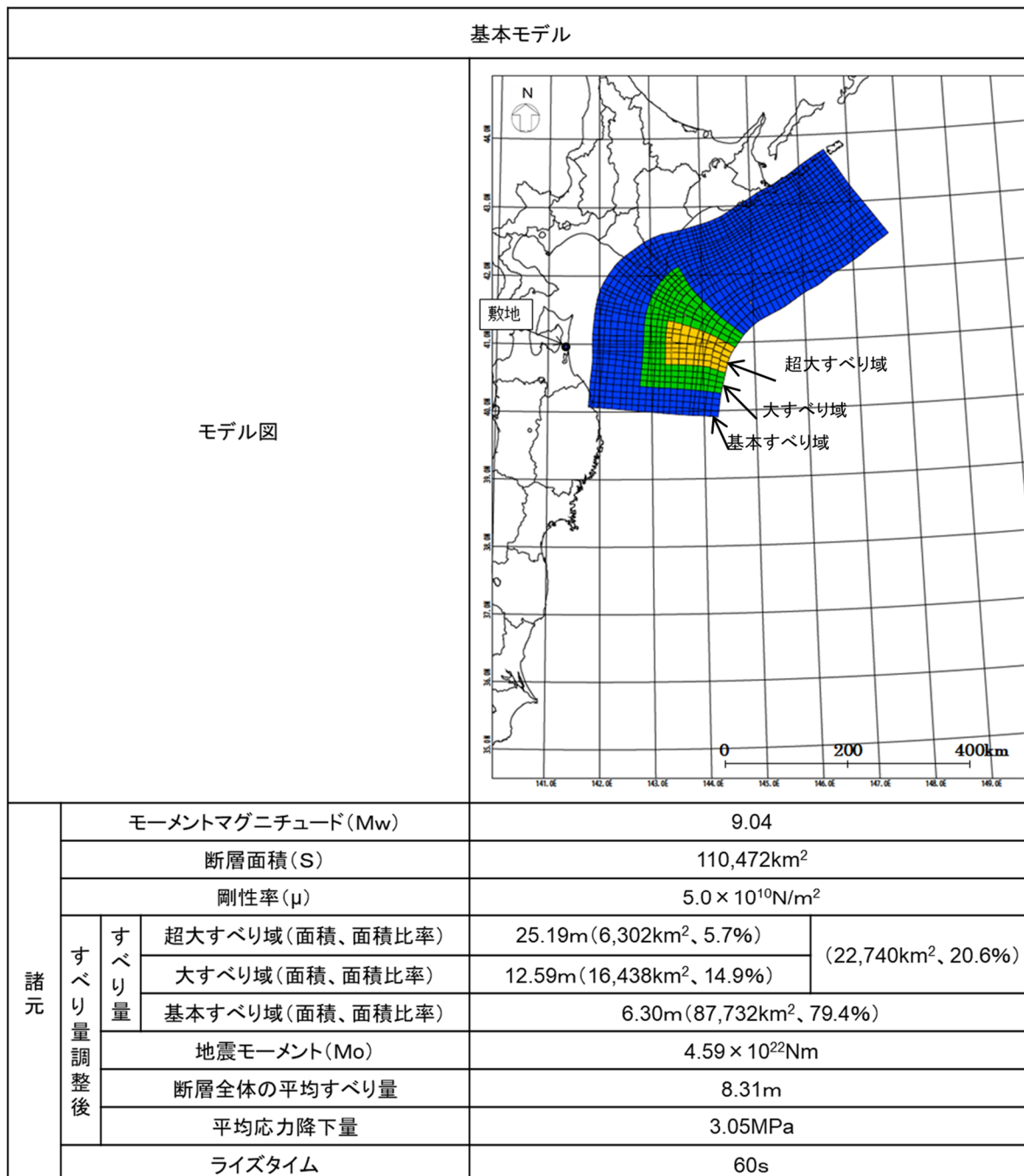


諸元

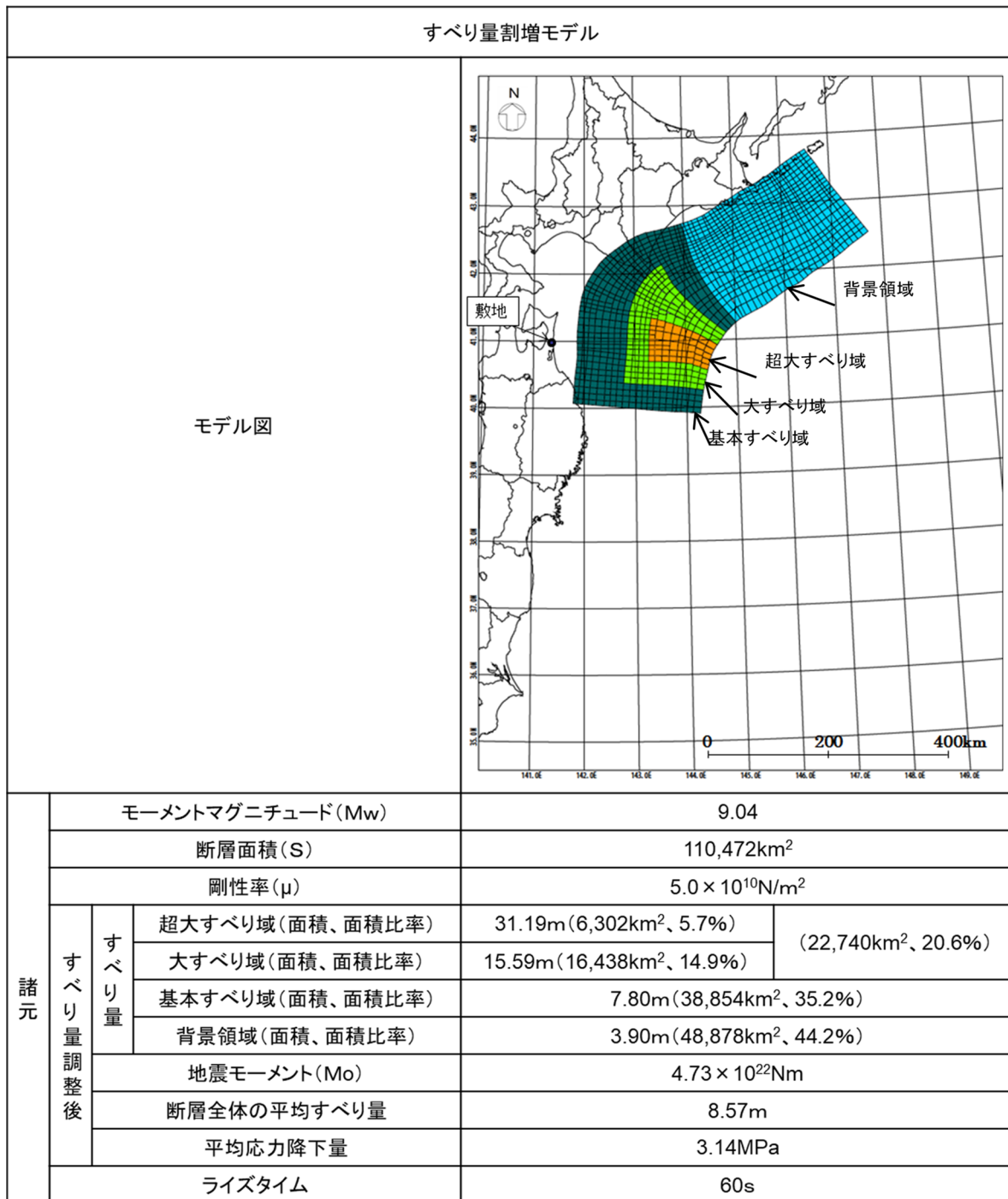
(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元)

モーメント マグニチュード [*] 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)
8.3	210	50	188	1	20	75	3.5×10^{10}	9.70

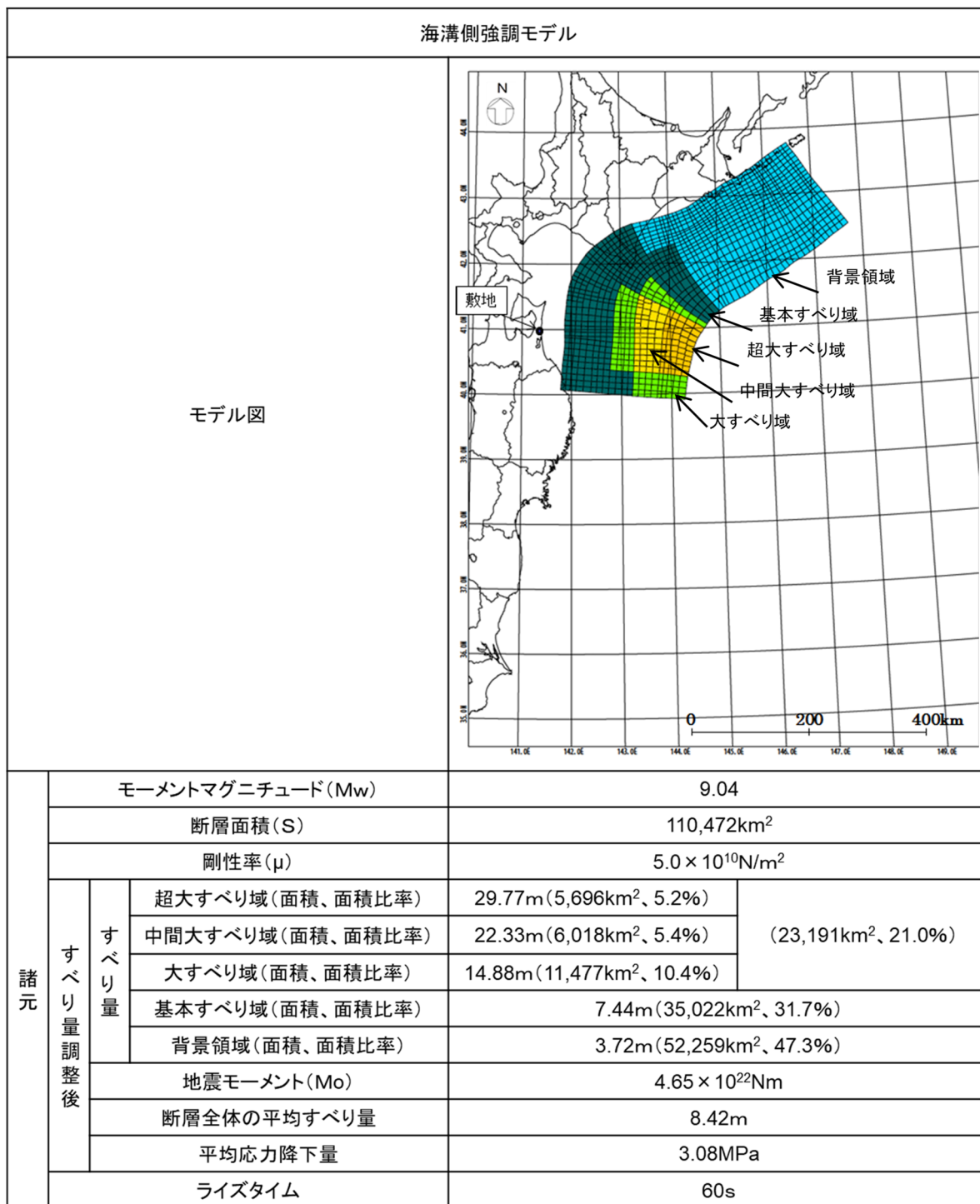
第 10 図 津波地震の波源モデルの位置及び諸元



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)



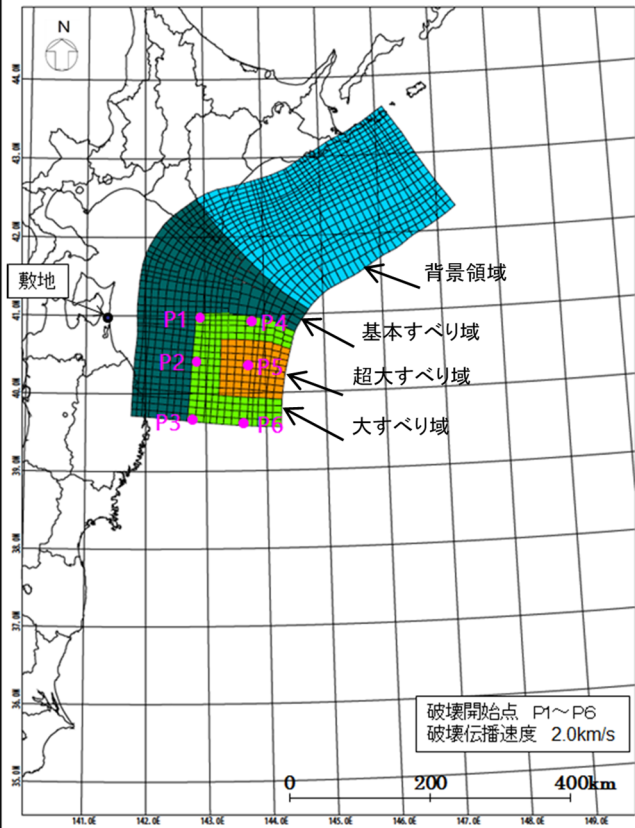
第 12 図 北方への連動型地震の波源モデルの位置及び諸元(1/2)
(すべり量割増モデル)



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)

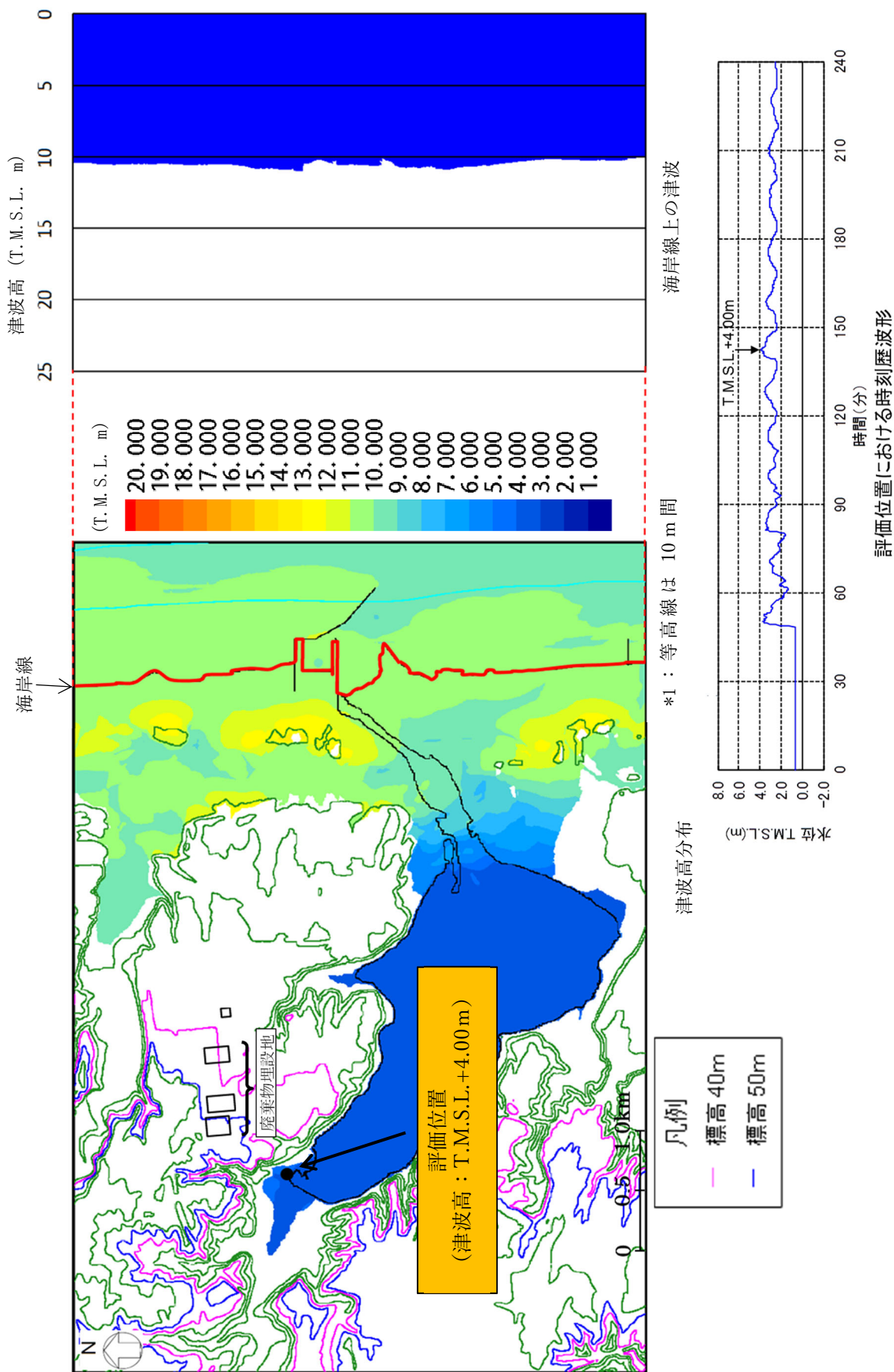
破壊開始点の不確かさ検討モデル

モデル図



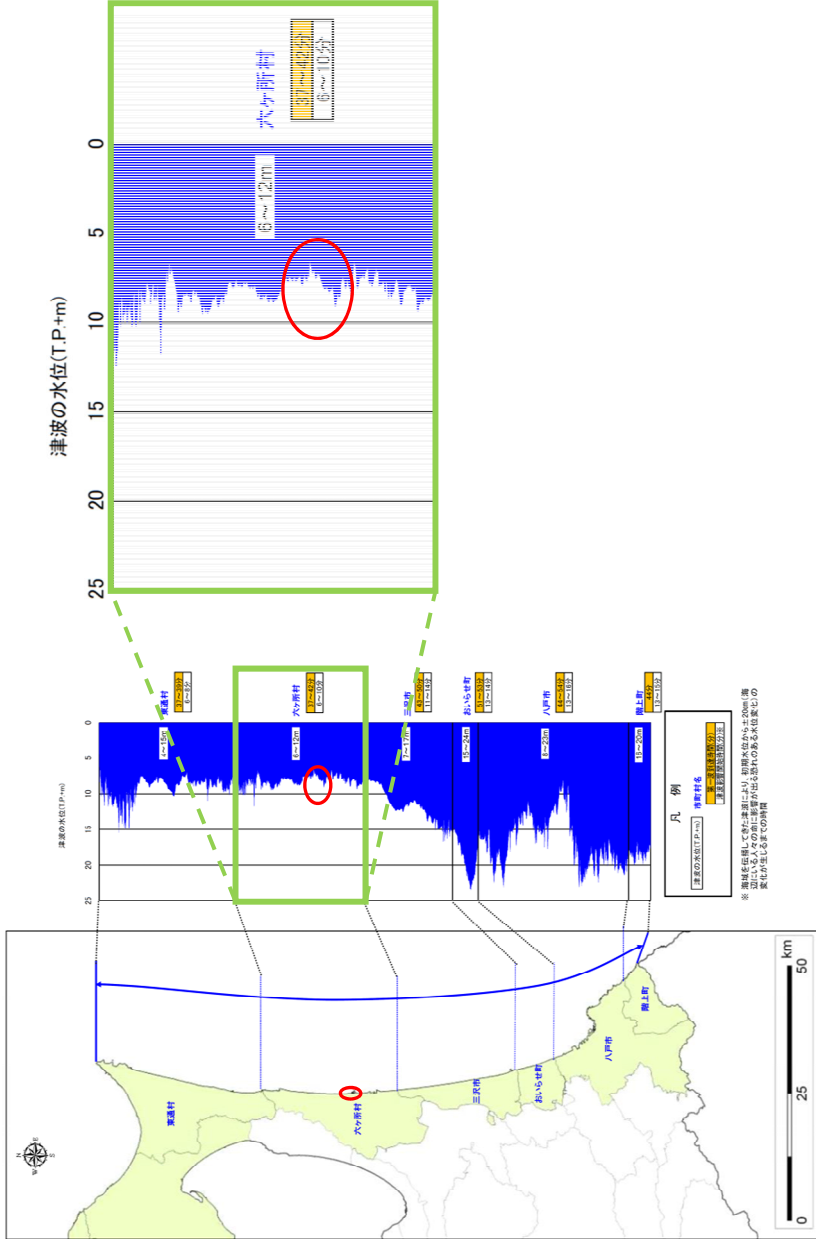
諸元	モーメントマグニチュード(Mw)		9.04		
	断層面積(S)		112,309km ²		
	剛性率(μ)		5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²		
	すべり量調整後	すべり量	超大すべり域(面積、面積比率)	31.19m(7,530km ² 、6.7%)	(20,968km ² 、18.7%)
			大すべり域(面積、面積比率)	15.59m(13,438km ² 、12.0%)	
		基本すべり域(面積、面積比率)		7.80m(36,623km ² 、32.6%)	
		背景領域(面積、面積比率)		3.90m(54,718km ² 、48.7%)	
	地震モーメント(Mo)		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			

第 13 図 破壊開始点の位置



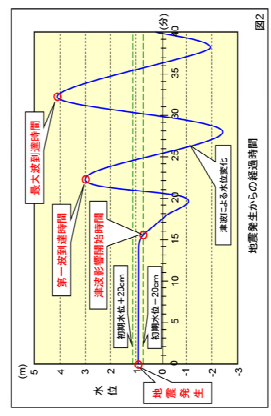
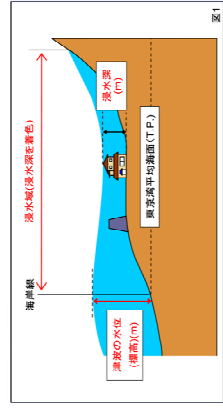
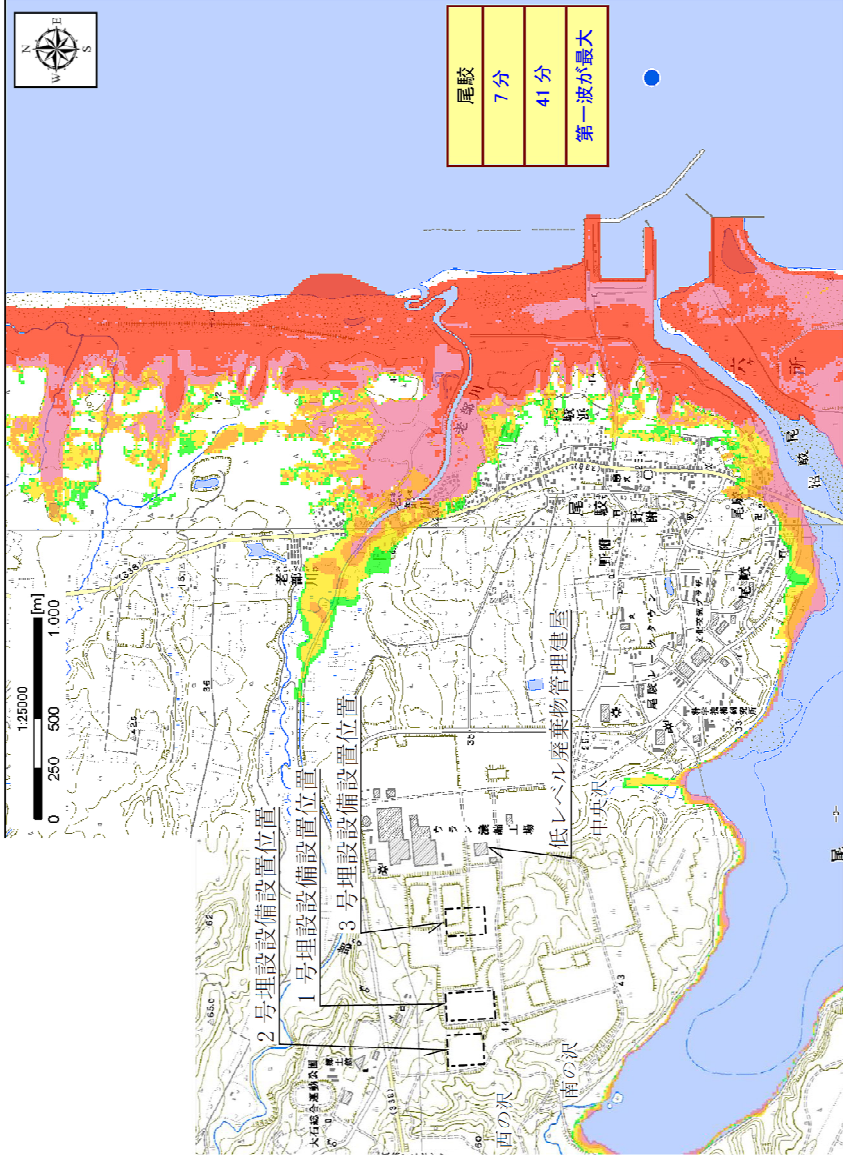
第 14 図 北方への連動型地震に起因する津波の最大ケースの津波高分布

H24青森県太平洋側型地震 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。

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)



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

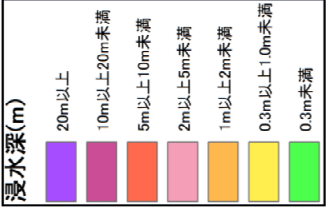
【留意事項】

- 「津波浸水想定」は、津波防犯地帯づくりに関する法律（平成28年法律第129号）第8条第1項に基づいて設定するもので、津波防犯地帯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重条件下において発生した場合に想定される浸水の区域（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や今後発生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、「何として人命を守る」という考えのもと、避難を中心とした津波防犯対策を定めるためのものとして設定されています。
- 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指示していませんが、津波の上昇等により、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、浸水深が高くなったり、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。

【モデルとシミュレーションの条件】

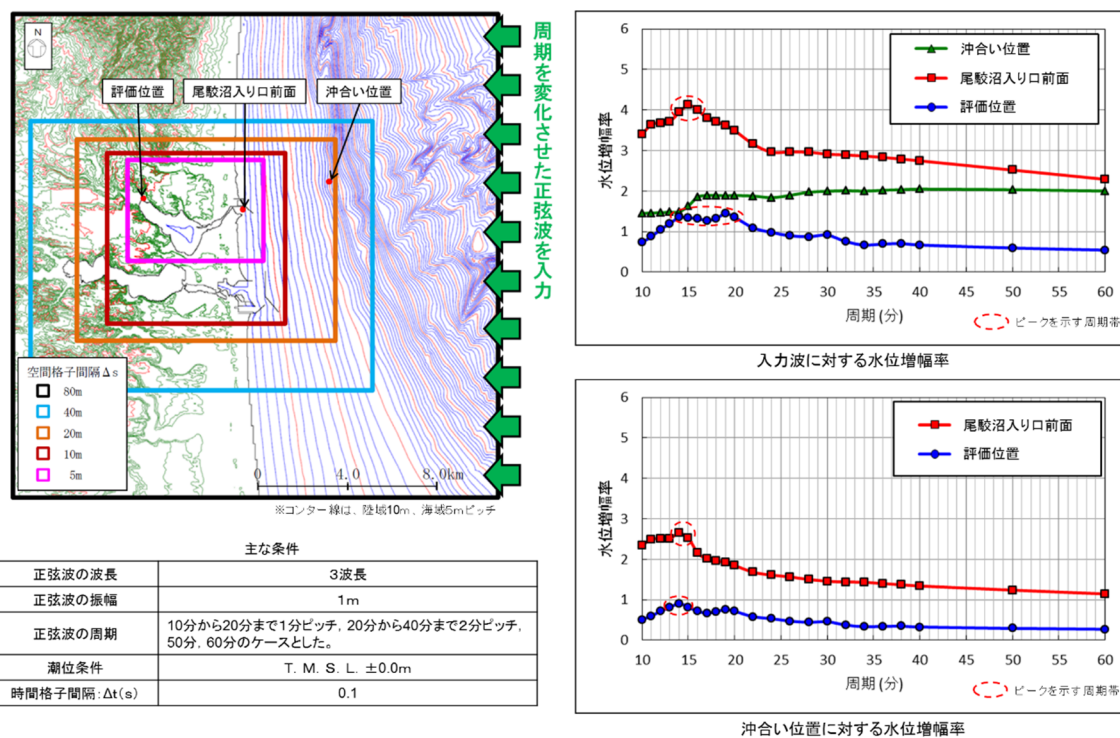
(1) 想定津波：H24年熊本大平半島後編自衛隊モデル
 (2) 津波防犯施設：河川堤防、海岸堤防、防潮堤、水門、防波堤などの施設を津波が超越する上回りに、施設の機能が失われると想定
 (3) 潮位：相模半島沖開港

※浸水域、浸水深、津波の水位（図1）
 津波の水位：津波の最大水深（標高）
 浸水深：海岸線における津波の最大水深から水面までの高さ
 浸水域：浸水深が2m以上の範囲
 ※注1 津波影響開始時間：津波の最大水深が、指定した地点の地面から水面までの高さ20cm（潮位）に達するまでの時間
 ※注2 第一波到達時間（図2）：津波の最大水深が、指定した地点の地面から水面までの高さ20cm（潮位）に達するまでの時間
 ※注3 最大波到達時間（図3）：代表地点において津波の最大到達高さが生じるまでの時間

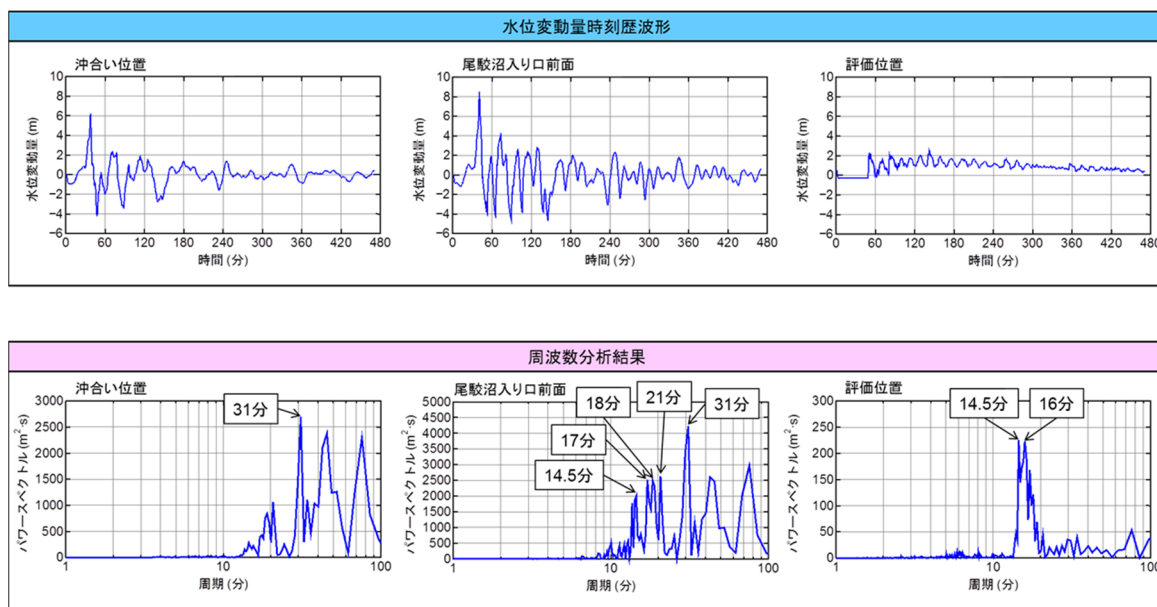


注1：青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽³⁶⁾より抜粋・一部加筆。

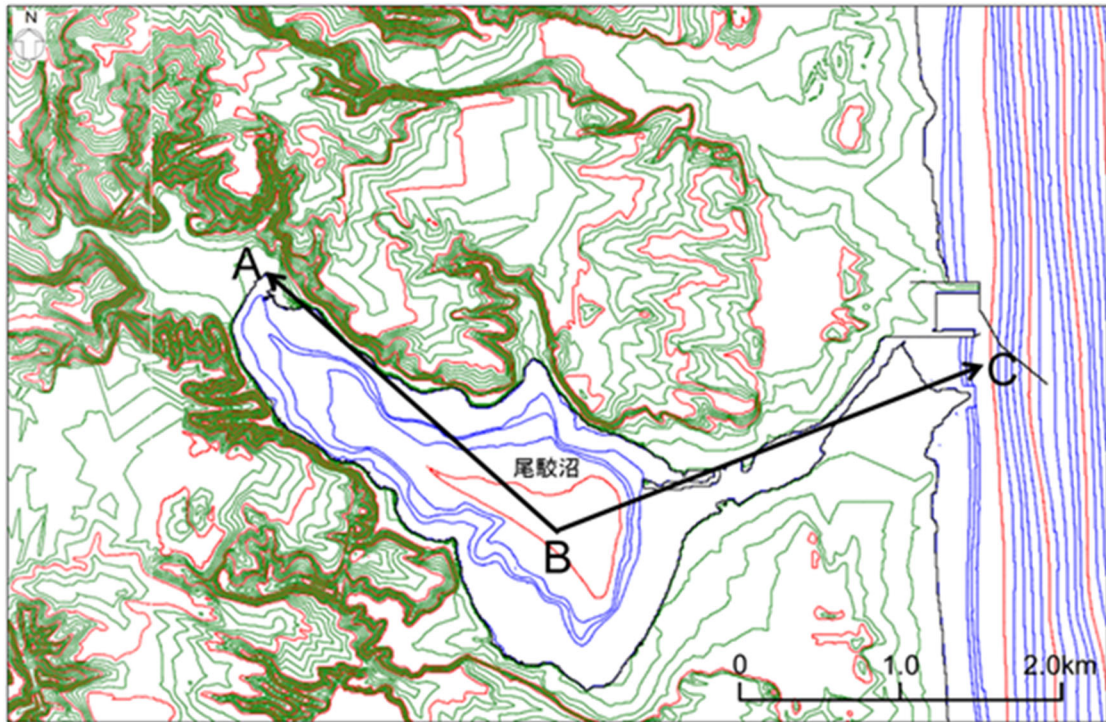
第16図 南方への連動型地震に起因する津波の検討結果(浸水予測図)



第 17 図 正弦波入力による検討結果



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)

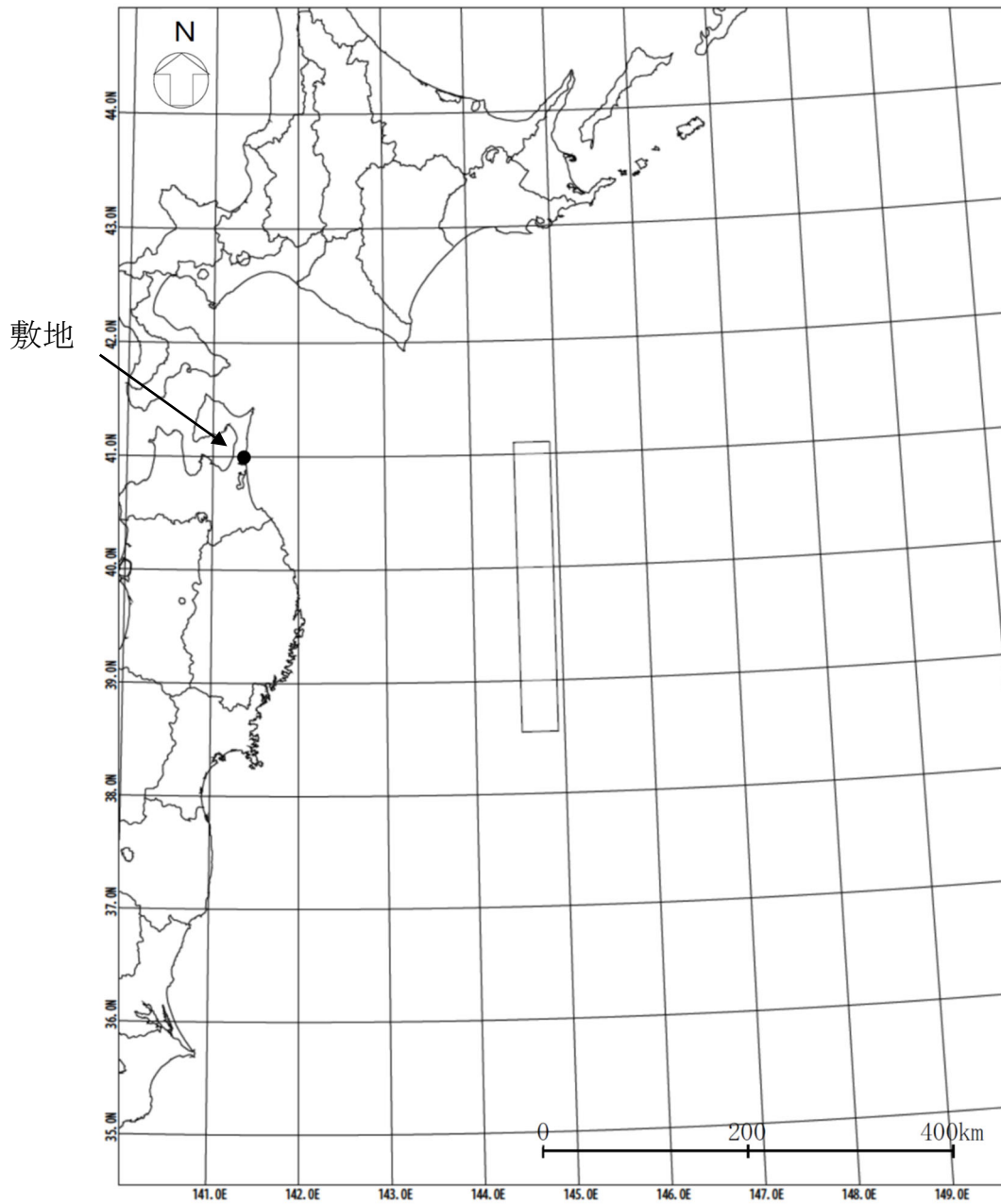
区分	湾口～湾奥距離 l と湾内平均波長 L_v との関係	格子間隔 Δx の目安
湾口～湾中央部	—	L_v の $1/40$ 程度
湾奥	$L_v/l < 6$	L_o の $1/100$ 以下
	$6 \leq L_v/l < 10$	L_o の $1/50$ 程度
	$10 \leq L_v/l$	L_o の $1/40$ 程度

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。

第 19 図 格子間隔の妥当性に係る検討結果



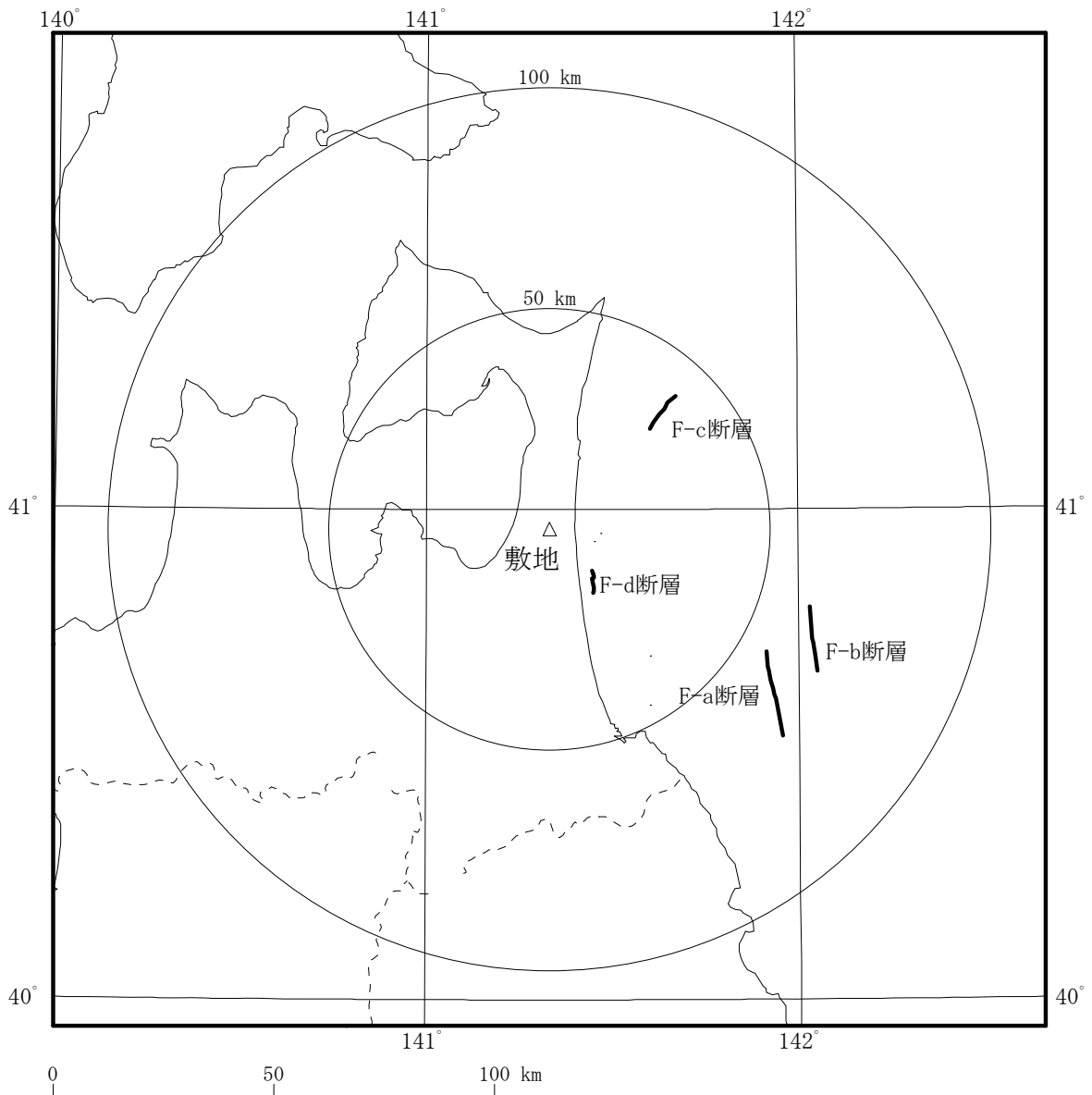
諸元

(土木学会(2002)⁽²²⁾の諸元を補正)

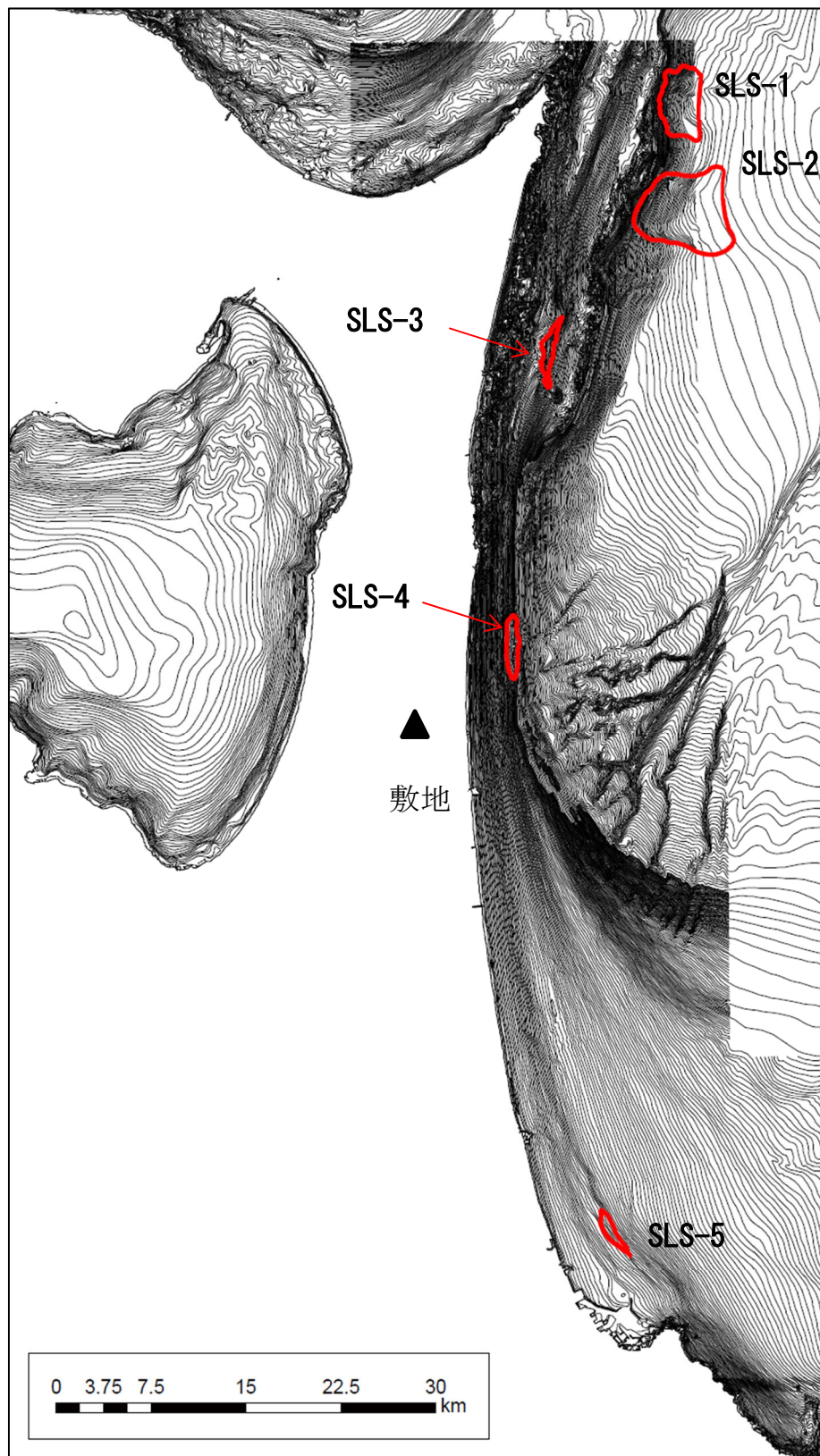
モーメント マグニチュード [*] M _w	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.6	283	50	180	1	45	270	7.0×10 ¹⁰	10.10

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

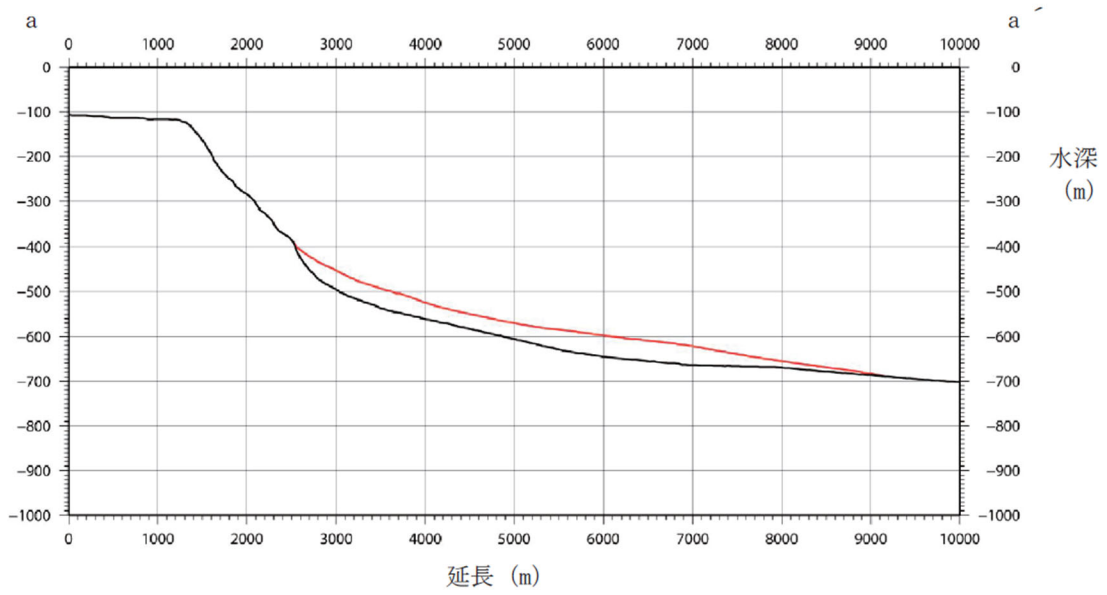
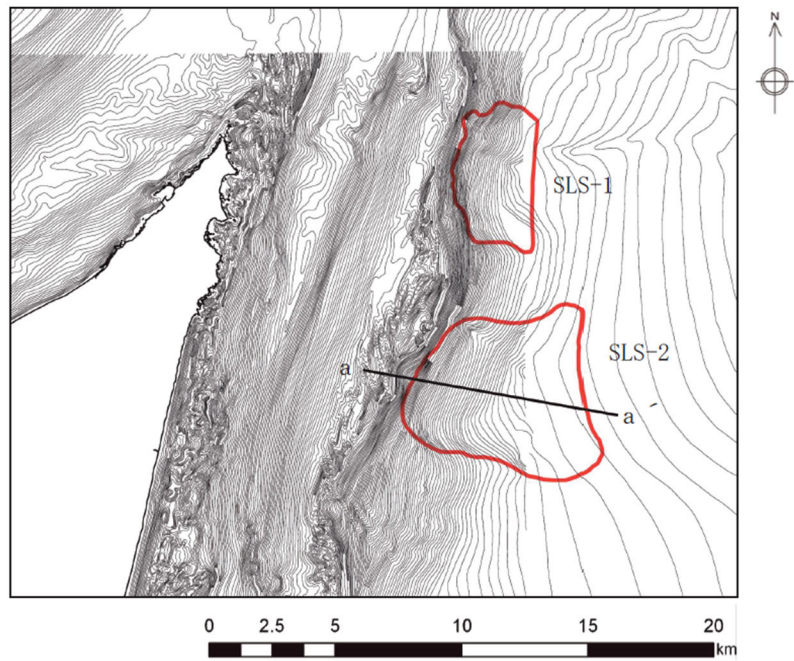
(正断層型の地震)



第 21 図 敷地周辺海域の活断層分布

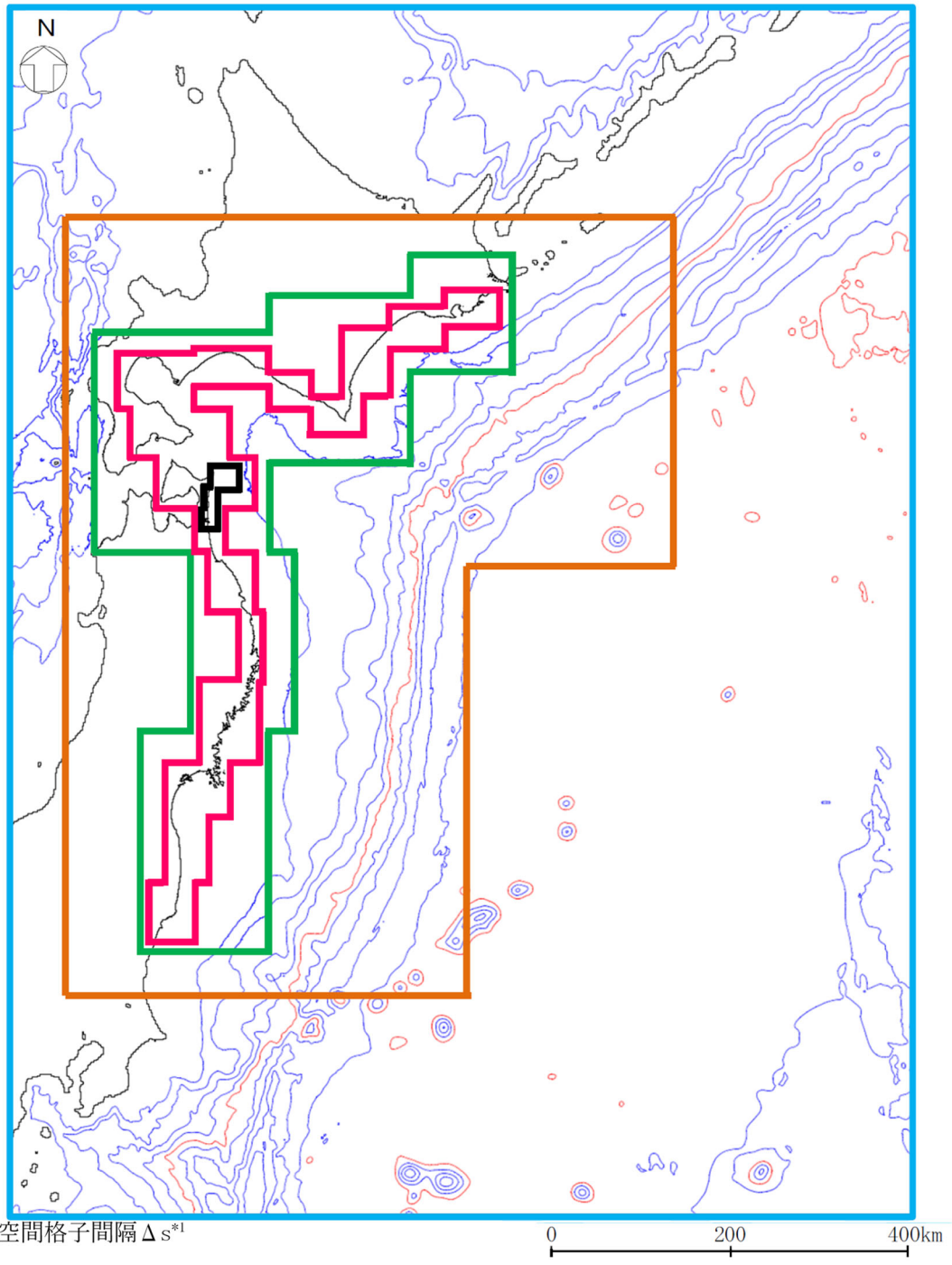


第 22 図 海底地すべり地形



(黒線：現地形、赤線：復元地形)

第 23 図 海底地すべり地形の断面

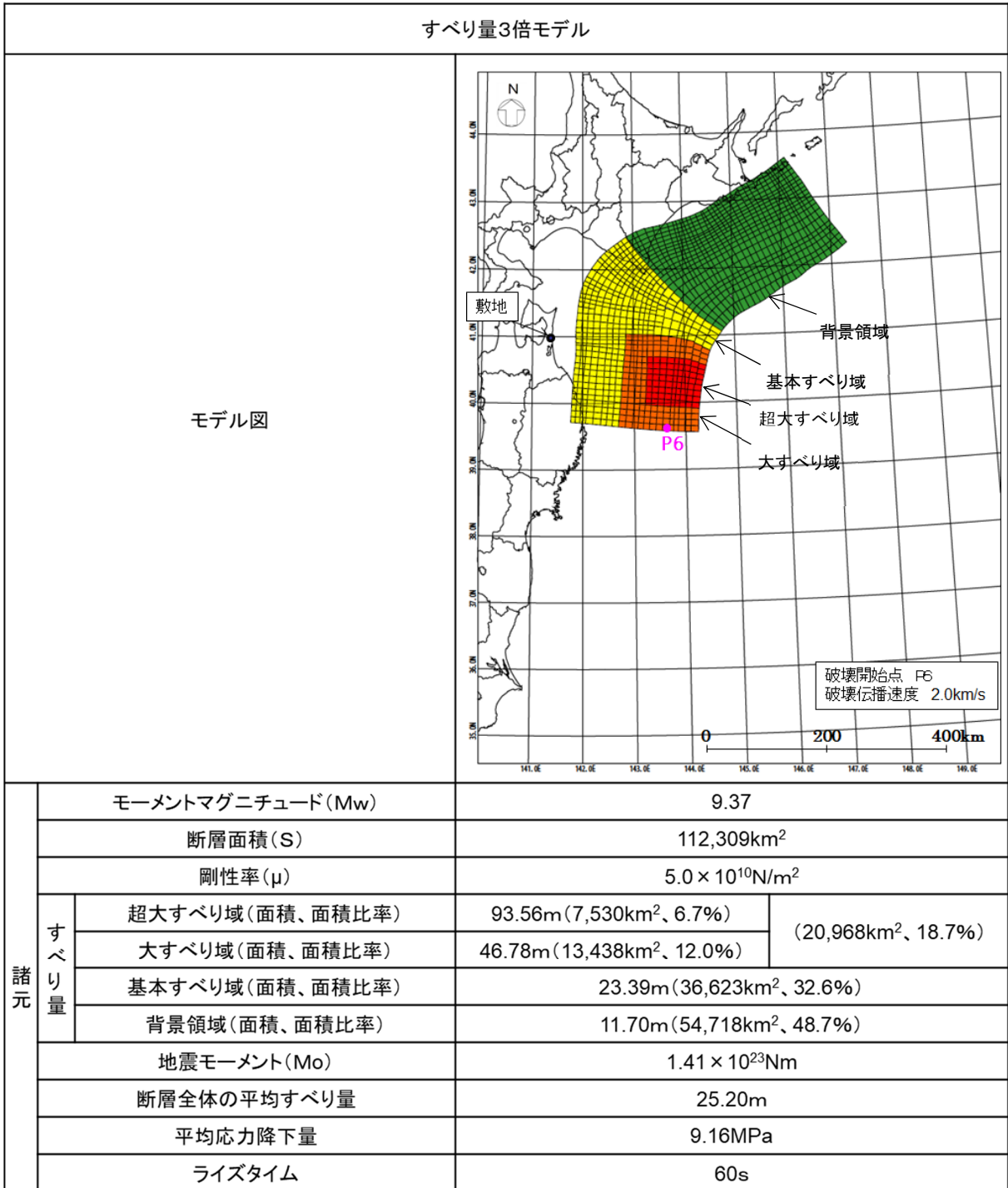


- 1,280m
- 640m
- 320m
- 160m
- 80m

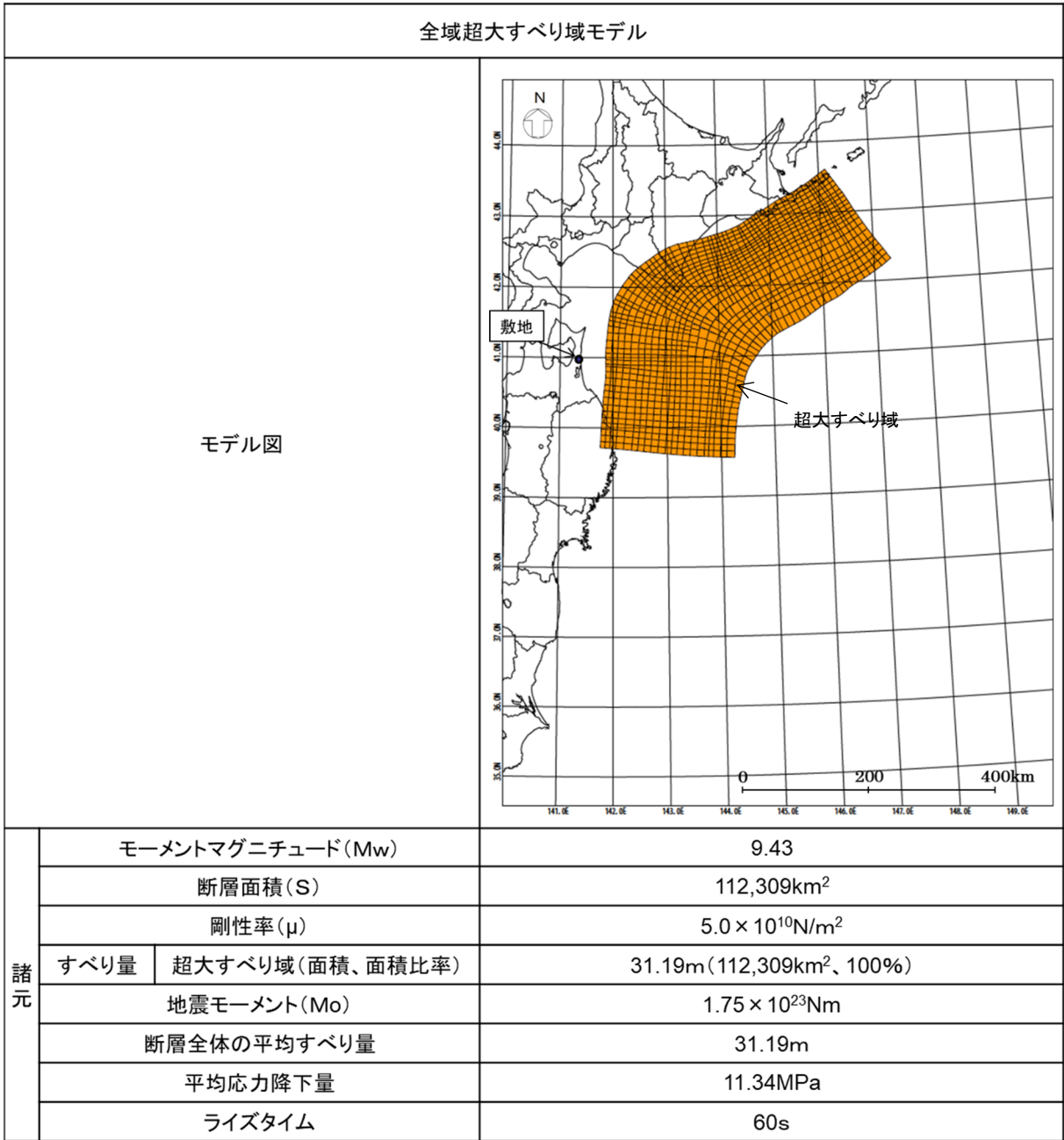
注1: コンター線は、1,000m ピッチ

*1: $\Delta s=40\text{m}$ 以下の計算領域については第6図参照。

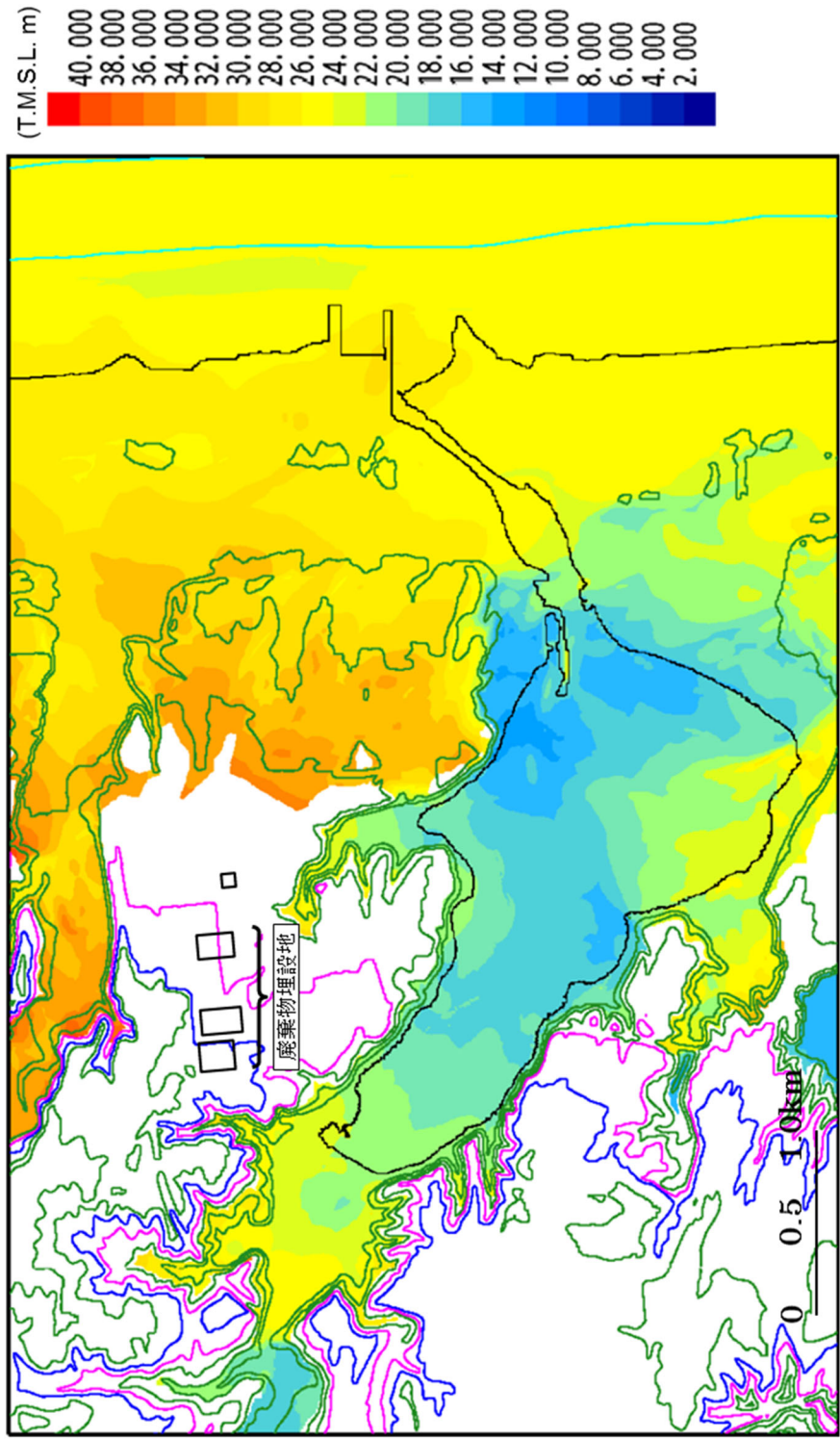
第24図 計算領域とその水深及び格子分割



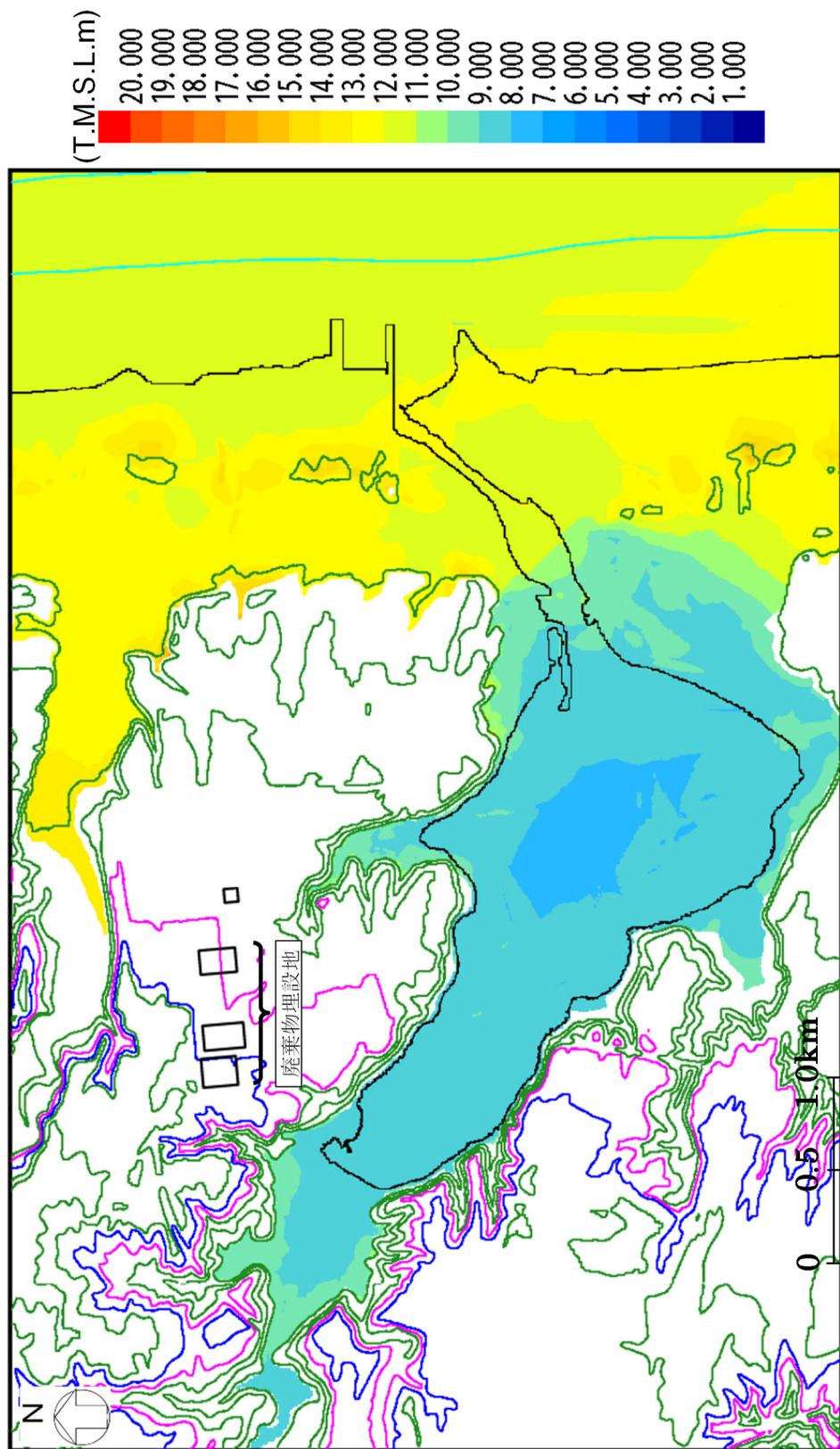
第 25 図 すべり量 3 倍モデルの位置及び諸元



第 26 図 全域超大すべり域モデルの位置及び諸元



第 27 図 すべり量 3 倍モデルによる検討結果



第28図 全域超大すべり域モデルによる検討結果

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第六条：外部からの衝撃による損傷の防止

目 次

1. 基本方針
2. 外部からの衝撃による損傷の防止
 2. 1 自然現象に対する考慮
 2. 2 人為事象に対する考慮
 2. 3 自然現象及び人為事象の評価結果

1. 基本方針

安全機能を有する施設は、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状態条件として考慮するもの自然現象及び人為事象に対して、必要な安全機能が損なわれないように設計とする。~~さらに、安全機能を有する施設は、供用中にまた、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に対して、安全機能が損なわれない設計とする。~~

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(故意によるものを除く。)を網羅的に抽出し、検討対象自然現象として、洪水、土石流、地すべり及び、火山の影響を、人為事象として、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立地特性及び施設の特徴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等が発生した際には、安全上支障のない期間内において、速やかに修復する。

2. 外部からの衝撃による損傷の防止

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事象自然現象及び人為事象の選定に当たり、国内外の基準及び文献^{(1)~(24)}から自然現象及び人為事象(故意によるものを除く。)を網羅的に抽出した。

抽出した事象を基に、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事象自然現象及び人為事象を検討した結果、自然現象として、洪水、地すべり、火山の影響及び土石流を、人為事象としてダムの崩壊を検討対象として選定した。ここで、大きな影響とは、取り扱う放射性廃棄物の放射能濃度が低いという本施設の特徴を踏まえて、本施設全体に影響を与える事象を想定している。

具体的には、~~埋設設備について、地震により発生するおそれがある~~安全機能の喪失を想定し、本施設周辺の公衆への影響を評価した結果1mSv に比べて十分に小さいことを確認している。このため、~~地震により発生するおそれがある~~安全機能の喪失よりも大きい事象、又は、埋設設備が敷地境界に近づくことによる公衆への影響を考慮し、埋設設備が外力によって移動する事象を想定する。検討対象として選定した各事象について、大きな影響を及ぼす可能性及び安全設計として考慮する必要性の有無について評価する。

2. 1 自然現象に対する考慮

a. 洪水

周辺を流れる老部川の標高は約 5m~20m、二又川の標高は約 1m~5m である。これらの河川において洪水が発生したとしても、標高 30m 以上の台地に位置する廃棄物埋設地への影響はないことから、洪水は、大きな影響を及ぼす事象としては考慮しない。

b. 地すべり

西の沢以西及び尾駮沼付近を除いた台地上に地すべり地形はなく、すべり面となるような弱層も確認されていないため、地すべりは、大きな影響を及ぼす事象としては考慮しない。

c. 火山の影響

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山を対象に、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の知見に基づき敷地への到達の可能性を評価した結果、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さい。また、設計対応可能な火山事象については、発生実績、敷地が標高 30m 以上の台地上に位置すること、第四紀火山と敷地との離隔及び降下火砕物シミュレーションにより廃棄物埋設地への影響を評価した結果、大きな影響を及ぼす可能性は十分小さい。なお、降下火砕物の荷重は、降下火砕物シミュレーション結果及び密度試験結果を考慮した結果、 7.0kN/m^2 である。降灰荷重は、埋設設備の単位面積当たりの荷重に対して、十分に小さいことから、埋設設備の安全機能に影響はない。以上より、火山の影響は、大きな影響を及ぼす事象としては考慮しない。ただし、放射性廃棄物の受入れの開始から覆土開始までの間において、埋設設備に降灰が確認された場合は、必要に応じて、除灰を実施する。

d. 土石流

周辺を流れる老部川の標高は約 5m~20m、二又川の標高は約 1m~5m である。これらの河川において土石流が発生したとしても、標高 30m 以上の台地に位置する廃棄物埋設地への影響はないことから、土石流は、大きな影響を及ぼす事象としては考慮しない。

e. 異種の自然現象の重畳

安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼす自然現象はないため、異種の自然現象の重畳についても考慮しない。

2. 2 人為事象に対する考慮

a. ダムの崩壊

敷地周辺にダムはないことから、ダムの崩壊は、大きな影響を及ぼす事象としては考慮しない。

2. 3 自然現象及び人為事象の評価結果

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、安全設計への考慮は不要とする。

参考文献

- (1) NRC(1983): PRA PROCEDURES GUIDE (Vol.1, Vol.2), NUREG/CR-2300
- (2) NRC(1987): Evaluation of External Hazards to Nuclear Power Plants in the United States, NUREG/CR-5042
- (3) NRC(1991): Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities, NUREG-1407
- (4) 国会資料編纂会(1998): 日本の自然災害
- (5) OECD/NEA(2000): Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste
- (6) IAEA(2003): Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements Series No.NS-R-3(Rev.1)
- (7) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会(平成15年): 廃棄物安全小委員会報告書—高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて—
- (8) IAEA(2004): Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities Volume1
- (9) IAEA(2004): Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities Volume2
- (10) 土木学会(2006): 精密調査地区選定段階における地質環境調査と評価の基本的考え方
- (11) 原子力安全基盤機構(平成18年): 地層処分に係る調査に関する報告書

- (12) 産業技術総合研究所(平成 19 年)：概要調査の調査・評価項目に関する技術資料－長期変動と地質環境の科学的知見と将来の進め方－
- (13) 原子力安全基盤機構(2008)：地層処分の立地選定段階の調査に係わるガイドラインの検討－将来の安全評価に必要な調査のあり方と調査活動に関する品質保証について－
- (14) 土木学会(2008)：余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行パラメータ設定の考え方
- (15) IAEA(2010)： Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide No. SSG-3
- (16) 日外アソシエーツ(2010)：日本災害史事典 1868-2009
- (17) 日外アソシエーツ(2010)：産業災害全史<シリーズ災害・事故史 4>
- (18) 原子力安全委員会(平成 22 年)：余裕深度処分の管理終了以後における安全評価に関する技術資料
- (19) IAEA(2011)： Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No. SSG-14
- (20) NEI(2012)： DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE
- (21) OECD/NEA(2014)： Updating the NEA International FEP List: An Integration Group for the Safety Case Technical Note
- (22) 日本原子力学会(2014)：外的ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014(AESJ-SC-RK008)

- (23) IAEA(2014): Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No.SSG-29
- (24) IAEA(2015): Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No.SSG-35

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第七条：火災等による損傷の防止

目 次

1. 基本方針

1. 1 火災又は爆発の防止に関する構造

2. 設計方針

2. 1 火災又は爆発の防止に関する設計

1. 基本方針

1. 1 火災又は爆発の防止に関する構造

本施設の特徴として、放射性物質の漏出防止機能、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、埋設設備は、不燃性のコンクリート構造物及び不燃性のセメント系充填材で構成しており、ポーラスコンクリート層は、不燃性のコンクリート構造物である。また、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。

また、埋設クレーンで発生するおそれのある火災等についても安全機能に影響を及ぼさないよう以下の設計とする。

(i) 火災等の発生防止

埋設設備は、火災等発生のおそれがない静的な設備であり、不燃性のコンクリート構造物及びセメント系充填材を使用する設計とする。

ポーラスコンクリート層は、不燃性のコンクリート構造物を使用する設計とする。

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。

また、埋設クレーンの電気・計装盤は、実用上可能な限り不燃性または

難燃性材料を使用する設計とする。さらに、埋設クレーンは、使用するとき以外は制御電源を切ることとする。

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

埋設設備、ポーラスコンクリート層及び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。

また、埋設クレーンの電気・計装盤は、**使用作業時**には作業員が近傍にいることにより早期に火災を検知し、消火器により消火を行うことで、他の設備への影響はない。さらに、**火災につながる可能性がある埋設クレーンの潤滑油の漏えい**を早期に発見できるように巡視点検を行うとともに埋設クレーンに設置した ITV カメラにより検知する。

(iii) 火災等の影響軽減

埋設設備、ポーラスコンクリート層及び覆土には火災等発生源がないことに加えて、埋設クレーンの電気・計装盤で火災等が発生しても早期発見及び早期消火ができる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(9条要求)

「廃棄物埋施設内の火災及び爆発による影響」については、埋設設備は不燃性のコンクリート構造物及びセメント系充填材を使用する設計とすること、ポーラスコンクリート層は不燃性のコンクリート構造物を使用する設計とすること、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。

(v) その他設備の火災防護対策

管理建屋は、3号廃棄物埋設施設の増設を踏まえても、実用上可能な限り不燃性または難燃性材料を使用し、消防法及び建築基準法に基づく火災防護対策を行う既許可から変更はない。

2. 設計方針

2. 1 火災又は爆発の防止に関する設計

(i) 火災及び爆発に対する考慮

本施設の特徴として、放射性物質の漏出防止機能、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、埋設設備は、不燃性のコンクリート構造物及び不燃性のセメント系充填材で構成しており、ポーラスコンクリート層は、不燃性のコンクリート構造物である。また、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。

また、埋設クレーンの火災等発生源となりうる電気・計装盤及び潤滑油についても安全機能に影響を及ぼさないよう以下の設計とする。

a. 火災等の発生防止

埋設設備は、火災等発生のおそれがない静的な設備であり、不燃性のコンクリート構造物及びセメント系充填材を使用する設計とする。

ポーラスコンクリート層は、不燃性のコンクリート構造物を使用する設計とする。

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。

また、埋設クレーンは、以下の対応を行う。

- ・電気・計装ケーブルには、実用上可能な限り不燃性又は難燃性ケーブルを使用すること
- ・漏電防止のため埋設クレーンの電動機を接地すること
- ・埋設クレーンの周辺には高温となる機器を設置しないこと
- ・電気系統は、保護継電器及び遮断器により、地絡及び短絡に起因する過電流による過熱や焼損を防止すること
- ・作業終了後に、埋設クレーンの制御電源を切ること
- ・埋設クレーンの潤滑油を使用する機器は、潤滑油を機器の中に封入するとともに、シール構造により漏えい防止を図ること
- ~~・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~~

b. 火災等の感知及び消火

埋設設備、ポーラスコンクリート層及び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。

また、埋設クレーンは、作業終了後に制御電源を切り、作業時には作業員が近傍にいることにより早期に火災を検知を行うことに加えて、以下の対応を行うことにより、火災の感知及び消火対応を行う。

- ・~~電気・計装盤からの出火及び~~火災につながる可能性がある潤滑油の

漏えいを早期に発見できるように巡視点検を行うこと

- ・火災の感知対策として、埋設クレーンに設置した ITV カメラにより潤滑油の漏えいの確認もできるようにすること
- ・埋設クレーンには、消火器を設置すること

c. 火災等の影響軽減

埋設設備、ポーラスコンクリート層及び覆土には火災等発生源がないことに加えて、埋設クレーンの電気・計装盤で火災等が発生しても早期発見及び早期消火ができることから影響低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、埋設設備は不燃性のコンクリート構造物及びセメント系充填材を使用する設計とすること、ポーラスコンクリート層は不燃性のコンクリート構造物を使用する設計とすること、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、火災により廃棄物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。

e. その他設備の火災防護対策

管理建屋は、3号廃棄物埋設施設の増設を踏まえても、実用上可能な限り不燃性または難燃性材料を使用し、消防法及び建築基準法に基づく火災防護対策を行う既許可から変更はない。

以上

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第八条：遮蔽等

目 次

1. 基本方針

- 1. 1 安全設計の基本的方針
- 1. 2 放射線の遮蔽機能に関する設計方針
- 1. 3 遮蔽設計に係る設計方針
- 1. 4 管理区域等における線量低減措置
- 1. 5 放射性物質の飛散防止に関する構造

2. 設計方針

- 2. 1 廃棄物埋設施設の安全設計に関する説明
- 2. 2 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

1. 基本方針

1. 1 安全設計の基本的方針

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。

1. 2 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、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、廃棄体の線量当量率、位置等を考慮し、廃棄体を埋設設備に定置することにより、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、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、放射線業務従事者の受ける線量が放射線業務従事者の線量限度を超えないようにするとともに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。

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。

1. 3 遮蔽設計に係る設計方針

放射線の遮蔽に関する構造は、廃棄物埋設地のうち埋設設備及び覆土により構成し、直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による放射線被ばくから敷地周辺の公衆及び放射線業務従事者並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者を防護する。

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つては廃棄体を内包する埋設設備は、放射線の減衰効果のあるコンクリート製とし、外周仕切設備の上部には、コンクリート仮蓋又は覆いを設置して、放射線の

遮蔽を行い、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあっては埋設設備及びその上面及び側面の覆土により、放射線の遮蔽を行う。

平常時における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。

平常時における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はその評価結果は、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、埋設設備による遮蔽により、~~最大で~~約 $23 \mu\text{Sv/y}$ であり、周辺環境に対して放出される放射性物質によって公衆が受ける線量を含めても約 $23 \mu\text{Sv/y}$ である。覆土完了から廃止措置の開始までの間にあっては、覆土による遮蔽のみを考慮してもにより、約 $1.0 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/y}$ であり、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行による公衆が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ても約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ である。

1. 4 管理区域等における線量低減措置

本施設は以下の放射線防護上の措置を講じることで、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が入る場所に滞在する者の線量を低減できるものとする。

a. 共通事項

- ・ 埋設設備の最上段に定置する廃棄体は、表面線量当量率が 0.3mSv/h を超えないものとする
- ・ 埋設設備の外周仕切設備の近傍に定置する廃棄体は、表面線量当量率が 2mSv/h を超えないものとする
- ・ 埋設設備に廃棄体を定置した後は、速やかにコンクリート仮蓋を設置

すること

~~b. 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低減~~

- ・ 廃棄物埋設地において、管理区域に係る基準を超えるおそれのある場合は、一時的な管理区域を設定するとともに、~~覆い設置後は、管理区域に係る基準を超えるおそれがないよう設計すること~~

be. 放射線業務従事者の受ける線量を低減

- ・ 放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーンは、放射性物質の飛散防止措置として、廃棄体等の落下防止を講じた設計とするとともに、自動化及び遠隔化を図ること

~~また、管理区域での作業は、放射線業務従事者の線量限度を超えないよう、放射線業務従事者の受ける線量を低減するため、原則として次のように行う。~~

- ・ 管理区域での放射線業務従事者の作業について、作業時間の制限、放射線防護具類の着用等の必要な措置を講じること
- ・ 作業中に適宜、外部放射線に係る線量当量率、空気中の放射性物質濃度及び表面密度を測定し、必要な場合には、遮蔽物の使用又は除染を行い、作業環境の保全に努めること

なお、事業所内の人が立ち入る場所に滞在する者の管理区域への立ち入りを管理する。

1. 5 放射性物質の飛散防止に関する構造

放射性物質の飛散防止に関する構造は、埋設する放射性廃棄物を取り扱っている間において、廃棄体及びコンクリート仮蓋の落下を防止するため、放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーンにインターロックを設けた構造とする。

廃棄体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。

2. 設計方針

2. 1 廃棄物埋設施設の安全設計に関する説明

2. 1. 1 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、放射性物質の漏出を防止する機能（以下「漏出防止機能」という。）、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をいう。

2. 1. 2 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、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、廃棄体の表面線量当量率、位置等を考慮し、廃棄体を埋設設備に定置することにより、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、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、放射線業務従事者の受ける線量が放射線業務従事者の線量限度を超えないようにするとともに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。

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、 $50 \mu\text{Sv/y}$ 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。

2. 1. 3 遮蔽機能に関する安全設計

(i) 廃棄物埋設地の遮蔽設計

廃棄物埋設地は、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、放射線の減衰効果のあるコンクリート製の外周仕切設備、内部仕切設備、廃棄体支持架台、覆い及びコンクリート仮蓋並びにセメント系充填材を配置することで、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が立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できる設計とする。

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、埋設設備及び覆土のうち難透水性覆土及び下部覆土により、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を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低減できる設計とする。

(ii) 管理区域等における線量低減措置について

本施設は以下の放射線防護上の措置を講じることで、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が立ち入る場所に滞在する者の線量を低減できるものとする。

a. 共通事項

- ・ 埋設設備の最上段に定置する廃棄体は、表面線量当量率が 0.3mSv/h を超えないものとする。
- ・ 埋設設備の外周仕切設備の近傍に定置する廃棄体は、表面線量当量率が 2mSv/h を超えないものとする。
- ・ 埋設設備に廃棄体を定置した後は、速やかにコンクリート仮蓋を設置する。

~~b. 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低減~~

- ・ 廃棄物埋設地において、管理区域に係る基準を超えるおそれのある場合、一時的な管理区域を設定するとともに、~~覆い設置後は、管理区域に係る基準を超えるおそれがないよう設計する。~~

eb. 放射線業務従事者の受ける線量を低減

- ・ 放射性廃棄物の受入施設のうち埋設クレーンは放射性物質の飛散防止のための措置として、廃棄体等の落下防止を講じた設計とするとともに、自動化及び遠隔化を図る。

2. 1. 4 埋設クレーンの設計

埋設クレーンは、廃棄物埋設地に設置し、専用の吊具を用いて、構内廃棄体輸送車両から廃棄体を8本単位で吊り上げ、埋設設備に定置する。また、コンクリート仮蓋等の運搬、設置及び撤去にも使用する。

埋設クレーンは、「クレーン構造規格」に基づき設計する。また、廃棄体等の取扱いについては、放射性物質の飛散防止のための措置として、廃棄体等の落下を防止するインターロックを設けた設計とする。さらに、廃棄体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、廃棄体を取り扱う高さは8m未満とする設計とする。

なお、最大吊上げ高さ8mでの充填固化体の落下試験では、内容物の漏出率は最大で 6.4×10^{-7} であった。廃棄体落下を想定した場合の公衆への影響評価での飛散率である 1×10^{-5} 以下となることから、公衆への影響は小さくなる。

埋設クレーンの主な仕様は、以下に示すとおりである。

(a) 埋設クレーン

種類	: 橋型クレーン
数量	: 1台

主要材料 : 炭素鋼

定格荷重 : 約 15t

インターロック機能 :

- ・ クレーン位置異常検知による停止のインターロック
- ・ 着床検知後に廃棄体把持解除可のインターロック
- ・ 廃棄体吊上げ高さ制限を超えないよう自動停止するインターロック

(8m 以上の高さとならない)

- ・ 停電時の廃棄体保持機能
- ・ 廃棄体の吊り荷重異常(過荷重)、把持不良検知による停止のインターロック

その他構成機器 : 吊具

設置場所 : 廃棄物埋設地

2. 2 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

2. 2. 1 線量評価結果

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から**廃止措置の開始覆土完了**までの間において、考慮する線量評価シナリオは、排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の吸入摂取に係る線量で約 $3.5 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/y}$ 、排水口から放出する液体廃棄物中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取に係る線量で約 $1.7 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/y}$ であるが、これらの線量の値は小さい。

また、1号及び2号廃棄物埋設地からの線量を重畳した値は、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は、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約 $23 \mu\text{Sv/y}$ である。

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、1号及び2号廃棄物埋設地からの線量を重畳した値は、地下水中の放射性物質が移行する尾駸沼の水産物摂取に係る線量で約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ である。

この期間は、十分な厚さの覆土があるため、難透水性覆土及び下部覆土の厚さの最小値となる埋設設備から4mの位置で評価を行っても、約 $1.0\times 10^{-4}\mu\text{Sv/y}$ であることから、十分小さい値である。さらに1号及び2号廃棄物埋設施設に対しても同様に評価を行った結果として約 $1.0\times 10^{-3}\mu\text{Sv/y}$ であり、重畳したとしても対象位置が離れていることから、周辺監視区域の廃止後に敷地内へ立ち入る人を考慮しても外部被ばく線量影響は無視できる。~~また、この期間は、放射性廃棄物は発生せず、排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の吸入摂取による内部被ばく及び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は発生しない。~~

以上より、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公衆の受ける1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮した合計線量は約 $23\mu\text{Sv/y}$ 、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあっては公衆の受ける1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮した合計線量は約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ となり、本施設は、公衆に対して合理的に達成できる限り十分に低い線量となる施設の設計となっている。

2. 2. 2 放射線管理

(1) 放射線防護に関する基本方針

放射線防護に当たっては、「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。)及び「労働安全衛生法」を遵守するとともに、放射線障害の防止を図るため、以下の管理を行い、放射線業務従事者及び放射線業務従事者以外の者であって管理区域に一時

的に立ち入る者(以下「一時立入者」という。)の線量が「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。)に定められた線量限度を超えないようにするとともに、1号廃棄物埋設施設(以下「本施設」という。)に起因する公衆の受ける線量を合理的に達成できる限り低くすることとする。

(2) 放射線管理

(i) 作業管理

管理区域内での作業は、放射線業務従事者の線量限度を超えないよう、放射線業務従事者の線量を低減するため、原則として次のように行う。

- ・ 作業環境及び放射線業務従事者の個人被ばく歴を考慮した上で、作業時間の制限、放射線防護具類の着用等の必要な条件を作業計画に定め、必要に応じて、事前に作業訓練を行う
- ・ 作業中に適宜、外部放射線に係る線量当量率、空気中の放射性物質濃度及び表面密度を測定し、必要な場合には、遮蔽物の使用又は除染等を行い、作業環境の保全に努める

(ii) 人の出入管理

a. 管理区域への出入管理

管理区域への出入りは、あらかじめ指定された者で、かつ、必要な場合に限るものとする。なお、事業所内の人が立ち入る場所に滞在する者についても、管理区域への立ち入りを管理する。

以上

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する
適合性

安全審査 整理資料

第十条：廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号

目 次

1. 基本方針

1. 1 安全設計の基本的方針
1. 2 放射性物質の漏出を防止する機能に関する設計方針
1. 3 放射性物質の漏出の防止に関する構造
1. 4 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
1. 5 放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制に関する構造
1. 6 本施設の設計に関して考慮する事項

2. 設計方針

2. 1 廃棄物埋設施設の安全設計に関する説明
2. 2 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

1. 基本方針

変更申請対象となる設備として、3号廃棄物埋設地、1号廃棄物埋設地の埋設設備7,8群及び覆土並びに2号廃棄物埋設地の覆土は、以下の設計とする。

1. 1 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。)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、放射性物質の漏出を防止する機能(以下「漏出防止機能」という。)、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、公衆の受ける線量が 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。

1. 2 放射性物質の漏出を防止する機能に関する設計方針

安全機能を維持すべき期間のうち、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了まで放射性物質の漏出を防止する必要があることから、埋設の終了時期を覆土完了時点とし、覆土完了まで放射性物質の漏出を防止する。

埋設設備のうち外周仕切設備、セメント系充填材、覆い及び内部防水並びに排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層は、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、以下に示す方針に基づき、廃棄物埋設地の限定された区域(埋設設備)からの漏出防止機能を有する設計とする。

漏出防止機能は、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、水を媒体とした放射性物質の環境への漏出を防止するため、雨水及び地下水と廃棄体が接触しないよう浸入を防止する設計とし、万一、廃棄体と水が接触した場合にも放射性物質の漏出を防止する設計とする。

雨水及び地下水の浸入の防止として、埋設設備内への水の浸入の防止、浸入した水の排出及び廃棄体と水の接触の防止を行う設計とする。外周仕切設備及び覆いの透水特性のうち低透水性及びひび割れ抑制並びに内部防水の防水性により埋設設備内への水の浸入を防止する設計とする。また、埋設設備内に浸入した水はポーラスコンクリート層により集水し、埋設設備外に排出して回収するとともに、セメント系充填材及び内部防水により廃棄体と水の接触を防止する設計とする。

放射性物質の漏出の防止として、埋設設備外への水の漏出防止及び放射性物質を含む水の回収を行う設計とする。外周仕切設備及び

覆いの透水特性のうち低透水性及びひび割れ抑制並びに内部防水の防水性により埋設設備外への水の漏出を防止する設計とする。また、放射性物質を含む水はポーラスコンクリート層により集水し、埋設設備外へ排出して回収する設計とする。

なお、回収した水は、放射性物質の濃度が周辺監視区域外の水中の濃度限度を十分下回ることを確認して、排水口から事業所外へ放出する。

1. 3 放射性物質の漏出の防止に関する構造

漏出防止機能に関する構造は、雨水及び地下水の浸入を防止する構造及び放射性物質の漏出を防止する構造を組み合わせ、多様化した構造とする。雨水及び地下水の浸入を防止する構造は、外周仕切設備、セメント系充填材、覆い、内部防水及びポーラスコンクリート層により構成し、放射性物質の漏出を防止する構造は、外周仕切設備、覆い、内部防水及びポーラスコンクリート層により構成する。

1. 4 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

埋設設備及び覆土は、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っ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っ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

置ることにより埋設設備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する。埋設設備及び覆土にそれぞれ収着性を有するセメント系材料及び土質系材料を用いる設計とする。

また、埋設設備及び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伴う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。

1. 5 放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制に関する構造

移行抑制機能を有する構造は、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、埋設設備の上部及び側部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。

覆土完了後から廃止措置の開始までにおいて、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。その評価結果は最大で約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ である。

1. 6 本施設の設計に関して考慮する事項

廃棄物埋設地は、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は放射性物質の漏出を防止し、覆土完了から廃止措置の開始までの間には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は含まれないが、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(1号廃棄物埋設地は、有機物及び塩)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。

2. 設計方針

2. 1 廃棄物埋設施設の安全設計に関する説明

2. 1. 1 安全設計の方針

本施設は、「原子炉等規制法」等の関係法令の要求を満足するとともに、「許可基準規則」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、埋設する総本数が多い。そのため、漏出防止機能、移行抑制機能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、公衆の受ける線量が 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。

2. 1. 2 放射性物質の漏出を防止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、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、廃棄物埋設地の限定された区域(埋設設備)からの放射性物質の漏出を防止する。

埋設する廃棄体は、「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。)に定められた廃棄体に係る技術上の基準を満足するものであり、容器の構造、定置までの取扱い、強度等から、変形・損傷や外部からの雨水及び地下水の浸入が生じ難い構造と考えられるため、容易に廃棄体内の放射性物質が容器の外へ漏えいすることはない。

しかし、埋設設備への定置後において、廃棄体周辺が水で満たされ液相に連続性がある状態となると、廃棄体内の放射性物質は水を媒体として溶出・移行し、廃棄物埋設地の外に漏えいすることが考えられる。このため、「埋設設備内への雨水及び地下水の浸入を防止すること」及び「浸入した水を廃棄体と接触することなく適切に排水すること」により、雨水及び地下水の浸入を防止する設計とし、万一、廃棄体と水が接触した場合にも放射性物質の漏出を防止する設計とする。

(a) 雨水及び地下水の浸入を防止する設計

- (一) 埋設設備内への雨水及び地下水の浸入を防止するため、埋設設備を構成する外周仕切設備及び覆いは、低透水性及びひび割れ抑制に優れた鉄筋コンクリート製の設計とする。外周仕切設備及び覆いは、低発熱に配慮した材料配合により温度応力を低減するとともに、鉄筋によりひび割れを抑制する設計とし、最

大ひび割れ幅の設計目標値は 0.1mm とする。また、埋設設備は、セメント系充填材の充填時の荷重、覆土の上載荷重、埋設設備及び廃棄体の自重等に対し、十分な構造上の安定性を有する設計とする。内部防水は、外周仕切設備の内側で、外周仕切設備底版部及び側壁の立ち上げ部に設置し、防水性を有する設計とする。

(二) 埋設設備内に浸入した水を廃棄体と接触することなく適切に排水するため、浸入した水を排水できるよう、ポーラスコンクリート層は、外周仕切設備及び覆いとセメント系充填材との間に設置し、廃棄体定置後から覆土完了までの間、排水性を有する設計とする。

(三) 埋設設備内に浸入した水を廃棄体と接触することなく適切に排水するため、浸入した水が廃棄体と接触しないよう、セメント系充填材は、廃棄体定置後、埋設設備内に充填し、有害な空隙が残らないよう充填性を有する設計とする。内部防水は、外周仕切設備及び覆いの内側で、セメント系充填材上部及び側部とポーラスコンクリート層の間に設置し、防水性を有する設計とする。

(四) その他、操業中における雨水の浸入を抑制するため、以下の設計を行う。

- ・ 廃棄体定置後から埋設設備の覆いが完成するまでの間は、埋設設備の区画上部にコンクリート仮蓋を設置し、開口部から埋設設備内部に雨水が浸入することを抑制する。
- ・ 定置作業中は、埋設クレーンの上部に屋根、側部に雨避け板を設置し、雨水が廃棄体に接触することを抑制する。

(b) 放射性物質の漏出を防止する設計

(一) 廃棄体と水が接触した場合にも放射性物質の漏出を防止するため、埋設設備を構成する外周仕切設備及び覆いは、低透水性及びひび割れ抑制に優れた鉄筋コンクリート製の設計とする。外周仕切設備及び覆いは、低発熱に配慮した材料配合により温度応力を低減するとともに、鉄筋によりひび割れを抑制する設計とし、最大ひび割れ幅の設計目標値は 0.1mm とする。また、埋設設備は、セメント系充填材の充填時の荷重、覆土の上載荷重、埋設設備及び廃棄体の自重等に対し、十分な構造上の安定性を有する設計とする。放射性物質を含む水はポーラスコンクリート層により集水し、埋設設備外へ排出して回収する設計とする。内部防水は、外周仕切設備の内側で、外周仕切設備底版部及び側壁の立ち上げ部に設置し、防水性を有する設計とする。

(c) その他の設計

(一) 排水・監視設備のうち点検管(1号及び2号廃棄物埋設地は点検路)は、ポーラスコンクリート層により排水された水を作業員が回収する作業空間が確保できる設計とする。

(二) 漏出防止機能を有するコンクリート構造物に対する設計、材料の選定、建設・施工及び検査は、「事業規則」、「許可基準規則」等のほか、利用可能な最善の技術として最新の知見を確認する。現時点の最新の知見としては、「コンクリート標準示方書(設計編及び施工編)」⁽¹⁾⁽²⁾に基づく。

2. 1. 3 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。

(a) 覆土

(一) 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。~~また、~~

(二) 覆土は、収着性を有する土質系材料を用いる設計とする。

(三) 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。

(四) 難透水性覆土及び下部覆土は、~~劣化・損傷に対する抵抗性を考慮し、~~長期的な力学的影響及び化学的影響に対して、~~変形追従性及び~~化学的安定性、~~変形追従性及び~~液状化抵抗性を考慮する。~~に優れた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。~~

(五) 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。

(六) 難透水性覆土及び下部覆土は、~~周辺の岩盤(鷹架層)と同等以下の透水係数とし、~~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ことで埋設設備に劣化・損傷が生じた場合にも、埋設設備内に浸入する地下水量を極力低減させる設計とする。~~

(七) ~~また、難透水性覆土は、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鷹架層に流出するように、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。~~

(八) 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。

(九五) 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。現時点での最新の知見としては、「道路土工要綱」⁽³⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁴⁾を参照する。

(b) 埋設設備

~~(一) 埋設設備は、長期的な侵食に対する抵抗性の確保と埋設設備へ流入する地下水の水量及び埋設設備から流出する地下水の水量を抑制するため、透水性の小さい岩盤(鷹架層)を掘り下げて設置する。~~

(一二) 埋設設備は、浸入した地下水中に漏えいする放射性物質の

濃度を低減するため、収着性を有するセメント系材料を用いる設計とし、評価において収着性による移行抑制機能を期待できるように設計する。

(二) 埋設設備は、長期的な侵食に対する抵抗性の確保と埋設設備へ流入する地下水の水量及び埋設設備から流出する地下水の水量を抑制するため、透水性の小さい岩盤(鷹架層)を掘り下げて設置する。

(三) コンクリート製の埋設設備に対する設計、材料の選定、建設・施工及び検査は、「事業規則」、「許可基準規則」等のほか、利用可能な最善の技術として最新の知見を確認する。現時点の最新の知見としては、「コンクリート標準示方書(設計編及び施工編)」⁽¹⁾⁽²⁾に基づく。

2. 1. 4 廃棄物埋設地に関する設計の留意事項

廃棄物埋設地は、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つては放射性物質の漏出を防止し、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあつては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
- ・放射性廃棄物は容器に固型化したものであり、放射性物質が容易に漏えい・飛散するものではない。しかし、水を媒体として移動することが考えられることから、人工バリア及び天然バリアによる移行抑制機能を確保するまで、漏出防止機能の設計により、水を媒体として放射性物質が漏出することを防止すること

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。

埋設設備の設計については、既設埋設設備の設計・施工実績を考慮する。

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。

安全機能に対する期間ごとに、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術について以下に示す。

(a) 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間

放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間は、安全機能(漏出防止機能及び遮蔽機能)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。

(一) 合理的な建設・施工技術

覆土完了までの期間は、数十年程度であることから、埋設設備及び排水・監視設備に対し、一般に数十年オーダーの耐用年数で知見が幅広く整備されているセメント系材料を用いたコンクリート構造物とすることが合理的である。

(二) 利用可能な最善の建設・施工技術

コンクリート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、最新の知見を確認し、施工の実現性及び品質を確保する。現時点の最新の知見としては、「コンクリート標準示方書(設計編及び施工編)」⁽¹⁾⁽²⁾に基づく。

また、安全機能ごとに対する設計としては以下のとおり。

- ・漏出防止機能は、雨水及び地下水の浸入の防止及び放射性物質の漏出の防止を行うため、埋設設備及び排水・監視設備において、透水特性を考慮した設計とする。低透水性としてコンクリートの材料配合、ひび割れ抑制としてコンクリートの材料配合及び鉄筋量、充填性として配

- 合、防水性として内部防水の配置並びに排水性としてポーラスコンクリート層の設置を考慮した設計とすること
- ・遮蔽機能は、敷地周辺の公衆及び放射線業務従事者並びに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埋設設備の密度及び厚さを確保することで、放射線の遮蔽性能を有する設計とすること

(b) 覆土完了後

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。

(一) 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及びセメント系材料を用いることが合理的である。

(二) 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。現時点での最新の知見としては、「道路土工要綱」⁽³⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁴⁾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、収着性を有するセメント系材料及び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が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

(a) 埋設設備及び排水・監視設備

埋設設備及び排水・監視設備は、漏出防止機能を確保する期間に対して、劣化・損傷に対する抵抗性を有するよう鉄筋かぶり及び材料配合の設計を行う。また、劣化抵抗性を有していることを「コンクリート標準示方書(設計編)」⁽²⁾に基づく耐久性照査によって確認する。対象項目は、設計条件及び立地条件を考慮し、耐久性に影響があると考えられる中性化、塩害及び凍害とする。

- ・中性化に対する劣化抵抗性を有するために、中性化深さが鋼材腐食発生限界深さに達しない設計とすること
- ・塩害に対する劣化抵抗性を有するために、コンクリート表面塩化物イオン濃度の設計値が鋼材腐食発生限界濃度に達しない設計とすること
- ・凍害に対する内部損傷及び表面損傷に対する劣化抵抗性を有

する設計とすること

(b) 覆土

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、粒形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

(a) 埋設設備及び排水・監視設備

埋設設備及び排水・監視設備は、廃棄体と水が接触することを防止するために、外周仕切設備及び覆い、ポーラスコンクリート層、セメント系充填材並びに内部防水で多様化し、各部位の劣化・損傷が生じた場合においても、漏出防止機能を維持する構造・仕様とする。

(b) 覆土

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材料として、セメント系材料及び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、下表に示すように、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。

表 各部材に期待する移行抑制機能を構成する特性

	部材	収着性	低透水性	
人工バリア	埋設設備	○	—	
	覆土	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を損なわ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は含まれない。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（1号廃棄物埋設地は有機物及び塩）、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。

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の安全機能として、埋設設備及び排水・監視設備は漏出防止機能を、埋設設備は遮蔽機能を有する。覆土完了までの間において、埋設設備は水との接触による溶解・変質が容易に生じないこと及び漏出防止機能によって廃棄体と水の接触を防止することにより廃棄体に含まれる有機物(1号廃棄物埋設地は有機物及び塩)が水に溶出しないことから、埋設設備及び排水・監視設備が有機物(1号廃棄物埋設地は有機物及び塩)との化学反応により著しく損傷することはない。さらに、埋設設備及び排水・監視設備は、セメント系材料で構成されていることから、高アルカリ成分によるが溶出することによる影響はないを受けない。したがって、覆土完了前の漏出防止機能及び遮蔽機能については、これらの化学物質によって影響を受けない。

覆土完了後の安全機能については、埋設設備及び覆土は移行抑

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、~~化学物質との接触することによって生じるによる~~覆土及び埋設設備の厚さ減少及び密度低下による~~は~~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~~う~~溶解及び漏出する化学物質(有機物、1号廃棄物埋設地は有機物及び塩)及びセメント系材料から溶出した高アルカリ成分が埋設設備の収着性並びに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、埋設設備及び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、覆土については化学的安定性の高い材料で構成する設計とする。

2. 2 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

2. 2. 1 線量評価結果

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、1号及び2号廃棄物埋設地からの線量を重畳した値は、地下水中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取に係る線量で約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ である。この期間は、十分な厚さの覆土があるため、難透水性覆土及び下部覆土の厚さの最小値となる埋設設備から 4m の位置で評価を行っても、約 $1.0 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/y}$ であることから、十分小さい値である。さらに1号及び2号廃棄物埋設施設に対しても同様に評価を行った結果として約 $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/y}$ であり、重畳したとしても対象位置が離れている

ことから、周辺監視区域の廃止後に敷地内へ立ち入る人を考慮しても外部被ばく線量影響は無視できる。

また、この期間は、放射性廃棄物は発生せず、排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の吸入摂取による内部被ばく及び液体廃棄物中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取による内部被ばくは発生しない。

以上より、覆土完了から廃止措置の開始までの間には公衆の受ける 1 号及び 2 号廃棄物埋設地からの寄与を考慮した合計線量は約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ となり、本施設は、公衆に対して合理的に達成できる限り十分に低い線量となる施設の設計となっている。

以 上

参考文献

- (1) (公社)土木学会(平成 30 年) : 2017 年制定コンクリート標準示方書(設計編)
- (2) (公社)土木学会(平成 30 年) : 2017 年制定コンクリート標準示方書(施工編)
- (3) (公社)日本道路協会(平成 21 年) : 道路土工要綱(平成 21 年度版)
- (4) (財法)国土技術研究センター(平成 21 年) : 河川土工マニュアル

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第十条：廃棄物埋設地のうち第四号
(廃止措置の開始後の評価)

目 次

1. 基本方針
2. 廃止措置の開始後の評価
 2. 1 自然事象シナリオ
 2. 2 人為事象シナリオ

1. 基本方針

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)地盤(岩盤及び第四紀層)**をいう。

2. 廃止措置の開始後の評価

廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態へ移行できる見通しを得るため、廃止措置の開始後において、埋設する廃棄体に起因して発生すると想定される公衆の受ける線量が、最も可能性が高い自然事象シナリオにあつては $10\mu\text{Sv/y}$ を超えないこと、最も厳しい自然事象シナリオにあつては $300\mu\text{Sv/y}$ を超えないこと及び人為事象シナリオにあつては 1mSv/y を超えないことを評価する。

評価の対象とする期間は、評価する線量の最大値が出現する時期を含む期間とし、主要な放射性物質のうち半減期の長い放射性物質の放射エネルギー及び放射能濃度が十分に小さいことを考慮して、10,000年程度までを目安とする。また、廃棄物埋設地等の状態の設定を行う将来の期間は、廃止措置の開始までの十分な減衰及び岩盤(鷹架層)中の移行遅延を期待できない放射性物質の影響が、比較的有意に生じると想定される時期を含む期間である1,000年程度とし、線量評価においては、覆土完了時点において廃棄物埋設地及びその周辺環境は1000年後の状態になるものとし、その状態が継続するものとする。

評価に当たっては、廃棄物埋設地の敷地及びその周辺に係る過去の記録や現地調査等の最新の科学的・技術的知見に基づき、人工バリア及び天然バリアの状態の変化、被ばく経路等に影響を与える自然現象及び土地利用による人間活動を考慮して、人工バリア及び天然バリアの状態の変化に関する要素を体系的に収集・分析し、評価すべきシナリオを設定する。

2. 1 自然事象シナリオ

自然事象シナリオでは、以下に示すような自然事象による廃

棄物埋設地からの放射性物質の移行及び公衆の受ける線量を評価する。

廃棄物埋設地に埋設処分する放射性廃棄物に含まれる放射性物質は、埋設設備に浸入する地下水を介して、人の活動する領域に到達し、放射性物質を含んだ水及び土地を利用した様々な生産活動、生産物の摂取等の人間活動により、公衆が被ばくすることが想定される。人が活動する領域のうち、放射性物質が到達する領域で、一般的な水の利用と土地の利用が想定される範囲における人間活動の状況を「生活環境」という。

廃止措置の開始後の公衆の受ける線量の評価に当たっては、将来の地質環境、気象環境及び水理環境(以下「地質環境等」という。)と、将来の廃棄物埋設地の状態並びに将来の公衆の生活環境を設定する。将来の地質環境等については、プレート運動、気候変動等による廃棄物埋設地の取り巻く環境を設定する。将来の廃棄物埋設地の状態については、廃棄物埋設地を構成する各部材の変質等による廃棄物埋設地の物理的、化学的性質の変化を考慮して、期待するバリア機能の状態を設定する。将来の公衆の生活環境については、ICRP Pub. 81⁽¹⁾及び ICRP Pub. 101⁽²⁾の考え方を参考に、廃棄物埋設地に起因して被ばくを受けると合理的に想定される集団を代表する個人(以下「評価対象個人」という。)及び評価対象個人の時間の過ごし方等の人間活動の程度(以下「生活様式」という。)を設定する。ここで、地質環境等と将来の廃棄物埋設地の状態に関しては、自然現象であることから、過去の記録や現地調査等の最新の科学的・技術的知見に基づき合理的に設定する。将来の公衆の生活環境に関し

ては、ICRP Pub. 81⁽¹⁾を踏まえて、現在の生活様式が将来も継続すると仮定する。

最も可能性が高い自然事象シナリオは、平均的な被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量が、低く抑えられていることを確認するため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における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用いて評価する。本シナリオの評価に当たって、地質環境等は、公衆の受ける線量が現実的な値となるように、データの不確かさ(変動幅)を踏まえて、気温、降水量等を現実的(平均値等の代表性が高い値)に設定する。将来の廃棄物埋設地の状態も同様に公衆の受ける線量が現実的な値となるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、人工バリア及び天然バリアの機能として期待する透水係数、分配係数等を現実的(平均値等の代表性が高い値)に設定する。生活様式については、「日本原燃(株)廃棄物埋設事業変更許可申請における廃止措置の開始後の公衆の被ばく線量評価に係る審査方針について～将来の人間活動に関する設定～」(以下「審査方針」という。)に基づき、現在の生活様式を考えて現実的でもっともらしい仮定に基づいて設定する。

最も厳しい自然事象シナリオは、最大の被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量であっても、著しい被ばくを受けないことを確認するため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における被ばくに至る経路の組合せのうち、最も厳しいパラメー

タを用いて評価する。本シナリオの評価に当たって、地質環境等は、公衆の受ける線量が大きく厳しくなるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、気温、降水量等を保守的に設定する。将来の廃棄物埋設地の状態も同様に、公衆の受ける線量が大きく厳しくなるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、人工バリア及び天然バリアの機能として期待する透水係数、分配係数等を保守的に設定する。将来の公衆の生活様式については、審査方針に基づき、現在の生活様式を考えて合理的に保守的でもっともらしい仮定に基づいて設定する。

なお、最も可能性が高いと考えられる状態の設定が困難である場合又は様々な不確かさを考慮したとしても線量への影響が小さいと考えられる場合は、不確かさを考慮して保守的な状態を設定する。

a. 地質環境等の状態設定

埋設設備を設置する地下の環境は、自然現象の影響を受け難いことから、地上に比べ安定である。

しかし、長期的な観点でみると、プレート運動及び気候変動によって、廃棄物埋設地を取り巻く地質環境等は有意に変化することが予測される。

この地質環境等に係る長期変動事象について、「プレート運動に起因する事象」、「気候変動に起因する事象」及び「プレート運動と気候変動の両者に起因する事象」に区分する⁽³⁾。区分した各事象については、プレート運動や気候変動が過去から現在までの変動傾向とその要因が今後も継続するとみなし、それらを外挿して状態設定を行う。

(a) プレート運動に起因する事象

日本周辺には、大陸プレートであるユーラシアプレート及び北米プレート並びに海洋プレートであるフィリピン海プレート及び太平洋プレートがあり、大陸プレートの下に海洋プレートが沈み込んでいる。敷地の位置する東北日本弧は北米プレートに位置し、東側から太平洋プレートが沈み込むことで、おおむね東西方向の圧縮の力が生じている。

将来の日本列島周辺のプレート運動については、今後数十万年から数百万年程度継続すると考えられる^{(3)~(6)}。したがって、状態設定においては、現在のプレート運動が継続するものとして設定する。

プレート運動に起因する事象には、「火山・火成活動」、「地震・断層活動」及び「隆起・沈降運動」があげられる。

(一) 火山・火成活動

火山・火成活動によって、直接的に廃棄物埋設地が損傷すること、また、敷地周辺が高温になること及び地下水の水質の変化によって地下水流動場が変化することが想定されることから、火山・火成活動による状態設定を行う。覆土完了までの間において、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性のある火山・火成活動は降下火砕物だけである。長期変動事象としては、直接的に廃棄物埋設地が損傷することが想定される事象として、新しい火口の開口がある。~~が、~~しかし、新しい火

口の開口は、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。

以上より、敷地において新しい火口の開口が敷地において発生する可能性はないため、降下火砕物及び火砕物密度流を対象とする。

(ア) 降下火砕物

覆土完了後において、降下火砕物が堆積することにより、降下火砕物に含まれる成分によって地下水の水質変化が生じることが想定されるため、廃棄物埋設地の状態設定において化学的影響を考慮する。

(イ) 火砕物密度流

火砕物密度流は、今後数百年から数千年スケールには、敷地に到達する可能性は十分に低く⁽⁷⁾、仮に敷地に到達したとしても、火砕物密度流の影響範囲は表層に限定されるため、火砕物密度流の熱的影響及び化学的影響は長期変動事象として考慮しない。

(二) 地震・断層活動

地震・断層活動は、現在のプレート運動が継続するとされていることから、将来も同様の場所で繰返し発生すると想定する。

(ア) 地震

敷地付近は、マグニチュード 6 を超える地震の発生

はなく、震度 5 強を超える地震の発生もない地域である。

覆土(難透水性覆土及び下部覆土)に力学的な変形が生じることにより、低透水性に影響が生じるおそれがあるため、廃棄物埋設地の状態設定において力学的影響を評価する。

震度 4 程度の地震時において、敷地内の観測孔で地下水位の変動が確認されている(第 1 図参照)。観測結果によると、震度 4 程度の地震では地下水位の変動は小さく、季節変動に内包される程度であった。したがって、地震活動による水理的影響は小さく、一時的なものであることから、地震の水理的影響は長期変動事象として考慮しない。

(イ) 断層活動(地盤の変形)

断層活動に伴う地盤の変位及び変形により廃棄物埋設地が直接破壊されることが想定される。

空中写真判読結果及び地質調査から、活断層は廃棄物埋設地付近には分布しておらず、最も近い活断層は、敷地近傍の六ヶ所村出戸付近に分布する出戸西方断層である。出戸西方断層は、西傾斜の逆断層であり、その長さを約 11km と評価している。しかし、敷地には、出戸西方断層に起因する変動地形及びリニアメント並びに出戸西方断層に関連した地質構造は確認されていない。したがって、今後も地盤の変位及び変形により廃棄物埋設地が直接破壊される可能性は十分低い。

出戸西方断層以外の活断層については、廃棄物埋設地から更に離れており、断層活動があったとしても、廃棄物埋設地に力学的影響は及ばない。

以上より、今後も地盤の変位及び変形により廃棄物埋設地が直接破壊される可能性は十分低いため、断層活動の力学的影響は長期変動事象として考慮しない。

(ウ) 液状化(覆土)

覆土(難透水性覆土及び下部覆土)が液状化することによって、低透水性に影響が生じるおそれがあるため、廃棄物埋設地の状態設定において液状化による影響を考慮する。

(三) 隆起・沈降運動

隆起・沈降運動は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが、地形勾配の変化や侵食基準面から廃棄物埋設地までの比高の変化に伴い侵食・堆積環境が変化する。侵食・堆積環境の変化により、地下水流動に影響すること、また、埋設設備が地表に接近する可能性があることから、隆起・沈降運動を長期変動事象として考慮し、隆起・沈降運動の速度を設定する。

敷地の位置する下北半島付近には、過去約 70 万年間に形成された海成段丘が分布することから、敷地及びその周辺は、少なくとも同期間において大局的には隆起域と考えられる。小池・町田(2001)⁽⁸⁾から、下北半島周辺の海成段丘面の形成年代と旧汀線高度及び相対海水準を考慮した隆起量について整理したものを第 2

図に示す。下北半島周辺の過去約 70 万年間の平均隆起速度は、2.0m/万年～4.5m/万年である。

また、廃棄物埋設地付近に分布する海成段丘面(M₁面、12.5 万年)の形成年代と旧汀線高度及び相対海水準を考慮して平均隆起速度を計算すると最大で 3.5m/万年である。

以上より、敷地周辺の海成段丘に基づき求めた平均隆起速度である 3.5m/万年を最も可能性が高い設定とする。また、下北半島周辺の隆起速度のばらつきを考慮し、隆起速度が最も大きい 4.5m/万年を最も厳しい設定とする。

(b) 気候変動に起因する事象

気候変動は、数十万年前から現在まで約 8 万年周期から約 12 万年周期で氷期と間氷期を繰り返していることから⁽⁹⁾、大局的には将来もこの周期の気候変動を繰り返すと考えられる。過去の気候変動の傾向から、今後氷期へ向かうと考えられることから⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、将来は寒冷化すると予測される。

一方で、人間活動に伴う温室効果ガス排出により、温暖化が進行する可能性があるとする報告⁽⁹⁾や、現在の温室効果ガス濃度を基準として、炭素循環のメカニズムを仮定した気候シミュレーションにより、将来 5 万年程度は温暖期が継続する可能性があるとする報告もある⁽¹²⁾。

以上より、気候変動に起因する事象に係る長期変動事象の状態設定については、過去の気候変動と同様に現在

から寒冷化に向かう場合(以下「寒冷化ケース」という。)と、温暖期が数万年程度継続する場合(以下「温暖期継続ケース」という。)の 2 ケースに大別し、これらの 2 ケースについて、それぞれ「気温・降水量変化」及び「海水準変動」を長期変動事象として考慮する⁽³⁾。

(一) 気温・降水量変化

気温・降水量の変化は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが、気温・降水量の変化により表層での水収支の変化に伴って地下水流動及び表流水流動が変化することが想定される。よって、気温・降水量の変化を長期変動事象として考慮し、将来の気温及び降水量を設定する。

気温と降水量は正の相関関係があり、降水量が低下するほど希釈に寄与する交換水量が少なくなるため、気温及び降水量は低いほど保守的な設定となる。したがって、以下に示す寒冷化ケース及び温暖期継続ケースの検討結果に基づいて、保守的となる寒冷化ケースの状態を設定する。

(ア) 気温変化

将来の気温変化については、花粉化石及び南極氷床コアの水素同位体比を用いた過去の気温の推定に関する知見⁽⁹⁾及び人間活動による温室効果ガス濃度を考慮した気温変動予測結果に基づいて設定する。

花粉化石は、Yamanaka et al. (1990)⁽¹³⁾で取得されている下北半島の北部の尻屋崎湿原における最終氷期

最盛期頃の花粉化石群集データ及び敷地近傍の尾駮沼の沖積層堆積物における過去約 1 万年間の花粉化石群集データを用いた。

花粉化石を用いた過去の気温の推定方法は、松末ほか(2000)⁽¹⁴⁾の手法及びNakagawa et al. (2002)⁽¹⁵⁾の手法を用いた。

【寒冷化ケースにおける気温設定】

寒冷化ケースにおいては、氷期最盛期の年平均気温から求めた気温変動割合を用いて将来の気温を設定する。

松末ほか(2000)⁽¹⁴⁾及びNakagawa et al. (2002)⁽¹⁵⁾の手法により下北半島付近の最終氷期最盛期の年平均気温を推定すると、それぞれ約 -2.2°C と約 3.7°C であった(第3図参照)。このことから、将来の寒冷化ケースの年平均気温の最も可能性が高い設定は、両手法の平均的な値から 0°C とする。

将来の氷期最盛期の年平均気温の最も厳しい設定は、松末ほか(2000)⁽¹⁴⁾における現在と過去の氷河期の気温差の最大値が約 13°C であったことから、敷地周辺における1975年～2015年の年平均気温の最低値である 8°C から 13°C を低下させると -5°C となる。しかし、氷期最盛期は主な評価対象期間より1年以上先であること、降水量の状態設定においては気温と降水量の相関関係の不確かさを考慮することから、ここでは最も可能性が高い設定の気温である

0°Cと設定する。

氷期最盛期に至るまでの気温変化については、過去約 45 万年間の連続的なデータが取得されている南極氷床コアの水素同位体比⁽⁹⁾に基づいて整理された年平均気温の変化量の変動グラフを用いて設定する。

将来の気温の変動曲線を第 4 図に示す。同図から、最も可能性が高い設定では約 8 万年後に氷期最盛期になると想定し、最も厳しい設定では約 6 万年後に氷期最盛期になると想定する。

【温暖期継続ケースにおける気温設定】

温暖期継続ケースにおいては、温暖期における最高気温のみを設定し、その気温が現在から継続すると想定する。

尾駁沼の沖積層堆積物から過去約 1 万年間の花粉化石群集データを取得し、そのデータを用いて松末ほか(2000)⁽¹⁴⁾の手法及びNakagawa et al. (2002)⁽¹⁵⁾の手法により敷地周辺のヒプシサーマル期の年平均気温を推定すると、それぞれ約 12.2°Cと約 10.4°Cであった(第 3 図参照)。

一方、人間活動による温室効果ガス濃度を考慮したシミュレーション結果によれば、2090 年～2099 年には世界平均で現在より 0.3°C～6.4°C上昇する可能性が指摘されている⁽¹⁰⁾。よって、過去 30 年間の敷地周辺の年平均気温である 9°Cにシミュレーショ

ン結果の平均的な上昇値である 3°Cを加えた 12°Cを最も可能性が高い設定とする。この値は、花粉化石群集データより推定した 12.2°Cとも整合している。

また、最も厳しい設定においては、過去 30 年間の敷地周辺の年平均気温である 9°Cにシミュレーション結果のほぼ最大上昇値である 6°Cを加えると 15°Cとなる。しかし、寒冷化ケースと同様に後述する降水量の状態設定における気温と降水量の相関関係において、不確かさを考慮した方が希釈に寄与する交換水量は少なくなることから、ここでは最も可能性が高い設定の気温である 12°Cとする。

(イ) 降水量変化

気温と降水量との関係には、正の相関がある⁽¹⁶⁾。また、地形や海流等の気候因子も降水量と相関がある。そこで、将来の降水量の設定に当たっては、敷地周辺と気候因子が類似する地点の気温と降水量の関係に基づき、将来の気温に対応する降水量を設定する。将来の気温は、「(ア) 気温変化」で設定した気温を用いる。

敷地周辺と気候因子が類似する地点の現在の気温と降水量の関係を求める。気候因子が類似する地点の判断に使用した項目は以下のとおりである。

- ・北半球の太平洋側西部に位置すること
- ・アリソフの気候区分が亜極帯～寒帯であること
- ・沿岸海流が寒流であること
- ・陸度(半径 50km 円内の陸域の占める割合)が 1/10

～9/10 であること

- ・開放度(半径 15km 円内で対象地点より標高が 200m 以上高い範囲を除く角度)が 240° ～360° であること

上記条件で抽出された地点のうち、過去 30 年以上の気象データの存在する 36 地点の年平均気温と年降水量を整理し(第 1 表参照)、36 地点の気温と降水量の関係(第 5 図参照)を指数回帰式で表した。将来の降水量は、年平均気温と年降水量との関係から求めるため、寒冷化ケース及び温暖期継続ケースは同様の指数回帰式で設定する。

最も可能性が高い設定においては、この指数回帰式を用いて降水量を設定し、最も厳しい設定においては、気温と降水量の関係のばらつきを考慮し、交換水量が少なくなるように、気温と降水量の下限値の指数回帰式を用いて設定する(第 2 表参照)。

(二) 海水準変動

海水準変動は、廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが、海水準変動が生じると、敷地及びその周辺における河川、湖沼及び海の分布域が変化し、将来の人の生活環境及び生活様式に影響を及ぼすことが想定される。また、海水準変動及びそれに伴う地形変化並びに地下水位及び地表水流動の変化が想定されるため、海水準変動を長期変動事象として考慮し、寒冷化ケース及び温暖期継続ケースにおける海水準の変動時期及

び変動量を設定する。~~海水準変動は後述する地形変化に影響する。地形変化は、侵食速度が速くなる方が埋設設備の露呈時期が早くなるため、温暖期継続ケースの方が保守的となる。一方、~~交換水量に用いる流域面積は、海水準が低下した方が交換水量が少なくなるため、寒冷化ケースの方が保守的となる。

(ア) 寒冷化ケースにおける海水準の設定

世界的な海水準変動は、気候変動に伴う大陸氷床の拡大・縮小に伴って生じる現象と考えられており、過去の海水準変動は気候変動と同様に、約 8 万年周期から約 12 万年周期で低海水準期と高海水準期を繰り返している⁽¹⁷⁾。

したがって、海水準変動の長期変動状態の設定のうち、寒冷化ケースにおける将来の氷期最盛期に至るまでの海水準変動は、気温変動と同様に、過去約 45 万年間の低海水準期と高海水準期の平均値及び変動幅⁽¹⁷⁾を考慮して設定する。第 6 図に将来の海水準の変動曲線(最も可能性が高い設定)及び将来の海水準の変動曲線(最も厳しい設定)を示す。

(イ) 温暖期継続ケースにおける海水準の設定

過去 300 万年間の温暖期における海面水位は、世界平均で現在より 5m 上回っており、最終間氷期(約 12.9 万年前～約 11.6 万年前)のうち数千年にわたっては、現在より海面水位が 5m より高く、10m 以上は高くなかったという報告⁽¹⁸⁾がある。この結果を参考に、温暖

期継続ケースにおける海水準変動は、不確かさを考慮して現在の海水準より 10m 海水準が上昇し、継続すると設定する。

なお、温暖期継続ケースにおける海水準の設定に当たっては、最も可能性が高い設定において不確かさを考慮していることから、最も可能性が高い設定と最も厳しい設定は同様に、現在の海水準より 10m 海水準が上昇し、継続すると設定する。

(c) プレート運動と気候変動の両者に起因する事象

プレート運動と気候変動の両者に起因する事象は、「地形変化」、「地下水流動」及び「表流水流動」を対象とする⁽³⁾。気候変動に起因する事象に係る長期変動事象の状態設定と同様に、寒冷化ケースと温暖期継続ケースの2ケースについて、それぞれ「地形変化」、「地下水流動」及び「表流水流動」を長期変動事象として考慮する。

(一) 地形変化

「(a) プレート運動に起因する事象 (三) 隆起・沈降運動」及び「(b) 気候変動に起因する事象 (二) 海水準変動」に伴い、侵食作用が継続することによる廃棄物埋設地の侵食に伴う埋設設備の地表接近及び露呈並びに放射性物質を含んだ土砂の下流域への堆積が想定される。そのため、地形変化を長期変動事象として考慮し、侵食速度を設定する。

地形変化は、湖沼の河川化及び沿岸流や河川等による侵食がある。

侵食は、沿岸部における沿岸流と波浪等による侵食(以下「海食」という。)と、河川及び沢部における表流水による侵食(以下「河食」という。)が想定される。

敷地東方の沿岸部汀線付近では海食が生じているが、廃棄物埋設地は現在の汀線から内陸に約 3km 離れており、十分な離隔がある。仮に温暖期の海進により尾駁沼が内湾となっても、海食による影響は生じないものと考えられる。

敷地及び敷地近傍の沢部においては第四紀層及び基盤である鷹架層が削剥されており、河食が生じていると考えられる。廃棄物埋設地付近は二又川の流域であることから、二又川及び敷地から二又川に流れ込む沢による河食を考慮する。

なお、敷地及び敷地近傍における台地と河川及び沢との位置関係等の大局的な地形状況は、数万年程度の将来において大きく変化することはなく、流域ごとの沢の縦断勾配及び横断形状を保って河食が進むと想定する。

また、湖沼の河川化としては、相対海水準の低下に伴い、尾駁沼が河川化すると考えられる(第7図及び第8図参照)。

地形変化は、温暖期継続ケースの方が侵食速度が速く保守的となるため、以下に示す寒冷化ケース及び温暖期継続ケースの検討結果に基づいて、保守的となる温暖期継続ケースの状態を設定する。

(ア) 侵食速度

寒冷化ケースでは、沖積層の基底面の勾配を保ち、敷地の隆起に伴う相対海水準の低下による下方への侵食(以下「下刻」という。)が生じると想定する。したがって、寒冷化の当初は勾配の緩い下流部に堆積した沖積層の上限面から下刻することとなり、沖積層の下刻後は河床勾配と海退量との関係から下刻量が求められる。沖積層の下刻に数万年を要し、それまでの期間、鷹架層の下刻は発生しない。

温暖期継続ケースでは、現在の河床勾配を保ち、相対海水準低下に伴った下刻が生じると想定する。ここでいう温暖期継続ケースにおける相対海水準低下速度は、「(b 三) 気候変動に起因する事象 (二4) 海水準変動」において、海水準変動を現在から将来にわたり、現在の海水準より一律で 10m 上昇すると設定したことから、「(a 一) プレート運動に起因する事象 (三4) 隆起・沈降運動」で設定した隆起速度相当と設定する。

廃棄物埋設地周辺には、中央沢、南の沢、西の沢及びそれらの枝沢が分布する。枝沢は本流の沢に流れ込むことから、本流の沢との合流点が侵食基準面となる。枝沢の侵食基準面は、本流が侵食されることで低下するため、枝沢も本流の侵食速度と同等の速度で侵食される。したがって、枝沢における侵食速度は、本流の沢の寒冷化ケース及び温暖期継続ケースの侵食速度と同じと設定する。

寒冷化ケース及び温暖期継続ケースにおける侵食量を比較すると、寒冷化ケースは下流域の沖積層の侵食等により上流部の侵食が進行しないと設定していることから、温暖期継続ケースの方が侵食が早く進行する。

(イ) 露呈時期

埋設設備の露呈時期は、最も早くても数万年後(第9図参照)となるため、評価の対象とする期間を踏まえ、長期変動事象として影響を考慮しない。

(二) 地下水流動

地下水流動は単独の事象として廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが、地形変化や海水準変動による地下水流動の変化が、地下水の流動方向、地下水の流出点、地下水流速及び埋設設備から上部覆土や鷹架層への流出水量に影響する。

地下水流動は、侵食速度を考慮したときに 1,000 年後の将来の地形が現状とほぼ同様と考えられるため、寒冷化ケースと温暖期継続ケースは同様の設定とし、現在の状態を考慮する。

(ア) 地下水の流動方向及び地下水の流出点

敷地は北西から南東に緩く傾斜する台地からなり、地下水は主に降水によってかん養されている。また、台地の地下水面は降雨時及び融雪時に変動が認められるものの、主に表層に分布している第四紀層内にある。これは、鷹架層の透水係数が第四紀層より約 2 桁小さく、地表面から浸透した雨水が容易に鷹架層に浸透で

きないためと考えられる。埋設設備は鷹架層を掘り下げて設置し、難透水性覆土及び下部覆土は、鷹架層の透水係数以下となるように設置する。また、上部覆土は廃棄物埋設地周辺の第四紀層の透水係数程度となるように設置し、原地形及び原水理地質構造に近くなることから、覆土後の地下水面は、原地形と同様に廃棄物埋設地周辺の第四紀層内にあると考えられる。したがって、廃棄物埋設地付近を通過した地下水は、原地形の地下水面等高線から読み取れる地下水の流動方向と同様に、主に南に向かって流れ、中央沢を経て尾駁沼に流入するものとする。「(一) 地形変化」に示すとおり、1,000年後の将来の地形は現状とほぼ同様と考えられるため、将来においても廃棄物埋設地を通過した地下水は南に向かって流れ、中央沢を経て尾駁沼に流入するものとする。

(イ) 地下水流速

廃棄物埋設地付近の鷹架層及び上部覆土中の地下水流速は、その位置の動水勾配及び透水係数により設定する。

【動水勾配】

廃棄物埋設地付近の地下水流動は、「(7)㊦ 地下水の流動方向及び地下水の流出点」に示すとおり、覆土後1,000年程度までの間は、原地形の地下水流動と同様になると想定し、間隙水圧測定実施位置を通る鉛直断面内の全水頭等高線図から求めた埋設設

備設置地盤付近の地下水の動水勾配に基づき、最も可能性が高い設定では平均値、最も厳しい設定では最大値を用いて設定する(第3表参照)。

【透水係数】

地盤の透水係数は、廃棄物埋設地を設置する地盤のN値が50以上の岩盤であること、天然バリアを著しく損傷する事象は想定されないことから、将来においても大きく変化する要因がない。

(ウ) 埋設設備から上部覆土や鷹架層への流出水量

埋設設備から上部覆土や鷹架層への流出水量は、地下水浸透流解析により計算する。浸透流解析には、覆土や地盤の透水係数及び境界条件として動水勾配を用いる。

動水勾配は、「(イ) 地下水流速」に示す値とする(第3表参照)。

(三) 表流水流動

表流水流動は廃棄物埋設地を直接損傷させることはないが、河川及び湖沼の表流水流量の変化によって放射性物質の希釈に寄与する交換水量が変化することが想定される。よって、地表水流動を長期変動事象として考慮し、河川及び湖沼の表流水流量を設定するために、蒸発散量を設定する。

蒸発散量は、年平均気温を用いて可能蒸発散量として推定するゾーンスウェイト法⁽¹⁹⁾により求める(第4表)。

一方、地下水は主に降水によってかん養され、第四紀層及び鷹架層表層部の風化部を流れ、中央沢を経て尾駈沼に流出している。そのため、敷地内の沢の流域面積における降水量から、その沢を流れる表流水流量を差し引いたものが、蒸発散量に相当する。降水量及び敷地内の表流水流量の観測結果(第 10 図参照)に基づく河川流出高を用いて求めた実蒸発散量を第 4 表に示す。実蒸発散量の平均に対する可能蒸発散量の平均の比率は 0.95 である。

将来の蒸発散量は、「(b) 気候変動に起因する事象 (一) 気温・降水量変化」に示す敷地周辺と気候因子が類似した 36 地点の年平均気温から可能蒸発散量を計算し、実蒸発散量と可能蒸発散量の比 0.95 を用いて、36 地点の年平均気温と蒸発散量の関係を得た(第 11 図参照)。将来の蒸発散量は、この関係式から、最も可能性が高い設定又は最も厳しい設定の気温を用いて設定する。設定した将来の蒸発散量を第 2 表に示す。

蒸発散量は、気温及び降水量と同様に、寒冷化ケース及び温暖期継続ケースについて検討した上で、交換水量が少なくなるように寒冷化ケースを状態設定の対象とする。

(d) その他の事象

(一) 生物学的事象

敷地内における樹木の根に関する調査結果から、樹木の根の深さは最大で 2.3m である。

モグラ類による覆土の擾乱が想定されるが、地表から1m未満である場合が多く⁽²⁰⁾、樹木の根の影響範囲に包含される。

以上より、廃棄物埋設地には十分な厚さの覆土を設置することから、生物学的事象による影響はなく、長期変動事象として考慮しない。

(二) 透水性の変化

岩盤の透水性は、「(a Ⅲ) プレート運動に起因する事象 (二4) 地震・断層活動」に示すように、敷地内に将来活動する断層が認められないことから、断層運動による岩盤の破碎はなく、地震による透水性の変化もないため、長期変動事象として考慮しない。

b. 廃棄物埋設地の状態設定^{(21)~(23)}

放射性物質の生活環境への移行を考慮する際の廃棄物埋設地の状態設定を行うバリア機能は、廃棄物埋設地からの影響を受ける周辺岩盤も含めることとし、廃棄物埋設地及び周辺岩盤の低透水性と収着性とする(第5表参照)。

廃棄物埋設地の状態設定は、覆土完了時点を初期状態とし、長期の状態については、廃棄物埋設地の移行抑制機能に係る特性に影響を与える事象を抽出し、それら影響事象を考慮して行う。

状態設定においては、移行抑制機能を期待するベントナイトを混合する覆土(難透水性覆土、下部覆土)及び岩盤(鷹架層)の低透水性並びにセメント系材料(廃棄体の固型化材及び埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収

着性に着目する。

なお、覆土の遮蔽機能は、覆土が侵食されて遮蔽厚さが薄くなる時期は数万年後であり、その時点では遮蔽機能を必要としないことから、覆土の長期的な遮蔽機能の状態は変わらないものとする。

(a) 着目する移行抑制機能に関連する物理的・化学的性質

廃棄物埋設地の低透水性は、主に廃棄体の固型化材、埋設設備、難透水性覆土、下部覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)のそれぞれの間隙率、密度並びにひび割れの有無に対する物理的性質及び力学条件に依存する。

また、廃棄物埋設地の収着性は、主に廃棄体、埋設設備、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の鉱物組成並びにそれぞれの間隙水の水質に対する化学的性質及び化学条件に依存する。

(b) 影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学)

低透水性及び収着性に影響する事象を把握するため、各部材相互の影響事象を体系的に抽出・分析する。抽出・分析に当たっては、各部材相互の影響事象を熱、水理、力学及び化学の観点で整理する。影響事象については、OECD/NEA⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾、廃棄物安全小委員会報告書⁽²⁶⁾及びIAEA-ISAM⁽²⁷⁾のFEP(Feature、Event、Process)を参考に、廃棄物埋設地の特徴及び「a. ~~(a)~~ 地質環境等の状態設定」で設定した長期変動事象を考慮する。

影響事象分析の結果は、以下に示すとおりである。

(一) 熱

低透水性及び収着性に与える熱的影響事象としては、放射性物質の崩壊熱、セメント系材料の水和熱及び気温変化による地表環境の温度変化があげられる⁽²¹⁾。これらの事象によって、難透水性覆土及び埋設設備を構成するセメント系材料の熱変質が生じ、それぞれの鉱物組成及び密度が変化することにより、難透水性覆土の低透水性及びセメント系材料の収着性に影響を及ぼすことが考えられる。

(ア) 崩壊熱

廃棄体に含まれる放射性物質の崩壊によって発生する崩壊熱は、埋設する廃棄体に含まれる放射性物質の量が少ないことから、各部材の熱変質が生じる温度^{(28)~(30)}より十分に小さい。そのため、崩壊熱は影響事象として考慮しない。

(イ) 水和熱

セメント系材料で構成される埋設設備は、外周仕切設備構築時と充填材充填時の水和反応に伴う熱により、部材自体の膨張変化による温度応力が発生する⁽³¹⁾。しかし、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行は水和熱が低下した後の覆土完了後に生じること及びセメント系材料の収着性は水和後の特性に期待していることから、水和熱は影響事象として考慮しない。

(ウ) 気温変化

覆土及び岩盤(鷹架層)は、それ自体が発熱すること

はないが、地表環境の温度変化による影響を受けると考えられる。覆土前の埋設設備は年間の気温の変化の影響を直接受けるが、それによって熱変質が生じるほど温度が上昇しないと考えられる。また、覆土完了後の埋設設備は、地表から 20m 程度の深度に設置されることから、埋設設備の設置位置近傍で想定される温度変化は十分小さい。そのため、年間の気温の変化以上に廃棄物埋設地の温度が変化しないと考えられることから、気温変化は影響事象として考慮しない。

(二) 水理

低透水性及び収着性に与える水理的影響事象としては、地下水流動があげられる⁽²¹⁾。この事象によって、難透水性覆土及び下部覆土の流出に伴い密度が変化し、これら部材の低透水性に影響が生じることが考えられる。

(ア) 地下水流動

一般にベントナイトは膨潤力が大きく、難透水性覆土及び下部覆土の砂粒子の間から膨出したベントナイトが周辺の地下水流動によって流出することが考えられる。しかし、廃棄物埋設地周辺の地下水流速は十分に小さいため、地下水流動による直接的な影響が生じないことから、地下水流動によるベントナイトの流出は影響事象として考慮しない。

(三) 力学

低透水性及び収着性に与える力学的影響事象として

は、金属腐食による体積膨張、ガス発生、ベントナイトの膨潤圧及び地震があげられる⁽²¹⁾。これらの事象によって、埋設設備、難透水性覆土及び下部覆土に変形・損傷又はひび割れが発生することにより、透水性に影響が生じることが考えられる。

(ア) 金属腐食による体積膨張

埋設設備内に含まれる金属の腐食による体積膨張に伴い、各部材が変形・損傷し、低透水性に影響することが考えられる。そのため、金属腐食による体積膨張を影響事象として考慮する。

(イ) ガス発生

埋設設備内に含まれる金属の腐食及び有機物の分解に伴い発生するガスによるガス圧・間隙水圧の上昇又はガスの移行により難透水性覆土及び下部覆土が変形・損傷し低透水性に影響することが考えられる。

埋設設備内におけるガスの発生源は、廃棄体中に含まれる金属又は有機物、廃棄体の容器及び埋設設備内の鉄筋であり、ガス発生量の大半を占めるガス発生源は、埋設設備内に存在する金属である。

ガス発生の影響については、埋設設備内に存在する金属量に加え塩影響を考慮しても、1号及び2号埋設設備の単位体積当たりのガス発生量が3号埋設設備と同等であることから、3号埋設設備のガス発生による影響評価を行うことにより代表する。

単位時間当たりのガス発生量が最も大きくなるのは、

金属類廃棄体⁽³²⁾であり、文献⁽³³⁾によると、埋設設備 1 基から 1 年間に発生する標準状態(0°C、1atm)のガス発生量は、pH12.5～pH13.0 及び水温 15°C～45°Cの条件での腐食速度試験の結果に基づくと、最大で 1,000m³ (埋設設備 1m³ 当たり 0.064m³/y) と推定され、時間の経過とともに減少すると考えられる。

ベントナイト系材料中のガス移行メカニズムに関する藤山らの調査結果⁽³⁴⁾によれば、難透水性覆土の内側に蓄積したガスは、気液 2 相流、卓越流路の形成を伴うハイドロリックフラクチャリングのいずれか、又はこれらの両方が共存するガス移行メカニズムに従い、飽和した難透水性覆土中を移行し破過に至ると考えられており、廃棄物埋設地においてもこれらのガス移行メカニズムが共存する状態であると考えられる。

田中らが実施したベントナイト混合土のガス透気試験⁽³⁵⁾では、廃棄物埋設地で想定される上記のガス移行メカニズムによりガス破過が生じていると考えられるが、この試験ではガス破過前後の透水係数に変化は見られなかったことから、難透水性覆土の透水係数の変化は生じないと考えられる。

また、下部覆土については、難透水性覆土の外側にあり、施工時点において確保する透水係数が難透水性覆土よりも 2 桁程度大きいため、難透水性覆土に比べて容易に水及びガスが移行すると考えられる。このため、下部覆土の低透水性に対するガス破過の影響は、

難透水性覆土に対するその影響に包含されるものとする。

以上より、ガス発生による難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、ガス発生は影響事象として考慮しない。

(ウ) ベントナイトの膨潤圧

ベントナイトを混合する難透水性覆土及び下部覆土は、地下水により飽和し膨潤することによる圧力(膨潤圧)が発生することに伴い、各部材が変形・損傷し、低透水性に影響することが考えられる。しかし、膨潤圧は周辺の地圧と比較して小さいため⁽³⁶⁾、ベントナイトの膨潤圧は影響事象として考慮しない。

(エ) 地震

過去及び現在の状況から、繰り返し地震が発生することが想定される。地震によって各部材が変形・損傷し、低透水性に影響すると考えられるため、地震による影響評価として、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に対する力学的影響について評価する。地震力の作用により覆土で発生が想定される事象として、力学的な変形及び液状化があげられる。

力学的な変形については、埋設設備は岩盤(鷹架層)に直接支持されており、内部空洞のない充填されたコンクリート構造物であることから、地震動による構造物の変形は限定的であり、周辺覆土へ与える変形量は小さい。覆土自体においても、地すべりといった大変

形を引き起こす斜面地盤ではなく水平地盤であり、周囲を堅固な岩盤(鷹架層)に囲まれ変形抑制されていることから、地震における変形量は小さい。よって、覆土の変形量が「(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価 (一) 金属腐食による体積膨張及び塩影響」に示す金属腐食に伴う埋設設備の変形量と比較して非常に小さいと想定されることから、金属腐食の評価に包含される。

液状化については、過去の液状化対策事例として、平成 19 年新潟県中越沖地震がある。施工管理値として締固め度 90%以上を設定し、砂及び砂質土からなる埋戻し土を用いた締固めによる対策を実施した箇所では、震度 6 弱の揺れが発生しているものの、液状化は生じていないと報告されている⁽³⁷⁾。

廃棄物埋設地においても、覆土施工における管理値を上記の液状化対策事例と同等以上に設定する。また、覆土は、現地発生土、購入砂、ベントナイト及び礫を仕様に応じて混合した混合土である。覆土は、文献⁽³⁸⁾に例示されるような購入砂と異なる粒径分布を持つ材料を混合して製造することから、一般に液状化しやすいと知られている「砂分を多く含む、集中粒径の土」ではない。つまり、上記の液状化対策事例において液状化をしていない箇所で使用されている砂及び砂質土⁽³⁷⁾と比較して、覆土は、液状化抵抗性に関連する締固め性能が良いとされている「粒径幅が広い土」

であるため、相対的に液状化し難い材料であると考えられる。

また、廃棄物埋設地で発生すると考えられる地震は、「a. 地質環境等の状態設定 (a) (二) (ア) 地震」より震度 5 強を超えない。これは、過去事例における締固めによる対策を実施したことで液状化が発生しなかった箇所が発生した地震よりも小さい。

以上より、適切な施工管理及び材料を選定することで、地震によって難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、地震は影響事象として考慮しない。

(四) 化学

低透水性及び収着性に与える化学的影響事象としては、地下水との反応、化学的変質、金属腐食、セメント系材料の溶脱、有機物影響、塩影響、コロイド影響、微生物影響及び降下火砕物があげられる⁽²¹⁾。これらの事象によって、各部材の鉱物組成及び間隙水の水質が変化し、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。

(ア) 地下水との反応(化学的変質、セメント系材料の溶脱を含む)

地下水が埋設設備を通過することにより、セメント系材料のカルシウム成分等の溶脱が発生し、鉱物組成及び間隙水の水質の変化が生じる。また、セメント成分が溶解した間隙水と覆土及び岩盤(鷹架層)が反応

⁽³⁰⁾ ⁽³⁹⁾ し、覆土及び岩盤(鷹架層)の鉍物の溶解並びに二次鉍物が生成することにより、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。そのため、地下水との反応を影響事象として考慮する。

(イ) 金属腐食

埋設設備内に含まれる金属が腐食することによって、地下水に含まれる溶存酸素が消費され、酸化還元環境が変化し⁽⁴⁰⁾、収着性に影響することが考えられる。そのため、金属腐食を影響事象として考慮する。

(ウ) 有機物影響

埋設設備内に含まれる有機物のアルカリ分解反応により放射性物質を捕捉する分解物が生成することが考えられる。有機物及びその分解生成物が間隙水中に存在する場合には、放射性物質と錯体を形成し、収着性に影響することが考えられる。そのため、有機物の分解生成物を影響事象として考慮する。

(エ) 塩影響

均質・均一固化体のうち、セメント固化体中の硫酸塩及びほう酸塩並びにアスファルト固化体中のほう酸塩(以下「可溶性塩」という。)が地下水中に溶解することによって、間隙水の水質の変化が生じる。さらに、塩が溶解した間隙水とセメント、覆土及び岩盤(鷹架層)が反応⁽⁴¹⁾し、覆土及び岩盤(鷹架層)の鉍物の溶解並びに二次鉍物の生成等により、これらの固相に変質が生じ、低透水性及び収着性に影響することが考えら

れる。

可溶性塩を含まない充填固化体を埋設する廃棄物埋設地については、塩影響を影響事象として考慮しない。均質・均一固化体を埋設する廃棄物埋設地については、可溶性塩の溶解による液性変化及び可溶性塩と各部材との反応を影響事象として考慮する。

(オ) コロイド影響

各部材の間隙水中にコロイドが存在する場合には、コロイドに放射性物質が収着し、各部材への収着が阻害され、放射性物質の移行が促進されることが考えられる。

収着性に影響を与える可能性のあるコロイド影響については、埋設設備の間隙水はセメント平衡水であり、コロイドが安定に分散できる環境ではなく収着性に影響は生じないと考えられることから、コロイド影響は影響事象として考慮しない。

(カ) 微生物影響

廃棄物埋設地近傍に存在する微生物の活動によって、岩盤(鷹架層)中では有機物が無機化し、収着性が低下することが考えられる。そのため、収着性の評価に当たっては微生物影響のうち有機物の無機化を影響事象として考慮する。

なお、有機物の分解によりガスが発生すること及び金属の腐食反応が促進されることが考えられる。しかし、微生物は高 pH 環境となる埋設設備内においてそ

の活性は低く⁽⁴¹⁾、このような活動で生じる化学環境の変化はその他の影響事象に包含されると考えられるため、これらの微生物影響は影響事象として考慮しない。

(キ) 降下火砕物

降下火砕物が堆積すると、地下水の水質変化が生じ、鉍物の溶解及び二次鉍物の生成により低透水性及び収着性に影響すること並びに上部覆土については化学的変質の影響を直接受けることが考えられる。

しかし、降下火砕物による化学的な影響については、十分な厚さの上部覆土を設置するため、pH変化等の化学的変化は上部覆土により緩衝される。よって、溶解・変質等の化学的影響は十分低減されることから、埋設設備、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性及び収着性への影響は無視できる。また、上部覆土に関しては、化学的影響を受ける範囲が表層に限定されることに加え、上部覆土の収着性に影響が生じても線量への感度が小さいことから、降下火砕物は影響事象として考慮しない。

(c) 廃棄物埋設地の初期状態の設定

線量の評価においては覆土完了時点を初期状態とし、各部材の初期状態は、廃棄体及び廃棄物埋設地の寸法、材料等の仕様、性状に基づき、各状態設定の評価においてそれぞれ設定する。状態設定の評価に用いる埋設設備及び覆土の材料仕様は、設計において期待する性能を満

たすことができる候補材料から設定する。施工時点において材料仕様が変更になることも予想されるが、期待性能を満たす材料を適切に設定する。

(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価

「(b) 影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学)」に基づき、移行抑制機能を期待する難透水性覆土、下部覆土及び岩盤(鷹架層)の低透水性並びにセメント系材料(廃棄体の固型化材及び埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性に係る各物理的・化学的性質の長期的な変化を評価する。評価に当たっては、FEPにより抽出した影響事象ごとに適切に不確かさを考慮する。

(一) 金属腐食による体積膨張及び塩影響

低透水性を有する難透水性覆土及び下部覆土は金属腐食による体積膨張並びに可溶性塩の溶出による膨張及び陥没に伴う鉛直方向の変形に対して破断しないように配慮した厚さで設計しており、当該部位に破断が生じる可能性は低いものと考えられる。しかし、難透水性覆土の隅角部には、厚さの減少及び変形に伴う透水性が変化した領域の発生が予想される。そのため、長期状態においては、廃棄物埋設地に生じる現象の不確かさ及び金属廃棄物の多様性を考慮した埋設設備の変形量を設定し、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性への力学的影響を評価する。

金属腐食による体積膨張及び塩影響に係る条件を第6表～第7表に示す。

金属の腐食は、金属と廃棄物埋設地の周辺環境(溶存酸素、酸化還元電位、pH 及び水温)との相互作用(電気化学的腐食)により生じる。そのため、埋設設備中の環境条件、金属種類、腐食生成物、腐食膨張倍率及び腐食速度を設定し、状態設定を行う期間(1,000 年)において埋設設備の膨張変形を想定する。最も可能性が高い状態設定では、埋設設備内の金属の腐食速度及び腐食生成物の熱力学的な安定性等を考慮し、最も厳しい設定では、金属の全量が瞬時に腐食し、腐食膨張倍率が大きい腐食生成物が生じるものと設定する。

1 号廃棄物埋設地における可溶性塩の溶出に伴う埋設設備の膨張は、廃棄体の内容物(可溶性塩：硫酸塩及びほう酸塩)と埋設設備中のセメント系材料(充填材及びコンクリート)の反応により生じるため、埋設設備の体積の膨張倍率を設定し、埋設設備の膨張変形を想定する。

また、可溶性塩の溶出に伴う埋設設備の陥没は、廃棄体の内容物と地下水が反応すること及び廃棄体の上部空隙により生じるため、可溶性塩の溶出量及び廃棄体の上部空隙を設定し、埋設設備の陥没変形を想定する。

セメント固化体からの溶出量は、文献⁽⁴²⁾を参考に硫酸塩及びほう酸塩の溶出に伴う空隙の生成に着目し、全量溶出した状態を設定する。アスファルト固化体からの溶出量は、文献⁽⁴³⁾を参考にアスファルトの実態的

な性能を考慮し、ほう酸塩の溶出量を設定する。

また、廃棄体の上部空隙については、覆土の低透水性への影響評価の観点から、均質・均一固化体の固型化条件の最大値である上部空隙 30%の体積分を用いる。

金属の腐食による体積膨張並びに可溶性塩の溶出による膨張及び陥没に起因する力学的影響評価においては、粒状体個別要素法(Distinct Element Method)解析を用いる。この結果に基づき、力学的変形により、最も可能性が高い状態としては、難透水性覆土及び下部覆土の透水係数に変化は生じないものの厚さが変化する状態を設定する(第 8 表参照)。また、最も厳しい状態としては、難透水性覆土及び下部覆土の透水係数に変化は生じないものの、2号及び3号廃棄物埋設地については開口が生じる状態、1号廃棄物埋設地については開口が生じず、厚さが変化する状態を設定する(第 8 表参照)。

(二) 地下水との反応及び塩による影響

廃棄物埋設地における地下水(1号廃棄物埋設地については廃棄体から溶解した可溶性塩を含む)との反応による影響は、各部材と地下水との反応とそれに伴う難透水性覆土及び下部覆土の透水性並びに埋設設備等のセメント系材料の収着性の変化を考慮する。各部材と地下水との反応は、主に埋設設備内に浸入する地下水量や各部材を構成する鉱物の溶解度に依存する。

セメント系材料で構成される埋設設備に接する難透

水性覆土の透水性は、モンモリロナイトの溶解及び二次鉱物の生成による変質の影響を受けると考えられる。

埋設設備のセメント系材料の収着性は、主要鉱物であるケイ酸カルシウム水和物(C-S-H ゲル)の溶脱や二次鉱物の生成、また、そのような固相変化に応じた間隙水の pH の変化の影響を受けると考えられる⁽⁴¹⁾。

このような長期的な変化は、化学反応モデルと物質移行モデルを連成させた地化学解析コード PHREEQC-TRANS⁽³⁹⁾を用いて求める。

(7) 難透水性覆土及び下部覆土

地化学解析によって、鉱物組成、密度、空隙率、間隙水の液性及び覆土の低透水性の変化を評価する。難透水性覆土中の物質移行は、最も可能性が高い設定では、ベントナイト中の拡散挙動を空隙率とモンモリロナイトの含有割合を関数とする経験式で設定する。また、最も厳しい設定では、保守的となるようモンモリロナイトの割合を 0 とし、空隙率に比例するとして設定する。

この解析の結果を基に、難透水性覆土の透水係数は、モンモリロナイトの密度及び空隙率に応じて変化するものとして設定する。

難透水性覆土の透水係数の化学的影響の評価結果を第 9 表に示す。また、下部覆土の透水係数は、化学的影響を受けた場合においても難透水性覆土中のモンモリロナイトが残存しており、化学的影響が難透水性覆

土により緩衝されるため、透水係数の変化は生じないものとする。

(イ) 埋設設備等のセメント系材料

埋設設備を構成するセメント系材料の主要な水和鉱物であるケイ酸カルシウム水和物(C-S-H ゲル)は、地下水との反応により緩やかに溶脱し Ca/Si 比は徐々に低下する。しかしながら、廃棄物埋設地内への地下水浸入量はセメント量に対して十分少ないため、状態設定を行う評価期間内において、収着性に影響を与えるような著しい Ca/Si 比の低下は生じず、埋設設備内は高 pH 環境(pH11 以上)となると考えられる。そのため、固相の変化は収着性に影響を生じないものとし、埋設設備内の間隙水は高 pH が維持されるものとして、このような環境条件を想定した試験に基づき収着性を設定する。

(三) 有機物影響

埋設設備に存在する可能性のある有機物は、主にセルロースである⁽³²⁾。セルロースはアルカリ性の環境下において分解し、生成したイソサッカリン酸(以下「ISA」という。)が放射性物質と錯体を形成することで、収着性に影響することが考えられる。その影響は、間隙水中の分解生成物の濃度に依存する⁽³⁹⁾。

アルカリ環境でのセルロース分解試験結果⁽⁴⁴⁾に基づいて、最も可能性が高い設定ではセルロースの 5%、最も厳しい設定では 30%が分解することとし、セメント

系材料への収着⁽³⁹⁾を考慮して、間隙水中の分解生成物の濃度を設定する。

(四) 微生物影響

微生物影響として、岩盤(鷹架層)中において微生物活動により有機物が無機化すると考えられるため、収着性の設定に当たっては炭素(C-14)の化学形態が無機形態となることを考慮する。

(e) 着目した移行抑制機能の状態変化の設定

「(b) 影響事象の抽出・分析(熱-水理-力学-化学)」、
「(c) 廃棄物埋設地の初期状態の設定」及び「(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価」の結果に基づき、廃棄物埋設地及び周辺岩盤(鷹架層)の低透水性及び収着性の長期的な状態変化を設定する。

(一) 低透水性

難透水性覆土及び下部覆土の低透水性は、力学的影響(金属腐食による体積膨張及び塩影響)及び化学的影響(地下水との反応及び塩による影響)によって変化が生じる。これらの変化は、覆土完了時点である初期状態から、埋設設備への地下水の浸入によって徐々に進行する。

力学的影響及び化学的影響は相互干渉せずに、独立して覆土に影響を与えると考えられるが、状態設定においては、透水係数の増加を局所的に見込むものとする。最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定の開口が生じないケースでは、化学的影響による変質のみに

よる状態を設定する。最も厳しい設定の開口が生じるケースでは、開口部付近において化学変質が促進されるものとして、透水係数を変質後から更に 2 桁以上高い値に設定する。

最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定における難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数を第 10 表に示す。等価透水係数は、上記の状態設定に基づき、難透水性覆土及び下部覆土の厚さと透水係数から計算する。

なお、周辺岩盤についても、覆土と同様の化学的影響により低透水性に変化が生じると考えられるが、その範囲は極めて限定的であり、化学的影響は無視できる。

(二) 収着性

埋設設備及び廃棄体に含まれる有機物の分解生成物が、放射性物質と錯体を形成すること及び 1 号廃棄物埋設地については可溶性塩が溶解することで収着性が低下する。

収着性に対する影響のうち、有機物影響については現実的なセルロースの分解率とし、分解生成物である ISA の濃度に応じて収着性を設定する。

また、微生物影響については、有機物が微生物活動によって無機化することを考慮し、炭素(C-14)は無機形態であるとして岩盤(鷹架層)の収着性を設定する。

c. 生活環境の状態設定

廃止措置の開始後における将来の敷地及びその周辺の生活環境の状態を設定する。

敷地及びその周辺の地質環境等の状態と社会環境の状態から被ばくが生じると考えられる人間活動を設定する。さらに、就労形態を考慮して評価対象個人を設定する。

廃止措置の開始後の将来における敷地及びその周辺で活動する人間の生活環境は、地質環境等の変化による影響を受けることが考えられるため、その前提として、「a. 地質環境等の状態設定」に基づいた、気温・降水量及び地形の状態変化を考慮する。

生活環境の構成要素のうち廃止措置の開始後の将来の人間の生活様式については、これを長期的な不確かさを考慮して予測することは困難であるため、現世代の人間の生活様式に関する情報を基に、敷地及びその周辺の社会環境又はわが国で現在一般的とされる生活様式を前提とする。自然事象シナリオで考慮する人間活動は、ICRP Pub. 81⁽¹⁾及びICRP Pub. 101⁽²⁾を参考に合理性、持続可能性及び均一性を持つ一般的な人間活動を想定する。また、自然事象シナリオで考慮すべき合理性、持続可能性及び均一性を持たず一般的に生じるとは考えられない人間活動については、人為事象シナリオで考慮する。

なお、全てのシナリオにおいて、放射性物質としての特性に着目した意図的な行為は含めない。

(a) 生活環境に影響を及ぼす敷地及びその周辺における地

質環境等の変化

「a. 地質環境等の状態設定」に基づき、生活環境に影響を及ぼすと考えられる敷地及びその周辺における地質環境等の変化を以下に整理する。

- ・ 現在から廃止措置の開始直後までの敷地及びその周辺の地形は現状とほぼ同様であり、廃棄物埋設地に起因した放射性物質を含む地下水はほぼ全てが敷地内の沢を經由し汽水性である尾駁沼に流入する
- ・ 気候変動によって、平均気温が変化することに伴い、敷地及びその周辺で生産される農産物の種類が変化することが考えられるが、「a. 地質環境等の状態設定 (b) (一) 気温・降水量変化」に示すとおり、1,000年後の気温の変化は大きくないことから、現在の敷地周辺で収穫される農産物を想定する
- ・ 将来の敷地及びその周辺のプレート運動及び気候変動に起因する事象(隆起・沈降、海水準変動及び侵食)に伴う地表の状態変化によって、尾駁沼が河川化し、漁獲される水産物種類が変化するとともに、資源量(漁獲量)が減少することが考えられるが、淡水化による水産物種類の変化を考慮しても、水産物の摂取による線量は小さくなることから、水産物種類の変化及び資源量(漁獲量)の減少は考慮しない
- ・ 地形変化が進行すると埋設設備が河食によって侵食され、放射性物質を含む土壌が下流域へ堆積することが考えられるが、埋設設備の露呈時期は数万年以降であ

り、侵食による影響は無視できる

- ・降水量、蒸発散量、かん養量、地下水位及び河川流量の変化によって、交換水量に影響するが、生活様式への影響はない

(b) 敷地及びその周辺における地質環境等及び社会環境の状態を踏まえた人間活動の設定

「(a) 生活環境に影響を及ぼす敷地及びその周辺における地質環境等の変化」に示す敷地及びその周辺の地質環境等の変化及び社会環境の状態を踏まえ、放射性物質が移行する範囲ごとに人間活動を以下のとおり設定する。

(一) 水利用

廃棄物埋設地を通過する地下水は、主に中央沢を経て尾駈沼に流出し太平洋に至るため、現在の二又川や老部川へ移行することは想定されない。また、地下水の流入する尾駈沼は汽水性の沼であるため、この水を生活用水、農業用水及び畜産用水に利用することも想定されない。

六ヶ所村の利水状況⁽⁴⁵⁾としては、豊富な地下水のある地点を水源とする水道の普及率が100%⁽⁴⁶⁾であり、専らこれを生活用水及び畜産用水として利用している。また、水田灌漑用水としては、河川水を利用している⁽⁴⁷⁾。1988年の調査結果⁽⁴⁵⁾に基づくと浅井戸を生活用水として利用している世帯もあるが、その割合は約1%と極めて小さい。

沢水の利用については、現在は利用されていないが、

敷地造成前においては、広範囲で畑作が、また中央沢の下流部で稲作が行われていたことを考慮する。

なお、将来には尾駸沼の河川化が想定されるが、現状の水理及び利水状況を前提にすると、河川化後にその水を生活用水や畜産用水に利用することは想定されない。また、農業用水に利用することについては、より交換水量の少ない沢水の利用に包含されるため、考慮しない。

以上より、水利用に関しては、現状の水理及び利水状況を前提にすると、廃棄物埋設地からの影響を受ける井戸水や沢水を生活用水や畜産用水に利用することは考え難い。しかし、敷地造成前においては畑作及び稲作が行われていたことを考慮して、生活用水等に利用することに伴う人間活動としては、尾駸沼の水産物の摂取、沢水を利用して生産される農産物の摂取及び灌漑作業を想定する。

(二) 土地利用

廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が廃棄物埋設地表面付近の土壌に移行し、被ばくを受ける可能性があるため、廃棄物埋設地及びその近傍における土地利用に伴う人間活動を考慮する。

地下の掘削を伴う土地利用の一つに構造物の建設がある。2019年の統計⁽⁴⁸⁾によれば、近年の六ヶ所村においては専用住宅、倉庫、店舗等の建築確認申請が行われている。加えて、廃棄物埋設地は市街化区域の用途

地域のうち工業専用地域に位置し、工業地域、準工業地域、商業地域、中高層住居専用地域及び低層住居専用地域に隣接しているため、工場及び住宅の建設等に利用される可能性がある。ただし、現在の六ヶ所村では地下数階を有するような大規模な構造物はほとんどみられず、面積利用率では 10m 以深の掘削を行う頻度は 1%未満である。さらに、可住地のうち構造物が建設される土地は一部であることを含めて敷地周辺の社会環境を考慮すると、大規模な構造物の建設は代表的な事例ではない。そのため、代表的な事例として一般的な住宅の建設及びそれに伴って発生する掘削土壌上での居住を想定する。

なお、面積利用率は、六ヶ所村で確認される建物区分について、それぞれに仮定した平均深度ごとの利用面積が可住地面積に占める割合を求めたものである。

この他に地下を掘削する目的として、井戸の掘削や地下資源の開発があげられる。井戸については水利用の状況から浅井戸の掘削が考えられるが、「(一) 水利用」に示すように、水道の普及率が 100%であり、また、浅井戸を生活用水として利用している世帯もあるが、その割合は約 1%と極めて小さいことから考慮しない。地下資源の開発については、廃棄物埋設地及びその近傍において、採掘規模の石炭、鉍石等の天然資源は認められていないため、このような土地利用を考慮する必要はない。

さらに、地下の掘削を伴わない土地利用としては、農産物の生産があり、廃棄物埋設地表面付近の土壌又は地下水から農産物に放射性物質が移行し、その農産物を摂取することが考えられる。

以上より、土地利用に関しては、廃棄物埋設地の利用による人間活動として、住宅の建設作業、掘削土壌上での居住及び廃棄物埋設地を利用して生産される農産物の摂取を考慮する。

なお、廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による大規模な掘削行為及び当該掘削後の土地利用は、一般的に生じるとは考えられないため、人為事象シナリオにおいて考慮する。

(三) 水利用及び土地利用によって得られる各種生産物

「(一) 水利用」及び「(二) 土地利用」に示す水や土地の利用によって得られる生産物の種類を水産物及び農産物と設定する。

水産物については、現在の汽水性である尾駁沼に生息する代表的な水産物とする。

農産物については、沢水を灌漑用水として利用して生産される米(以下「灌漑農産物」という。)及び廃棄物埋設地で生産される野菜(以下「農耕農産物」という。)とする。

(c) 評価対象個人の設定

「(b) 敷地及びその周辺における地質環境等及び社会環境の状態を踏まえた人間活動の設定」に示す人間活動

に基づき、自然事象シナリオにおいては、様々な個人の生活様式に係る場合には、それらの重ね合わせを考慮し、評価対象個人を設定する。

評価対象個人は、生活様式の特徴を表した個人で、年間を通して被ばくする可能性がある個人を代表として設定する。また、敷地及びその周辺又はわが国で現在認められる一般的な生活様式をもつ個人とし、比較的高い被ばくを受ける集団を代表する成人とする。

ただし、生産物の摂取においては、市場の流通の状況を適切に考慮する。生活様式として同時に存在することの合理性がないものは、重ね合わせを考慮しない。

生活様式は、現在認められる就労形態ごとに異なると考えられる。就労形態によって、様々な生産活動が行われる可能性があるが、評価の観点からは放射性物質が移行する水又は土壌に接触する生産活動に従事する就労者を対象とすることが合理的である。そのため、評価対象個人の設定に当たっては、就労形態に応じた生産活動及び生産物の摂取を考慮する。また、放射性物質は、その移行特性や放射線影響が種類ごとに異なることから、評価対象個人を複数の集団から設定する。

現在の敷地及びその周辺の社会環境・産業構造において、被ばくの可能性がある就労形態は、第一次産業としては、漁業及び農業(畜産業を含む。)が代表的であり、第二次産業では、建設業が代表的である。第三次産業やその他の業種については、労働作業に伴う被ばくの可能

性が低く、廃棄物埋設地に居住する人を想定することで代表できると考えられる。

最新の統計⁽⁴⁹⁾に基づくと、六ヶ所村の産業別就業者数のほぼ半数を第三次産業が占めている。第三次産業については廃棄物埋設地に居住する人を想定することで代表できると考えられることから、最も可能性が高い自然事象シナリオにおいては評価対象個人を居住者とする。居住者は、廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、家庭菜園により生産される農産物及び市場に流通した食品を摂取すると想定する。

最も厳しい自然事象シナリオにおいては、評価対象個人を漁業従事者、農業従事者、畜産業従事者、建設業従事者及び居住者とする。

ただし、年間を通じて摂取する全ての食品が、廃棄物埋設地起源の放射性物質を含む生産品とすることは現在の市場の流通状況を考慮すると基本的に想定されない。このため、それぞれの就労者が生産活動により得られる食品を自家消費すると想定し、その他については市場から購入すると想定する。

(一) 漁業従事者

漁業従事者は、廃棄物埋設地に居住する人を対象として、放射性物質が移行する水産物を自家消費すると想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取すると想定する。

(二) 農業従事者

農業従事者は、廃棄物埋設地に居住する人を対象として、放射性物質が移行する農産物については自家消費すると想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取すると想定する。

なお、水利用の場合は放射性物質を含む沢水を灌漑に利用する**灌漑作業稲作**、土地利用の場合は放射性物質を含む土壌上における**農耕作業畑作**を想定する。

(三) 畜産業従事者

畜産業従事者は、廃棄物埋設地に居住する人を対象として、放射性物質が移行する畜産物を自家消費すると想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取すると想定する。

ただし、現状の水理及び利水状況を前提にすると、放射性物質が移行する畜産物を摂取することによる被ばくは想定しない。

(四) 建設業従事者

建設業従事者は、廃棄物埋設地に居住する人を対象として、一般的な市場に流通した食品を摂取すると想定する。また、廃棄物埋設地において一般的な住宅の建設作業を行うことを想定する。

(五) 居住者

居住者は、廃棄物埋設地に居住する人を対象として、家庭菜園により生産される農産物及び市場に流通した食品を摂取すると想定する。

d. 放射性物質の移行挙動及び被ばく経路

覆土完了後に地下水が再冠水することによって埋設設備の間隙は地下水によって満たされていくこととなる。地下水を介して放射性物質が移行することを評価する場合は、この過渡的な現象は比較的速やかに進行するものとし、線量の評価上は覆土完了直後に地下水で飽和するものとして設定する。

廃棄体は、放射性物質によって汚染された廃棄物を容器に固型化したものであるため、放射性物質が容易に漏出することはない。また、覆土完了後において長期的に腐食速度が小さい環境となる可能性が高いため、鋼製である容器は腐食し難いが、長期的な評価を行う上では、容器による移行抑制機能は考慮しないものとする。

廃棄体内への地下水の浸入に伴い放射性物質が埋設設備内の間隙水中に溶出する。廃棄体から溶出した放射性物質は、速やかに埋設設備内に均一に分布し、埋設設備内の廃棄体の固型化材、充填材、埋設設備等の収着性に依じて間隙水中に溶出するものとする。

埋設設備内の間隙水に溶出した放射性物質は、覆土と鷹架層へそれぞれ漏出する。漏出した放射性物質は覆土又は鷹架層とそれぞれの間隙水中を移行し、沢及び尾駁沼に流入する。

地下水の流入した尾駁沼で得られる水産物及び水を利用して生産された農産物には、それぞれ水産物への濃縮係数及び農産物への移行係数に応じて放射性物質が移行する。よって、これらの水産物及び農産物の摂取を含む水の利用によって公衆の被ばくが生じるものとする。

また、廃棄物埋設地の近傍土壌及び周辺岩盤への放射性物質の移行は基本的に地下水を介して生じる。漏出した放射性物質は覆土又は鷹架層とそれぞれの間隙水中を移行するため、放射性物質が収着し、土壌や鷹架層中に残存するものとして、廃棄物埋設地における土地の利用によって公衆の被ばくが生じるものとする。

以上の放射性物質の移行挙動を踏まえ、「a. 地質環境等の状態設定」、「b. 廃棄物埋設地の状態設定」及び「c. 生活環境の状態設定」で設定した状態設定のもとで、沢水の利用、尾駮沼の利用及び廃棄物埋設地の利用を対象として、明らかに線量が小さいもの及び他の被ばく経路で代表されるものを除外した以下の被ばく経路を設定し、評価対象個人の線量を評価する。最も可能性が高い自然事象シナリオでは評価対象個人を居住者とするため、沢水を利用する灌漑作業及び廃棄物埋設地における屋外労働作業による被ばくは考慮しない。

- ・尾駮沼の水産物の摂取による内部被ばく
- ・沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく
- ・沢水を利用する灌漑作業による外部被ばく及び内部被ばく
- ・廃棄物埋設地における屋外労働作業による外部被ばく及び内部被ばく
- ・廃棄物埋設地における居住による外部被ばく及び内部被ばく
- ・廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物(家庭菜

園を含む)の摂取による内部被ばく

なお、仮に廃棄物埋設地から北側の老部川へ流出した場合と南側の尾駸沼へ流出した場合を比較すると、老部川までの放射性物質の移行距離が尾駸沼への移行距離よりも長いこと及び老部川の交換水量が中央沢を含む評価対象地点の交換水量よりも多いことにより、北側の老部川へ流出した場合の方が線量は低くなる。したがって、地下水の流動方向が変化したとしても影響はない。

e. 線量評価モデル

線量評価モデルは、廃棄物埋設地の状態や現象の特徴を適切に、かつ簡潔に表現でき、線量が保守的になるよう考慮する。

線量評価モデルの不確かさについては、線量評価パラメータを保守的に設定することで考慮する。例えば、廃棄体の開口部分、埋設設備内の水みち(ひび割れ)の不確かさに関しては、埋設設備全体を砂程度の透水性と仮定し、埋設設備全体に放射性物質が拡がっている状態を想定する。また、三次元的に拡がる放射性物質の移行経路の不確かさに関しては、一次元的に移行するものと仮定し、生活環境までの移行経路は直線距離を想定する。

線量評価モデルとして、評価の対象となる領域における放射性物質の移行に関する評価モデル及び被ばく経路に対応した線量を計算するための生活環境における被ばくに関する評価モデルを以下に示す。

(a) 放射性物質の移行に関する評価モデル

(一) 埋設設備及び難透水性覆土内の地下水中の移行

廃棄体に含まれる放射性物質は、埋設設備内に浸入した地下水に溶出し、埋設設備内の固相である固型化材、充填モルタル及び埋設設備のセメント系材料と分配平衡の状態にあるものとして評価する。埋設設備内の放射性物質は、材料の透水性と拡散性に依存するため、放射能濃度の分布が均一とはならないが、放射性物質の漏出を評価する上では単純化して均一であるものとして評価する。

埋設設備及び難透水性覆土内の地下水中の核種*i*の濃度は(4)式～(6)式を用いて計算する。

$$\overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} \cdot V_{meq} \cdot \frac{\partial C_{ww}(t, i)}{\partial t} = S_b \cdot De_b \cdot \left. \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial z} \right|_{z=0} - \{Q_{co}(t) + Q_{go}(t)\} \cdot C_{ww}(t, i) - \lambda(i) \cdot \overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} \cdot V_{meq} \cdot C_{ww}(t, i) + \lambda(i) \cdot \overline{\varepsilon \cdot Rf(i+1)} \cdot V_{meq} \cdot C_{ww}(t, i+1) \quad \dots (4)$$

(初期条件)

$$C_{ww}(0, i) = \frac{A_0(i)}{\overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} \cdot V_{meq}}$$

$$\overline{\varepsilon \cdot Rf(i)} = \sum_j [P(j) \cdot \varepsilon(j) \cdot Rf(i, j)] \quad \dots (5)$$

$$\varepsilon_b \cdot Rf_b(i) \cdot \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial t} = De_b \cdot \frac{\partial^2 C_{bw}(z, t, i)}{\partial z^2} - U_b(t) \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial z} - \lambda(i) \cdot \varepsilon_b \cdot Rf_b(i) \cdot C_{bw}(z, t, i) + \lambda(i) \cdot \varepsilon_b \cdot Rf_b(i+1) \cdot C_{bw}(z, t, i+1) \quad \dots (6)$$

(初期条件) $C_{bw}(z, 0, i) = 0$; $0 < z \leq L_b$

(境界条件) $C_{bw}(L_b, t, i) = 0$

$$C_{bw}(0, t, i) = C_{ww}(t, i)$$

$C_{ww}(t, i)$: 埋設設備内の時刻*t*における核種*i*の間隙水中濃度 (Bq/m³)

t : 覆土完了後の経過時間(y)

- $A_0(i)$: 核種*i*の総放射エネルギー(Bq)
 V_{meq} : 分配平衡となる埋設設備の体積(m³)
 $P(j)$: 埋設設備内の媒体*j*の体積分率(-)
 $\varepsilon(j)$: 埋設設備内の媒体*j*の間隙率(-)
 $Rf(i, j)$: 埋設設備内の媒体*j*の核種*i*の遅延係数(-) ;
 $= 1 + \frac{1 - \varepsilon(j)}{\varepsilon(j)} \cdot \rho(j) \cdot Kd(i, j)$
 $\rho(j)$: 埋設設備内の媒体*j*の粒子密度(kg/m³)
 $Kd(i, j)$: 埋設設備内の媒体*j*の核種*i*の分配係数(m³/kg)
 S_b : 難透水性覆土の拡散寄与面積(m²)
 De_b : 難透水性覆土の実効拡散係数(m²/y)
 $C_{bw}(z, t, i)$: 難透水性覆土の位置*z*、時刻*t*における核種*i*の間隙水中濃度(Bq/m³)
 z : 難透水性覆土における埋設設備からの距離(m)
 $Q_{co}(t)$: 埋設設備から上部覆土への流出水量(m³/y)
 $Q_{go}(t)$: 埋設設備から鷹架層への流出水量(m³/y)
 $\lambda(i)$: 核種*i*の崩壊定数(1/y) ; $= \ln 2 / T_{1/2}(i)$
 $T_{1/2}(i)$: 核種*i*の半減期(y)
 ε_b : 難透水性覆土の間隙率(-)
 $Rfb(i)$: 難透水性覆土の核種*i*の遅延係数(-) ;
 $= 1 + \frac{1 - \varepsilon_b}{\varepsilon_b} \cdot \rho_b \cdot Kdb(i)$
 ρ_b : 難透水性覆土の粒子密度(kg/m³)
 $Kdb(i)$: 難透水性覆土の核種*i*の分配係数(m³/kg)
 L_b : 難透水性覆土の厚さ(m)
 $U_b(t)$: 難透水性覆土の地下水流速(m/y) ; $= Q_{co}(t) / S_b$

(二) 上部覆土内地下水中の移行

上部覆土内地下水中の核種*i*の濃度は、(7)式を用いて計算する。

$$\begin{aligned}
 & \varepsilon_c \cdot Rf_c(i) \cdot \frac{\partial C_{cw}(x, t, i)}{\partial t} \\
 & = De_c \frac{\partial^2 C_{cw}(x, t, i)}{\partial x^2} - U_c \frac{\partial C_{cw}(x, t, i)}{\partial x} \\
 & \quad - \lambda(i) \cdot \varepsilon_c \cdot Rf_c(i) \cdot C_{cw}(x, t, i) \\
 & \quad + \lambda(i) \cdot \varepsilon_c \cdot Rf_c(i+1) \cdot C_{cw}(x, t, i+1) \\
 & \quad \quad + f_c(t, i) \qquad \qquad \qquad \dots (7)
 \end{aligned}$$

(初期条件) $C_{cw}(x, 0, i) = 0$; $-\infty < x < +\infty$

(境界条件) $C_{cw}(\infty, t, i) = 0$

$$U_c \cdot C_{cw}(-L_c, t, i) = De_c \cdot \left. \frac{\partial C_{cw}(x, t, i)}{\partial x} \right|_{x=-L_c}$$

$C_{cw}(x, t, i)$: 距離*x*、時刻*t*における上部覆土内地下水中の核種*i*

- の濃度 (Bq/m³)
- x : 核種が流入する上部覆土下流端からの距離 (m)
- L_c : 核種が流入する上部覆土の地下水流向方向長さ (m)
- De_c : 上部覆土の実効分散係数 ; $= \varepsilon_c \cdot D_0 + \alpha_c \cdot U_c$ (m²/y)
- D_0 : 自由水中の拡散係数 (m²/y)
- α_c : 上部覆土の分散長 (m) ; $=0$ (m)
- U_c : 上部覆土の地下水流速 (m/y)
- ε_c : 上部覆土の間隙率 (-)
- $Rf_c(i)$: 上部覆土の核種*i*の遅延係数 (-) ;
 $= 1 + \frac{1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \cdot \rho_c \cdot Kd_c(i)$
- ρ_c : 上部覆土の粒子密度 (kg/m³)
- $Kd_c(i)$: 上部覆土の核種*i*の分配係数 (m³/kg)
- $f_c(t, i)$: 核種*i*の上部覆土への単位体積当たりの漏出量 (Bq/(m³ · y)) ;
 $= \begin{cases} S_c(t, i)/V_{fc}(t) & (-L_c \leq x \leq 0) \\ 0 & (x < -L_c, 0 < x) \end{cases}$
- $S_c(t, i)$: 核種*i*の漏出量 (Bq/y) ;
 $= -S_b \cdot De_b \cdot \frac{\partial C_{bw}(z, t, i)}{\partial z} \Big|_{z=L_b}$
 $+ Q_{co}(t) \cdot C_{bw}(L_b, t, i)$
- $V_{fc}(t)$: 漏出核種が流入する上部覆土の体積 (m³) ;
 $= Q_c(t) \cdot L_c / U_c$
- $Q_c(t)$: 上部覆土内地下水流量 (m³/y)

(三) 鷹架層内地下水中の移行

鷹架層内地下水中の核種*i*の濃度は、(8)式を用いて計算する。

$$\begin{aligned} & \varepsilon_g \cdot Rf_g(i) \cdot \frac{\partial C_{gw}(x, t, i)}{\partial t} \\ & = De_g \cdot \frac{\partial^2 C_{gw}(x, t, i)}{\partial x^2} - U_g \cdot \frac{\partial C_{gw}(x, t, i)}{\partial x} \\ & \quad - \lambda(i) \cdot \varepsilon_g \cdot Rf_g(i) \cdot C_{gw}(x, t, i) \\ & \quad + \lambda(i) \cdot \varepsilon_g \cdot Rf_g(i+1) \cdot C_{gw}(x, t, i+1) \\ & \quad + f_g(t, i) \end{aligned} \quad \dots (8)$$

(初期条件) $C_{gw}(x, 0, i) = 0$; $-\infty < x < +\infty$

(境界条件) $C_w(\infty, t, i) = 0$

$$U_g \cdot C_{gw}(-L_g, t, i) = De_g \cdot \frac{\partial C_{gw}(x, t, i)}{\partial x} \Big|_{x=-L_g}$$

$C_{gw}(x, t, i)$: 距離*x*、時刻*t*における鷹架層内地下水中の核種*i*の濃度 (Bq/m³)

- x : 核種が流入する鷹架層下流端からの距離(m)
 L_g : 核種が流入する鷹架層の地下水流向方向長さ(m)
 De_g : 鷹架層の実効分散係数 ; $= \varepsilon_g \cdot D_0 + \alpha_g \cdot U_g$ (m²/y)
 α_g : 鷹架層の分散長(m) ; $= 0$ (m)
 U_g : 鷹架層の地下水流速(m/y)
 ε_g : 鷹架層の間隙率(-)
 $Rf_g(i)$: 鷹架層の核種*i*の遅延係数(-) ;
 $= 1 + \frac{1 - \varepsilon_g}{\varepsilon_g} \cdot \rho_g \cdot Kd_g(i)$
 ρ_g : 鷹架層の粒子密度(kg/m³)
 $Kd_g(i)$: 鷹架層の核種*i*の分配係数(m³/kg)
 $f_g(t, i)$: 核種*i*の鷹架層への単位体積当たりの漏出量
(Bq/(m³ · y)) ;
 $= \begin{cases} S_g(t, i)/V_{fg}(t) & (-L_g \leq x \leq 0) \\ 0 & (x < -L_g, 0 < x) \end{cases}$
 $S_g(t, i)$: 核種*i*の漏出量(Bq/y) ; $= Q_{go}(t) \cdot C_{ww}(t, i)$
 $V_{fg}(t)$: 漏出核種が流入する鷹架層の体積(m³) ;
 $= Q_g(t) \cdot L_g/U_g$
 $Q_g(t)$: 鷹架層内地下水流量(m³/y)

(四) 尾駁沼又は沢水中の放射性物質の濃度

尾駁沼又は沢水中の核種*i*の濃度は、(9)式を用いて計算する。

$$C_{sw}(t, i) = \frac{C_{cw}(X_{cs}, t, i) \cdot Q_{cs}(t) + C_{gw}(X_{gs}, t, i) \cdot Q_{gs}(t)}{Q_s(t)} \quad \dots (9)$$

- $C_{sw}(t, i)$: 時刻*t*における尾駁沼又は沢水中の核種*i*の濃度
(Bq/m³)
 X_{cs} : 核種が流入する上部覆土下流端から尾駁沼又は沢
までの評価上の距離(m)
 X_{gs} : 核種が流入する鷹架層下流端から尾駁沼又は沢ま
での評価上の距離(m)
 $Q_{cs}(t)$: 核種が流入する上部覆土から尾駁沼又は沢への地
下水流入量(m³/y)
 $Q_{gs}(t)$: 核種が流入する鷹架層から尾駁沼又は沢への地下
水流入量(m³/y)
 $Q_s(t)$: 尾駁沼又は沢の交換水量(m³/y)

(五) 沢水を利用する灌漑土壌中の放射性物質の濃度

沢水を利用する灌漑土壌中の核種*i*の濃度は、(10)式を用いて計算する。

$$\frac{dC_{soil}^{ir}(t, i)}{dt} = \frac{C_{ir}(t, i) \cdot F_{ir} \cdot Q_{ir}}{V_{ir} \cdot (1 - \varepsilon_{ir}) \cdot \rho_{ir}} - \frac{Qp_{ir} \cdot C_{soil}^{ir}(t, i)}{V_{ir} \cdot \{\varepsilon_{ir} + (1 - \varepsilon_{ir}) \cdot \rho_{ir} \cdot Kd_{ir}(i)\}} - \lambda(i) \cdot C_{soil}^{ir}(t, i) + \lambda(i) \cdot C_{soil}^{ir}(t, i + 1) \quad \dots (10)$$

- $C_{soil}^{ir}(t, i)$: 灌漑土壌中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)
 $C_{ir}(t, i)$: 灌漑用水中の核種*i*の濃度 (Bq/m³) ;
 $= fu_{ir} \cdot C_{sw}(t, i)$
 fu_{ir} : 灌漑における放射性物質を含む沢水の利用率 (-)
 F_{ir} : 灌漑土壌への放射性物質の残留割合 (-)
 Q_{ir} : 単位面積当たりの灌漑水量 (m³/(m² · y))
 V_{ir} : 灌漑土壌の有効体積 (m³/m²)
 ε_{ir} : 灌漑土壌の間隙率 (-)
 ρ_{ir} : 灌漑土壌の粒子密度 (kg/m³)
 Qp_{ir} : 灌漑土壌浸透水量 (m³/(m² · y))
 $Kd_{ir}(i)$: 灌漑土壌の核種*i*の分配係数 (m³/kg)

(六) 廃棄物埋設地の土壌中の放射性物質の濃度

上部覆土内地下水に含まれる放射性物質が、廃棄物埋設地の土壌に残留したときの土壌中の核種*i*の濃度は、(11)式を用いて計算する。

$$C_{soil}^d(t, i) = C_{cw}(X_d, t, i) \cdot \left(\frac{\varepsilon_d}{(1 - \varepsilon_d) \cdot \rho_d} + Kd_d(i) \right) \cdot G_d \quad \dots (11)$$

- $C_{soil}^d(t, i)$: 廃棄物埋設地の土壌中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)
 X_d : 核種が流入する上部覆土下流端から濃度計算地点までの評価上の距離 (m)
 ε_d : 廃棄物埋設地の土壌の間隙率 (-)
 ρ_d : 廃棄物埋設地の土壌の粒子密度 (kg/m³)
 $Kd_d(i)$: 廃棄物埋設地の土壌の核種*i*の分配係数 (m³/kg)
 G_d : 廃棄物埋設地の土壌の希釈係数 (-)

(b) 生活環境における被ばくに関する評価モデル

(一) 尾駱沼の水産物の摂取による内部被ばく

尾駱沼の水産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は、(12)式を用いて計算する。

$$D_{aq}(p, t) = \sum_i \left(\sum_m \{C_{sw}(t, i) \cdot CF_{aq}(i, m) \cdot M_{aq}(m) \cdot f_{aq}(p, m) \cdot DCF_{ing}(i)\} \right) \quad \dots (12)$$

$D_{aq}(p, t)$: 公衆 p の尾駁沼の水産物の摂取による線量 (Sv/y)

$CF_{aq}(i, m)$: 水産物 m における核種 i の濃縮係数 (m³/kg)

$M_{aq}(m)$: 水産物 m の摂取量 (kg/y)

$f_{aq}(p, m)$: 公衆 p の水産物 m の市場希釈係数(-)

(二) 沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく

沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は、(13)式及び(14)式を用いて計算する。

(ア) 灌漑農産物中の放射性物質の濃度

$$C_{ag}^{ir}(t, i) = C_{soil}^{ir}(t, i) \cdot B_{ag}^{ir}(i) \quad \dots (13)$$

$C_{ag}^{ir}(t, i)$: 灌漑農産物中の核種 i の濃度 (Bq/kg)

$B_{ag}^{ir}(i)$: 灌漑農産物への核種 i の移行係数 ((Bq/kg-wet 農産物)/(Bq/kg-dry 土壌))

(イ) 灌漑農産物の摂取による内部被ばく

$$D_{ag}^{ir}(p, t) = \sum_i \{C_{ag}^{ir}(t, i) \cdot M_{ag}^{ir} \cdot f_{ag}(p) \cdot DCF_{ing}(i)\} \quad \dots (14)$$

$D_{ag}^{ir}(p, t)$: 公衆 p の沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による線量 (Sv/y)

M_{ag}^{ir} : 灌漑農産物の摂取量 (kg/y)

$f_{ag}(p)$: 公衆 p の農産物の市場希釈係数(-)

(三) 沢水を利用する灌漑作業による外部被ばく及び内部被ばく

沢水を利用する灌漑作業による地表面からの外部被ばく及び地表面の放射性物質を含むダストの吸入摂取により内部被ばくする場合の線量は、沢水中の放射性物質の濃度、土壌への残留割合から求めた土壌中の放

放射性物質の濃度に基づき、(15)式及び(16)式を用いて計算する。

(ア) 外部被ばく

$$D_{farm_ext}^{ir}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}^{ir}(t, i) \cdot Sh_{work}(p, i) \cdot T_{farm}^{ir}(p) \cdot DCF_{ext}(i)\} \quad \dots (15)$$

$D_{farm_ext}^{ir}(p, t)$: 公衆 p の沢水を利用する灌漑作業時における外部放射線に係る線量(Sv/y)
 $Sh_{work}(p, i)$: 公衆 p の屋外労働作業時の核種 i の遮蔽係数(-)
 $T_{farm}^{ir}(p)$: 公衆 p の灌漑作業時間(h/y)
 $DCF_{ext}(i)$: 核種 i の外部放射線に係る線量換算係数((Sv/h)/(Bq/kg))

(イ) 内部被ばく

$$D_{farm_inh}^{ir}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}^{ir}(t, i) \cdot f d_{farm}^{ir} \cdot I_{work} \cdot T_{farm}^{ir}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (16)$$

$D_{farm_inh}^{ir}(p, t)$: 公衆 p の沢水を利用する灌漑作業時における吸入摂取による線量(Sv/y)
 $f d_{farm}^{ir}$: 灌漑作業時の空气中ダスト濃度(kg/m³)
 I_{work} : 屋外労働作業時の呼吸率(m³/h)
 $DCF_{inh}(i)$: 核種 i の吸入摂取による線量換算係数(Sv/Bq)

(四) 廃棄物埋設地における屋外労働作業による外部被ばく及び内部被ばく

廃棄物埋設地における屋外労働作業により外部被ばく及び内部被ばくする場合の線量は、土壌中の放射性物質の濃度に基づき、(17)式及び(18)式を用いて計算する。

(ア) 屋外労働作業による外部被ばく

$$D_{work_ext}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot Sh_{work}(p, i) \cdot T_{work}(p) \cdot DCF_{ext}(i)\} \quad \dots (17)$$

$D_{work_ext}(p, t)$: 公衆 p の屋外労働作業時の外部放射線に係る線量(Sv/y)

$C_{soil}(t, i)$: 土壌中の核種 i の濃度(Bq/kg)

$T_{work}(p)$: 公衆 p の屋外労働作業時間(h/y)

(イ) 屋外労働作業による内部被ばく

$$D_{work_inh}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot f d_{work} \cdot I_{work} \cdot T_{work}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (18)$$

$D_{work_inh}(p, t)$: 公衆 p の屋外労働作業時の吸入摂取による線量(Sv/y)

$f d_{work}$: 屋外労働作業時の空气中ダスト濃度(kg/m³)

(五) 廃棄物埋設地における居住による外部被ばく及び内部被ばく

廃棄物埋設地での居住により屋外において外部被ばく及び内部被ばくする場合の線量並びに居住により屋内において内部被ばくする場合の線量は、それぞれの土壌中の放射性物質の濃度に基づき、(19)式～(21)式を用いて計算する。

(ア) 居住時の屋外における被ばく

【外部被ばく】

$$D_{haboh_ext}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot Sh_{haboh}(i) \cdot T_{haboh}(p) \cdot DCF_{ext}(i)\} \quad \dots (19)$$

$D_{haboh_ext}(p, t)$: 公衆 p の居住時の屋外活動による外部放射線に係る線量(Sv/y)

$Sh_{haboh}(i)$: 居住者の屋外における核種 i の遮蔽係数(-)

$T_{haboh}(p)$: 公衆 p の居住時の屋外における滞在時間(h/y)

【内部被ばく】

$$D_{haboh_inh}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot f d_{haboh} \cdot I_{inh} \cdot T_{haboh}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (20)$$

$D_{haboh_inh}(p, t)$: 公衆 p の居住時の屋外活動による吸入摂取による線量(Sv/y)
 fd_{haboh} : 屋外における空気中ダスト濃度(kg/m³)
 I_{inh} : 居住時の呼吸率(m³/h)

(イ) 居住時の屋内における内部被ばく

$$D_{habih_inh}(p, t) = \sum_i \{C_{soil}(t, i) \cdot fd_{habih} \cdot I_{inh} \cdot T_{habih}(p) \cdot DCF_{inh}(i)\} \quad \dots (21)$$

$D_{habih_inh}(p, t)$: 公衆 p の屋内における吸入摂取による線量(Sv/y)
 fd_{habih} : 屋内における空気中ダスト濃度(kg/m³)
 $T_{habih}(p)$: 公衆 p の居住時の屋内における滞在時間(h/y)

(六) 廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物(家庭菜園を含む)の摂取による被ばく

廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物(家庭菜園を含む)を摂取することにより内部被ばくする場合の線量は、(22)式及び(23)式を用いて計算する。

$$C_{ag}^v(t, i) = C_{soil}(t, i) \cdot B_{ag}^v(i) \quad \dots (22)$$

$$D_{ag}^v(p, t) = \sum_i \{C_{ag}^v(t, i) \cdot M_{ag}^v \cdot f_{ag}(p) \cdot DCF_{ing}(i)\} \quad \dots (23)$$

$C_{ag}^v(t, i)$: 生産される農耕農産物中の核種 i の濃度(Bq/kg)
 $B_{ag}^v(i)$: 農耕農産物への核種 i の移行係数((Bq/kg-wet 農産物)/(Bq/kg-dry 土壌))
 $D_{ag}^v(p, t)$: 公衆 p の生産される農耕農産物の摂取による線量(Sv/y)
 M_{ag}^v : 農耕農産物の摂取量(kg/y)

f. 線量評価パラメータ

放射性物質の生活環境への移行挙動に関しては、最も可能性が高い自然事象シナリオでは、「a. 地質環境等の状態設定」及び「b. 廃棄物埋設地の状態設定」で設定した最も可能性が高い設定、最も厳しい自然事象シナリオでは、最も厳しい設定に基づいて線量評価パラメータを設定する。また、生活

環境における公衆の被ばくに係る線量評価パラメータに関しては、最新の統計、調査及び文献に基づいて、最も可能性が高い自然事象シナリオでは線量が平均的となる現実的な値、最も厳しい自然事象シナリオでは線量が厳しくなる保守的な値を設定する。

最も可能性が高い自然事象シナリオと最も厳しい自然事象シナリオとで異なる設定とする線量評価パラメータは、「埋設設備から上部覆土への流出水量」、「埋設設備から鷹架層への流出水量」、「各核種の分配係数」、「尾駁沼の交換水量」及び「廃棄物埋設地の土壌の希釈係数」とする。

また、これら以外の線量評価パラメータにも、様々な不確かさがあると考えられるが、最も可能性が高いと考えられるパラメータの設定が困難なもの、不確かさを考慮しても線量影響が小さいと考えられるものは、最も可能性が高い自然事象シナリオと最も厳しい自然事象シナリオで共通の値とし、適切な保守性を考慮した設定とする。

線量の評価に用いる線量評価パラメータのうち、廃棄体中の放射性物質の組成及び総放射エネルギーを第11表に、半減期等の核種に依存する線量評価パラメータ及びその数値を第12表に、分配係数等の元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値を第13表に、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を第14表に、生活様式に関連する線量評価パラメータ及びその数値を第15表に、放射性物質の移行評価に用いる線量評価パラメータ及びその数値を第16表に、線量の評価に用いる線量評価パラメータ及びその数値を第17表にそれ

ぞれ示す。

また、最も可能性が高い自然事象シナリオとは異なる設定とする、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を第 18 表に示す。

地質環境等及び廃棄物埋設地の状態設定に基づいて設定する線量評価パラメータである流出水量、分配係数及び交換水量は以下のとおり設定する。

(a) 流出水量

「b. 廃棄物埋設地の状態設定 (e) (一) 低透水性」に示す状態設定に基づき、埋設設備から上部覆土への流出水量 ($Q_{co}(t)$) 及び埋設設備から鷹架層への流出水量 ($Q_{go}(t)$) を有限要素法による鉛直断面 2 次元地下水浸透流解析により計算し設定する。地下水浸透流解析に用いる動水勾配の設定値を第 3 表、透水係数の設定値を第 19 表、最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定における埋設設備から上部覆土への流出水量及び埋設設備から鷹架層への流出水量の設定値を第 20 表に示す。

(b) 分配係数

分配係数は、「b. 廃棄物埋設地の状態設定 (e) (二) 収着性」に示す影響事象の状態変化の評価及び状態設定を踏まえ、想定される廃棄物埋設地の環境条件で取得した試験データ又は文献値により設定する。具体的には、実際に廃棄物埋設地を構成する埋設設備及び覆土の各バリア材料並びに廃棄物埋設地周辺から採取した岩盤(鷹架層)を使用し、想定される環境条件(温度、pH、地下水組

成)及び放射性物質の化学形態を考慮した試験系で実測された分配係数を適用することを基本とする。最も可能性が高い設定における分配係数等の元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値を第 13 表に、最も厳しい設定における分配係数等の元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値を第 18 表に示す。

(c) 交換水量

廃棄物埋設地を通過した地下水中の放射性物質濃度は、その地下水が地表に流出した地点で、そこを流れる河川及び湖沼の表流水によって希釈される。廃棄物埋設地は二又川の流域にあり、希釈に寄与する交換水量となる表流水流量は二又川の河川流量に相当する。

河川流量は、降水量から蒸発散量を差し引いた河川流出高に流域面積を乗じて求める。降水量及び蒸発散量は、「a. 地質環境等の状態設定 (b) 気候変動に起因する事象」に示す気候変動に伴う将来の変化傾向を、流域面積は、「a. 地質環境等の状態設定 (c) プレート運動と気候変動の両者に起因する事象」に示す相対海水準の変動を考慮し設定する。最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定における表流水流量の値を第 2 表に示す。

g. 線量評価結果

廃止措置の開始後の評価における最も可能性が高い自然事象シナリオの線量の計算結果を第 21 表に示す。評価対象個人の最大線量は約 $8.8 \times 10^{-2} \mu \text{Sv/y}$ (3 号廃棄物埋設地)、約 $0.20 \mu \text{Sv/y}$ (1 号廃棄物埋設地) 及び約 $0.18 \mu \text{Sv/y}$ (2 号廃棄物埋設

地)である。

また、事業所内の各廃棄物埋設地の重畳を考慮しても最大線量は約 $0.46 \mu\text{Sv/y}$ であり、「許可基準規則解釈」に示されている線量の $10 \mu\text{Sv/y}$ を超えない。

廃止措置の開始後の評価における最も厳しい自然事象シナリオの線量の計算結果を第22表に示す。評価対象個人の最大線量は約 $3.8 \mu\text{Sv/y}$ (3号廃棄物埋設地)、約 $3.3 \mu\text{Sv/y}$ (1号廃棄物埋設地)及び約 $4.0 \mu\text{Sv/y}$ (2号廃棄物埋設地)である。

また、事業所内の各廃棄物埋設地の重畳を考慮しても最大線量は約 $11 \mu\text{Sv/y}$ であり、「許可基準規則解釈」に示されている線量の $300 \mu\text{Sv/y}$ を超えない。

なお、各廃棄物埋設地の重畳を考慮した最大線量は、各廃棄物埋設地の土地利用に伴う被ばくの重畳は考えられないが、水利用に伴う経路に比べて線量が低いこと及び線量が最大となる覆土完了後の時期がほぼ同じであることから、それぞれの最大線量を足し合わせている。

また、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を第23表に示す。バリア機能の一部が喪失した場合を仮定した評価における線量は、最も厳しい線量でも、線量拘束値⁽¹⁾である $300 \mu\text{Sv/y}$ に比べ十分に小さく、各バリアが有する機能については、その機能を構成する特性の一つに過度に依存していない。

2. 2 人為事象シナリオ

人為事象シナリオは、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て、典型的なもっともらしい様式化された人間侵入を考慮し、侵入者の受ける線量及びその他の公衆の受ける線量を評価する。

人為事象シナリオでは、敷地及びその周辺の一般的な土地利用では生じるとは考えられない廃棄物埋設地のバリアの損傷をもたらす人間活動を対象とし、廃棄物埋設地の偶発的な大規模掘削を行う建設業従事者及び掘削土壌上に居住する居住者が受ける線量を評価する。

居住者の受ける線量の評価に当たって、廃棄物埋設地のうち掘削による擾乱を受ける範囲の状態設定は、バリア機能の一部喪失を考慮するものとし、それ以外の状態設定は、人為事象シナリオが発生の可能性の小さい仮想的なシナリオであることから、過度な保守性を避けるため、最も可能性が高い自然事象シナリオと同様とする。

a. 地質環境等の状態設定

(a) 建設業従事者

建設業従事者の建設作業によって受ける線量の評価においては、地質環境等の状態は影響しない。

(b) 居住者

大規模掘削後の土地利用及び水利用に伴う居住者の受ける線量の評価においては、発生の可能性の小さい仮想的なシナリオであることから、過度な保守性を避けるため、地質環境等の状態は最も可能性が高い自然事象シナリオと同様とする。

b. 廃棄物埋設地の状態設定

(a) 建設業従事者

建設業従事者の評価においては、掘削深度の予測が困難であることから、大規模な掘削として、掘削される土壌に含まれる放射性物質の量が多く、保守的となるよう埋設設備底部まで掘削されるものと想定する。また、廃棄物埋設地内の放射性物質の残存量を現実的に設定することが困難であることから、保守的となるよう掘削が生じるまでの期間に放射性物質の漏出が生じないものと想定し、減衰のみを考慮する。

(b) 居住者

居住者の評価においては、大規模な掘削に伴い、廃棄物埋設地の物理的バリア機能である難透水性覆土及び下部覆土の低透水性の機能が周辺土壌程度まで低下するものとし、化学的バリア機能である各バリアの収着性の機能には影響が生じないものと設定する。大規模な掘削に伴うバリア機能喪失の範囲は、掘削範囲と難透水性覆土の施工範囲を考慮して設定する。

c. 生活環境の状態設定

廃棄物埋設地の大規模な掘削を行う建設業従事者と掘削後の土地利用を行う居住者を線量の評価対象とする。

(a) 建設業従事者

建設業従事者については、自然事象シナリオと同様に放射性物質を含む土壌に接近する掘削作業を設定する。ただし、自然事象シナリオで考慮するその他の人間活動による

被ばくは考慮しない。

よって、建設業従事者は、廃棄物埋設地以外に居住する人を対象として、**一般的な市場に流通した廃棄物埋設地に起因する放射性物質を含まない**食品を摂取すると想定する。

(b) 居住者

居住者については、廃棄物埋設地の大規模な掘削後の土地利用として、掘削に伴うバリア機能喪失後の廃棄物埋設地からの地下水移行によって生じる被ばくに関する人間活動(最も可能性が高い自然事象シナリオの水利用と同じ)も考慮する。

よって、居住者は、大規模な掘削後の廃棄物埋設地に居住する人を対象として、家庭菜園により生産される農産物及び市場に流通した食品を摂取すると想定する。

d. 放射性物質の移行挙動及び被ばく経路

廃棄物埋設地の大規模な掘削に伴い、放射性物質は埋設設備、覆土、岩盤(鷹架層)及び周辺土壌と混合した土壌に移行する。また、大規模な掘削による擾乱を受けた後の地下水による沢及び尾駁沼への放射性物質の移行は、自然事象シナリオと同様とする。

このような放射性物質の移行挙動を踏まえ、人為事象シナリオの線量の評価対象とする被ばく経路を以下のとおり設定する。

(a) 建設業従事者

- ・ 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による外部被ばく及び内部被ばく

(b) 居住者

- ・ 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上での居住による外部被ばく
- ・ 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上で生産される農耕農産物(家庭菜園を含む)の摂取による内部被ばく
- ・ 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による覆土の低透水性機能喪失後の廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が移行する尾駸沼の水産物の摂取による内部被ばく
- ・ 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による覆土の低透水性機能喪失後の廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が移行する沢の利用によって生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく

e. 線量評価モデル

人為事象シナリオにおける評価モデルとし、評価の対象となる領域における放射性物質の移行に関する評価モデル及び被ばく経路に対応した線量を計算するための生活環境における被ばくに関する評価モデルを以下に示す。

(a) 放射性物質の移行に関する評価モデル

(一) 建設作業における土壌中の放射性物質濃度

地下数階を有する建物の建設作業において、掘削された埋設設備を含む土壌中の核種 i の濃度は(24)式及び(25)式を用いて計算する。

なお、土壌中の核種 i の濃度の計算において、建設

作業が生じるまでの期間に廃棄物埋設地からの核種の漏出は考慮しない。

$$C_d(t, i) = \frac{A(t, i)}{V_w \cdot (1 - \varepsilon_s) \cdot \rho_s} \cdot G_p \quad \dots (24)$$

$$\frac{dA(t, i)}{dt} = -\lambda(i)A(t, i) + \lambda(i)A(t, i + 1) \quad \dots (25)$$

$C_d(t, i)$: 土壌中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)

$A(t, i)$: 時刻*t*における核種*i*の総放射エネルギー (Bq);

$$A(0, i) = A_0(i)$$

V_w : 廃棄体の総体積 (m³)

ε_s : 土壌の間隙率 (-)

ρ_s : 土壌の粒子密度 (kg/m³)

G_p : 土壌の希釈係数 (-)

(二) 建設作業後の廃棄物埋設地からの地下水による放射性物質の移行

(ア) 埋設設備及び難透水性覆土内の地下水中の移行

埋設設備及び難透水性覆土内の地下水中の核種*i*の濃度は(4)式～(6)式を用いて計算する。

(イ) 上部覆土内地下水中の移行

上部覆土内地下水中の核種*i*の濃度は、(7)式を用いて計算する。

(ウ) 鷹架層内地下水中の移行

鷹架層内地下水中の核種*i*の濃度は、(8)式を用いて計算する。

(エ) 尾駁沼水中又は沢水中の放射性物質の濃度

尾駁沼水中又は沢水中の核種*i*の濃度は、(9)式を用いて計算する。

(オ) 沢水を利用する灌漑土壌中の放射性物質の濃度

沢水を利用する灌漑土壌中の核種*i*の濃度は、(10)式を用いて計算する。

(b) 生活環境における被ばくに関する評価モデル

(一) 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による外部被ばく及び内部被ばく

廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業により外部被ばく及び内部被ばくする場合の線量は、それぞれ(17)式及び(18)式を用いて計算する。ただし、土壌中の核種 i の濃度 $C_{soil}(t, i)$ を $C_d(t, i)$ に置き換える。

(二) 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上での居住による外部被ばく

廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上での居住により外部被ばくする場合の線量は、(19)式を用いて計算する。ただし、土壌中の核種 i の濃度 $C_{soil}(t, i)$ を $C_d(t, i)$ に置き換える。

(三) 廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上で生産される農耕農産物(家庭菜園を含む)の摂取による内部被ばく

廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌を利用して生産される農耕農産物(家庭菜園を含む)の摂取により内部被ばくする場合の線量は、(22)式及び(23)式を用いて計算する。ただし、土壌中の核種 i の濃度 $C_{soil}(t, i)$ を $C_d(t, i)$ に置き換える。

(四) 尾駁沼の水産物の摂取による内部被ばく

尾駁沼の水産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は、(12)式を用いて計算する。

(五) 沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく

沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取により内部被ばくする場合の線量は、(13)式及び(14)式を用いて計算する。

f. 線量評価パラメータ

放射性物質の移行評価とそ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を第 24 表に示す。

人為事象シナリオは、発生の可能性の小さい仮想的なシナリオであることから、過度な保守性を避けるため、第 24 表に示す線量評価パラメータ以外は、最も可能性が高い自然事象シナリオと同じ値を用いる。埋設設備から上部覆土への流出水量及び埋設設備から鷹架層への流出水量は、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性の機能が周辺土壌程度まで低下するものとして設定する。

g. 線量評価結果

廃止措置の開始後の評価における人為事象シナリオの線量の計算結果を第 25 表に示す。

廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による建設業従事者の線量は、約 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/y}$ (3 号廃棄物埋設地)、約 $2.0 \times 10^{-3} \text{mSv/y}$ (1 号廃棄物埋設地) 及び約 $5.8 \times 10^{-3} \text{mSv/y}$ (2 号廃棄物埋設地) である。

また、廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壤上に居住する居住者の線量は約 $1.9 \times 10^{-2} \text{mSv/y}$ (3号廃棄物埋設地)、約 $4.4 \times 10^{-2} \text{mSv/y}$ (1号廃棄物埋設地) 及び約 $3.7 \times 10^{-2} \text{mSv/y}$ (2号廃棄物埋設地) であり、「許可基準規則解釈」に示されている線量の 1mSv/y を超えない。

参考文献

- (1) International Commission on Radiological Protection(1998): Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste, ICRP Publication 81
- (2) International Commission on Radiological Protection(2006): Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process, ICRP Publication 101
- (3) 社団法人 土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008): 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方
- (4) 高橋雅紀(2004): 日本列島のE-W短縮テクトニクスの原因とその開始時期、日本地震学会 2004年秋季大会講演予稿集、B048
- (5) 吉田武義、中島淳一、長谷川昭、佐藤比呂志、長橋良隆、木村純一、田中明子、Prima, O. D. A.、大口健志(2005): 後期新生代、東北本州弧における火成活動史と地殻・マントル構造、第四紀研究
- (6) 産業技術総合研究所(2012): 地質・気候関連事象の時間スケールに対する不確実性の検討、独立行政法人産業技術総合研究所 深部地質環境研究コア
- (7) 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

- (8) 小池一之、町田洋編(2001)：日本の海成段丘アトラス、東京大学出版会
- (9) EPICA community members(2004)：Eight glacial cycles from an Antarctic ice core, NATURE, 429
- (10) IPCC(2007)：Climate Change 2007: SYNTHESIS REPORT, A Report of the Intergovernmental Panel Climate Change
- (11) Ayako Abe-Ouchi, Fuyuki Saito, Kenji Kawamura, Maureen E. Raymo, Jun'ichi Okuno, Kunio Takahashi, Heinz Blatter. (2016)：Isolation-driven 100,000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume, Nature, vol.500, p.190-194
- (12) ANDRA(2005)：Phenomenological evolution of a geological repository
- (13) Yamanaka, M., Ishikawa, S. and Sugawara, K. (1990)：PALYNOLOGICAL STUDIES OF QUATERNARY SEDIMENTS, IN NORTHEAST JAPAN, VII. SHIRIYA-ZAKI MOOR IN SHIMOKITA PENINSULA, ECOLOGICAL REVIEW, 22, 1
- (14) 松末和之、藤原治、末吉哲雄(2000)：日本列島における最終氷期最寒冷期の気候、サイクル機構技報、vol.6
- (15) Nakagawa, T., Tarasova, P.E., Nishida, K., Gotanda, K. and Yasuda, Y. (2002)：Quantitative pollen-based climate reconstruction in central Japan: application to surface and Late Quaternary spectra
- (16) 登坂博行(2006)：地圏の水環境科学、東京大学出版会
- (17) L. Labeyrie, J. Cole, K. Alverson and T. Stocker(2003)：The

- History of Climate Dynamics in the Late Quaternary, Paleoclimate, Global Change and the Future, p.33-71.
- (18) IPCC(2013) : Climate Change 2013:The Physical Science Basis, AR5, WG I, 第5次評価報告書第1作業部会報告書－技術要約－、気象庁翻訳(2013)
- (19) C.W.Thornthwaite(1948): An Approach toward a Rational Classification of Climate , Geographical Review Vol. 38, No. 1 (Jan., 1948), pp. 55-94
- (20) 亀井翼(2013) : モグラによる遺物の埋没と埋没後擾乱-茨城県稲敷郡美浦村陸平貝塚を対象として-、第四紀研究、Vol.52、No.1、pp.1-12
- (21) 一般社団法人 日本原子力学会(2018) : 日本原子力学会標準浅地中処分の安全評価手法 : 2016
- (22) 社団法人 土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2009) : 余裕深度処分における地下施設的设计, 品質管理および検査の考え方
- (23) 社団法人 土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008) : 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方
- (24) Nuclear Energy Agency(2000): Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste: An International Database
- (25) Nuclear Energy Agency(2006): The NEA International FEP Database: Version2.1

- (26) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会(平成 15 年) : 廃棄物安全小委員会報告書－高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて－
- (27) International Atomic Energy Agency(2004): Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, Results of a co-ordinated research project
- (28) 一般社団法人 日本機械学会(2014) : 発電用原子力設備規格
コンクリート製原子炉格納容器規格
- (29) 一般社団法人 日本建築学会(2013) : 原子力施設鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説、pp. 76～77
- (30) 横山信吾、佐藤努、大谷祐介、高山英樹、中村邦彦、田中幸久、廣永道彦(平成 19 年) : 低レベル放射性廃棄物処分施設における人工バリアの耐久性評価、-アルカリ環境下でのベントナイト系材料中のモンモリロナイト溶解に関する研究-、電力中央研究所研究報告、N07006
- (31) 公益財団法人 土木学会(平成 25 年) : 2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編]、pp. 91-98
- (32) 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(2016) : 充填固化体の標準的な製作方法
- (33) 三菱マテリアル株式会社・日揮株式会社・大成建設株式会社・清水建設株式会社、鹿島建設株式会社(平成 9 年) : 六ヶ所 2 号廃棄物埋設施設に関するガスの透気評価

- (34) 藤山哲雄、田中幸久、廣永道彦、森敦史(平成 20 年) : ベントナイト・セメント系材料のガス移行評価に関する文献調査、電力中央研究所 調査報告、N07021
- (35) 田中幸久、廣永道彦(平成 26 年) : 飽和した Ca 型ベントナイト混合土のガス移行特性評価、電力中央研究所報告、N13011
- (36) 前田宗宏、棚井憲治、伊藤勝、三原守弘、田中益弘(1998) : カルシウム型化及びカルシウム型ベントナイトの基本特性－膨潤圧、透水係数、一軸圧縮強度及び弾性係数－、PNC TN8410 98-021
- (37) 下水道地震対策技術検討委員会(平成 20 年) : 下水道地震対策技術検討委員会報告書 能登半島地震・新潟県中越沖地震の総括と耐震対策の評価および下水道の担うべき機能を継続的に確保する方法の考え方
- (38) 社団法人 地盤工学会(2009) : 地盤材料試験の方法と解説
- (39) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構(平成 17 年) : TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－
- (40) 金子昌章、三浦律彦、藤原愛、山本正史(平成 16 年) : 還元性環境での金属腐食に起因するガス発生量評価、原環センター技術報告書、RWMC-TRJ-03001
- (41) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構(2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－根拠資料集 分冊 3 FEP
- (42) 日本原子力研究所(1989) : 低レベル放射性廃棄物固化体の長期浸出試験

- (43) 宮脇健太郎、鈴木泰博、本山光志(2018) : アスファルト固化体からの環境影響物質の長期浸出挙動と浸出機構、廃棄物資源循環学会論文誌 Vol. 29、pp. 127-138
- (44) MARTIN A. GLAUS AND LUC R. VAN LOON(2008): Degradation of Cellulose under Alkaline Conditions: New Insights from a 12 Years Degradation Study, Environ. Sci. Technol. 42, 2906-2911
- (45) 日本エヌ・ユー・エス株式会社(1988) : 六ヶ所村周辺の社会環境実態調査結果報告書
- (46) 青森県健康福祉部保健衛生課(2020) : 平成 30 年度版 青森県の水道
- (47) 青森県(平成 19 年) : 新むつ小川原開発基本計画素案に係る環境影響評価書
- (48) 六ヶ所村(平成 31 年) : 平成 30 年度版 六ヶ所村統計書
- (49) 総務省統計局(2016) : 平成 27 年 国勢調査
- (50) 気象庁(1981~2010) : 過去の気象データ検索、
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- (51) 気象庁(1981~2010) : 世界の地点別年平均値、
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/climatview/frame.php>
- (52) International Commission on Radiological Protection(2008) : Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations, ICRP Publication 107
- (53) International Commission on Radiological Protection(1996) : Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of

Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 72

- (54) Yukio SAKAMOTO and Shun-ichi TANAKA(1990): QAD-CGGP2 AND G33-GP2: REVISED VERSIONS OF QAD-CGGP AND G33-GP (CODES WITH THE CONVERSION FACTORS FROM EXPOSURE TO AMBIENT AND MAXIMUM DOSE EQUIVALENTS), JAERI-M 90-110
- (55) 小山謹二、奥村芳弘、古田公人、宮坂駿一(1977) : 遮蔽材料の群定数 ; 中性子 100 群・ガンマ線 20 群・P5 近似、JAERI-M-6928
- (56) 財団法人 原子力環境整備センター、株式会社東芝、日揮株式会社、株式会社日立製作所、三菱金属株式会社、三菱重工業株式会社(平成 2 年) : 各種バリア材の分配係数について
- (57) 財団法人 原子力環境整備センター、日揮株式会社、三菱重工業株式会社(平成 8 年) : 固体状廃棄物の C-14 分配係数について
- (58) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY(1987): EXEMPTION OF RADIATION SOURCES AND PRACTICES FROM REGULATORY CONTROL, IAEA-TECDOC-401
- (59) 社団法人 日本原子力学会 2010 年春の年会 : 塩素の土壌－農作物移行係数
- (60) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY(1994): Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, TECHNICAL REPORTS SERIES No. 364
- (61) International Atomic Energy Agency(2005): Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Reports Series No.44

- (62) International Atomic Energy Agency(2001): Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No.19
- (63) International Atomic Energy Agency(2010): Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, Technical Reports Series No.472
- (64) International Atomic Energy Agency(2004): Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, Technical Reports Series No.422
- (65) Stanley E. Thompson, C. Ann Burton, Dorothy J. Quinn, Yook C. Ng(1972): CONCENTRATION FACTORS OF CHEMICAL ELEMENTS IN EDIBLE AQUATIC ORGANISMS, UCRL-50564 Rev.1
- (66) International Atomic Energy Agency(1982): Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides form Routine Releases, Exposures of Critical Groups, IAEA Safety Series No.57
- (67) National Council on Radiation Protection and Measurements(1999): RECOMMENDED SCREENING LIMITS FOR CONTAMINATED SURFACE SOIL AND REVIEW OF FACTORS RELEVANT TO SITE-SPECIFIC STUDIES, NCRP Report No.129
- (68) 土質工学会(1982) : 土質工学ハンドブック.1982年版
- (69) 財団法人 原子力環境整備センター(平成 10 年) : 低レベル放射性廃棄物処分用廃棄体製作技術について(各種固体状廃棄物)

- (70) 財団法人 環境科学技術研究所(平成 23 年) : 平成 22 年度 排出放射能環境分布調査報告書
- (71) 東北農政局青森農政事務所(平成 19 年) : 平成 18 年産 農作物統計
- (72) 東北農政局青森農政事務所(平成 19 年) : 平成 18 年 園芸作物統計
- (73) International Commission on Radiological Protection(2002): Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection : Reference Values, ICRP Publication 89
- (74) 総務省統計局(2010) : 日本の統計 2010
- (75) NHK 放送文化研究所(平成 18 年) : 日本人の生活時間・2005 NHK 国民生活時間調査
- (76) 総務省統計局(2008) : 平成 18 年 社会生活基本調査報告 第 7 巻 国民の生活時間・生活行動(解説編)(調査票 A)
- (77) 青森県企画部(昭和 56 年) : 青森県地下水調査報告書
- (78) 東北農政局青森統計情報事務局(昭和 52 年) : 農作物統計表
- (79) U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION(1977): Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR part 50, Appendix I, U.S.NRC Regulatory Guide 1.109 Rev. 1
- (80) Ward W.Engle, Jr. (1967): A USERS MANUAL FOR ANISN A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code With Anisotropic Scattering, K-1693

(81) Rohling et al. (1998): Magnitudes of sea-level lowstands of the past 500,000 years, NATURE, (394), pp.162-165

第1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

No.	地点名	国名	年平均気温(°C)	年降水量(mm/y)
1	OKHOTSK	RUSSIAN FED.	-3.7	475
2	VLADIVOSTOK	RUSSIAN FED.	5.0	837
3	ALEKSANDROVSK-SAKHALINSKII	RUSSIAN FED.	1.0	651
4	NIKOL' SKOJE (OSTROV BERINGA)	RUSSIAN FED.	2.8	693
5	稚内	JAPAN	6.8	1,063
6	網走	JAPAN	6.5	788
7	別海	JAPAN	5.4	1,135
8	根室	JAPAN	6.3	1,021
9	厚床	JAPAN	5.3	1,154
10	榑町	JAPAN	5.4	1,011
11	太田	JAPAN	5.5	1,170
12	白糠	JAPAN	5.5	1,090
13	釧路	JAPAN	6.2	1,043
14	池田	JAPAN	5.8	870
15	浦幌	JAPAN	6.2	976
16	糠内	JAPAN	5.0	1,026
17	大津	JAPAN	5.3	1,090
18	大樹	JAPAN	5.4	1,150
19	苫小牧	JAPAN	7.6	1,198
20	鵲川	JAPAN	6.8	989
21	室蘭	JAPAN	8.6	1,185
22	日高門別	JAPAN	7.2	956
23	静内	JAPAN	8.0	1,032
24	浦河	JAPAN	7.9	1,072
25	小田野沢	JAPAN	9.1	1,281
26	三沢	JAPAN	10.0	1,056
27	十和田	JAPAN	9.5	983
28	八戸	JAPAN	10.2	1,025
29	三戸	JAPAN	10.0	1,084
30	種市	JAPAN	9.4	1,198
31	鹿島台	JAPAN	11.2	1,138
32	石巻	JAPAN	11.6	1,067
33	仙台	JAPAN	12.4	1,254
34	亘理	JAPAN	12.2	1,274
35	相馬	JAPAN	12.3	1,373
36	六ヶ所	JAPAN	9.2	1,301

注1：気温及び年降水量は気象庁の発表⁽⁵⁰⁾⁽⁵¹⁾に基づき作成。

第2表 将来想定される気温、降水量、蒸発散量及び表流水流量

ケース	モデル化時期	気温(°C)	降水量 (mm/y)	蒸発散量 (mm/y)	表流水流量 (m ³)
最も可能性が高い設定	現在*1	9	1,120	580	1.3×10 ⁷
	1,000年後	8	1,070	560	1.2×10 ⁷
最も厳しい設定	現在*1	9	910	580	8.0×10 ⁶
	1,000年後	8	860	560	7.2×10 ⁶

*1：覆土完了時期までを表す(以降、第4表まで同様)。

第3表 将来の動水勾配

廃棄物埋設地	ケース	モデル化時期	動水勾配(%)
3号廃棄物埋設地	最も可能性が高い設定	現在～	5.0
	最も厳しい設定	1,000年後	8.0
1号廃棄物埋設地	最も可能性が高い設定	現在～	3.5
	最も厳しい設定	1,000年後	5.0
2号廃棄物埋設地	最も可能性が高い設定	現在～	5.5
	最も厳しい設定	1,000年後	5.5

第4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)

観測年	気温 (°C)	年降水量 (mm/年)	①可能蒸発散量 [ソーンズウェイト法] (mm/年)	河川流出高 (mm/年)	②実蒸発散量 [水収支式] (mm/年)	補正係数 ②÷①
2004年	10.1	1,546	640	784	762	1.19
2005年	8.7	1,468	601	930	538	0.89
2006年	8.9	1,380	603	843	537	0.89
2007年	9.8	1,565	624	884	681	1.09
2008年	9.4	1,198	620	706	492	0.79
2009年	9.4	1,507	614	869	638	1.04
2010年	9.8	1,437	637	999	438	0.69
2011年	9.4	1,366	624	724	642	1.03
平均	9.4	1,433	620	842	591	0.95

注1：気温及び年降水量は気象庁の発表⁽⁵⁰⁾⁽⁵¹⁾に基づき作成。

第5表 各構成部材に期待する機能

構成部材	移行抑制機能	移行抑制機能の内容
難透水性覆土、 下部覆土*1	低透水性	ベントナイト混合土を用いた難透水性覆土及び下部覆土に対して低透水性を期待することにより、廃棄物埋設地の通過流量(埋設設備への浸入水量並びに埋設設備上部及び生活環境への地下水の流出)を低減させる。
岩盤(鷹架層)		岩盤(鷹架層)の低透水性によって、廃棄物埋設地への地下水浸入量の低減を期待するとともに、生活環境までの移行遅延を期待する。
セメント系材料 (廃棄体固型化材、埋設設備)	収着性	セメント系材料、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性を期待することにより、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えい量を低減し、移行を遅延させる。 基本的に収着性が大きい方が移行抑制効果は大きいですが、土地(土壌)の利用が想定される場合は、上部覆土の収着性が小さい方が線量低減に寄与する。
難透水性覆土		
上部覆土		
岩盤(鷹架層)		

*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。

第6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

条件		設定	設定の考え方
ORP*1		【最も可能性が高い設定】 嫌气的条件	【最も可能性が高い設定】 埋設設備の設置深度近傍にて取得された溶存酸素濃度(0.2ppm未満)及びORP*1(-100mV以下)を参考に設定する。
		【最も厳しい設定】 嫌气的条件～好气的条件	【最も厳しい設定】 埋設設備中の溶存酸素の移行経路によっては、廃棄体容器及び金属廃棄物に供給されることが考えられる。また、廃棄物埋設地周辺の地下水に含まれる溶存酸素の供給量の変動した場合を考慮し、嫌气的条件～好气的条件を考慮する。
pH		【最も可能性が高い設定】 セメント系材料に生じる一般的な現象を考慮し、高いpHを設定	【最も可能性が高い設定】 状態変化の評価期間において、セメント系材料のカルシウムシリケート水和物が溶解することにより高いpHの状態(pH11以上)となることが考えられるため、これを考慮する。
		【最も厳しい設定】 上記に加え、セメント系材料からNa及びK成分が溶出した場合を考慮し、更に高いpHを設定	【最も厳しい設定】 セメント系材料のカルシウムシリケート水和物が溶解することに加え、Na及びK成分が溶出した場合、pHが更に高い状態に推移する。金属腐食では、pHが変化した場合、腐食膨張倍率の異なる腐食生成物が生成され、金属の膨張量が増加する可能性があることから、これを考慮する。
水温		【共通】 廃棄物埋設地周辺の水温を参考に設定	【共通】 埋設設備の設置深度近傍にて取得された水温(10℃～15℃程度)を参考に設定する。
代表とする金属種類	鉄	【最も可能性が高い設定】 Fe ₃ O ₄	【最も可能性が高い設定】 安定な結晶性の腐食生成物であることからFe ₃ O ₄ を設定する。
		【最も厳しい設定】 Fe(OH) ₂	【最も厳しい設定】 金属腐食に伴う膨張に大きく寄与するFe(OH) ₂ を設定する。
その他考慮する金属種類	アルミニウム ニッケル 銅 亜鉛	【最も可能性が高い設定】 ・Al(OH) ₃ ・Ni(OH) ₂ ・Cu ・Zn(OH) ₂	【最も可能性が高い設定】 金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する水酸化物を設定する。 ただし、銅に関しては、最も可能性が高い設定の環境条件下では腐食しないことから銅のままとして設定する。
		【最も厳しい設定】 ・Al(OH) ₃ ・Ni(OH) ₂ ・Cu(OH) ₂ ・Zn(OH) ₂	【最も厳しい設定】 金属腐食に伴う膨張に大きく寄与する水酸化物を一律設定する。

*1：酸化還元環境のうち、酸化還元電位を指す。

第7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

対象施設	条件	設定値	設定の考え方
1号、2号及び 3号廃棄物埋設地	腐食膨張 倍率	【最も可能性が高い設定】 3倍	【最も可能性が高い設定】 代表とする金属種類(鉄)の腐食生成物を Fe_3O_4 とし、その他考慮する金属種類の混入率を0wt%-50wt%の幅で設定し、金属が混合された状態での腐食膨張倍率を評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は3倍以下であることから、3倍と設定する。
		【最も厳しい設定】 4倍	【最も厳しい設定】 環境条件の変動を考慮し、設定した代表とする金属種類並びに非晶質の水酸化物を設定したその他考慮する金属種類の混入率を0wt%~50wt%の幅で評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は4倍以下であることから、4倍と設定する。
	腐食速度	【最も可能性が高い設定】 0.1 μ m/y	【最も可能性が高い設定】 腐食速度の測定手法に内在する測定誤差を考慮し、値を設定する。
		【最も厳しい設定】 腐食速度を設定せず金属の全量が瞬時に腐食すると設定	【最も厳しい設定】 腐食膨張量は、金属腐食を評価する上で必要となる環境条件による腐食速度に依存するが、局部腐食(孔食)や異種金属接触腐食、環境条件の変動に係る不確実性を考慮する。よって、廃止措置の開始後の状態変化の評価期間(1,000年後)においては、腐食形態に係らず全量が瞬時に腐食すると設定する。
1号廃棄物埋設地	膨張 倍率	【最も可能性が高い設定】 1.0倍 (変化なし)	【最も可能性が高い設定】 可溶性塩と埋設設備の反応による埋設設備の膨張は、二次鉱物の生成に必要となる原料(他の鉱物)の消費に伴う空隙の増加又は他の鉱物の溶出による影響を考慮し、埋設設備の体積に変化が生じないものとして設定する。
		【最も厳しい設定】 1.1倍	【最も厳しい設定】 セメント系材料の固相変化による膨張倍率の計算結果を踏まえて設定する。

第8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

対象施設 (対象廃棄物)		変形 形態	力学的変形(1,000年後)	
			最も可能性が高い設定	最も厳しい設定
3号及び2号 廃棄物埋設地 (充填固化体)		膨張	<ul style="list-style-type: none"> 難透水性覆土 隅角部の厚さが1m以上残 る状態 (開口無し) 下部覆土 破断や厚さの変化が生じ ない状態 	<ul style="list-style-type: none"> 難透水性覆土 隅角部に約2mの開口が生 じる状態 下部覆土 破断や厚さの変化が生じ ない状態
1号 廃棄物 埋設地	(充填 固化体)	膨張	<ul style="list-style-type: none"> 難透水性覆土 隅角部の厚さが1m以上残 る状態 (開口無し) 下部覆土 破断や厚さの変化が生じ ない状態 	<ul style="list-style-type: none"> 難透水性覆土 隅角部の厚さがほぼ残ら ない状態 (開口無し) 下部覆土 破断や厚さの変化が生じ ない状態
	(均質・均一固 化体)	陥没	<ul style="list-style-type: none"> 難透水性覆土/下部覆土 共通 破断や厚さの変化が生じ ない状態 	<ul style="list-style-type: none"> 難透水性覆土/下部覆土 共通 破断や厚さの変化が生じ ない状態

第9表 難透水性覆土の透水係数の化学的影響の評価結果

評価期間	透水係数(m/s)					
	3号廃棄物埋設地		1号廃棄物埋設地		2号廃棄物埋設地	
	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定
0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
1,000年後	1.01×10^{-10}	1.02×10^{-10}	1.42×10^{-10}	1.84×10^{-10}	1.01×10^{-10}	1.02×10^{-10}

第10表 難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数

廃棄物埋設地	透水係数(m/s) (評価期間: 1,000年後)	
	最も可能性が高い設定	最も厳しい設定
3号廃棄物埋設地	2.0×10^{-10}	1.5×10^{-8}
1号廃棄物埋設地	2.5×10^{-9}	3.0×10^{-9}
2号廃棄物埋設地	2.0×10^{-10}	1.5×10^{-8}

第 11 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)

核種		3号廃棄物埋設地 総放射エネルギー(Bq)
H-3		1.5×10^{13}
C-14		2.0×10^{12}
Co-60		1.5×10^{14}
Ni-59		5.0×10^{10}
Ni-63		5.5×10^{12}
Sr-90		6.7×10^{11}
Nb-94		8.1×10^9
Tc-99		7.4×10^7
I-129		8.3×10^6
Cs-137		7.3×10^{11}
全 α *1	U-234	2.3×10^8
	U-235	7.6×10^6
	Np-237	8.1×10^7
	Pu-238	9.0×10^{10}
	Pu-239	3.9×10^{10}
	Pu-240	3.5×10^{10}
	Am-241	3.2×10^{11}

*1: 各 α 核種の全 α に占める放射エネルギーの割合の経年変化を、炉型、燃焼度ごとに算定し、その最大値を考慮して、線量の計算に用いる総放射エネルギーを設定する。

第 11 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(2/3)

核種		1号廃棄物埋設地 総放射エネルギー(Bq)			
		1群から6群	7,8群	8群	
			充填固化体	均質・均一 固化体	セメント破砕物 充填固化体
H-3		9.2×10^{13}	1.5×10^{12}	3.1×10^{12}	3.1×10^{12}
C-14		2.5×10^{12}	1.9×10^{11}	8.4×10^{10}	8.4×10^{10}
Cl-36		2.8×10^{10}	2.3×10^5	9.2×10^8	9.2×10^8
Co-60		8.3×10^{14}	1.5×10^{13}	2.8×10^{13}	2.8×10^{13}
Ni-59		2.6×10^{12}	4.9×10^9	8.7×10^{10}	8.7×10^{10}
Ni-63		3.3×10^{14}	5.4×10^{11}	1.1×10^{13}	1.1×10^{13}
Sr-90		5.0×10^{12}	6.5×10^{10}	1.7×10^{11}	1.7×10^{11}
Nb-94		2.5×10^{10}	7.9×10^8	8.3×10^8	8.3×10^8
Tc-99		5.6×10^9	7.2×10^6	1.9×10^8	1.9×10^8
I-129		8.3×10^7	8.1×10^5	2.8×10^6	2.8×10^6
Cs-137		3.1×10^{13}	7.1×10^{10}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
全 α *1	U-234	1.7×10^8	2.3×10^7	5.7×10^6	5.7×10^6
	U-235	5.6×10^6	7.6×10^5	1.9×10^5	1.9×10^5
	Np-237	6.0×10^7	8.1×10^6	2.0×10^6	2.0×10^6
	Pu-238	6.6×10^{10}	9.0×10^9	2.3×10^9	2.3×10^9
	Pu-239	2.9×10^{10}	3.9×10^9	9.9×10^8	9.9×10^8
	Pu-240	2.6×10^{10}	3.5×10^9	8.7×10^8	8.7×10^8
	Am-241	2.4×10^{11}	3.2×10^{10}	8.1×10^9	8.1×10^9

*1：各 α 核種の全 α に占める放射エネルギーの割合の経年変化を、炉型、燃焼度ごとに算定し、その最大値を考慮して、線量の計算に用いる総放射エネルギーを設定する。

第 11 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(3/3)

核種		2号廃棄物埋設地 総放射エネルギー(Bq)
H-3		1.2×10^{14}
C-14		3.3×10^{12}
Co-60		1.1×10^{15}
Ni-59		3.4×10^{12}
Ni-63		4.4×10^{14}
Sr-90		6.6×10^{12}
Nb-94		3.3×10^{10}
Tc-99		7.4×10^9
I-129		1.1×10^8
Cs-137		4.0×10^{13}
全 α *1	U-234	2.3×10^8
	U-235	7.6×10^6
	Np-237	8.1×10^7
	Pu-238	9.0×10^{10}
	Pu-239	3.9×10^{10}
	Pu-240	3.5×10^{10}
	Am-241	3.2×10^{11}

*1: 各 α 核種の全 α に占める放射エネルギーの割合の経年変化を、炉型、燃焼度ごとに算定し、その最大値を考慮して、線量の計算に用いる総放射エネルギーを設定する。

第 12 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)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考	
$T_{1/2}(i)$	核種 <i>i</i> の半減期 (y)	H-3	1.23×10^1	参考文献(52)
		C-14	5.70×10^3	
		Cl-36	3.01×10^5	
		Co-60	5.27×10^0	
		Ni-59	1.01×10^5	
		Ni-63	1.00×10^2	
		Sr-90	2.88×10^1	
		Nb-94	2.03×10^4	
		Tc-99	2.11×10^5	
		I-129	1.57×10^7	
		Cs-137	3.02×10^1	
		Pb-210	2.22×10^1	
		Po-210	3.79×10^{-1}	
		Ra-226	1.60×10^3	
		Ac-227	2.18×10^1	
		Th-229	7.34×10^3	
		Th-230	7.54×10^4	
		Pa-231	3.28×10^4	
		U-233	1.59×10^5	
		U-234	2.46×10^5	
		U-235	7.04×10^8	
Np-237	2.14×10^6			
Pu-238	8.77×10^1			
Pu-239	2.41×10^4			
Pu-240	6.56×10^3			
Am-241	4.32×10^2			
$DCF_{inh}(i)$	核種 <i>i</i> の吸入摂取 による線量換算 係数 (Sv/Bq)	H-3	4.5×10^{-11}	参考文献(53)
		C-14	2.0×10^{-9}	
		Cl-36	7.3×10^{-9}	
		Co-60	1.0×10^{-8}	
		Ni-59	1.3×10^{-10}	
		Ni-63	4.8×10^{-10}	
		Sr-90	3.8×10^{-8}	
		Nb-94	1.1×10^{-8}	
		Tc-99	4.0×10^{-9}	
		I-129	3.6×10^{-8}	
		Cs-137	4.6×10^{-9}	
		Pb-210	1.2×10^{-6}	
		Po-210	3.3×10^{-6}	
		Ra-226	3.6×10^{-6}	
		Ac-227	5.7×10^{-4}	
		Th-229	8.6×10^{-5}	
		Th-230	1.4×10^{-5}	
		Pa-231	1.4×10^{-4}	
		U-233	3.6×10^{-6}	
		U-234	3.5×10^{-6}	
		U-235	3.1×10^{-6}	
Np-237	2.3×10^{-5}			
Pu-238	4.6×10^{-5}			
Pu-239	5.0×10^{-5}			
Pu-240	5.0×10^{-5}			
Am-241	4.2×10^{-5}			

第12表 核種に依存する線量評価パラメータ及びその数値(2/2)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考	
$DCF_{ing}(i)$	核種 <i>i</i> の経口摂取による線量換算係数 (Sv/Bq)	H-3	4.2×10^{-11}	参考文献(53)
		C-14	5.8×10^{-10}	
		Cl-36	9.3×10^{-10}	
		Co-60	3.4×10^{-9}	
		Ni-59	6.3×10^{-11}	
		Ni-63	1.5×10^{-10}	
		Sr-90	3.1×10^{-8}	
		Nb-94	1.7×10^{-9}	
		Tc-99	6.4×10^{-10}	
		I-129	1.1×10^{-7}	
		Cs-137	1.3×10^{-8}	
		Pb-210	6.9×10^{-7}	
		Po-210	1.2×10^{-6}	
		Ra-226	2.8×10^{-7}	
		Ac-227	1.2×10^{-6}	
		Th-229	6.1×10^{-7}	
		Th-230	2.1×10^{-7}	
		Pa-231	7.1×10^{-7}	
		U-233	5.1×10^{-8}	
		U-234	4.9×10^{-8}	
		U-235	4.7×10^{-8}	
		Np-237	1.1×10^{-7}	
		Pu-238	2.3×10^{-7}	
Pu-239	2.5×10^{-7}			
Pu-240	2.5×10^{-7}			
Am-241	2.0×10^{-7}			
$DCF_{ext}(i)^{*1}$	核種 <i>i</i> の外部放射線に係る線量換算係数 (Sv/h)/(Bq/kg)	H-3	2.2×10^{-20}	
		C-14	7.0×10^{-16}	
		Cl-36	1.3×10^{-13}	
		Co-60	7.3×10^{-10}	
		Ni-59	4.9×10^{-15}	
		Ni-63	1.1×10^{-17}	
		Sr-90	1.7×10^{-12}	
		Nb-94	4.7×10^{-10}	
		Tc-99	5.2×10^{-15}	
		I-129	7.2×10^{-13}	
		Cs-137	1.7×10^{-10}	
		Pb-210	4.0×10^{-13}	
		Po-210	2.5×10^{-15}	
		Ra-226	5.0×10^{-10}	
		Ac-227	1.2×10^{-10}	
		Th-229	9.3×10^{-11}	
		Th-230	9.0×10^{-14}	
		Pa-231	1.1×10^{-11}	
		U-233	8.5×10^{-14}	
		U-234	2.7×10^{-14}	
		U-235	5.1×10^{-11}	
		Np-237	6.7×10^{-11}	
		Pu-238	6.6×10^{-15}	
Pu-239	1.5×10^{-14}			
Pu-240	7.1×10^{-15}			
Am-241	3.5×10^{-12}			

*1：外部放射線に係る線量換算係数については、点減衰核積分コード(QAD)⁽⁵⁴⁾を用いて計算した。計算モデルは、地表からの被ばくを近似するため、直径200m、厚さ2mの円板状線源を想定し、その中央表面から距

離 1m の地点を評価点とした。地表の組成は JAERI-M6928⁽⁶⁵⁾ の普通コンクリートを用いた。なお、外部放射線に係る線量換算係数では、短半減期の子孫核種の影響を考慮している。

第 13 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)

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地			備考	
		セメント系 充填材 (廃棄体)	セメント系 充填材 (埋設設備)	コンク リート		
$Kd(i, j)^{*1}$	埋設設備内の媒体 j の核種 i の分配係 数 (m^3/kg)	H	0	0	参考文献 (56) (57)	
		C	5×10^{-2}	5×10^{-2}		5×10^{-2}
		Co	2×10^{-1}	2×10^{-1}		3×10^{-3}
		Ni	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Sr	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-3}
		Nb	2×10^0	2×10^0		6×10^{-1}
		Tc	2×10^{-4}	2×10^{-4}		0
		I	1×10^{-4}	1×10^{-4}		3×10^{-4}
		Cs	1×10^{-1}	1×10^{-1}		2×10^{-2}
		Pb	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Po	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Ra	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-3}
		Ac	1×10^{-1}	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Th	4×10^{-1}	4×10^{-1}		1×10^{-1}
		Pa	4×10^{-1}	4×10^{-1}		1×10^{-1}
		U	0	0		0
		Np	0	0		7×10^{-3}
		Pu	4×10^{-1}	4×10^{-1}		1×10^{-1}
Am	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}			
$Kd_b(i)^{*2}$	難透水性覆土の核 種 i の分配係数 (m^3/kg)	H		0	参考文献 (56) (57)	
		C		0		
		Co		3×10^{-3}		
		Ni		7×10^{-2}		
		Sr		1×10^{-1}		
		Nb		5×10^{-1}		
		Tc		0		
		I		0		
		Cs		1×10^0		
		Pb		7×10^{-2}		
		Po		7×10^{-2}		
		Ra		1×10^{-1}		
		Ac		6×10^0		
		Th		3×10^{-2}		
		Pa		3×10^{-2}		
		U		9×10^{-3}		
		Np		0		
		Pu		3×10^{-2}		
Am		6×10^0				

*1 : C 以外の元素については解析、試験結果及び文献から、各媒体の溶脱影響及び間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取得した分配係数及び文献から設定する。C については試験結果⁽⁵⁷⁾から設定する。

*2 : C 以外の元素については試験結果から間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取得した分配係数から設定する。C については $0m^3/kg$ とする。

第13表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(2/10)

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地		備考
$Kd_c(i)$	上部覆土の核種 <i>i</i> の 分配係数 (m ³ /kg)	H	0	参考文献 (56) (57)
		C	1×10 ⁻⁴	
		Co	1×10 ⁻¹	
		Ni	1×10 ⁻¹	
		Sr	1×10 ⁻¹	
		Nb	2×10 ⁻²	
		Tc	0	
		I	0	
		Cs	9×10 ⁻¹	
		Pb	1×10 ⁻¹	
		Po	1×10 ⁻¹	
		Ra	1×10 ⁻¹	
		Ac	1×10 ⁻¹	
		Th	2×10 ⁻²	
		Pa	2×10 ⁻²	
		U	1×10 ⁻³	
		Np	9×10 ⁻⁴	
Pu	2×10 ⁻²			
Am	1×10 ⁻¹			
$Kd_g(i)^{*1}$	鷹架層の核種 <i>i</i> の 分配係数 (m ³ /kg)	H	0	参考文献 (56) (57)
		C	1×10 ⁻⁴	
		Co	1×10 ⁻¹	
		Ni	1×10 ⁻¹	
		Sr	1×10 ⁻¹	
		Nb	2×10 ⁻²	
		Tc	0	
		I	0	
		Cs	9×10 ⁻¹	
		Pb	1×10 ⁻¹	
		Po	1×10 ⁻¹	
		Ra	1×10 ⁻¹	
		Ac	1×10 ⁻¹	
		Th	2×10 ⁻²	
		Pa	2×10 ⁻²	
		U	1×10 ⁻³	
		Np	9×10 ⁻⁴	
Pu	2×10 ⁻²			
Am	1×10 ⁻¹			

*1 : C 以外の元素については収着性に与える有機物影響の範囲が限定的であることから考慮せず、当社が実施した試験により取得した分配係数から設定する。Cについては無機形態の1×10⁻⁴m³/kgと設定する。

第 13 表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(3/10)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考	
$Kd_{ir}(i)$	灌漑土壌の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	H	0	参考文献(58)
		C	2.0×10^{-3}	
		Cl	1.5×10^{-3}	参考文献(59)
		Co	9.9×10^{-1}	
		Ni	1.1×10^0	参考文献(60)
		Sr	1.5×10^{-1}	
		Nb	2.0×10^0	
		Tc	1.5×10^{-3}	
		I	2.7×10^{-2}	
		Cs	2.7×10^{-1}	
		Pb	2.2×10^1	
		Po	6.6×10^0	
		Ra	2.4×10^0	
		Ac	5.4×10^0	
		Th	8.9×10^1	
		Pa	6.6×10^0	
		U	4.0×10^{-1}	
Np	1.2×10^0			
Pu	1.8×10^0			
Am	1.1×10^2			
$Kd_d(i)$	廃棄物埋設地の土壌の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	上部覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 $Kd_c(i)$ と同じ数値とする。		

第13表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(4/10)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考		
$CF_{aq}(i,m)^{*1}$	水産物 m における 核種 i の濃縮係数 (m^3/kg)	魚類			
		H	1.0×10^{-3}	参考文献(61)	
		C	8.4×10^0		
		Cl	1.0×10^0	参考文献(61)	
		Co	1.0×10^0	参考文献(62)	
		Ni	1.0×10^0		
		Sr	1.9×10^{-1}	参考文献(63)	
		Nb	3.0×10^{-1}	参考文献(62)	
		Tc	3.0×10^{-2}		
		I	6.5×10^{-1}	参考文献(63)	
		Cs	1.0×10^1	参考文献(62)	
		Pb	3.7×10^{-1}	参考文献(63)	
		Po	2.0×10^0	参考文献(62)	
		Ra	5.0×10^{-1}		
		Ac	5.0×10^{-2}		
		Th	6.0×10^{-1}		
		Pa	5.0×10^{-2}		
		U	1.0×10^{-2}		
		Np	3.0×10^{-2}		
		Pu	4.0×10^{-2}		
		Am	2.4×10^{-1}	参考文献(63)	
				無脊椎動物	
		H	1.0×10^{-3}	参考文献(64)	
		C	9.1×10^0	参考文献(65)	
		Cl	1.6×10^{-1}		
		Co	1.0×10^1	参考文献(66)	
		Ni	2.0×10^0	参考文献(62)	
		Sr	3.0×10^{-1}	参考文献(66)	
		Nb	1.0×10^0	参考文献(62)	
		Tc	1.0×10^0		
		I	4.0×10^{-1}	参考文献(66)	
		Cs	1.0×10^0		
		Pb	1.0×10^0	参考文献(62)	
		Po	5.0×10^1		
Ra	1.0×10^0				
Ac	1.0×10^0				
Th	2.9×10^0	参考文献(63)			
Pa	5.0×10^{-1}	参考文献(62)			
U	1.7×10^{-1}	参考文献(63)			
Np	9.5×10^0				
Pu	3.0×10^0	参考文献(62)			
Am	2.0×10^1				

*1: 海水中及び淡水中の値のうち大きい値とする。C についてのみ、魚類は尾駁沼における測定値、無脊椎動物は淡水貝の数値を用いて設定する。

第 13 表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(5/10)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考	
$B_{ag}^{ir}(i)$	灌漑農産物への核種 <i>i</i> の移行係数 ($(\text{Bq/kg-wet 農産物}) / (\text{Bq/kg-dry 土壌})$)	米		
		H	1.0×10^0	参考文献(61)
		C	7.0×10^{-1}	
		Cl	5.0×10^0	参考文献(63)
		Co	4.3×10^{-3}	
		Ni	2.6×10^{-2}	参考文献(60)
		Sr	1.8×10^{-1}	参考文献(62)
		Nb	1.0×10^{-2}	
		Tc	6.3×10^{-1}	参考文献(60)
		I	2.0×10^{-2}	参考文献(62)
		Cs	7.1×10^{-2}	参考文献(60)
		Pb	7.1×10^{-3}	参考文献(63)
		Po	1.1×10^{-2}	参考文献(62)
		Ra	7.4×10^{-4}	
		Ac	1.0×10^{-3}	参考文献(62)
		Th	1.4×10^{-4}	参考文献(63)
		Pa	1.0×10^{-2}	参考文献(62)
		U	1.1×10^{-3}	参考文献(60)
		Np	2.3×10^{-3}	
		Pu	7.4×10^{-6}	
Am	1.9×10^{-5}			
$B_{ag}^{v}(i)$	農耕農産物への核種 <i>i</i> の移行係数 ($(\text{Bq/kg-wet 農産物}) / (\text{Bq/kg-dry 土壌})$)	米以外		
		H	1.0×10^0	参考文献(61)
		C	7.0×10^{-1}	
		Cl	3.1×10^1	参考文献(63)
		Co	8.0×10^{-2}	参考文献(62)
		Ni	5.0×10^{-2}	参考文献(67)
		Sr	1.2×10^0	参考文献(63)
		Nb	1.2×10^{-2}	参考文献(62)
		Tc	1.6×10^1	
		I	2.1×10^{-2}	参考文献(62)
		Cs	4.0×10^{-2}	
		Pb	2.0×10^{-2}	参考文献(63)
		Po	2.0×10^{-3}	
		Ra	4.0×10^{-2}	参考文献(62)
		Ac	1.0×10^{-3}	
		Th	1.8×10^{-3}	参考文献(63)
		Pa	1.0×10^{-2}	参考文献(62)
		U	1.3×10^{-2}	参考文献(63)
		Np	4.0×10^{-2}	参考文献(62)
		Pu	1.0×10^{-3}	
Am	2.0×10^{-3}			

第13表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(6/10)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地			備考	
		セメント系充填材(廃棄体)				
$Kd(i,j)^{*1}$	埋設設備内の媒体jの核種iの分配係数 (m^3/kg)	1群から6群	8群均質・均一固化体 ^{*2,3}	7,8群充填固化体	参考文献(56)(57)	
		H	0	0		0
		C	5×10^{-1}	4×10^{-3}		5×10^{-2}
		Cl	0	0		0
		Co	9×10^{-3}	2×10^{-2}		2×10^{-2}
		Ni	2×10^{-2}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Sr	2×10^{-2}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Nb	1×10^1	2×10^{-1}		2×10^{-1}
		Tc	3×10^{-4}	0		0
		I	1×10^{-3}	0		0
		Cs	2×10^{-3}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Pb	2×10^{-2}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Po	2×10^{-2}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Ra	2×10^{-2}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Ac	1×10^1	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Th	1×10^1	4×10^{-1}		4×10^{-1}
		Pa	1×10^1	4×10^{-1}		4×10^{-1}
		U	0	0		0
		Np	2×10^{-1}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Pu	1×10^1	4×10^{-1}		4×10^{-1}
		Am	1×10^1	1×10^{-1}		1×10^{-1}
	埋設設備内の媒体jの核種iの分配係数 (m^3/kg)	セメント系充填材(埋設設備)			参考文献(56)(57)	
		1群から6群	8群均質・均一固化体 ^{*2}	7,8群充填固化体		
		H	0	0		0
		C	4×10^{-3}	4×10^{-3}		5×10^{-2}
		Cl	0	0		0
		Co	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-2}
		Ni	9×10^{-4}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Sr	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Nb	2×10^{-1}	2×10^{-1}		2×10^{-1}
		Tc	0	0		0
		I	0	0		0
		Cs	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Pb	9×10^{-4}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Po	9×10^{-4}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Ra	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Ac	2×10^0	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Th	8×10^0	4×10^{-1}		4×10^{-1}
		Pa	8×10^0	4×10^{-1}		4×10^{-1}
		U	0	0		0
		Np	3×10^{-1}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Pu	8×10^0	4×10^{-1}		4×10^{-1}
Am	2×10^0	1×10^{-1}	1×10^{-1}			

*1 : C 以外の元素については解析、試験結果及び文献から、各媒体の溶脱影響及び間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取得した分配係数及び文献から設定する。C については試験結果⁽⁵⁶⁾

⁽⁵⁷⁾から設定する。

*2：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

*3：セメント系充填材(廃棄体)の分配係数は、セメント破砕物充填固化体の値を設定する。

第13表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(7/10)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地			備考	
		コンクリート				
$Kd(i, j)^{*1}$	埋設設備内の 媒体jの核種iの 分配係数 (m^3/kg)	1群から 6群	8群 均質・均一 固化体 ^{*3}	7,8群 充填固化体	参考文献 (56) (57)	
		H	0	0		0
		C	3×10^{-3}	3×10^{-3}		5×10^{-2}
		Cl	0	0		0
		Co	3×10^{-3}	0		0
		Ni	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Sr	3×10^{-4}	0		0
		Nb	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Tc	0	0		0
		I	0	0		0
		Cs	3×10^{-4}	5×10^{-4}		5×10^{-4}
		Pb	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Po	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Ra	3×10^{-4}	0		0
		Ac	3×10^0	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Th	2×10^0	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Pa	2×10^0	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		U	0	0		0
		Np	1×10^{-1}	7×10^{-3}		7×10^{-3}
		Pu	2×10^0	1×10^{-1}		1×10^{-1}
Am	3×10^0	1×10^{-1}	1×10^{-1}			
$Kd_b(i)^{*2}$	難透水性覆土の 核種iの分配係 数 (m^3/kg)	1群から 6群	8群 均質・均一 固化体 ^{*3}	7,8群 充填固化体	参考文献 (56) (57)	
		H	0	0		0
		C	0	0		0
		Cl	0	0		0
		Co	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Ni	5×10^{-3}	5×10^{-3}		5×10^{-3}
		Sr	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Nb	3×10^{-2}	3×10^{-2}		3×10^{-2}
		Tc	0	0		0
		I	0	0		0
		Cs	9×10^{-2}	9×10^{-2}		9×10^{-2}
		Pb	5×10^{-3}	5×10^{-3}		5×10^{-3}
		Po	5×10^{-3}	5×10^{-3}		5×10^{-3}
		Ra	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Ac	4×10^{-1}	4×10^{-1}		4×10^{-1}
		Th	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Pa	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		U	6×10^{-4}	6×10^{-4}		6×10^{-4}
		Np	0	0		0
		Pu	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
Am	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4×10^{-1}			

*1 : C 以外の元素については解析、試験結果及び文献から、各媒体の溶脱影響及び間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取得した分配係数及び文献から設定する。C については試験結果^{(56) (57)}から設定する。

*2 : C 以外の元素については試験結果から間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取

得した分配係数から設定する。Cについては $0\text{m}^3/\text{kg}$ と設定する。

*3：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

第 13 表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(8/10)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地		備考
$Kd_c(i)$	上部覆土の核種 <i>i</i> の 分配係数 (m ³ /kg)	H	0	参考文献 (56) (57)
		C	1×10 ⁻⁴	
		Cl	0	
		Co	1×10 ⁻¹	
		Ni	1×10 ⁻¹	
		Sr	2×10 ⁻¹	
		Nb	2×10 ⁻²	
		Tc	0	
		I	0	
		Cs	1×10 ⁰	
		Pb	1×10 ⁻¹	
		Po	1×10 ⁻¹	
		Ra	2×10 ⁻¹	
		Ac	1×10 ⁰	
		Th	2×10 ⁻²	
		Pa	2×10 ⁻²	
		U	1×10 ⁻³	
		Np	2×10 ⁻³	
		Pu	2×10 ⁻²	
Am	1×10 ⁰			
$Kd_g(i)^{*1}$	鷹架層の核種 <i>i</i> の 分配係数 (m ³ /kg)	H	0	
		C	1×10 ⁻⁴	
		Cl	0	
		Co	1×10 ⁻¹	
		Ni	1×10 ⁻¹	
		Sr	2×10 ⁻¹	
		Nb	2×10 ⁻²	
		Tc	0	
		I	0	
		Cs	1×10 ⁰	
		Pb	1×10 ⁻¹	
		Po	1×10 ⁻¹	
		Ra	2×10 ⁻¹	
		Ac	1×10 ⁰	
		Th	2×10 ⁻²	
		Pa	2×10 ⁻²	
		U	1×10 ⁻³	
		Np	2×10 ⁻³	
		Pu	2×10 ⁻²	
Am	1×10 ⁰			

*1 : C 以外の元素については取着性に与える有機物影響の範囲が限定的であることから考慮せず、当社が実施した試験により取得した分配係数から設定する。Cについては無機形態の1×10⁻⁴m³/kgと設定する。

第13表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(9/10)

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地			備考	
		セメント系 充填材 (廃棄体)	セメント系 充填材 (埋設設備)	コンクリート		
$Kd(i, j)^{*1}$	埋設設備内の 媒体jの核種i の分配係数 (m^3/kg)	H	0	0	参考文献 (56) (57)	
		C	5×10^{-2}	5×10^{-2}		5×10^{-2}
		Co	2×10^{-1}	2×10^{-1}		3×10^{-3}
		Ni	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Sr	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-3}
		Nb	2×10^0	2×10^0		6×10^{-1}
		Tc	2×10^{-4}	2×10^{-4}		0
		I	1×10^{-4}	1×10^{-4}		3×10^{-4}
		Cs	1×10^{-1}	1×10^{-1}		2×10^{-2}
		Pb	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Po	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Ra	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-3}
		Ac	1×10^{-1}	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Th	4×10^{-1}	4×10^{-1}		1×10^{-1}
		Pa	4×10^{-1}	4×10^{-1}		1×10^{-1}
		U	0	0		0
		Np	0	0		7×10^{-3}
		Pu	4×10^{-1}	4×10^{-1}		1×10^{-1}
		Am	1×10^{-1}	1×10^{-1}		1×10^{-1}
$Kd_b(i)^{*2}$	難透水性覆土 の核種iの分配 係数 (m^3/kg)	H		0	参考文献 (56) (57)	
		C		0		
		Co		3×10^{-3}		
		Ni		7×10^{-2}		
		Sr		1×10^{-1}		
		Nb		5×10^{-1}		
		Tc		0		
		I		0		
		Cs		1×10^0		
		Pb		7×10^{-2}		
		Po		7×10^{-2}		
		Ra		1×10^{-1}		
		Ac		6×10^0		
		Th		3×10^{-2}		
		Pa		3×10^{-2}		
		U		9×10^{-3}		
		Np		0		
		Pu		3×10^{-2}		
		Am		6×10^0		

*1 : C 以外の元素については解析、試験結果及び文献から、各媒体の溶脱影響及び間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取得した分配係数及び文献から設定する。C については試験結果⁽⁵⁷⁾から設定する。

*2 : C 以外の元素については試験結果から間隙水の有機物影響を考慮した上で、当社が実施した試験により取得した分配係数から設定する。C については $0m^3/kg$ と設定する。

第 13 表 元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値(10/10)

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地		備考
$Kd_c(i)$	上部覆土の核種 <i>i</i> の 分配係数 (m^3/kg)	H	0	参考文献 (56) (57)
		C	1×10^{-4}	
		Co	1×10^{-1}	
		Ni	1×10^{-1}	
		Sr	2×10^{-1}	
		Nb	2×10^{-2}	
		Tc	0	
		I	0	
		Cs	1×10^0	
		Pb	1×10^{-1}	
		Po	1×10^{-1}	
		Ra	2×10^{-1}	
		Ac	1×10^0	
		Th	2×10^{-2}	
		Pa	2×10^{-2}	
		U	1×10^{-3}	
		Np	2×10^{-3}	
Pu	2×10^{-2}			
Am	1×10^0			
$Kd_g(i)^{*1}$	鷹架層の核種 <i>i</i> の 分配係数 (m^3/kg)	H	0	参考文献 (56) (57)
		C	1×10^{-4}	
		Co	1×10^{-1}	
		Ni	1×10^{-1}	
		Sr	2×10^{-1}	
		Nb	2×10^{-2}	
		Tc	0	
		I	0	
		Cs	1×10^0	
		Pb	1×10^{-1}	
		Po	1×10^{-1}	
		Ra	2×10^{-1}	
		Ac	1×10^0	
		Th	2×10^{-2}	
		Pa	2×10^{-2}	
		U	1×10^{-3}	
		Np	2×10^{-3}	
Pu	2×10^{-2}			
Am	1×10^0			

*1 : C 以外の元素については収着性に与える有機物影響の範囲が限定的であることから考慮せず、当社が実施した試験により取得した分配係数から設定する。Cについては無機形態の $1 \times 10^{-4} m^3/kg$ と設定する。

第 14 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)

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地		備考
V_{meq}^{*1}	分配平衡となる埋設設備の体積 (m^3)	1.24×10 ⁵		
S_b^{*2}	難透水性覆土の拡散寄与面積 (m^2)	19,000		
L_b	難透水性覆土の厚さ (m)	2.0		
$P(j)^{*3}$	埋設設備内の媒体jの体積分率 (-)	セメント系充填材(廃棄体)	0.17	
		セメント系充填材(埋設設備)	0.31	
		コンクリート	0.27	
$\varepsilon(j)^{*4}$	埋設設備内の媒体jの間隙率 (-)	セメント系充填材(廃棄体)	0.35	
		セメント系充填材(埋設設備)	0.35	
		コンクリート	0.35	
ε_b	難透水性覆土の間隙率 (-)	0.40		参考文献(68)
ε_c	上部覆土の間隙率 (-)	0.55		盛土、火山灰層及び段丘堆積層の平均より設定
ε_g	鷹架層の間隙率 (-)	0.55		埋設設備設置位置に主に分布する鷹架層の値より設定
ε_{ir}	灌漑土壌の間隙率 (-)	0.55		ε_c と同じ数値を設定
ε_d	廃棄物埋設地の土壌の間隙率 (-)	0.55		

*1：分配平衡となる埋設設備の体積は、埋設設備内の放射性物質が地下水の流出に伴って漏出する際に分配する領域の体積であり、埋設設備の設計値から計算し、設定する。

$$36.51m \times 64.1m \times 6.66m \times 8 \text{ 基} \div 1.20 \times 10^5 m^3$$

*2：難透水性覆土の拡散寄与面積は、埋設設備上部面積全体とし、埋設設備の設計値から計算し、設定する。

$$36.51m \times 64.1m \times 8 \text{ 基} \div 1.9 \times 10^4 m^2$$

*3：ドラム缶の寸法を、底面の内径 0.567m、内高 0.830m とし、廃棄体のセメント系充填材の充填量を平均的に 0.1m³/本⁽⁶⁹⁾として設定する。

*4：当社が実施した計画配合における廃棄体、埋設設備のセメント系充填材及びコンクリートの間隙率の推定結果から設定する。

$$\text{セメント系充填材(廃棄体)} \quad : 0.35$$

セメント系充填材(埋設設備) : 0.35
コンクリート : 0.35

第 14 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(2/6)

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地	備考
$\rho(j)^{*1}$	埋設設備内の媒体j の粒子密度 (kg/m ³)	セメント系充填材 (廃棄体) 2,500	
		セメント系充填材 (埋設設備) 2,500	
		コンクリート 2,600	
ρ_b	難透水性覆土の粒 子密度 (kg/m ³)	2,600	参考文献(68)
ρ_c	上部覆土の粒子密 度 (kg/m ³)	2,400	ρ_g と同じ数値を設定
ρ_g	鷹架層の粒子密度 (kg/m ³)	2,400	埋設設備設置位置に主に 分布する鷹架層の値より 設定
ρ_{ir}	灌漑土壌の粒子密 度 (kg/m ³)	2,600	ρ_d と同じ数値を設定
ρ_d	廃棄物埋設地の土 壌の粒子密度 (kg/m ³)	2,600	盛土、火山灰層及び段丘 堆積層の平均より設定

*1：当社が実施した計画配合における廃棄体及び埋設設備のセメント系充填材並びにコンクリートの粒子密度の推定結果から設定する。

セメント系充填材(廃棄体) : 2,500kg/m³

セメント系充填材(埋設設備) : 2,500kg/m³

コンクリート : 2,600kg/m³

第 14 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(3/6)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地	備考
V_{meq}^{*1}	分配平衡となる埋設設備の体積 (m^3)	1.47×10^5 1群から6群 1.10×10^5 8群(均質・均一固化体) ^{*5} 7.35×10^3 7,8群(充填固化体) 2.94×10^4	
S_b^{*2}	難透水性覆土の拡散寄与面積 (m^2)	24,000 1群から6群 18,000 8群(均質・均一固化体) ^{*5} 1,200 7,8群(充填固化体) 4,800	
L_b	難透水性覆土の厚さ (m)	2.0	
$P(j)^{*3}$	埋設設備内の媒体jの体積分率 (-)	セメント系充填材(廃棄体) 1群から6群 0.19 8群(均質・均一固化体) ^{*5,*6} 0.12 7,8群(充填固化体) 0.14 ----- 廃棄体上部空隙 1群から6群 0.083 8群(均質・均一固化体) ^{*5,*6} - 7,8群(充填固化体) - ----- セメント系充填材(埋設設備) 0.33 ----- コンクリート 0.32	
$\varepsilon(j)^{*4}$	埋設設備内の媒体jの間隙率 (-)	セメント系充填材(廃棄体) 0.35 ----- セメント系充填材(埋設設備) 0.35 ----- コンクリート 0.35	全廃棄体共通
ε_b	難透水性覆土の間隙率 (-)	0.40	参考文献(68)
ε_c	上部覆土の間隙率 (-)	0.45	盛土、火山灰層及び段丘堆積層の平均より設定
ε_g	鷹架層の間隙率 (-)	0.44	埋設設備設置位置に主に分布する鷹架層の値より設定
ε_{ir}	灌漑土壌の間隙率 (-)	0.45	ε_c と同じ数値を設定
ε_d	廃棄物埋設地の土壌の間隙率 (-)	0.45	

*1：分配平衡となる埋設設備の体積は、埋設設備内の放射性物質が地下水の流出に伴って漏出する際に分配する領域の体積であり、埋設設備の設計値から計算し、設定する。

$$24.40m \times 24.40m \times 6.20m \times 40 \text{ 基} \approx 1.47 \times 10^5 m^3$$

*2：難透水性覆土の拡散寄与面積は、埋設設備上部面積全体とし、埋設設備の設計値から計算し、設定する。

$$24.40m \times 24.40m \times 40 \text{ 基} \approx 2.4 \times 10^4 m^2$$

*3：ドラム缶の寸法を、底面の内径 0.567m、内高 0.830m とし、均質・均一固化体は廃棄体上部空隙を 30%として設定し、充填固化体は廃棄体のセメント系充填材の充填量を平均的に $0.1\text{m}^3/\text{本}^{(69)}$ として設定する。

*4：当社が実施した計画配合における埋設設備のセメント系充填材、コンクリートの間隙率の推定結果及び PWR 並びに BWR の各々の均質・均一固化体の粒子密度から設定する。

セメント系充填材(廃棄体) : 0.35

セメント系充填材(埋設設備) : 0.35

コンクリート : 0.35

*5：8 群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

*6：今後、8 群に埋設する均質・均一固化体の発生状況を考慮すると、8 群にセメント固化体が埋設されない可能性があることから、8 群の均質・均一固化体における廃棄物の体積分率は 0 と設定する(放射性物質の廃棄物への取着を見込まない)。また*5 を付した充填固化体におけるセメント系充填材(廃棄体)の体積分率は 0.25 である。これら 2 つの廃棄体は放射エネルギーが同等であり、また、廃棄体の取着体積としてはセメント系充填材(廃棄体)についてのみ考慮すれば良いことから、モデル単純化のため、線量評価モデル上はこれら 2 つをあわせて体積分率を $0.12(=0(-) \times 1(\text{基})/2(\text{基}) + 0.25(-) \times 1(\text{基})/2(\text{基}))$ として設定する。

第 14 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(4/6)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地	備考
$\rho(j)^{*1,2}$	埋設設備内の媒体 j の粒子密度 (kg/m ³)	セメント系充填材 (廃棄体) 均質・均一固化体 2,400 充填固化体 2,500 ----- セメント系充填材 (埋設設備) 2,500 ----- コンクリート 2,600	
ρ_b	難透水性覆土の粒 子密度 (kg/m ³)	2,700	参考文献(65)
ρ_c	上部覆土の粒子密 度 (kg/m ³)	2,700	ρ_g と同じ数値を設定
ρ_g	鷹架層の粒子密度 (kg/m ³)	2,700	埋設設備設置位置に主に 分布する鷹架層の値より 設定
ρ_{ir}	灌漑土壌の粒子密 度 (kg/m ³)	2,700	ρ_g と同じ数値を設定
ρ_d	廃棄物埋設地の土 壌の粒子密度 (kg/m ³)	2,700	盛土、火山灰層及び段丘 堆積層の平均より設定

*1：当社が実施した計画配合における埋設設備のセメント系充填材、コンクリートの粒子密度の推定結果及び
PWR並びにBWRの各々の均質・均一固化体の粒子密度から設定する。

セメント系充填材(廃棄体)

均質・均一固化体 : 2,400kg/m³

充填固化体 : 2,500kg/m³

セメント系充填材(埋設設備) : 2,500kg/m³

コンクリート : 2,600kg/m³

*2：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体の粒子密度は、均質・均一固化体と同じ値
に設定する。

第 14 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(5/6)

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地		備考
V_{meq}^{*1}	分配平衡となる埋設設備の体積 (m^3)	1.47 × 10 ⁵		
S_b^{*2}	難透水性覆土の拡散寄与面積 (m^2)	22,000		
L_b	難透水性覆土の厚さ (m)	2.0		
$P(j)^{*3}$	埋設設備内の媒体jの体積分率 (-)	セメント系充填材(廃棄体)	0.14	
		セメント系充填材(埋設設備)	0.33	
		コンクリート	0.32	
$\varepsilon(j)^{*4}$	埋設設備内の媒体jの間隙率 (-)	セメント系充填材(廃棄体)	0.35	
		セメント系充填材(埋設設備)	0.35	
		コンクリート	0.35	
ε_b	難透水性覆土の間隙率 (-)	0.40		参考文献(65)
ε_c	上部覆土の間隙率 (-)	0.46		盛土、火山灰層及び段丘堆積層の平均より設定
ε_g	鷹架層の間隙率 (-)	0.47		埋設設備設置位置に主に分布する鷹架層の値より設定
ε_{ir}	灌漑土壌の間隙率 (-)	0.46		ε_c と同じ数値を設定
ε_d	廃棄物埋設地の土壌の間隙率 (-)	0.46		

*1：分配平衡となる埋設設備の体積は、埋設設備内の放射性物質が地下水の流出に伴って漏出する際に分配する領域の体積であり、埋設設備の設計値から計算し、設定する。

$$36.0m \times 36.91m \times 6.94m \times 16 \text{ 基} \approx 1.47 \times 10^5 m^3$$

*2：難透水性覆土の拡散寄与面積は、埋設設備上部面積全体とし、埋設設備の設計値から計算し、設定する。

$$36.91m \times 36.0m \times 16 \text{ 基} \approx 2.2 \times 10^4 m^2$$

*3：ドラム缶の寸法を、底面の内径 0.567m、内高 0.830m とし、廃棄体のセメント系充填材の充填量を平均的に 0.1m³/本⁽⁶⁹⁾として設定する。

*4：当社が実施した計画配合における廃棄体、埋設設備のセメント系充填材及びコンクリートの間隙率の推定結果から設定する。

$$\text{セメント系充填材(廃棄体)} \quad : \quad 0.35$$

セメント系充填材(埋設設備) : 0.35
コンクリート : 0.35

第 14 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(6/6)

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地	備考
$\rho(j)^{*1}$	埋設設備内の媒体j の粒子密度 (kg/m ³)	セメント系充填材 (廃棄体) 2,500	
		セメント系充填材 (埋設設備) 2,500	
		コンクリート 2,600	
ρ_b	難透水性覆土の粒 子密度 (kg/m ³)	2,700	参考文献(68)
ρ_c	上部覆土の粒子密 度 (kg/m ³)	2,700	
ρ_g	鷹架層の粒子密度 (kg/m ³)	2,800	埋設設備設置位置に主に 分布する鷹架層の値より 設定
ρ_{ir}	灌漑土壌の粒子密 度 (kg/m ³)	2,700	ρ_d と同じ数値を設定
ρ_d	廃棄物埋設地の土 壌の粒子密度 (kg/m ³)	2,700	盛土、火山灰層及び段丘 堆積層の平均より設定

*1：当社が実施した計画配合における廃棄体及び埋設設備のセメント系充填材並びにコンクリートの粒子密度の推定結果から設定する。

セメント系充填材（廃棄体）：2,500kg/m³

セメント系充填材（埋設設備）：2,500kg/m³

コンクリート：2,600kg/m³

第 15 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)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号 廃棄物埋設地	備考
$M_{aq}(m)$	水産物 m の摂取量 (kg/y)	魚類 5.7 無脊椎動物 1.4	参考文献(70)
M_{ag}^{ir}	灌漑農産物の摂取量 (kg/y)	米 100	参考文献(70)
M_{ag}^{v*1}	農耕農産物の摂取量 (kg/y)	米以外 100	参考文献(70) 参考文献(71) 参考文献(72)
f_{ur}	灌漑における放射性物質 を含む沢水の利用率 (-)	1	
$f_{aq}(p,m)^{*2}$	公衆 p の水産物 m の市場 希釈係数 (-)	漁業従事者 1 上記以外 0.1	
$f_{ag}(p)^{*3}$	公衆 p の農産物の市場希 釈係数 (-)	灌漑 農業従事者 1 農産物 上記以外 0.1 農耕 農業従事者 1 農産物 上記以外 0.3	

*1：参考文献(71)及び参考文献(72)に基づく、六ヶ所村での収穫量のうち、飼料作物以外で多い作物は、だいこん、やまのいも及びばれいしょである。これより、参考文献(70)に基づき、農業従事者のいも類及び根菜(だいこんが含まれる)の摂取量は、それぞれ 63.8g/日及び 180.3g/日であることから、これらの合計を基に設定する。

$$(63.8\text{g/d} + 180.3\text{g/d}) \times 365\text{d/y} \times 1/1000\text{kg/g} \doteq 89\text{kg/y} \Rightarrow 100\text{kg/y}$$

*2：漁業従事者については、漁獲した水産物については自家消費するとし、漁業従事者以外については、市場に流通する過程で希釈されることを想定し、漁業従事者の 10 分の 1 とする。

*3：農業従事者については、栽培した農産物については自家消費するとし、農業従事者以外については、市場に流通する過程で希釈されることを想定し、農業従事者の 10 分の 1 とする。ただし、農耕農産物については、家庭菜園で栽培する農耕農産物も考慮する。

第 15 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(2/2)

記号	パラメータ	1号、2号及び3号 廃棄物埋設地		備考
fd_{farm}^{*1}	灌漑作業時の空气中ダ スト濃度 (kg/m ³)	3.0×10 ⁻⁸		
fd_{work}^{*2}	屋外労働作業時の空気 中ダスト濃度 (kg/m ³)	建設業従事者	1.0×10 ⁻⁷	
		農業従事者	3.0×10 ⁻⁸	
		上記以外	2.0×10 ⁻⁸	
fd_{haboh}^{*3}	屋外における空气中ダ スト濃度 (kg/m ³)	2.0×10 ⁻⁸		
fd_{habih}	屋内における空气中ダ スト濃度 (kg/m ³)	5.0×10 ⁻⁹		参考文献(58)
$Sh_{work}(p,i)$	公衆 p の屋外労働作業 時の核種 i の遮蔽係数 (-)	建設業従事者		参考文献(52) 参考文献(58)
		Co-60, Nb-94, Ra-226, Th-229	0.4	
		Cs-137, Ac-227	0.3	
		Pb-210, Pa-231, U-235, Np-237	0.2	
		上記以外の核種	0.02	
建設業従事者以外 全核種	1			
$Sh_{haboh}(i)$	居住者の屋外における 核種 i の遮蔽係数 (-)	全核種 1		
I_{inh}	呼吸率 (m ³ /h)	0.93		参考文献(73)から 時間当たりに換算 して設定
I_{work}	屋外労働作業時の呼吸 率 (m ³ /h)	1.2		
$T_{farm}^{ir}(p)^{*4}$	公衆 p の灌漑作業時間 (h/y)	農業従事者(米)	500	
		上記以外	0	
$T_{work}(p)^{*5}$	廃棄物埋設地における 公衆 p の屋外労働作業 時間 (h/y)	建設業従事者	500	
		上記以外	0	
$T_{haboh}(p)^{*6}$	公衆 p の居住時の屋外 における居住時間 (h/y)	居住者	1,000	
		上記以外	700	
$T_{habih}(p)^{*6}$	公衆 p の居住時の屋内 における居住時間 (h/y)	居住者	7,760	
		上記以外	6,060	

*1：当社が実施した平穏時における道路建設工事現場でのダスト濃度の実測結果(最大値 2.3×10⁻⁸kg/m³、平均値 1.8×10⁻⁸kg/m³)より設定する。

*2：建設作業については、*1に記載する実測値を上回り、かつ、同じ実測値を基に設定する灌漑作業時の空气中ダスト濃度を上回る値として、1×10⁻⁷kg/m³を設定する。
農耕作業については、灌漑作業と同じ数値を設定する。
漁業及び畜産作業については、*3に記載する数値とする。

*3：当社が実施した敷地周辺でのダスト濃度の実測結果(最大値 1.7×10⁻⁸kg/m³、平均値 1.0×10⁻⁸kg/m³)より設

定する。

*4：参考文献(74)の畑作作付面積、生産労働時間、耕地面積及び水田率より、平均的農家一戸当たりの年間労働時間を計算し設定する。

*5：参考文献(58)の建設シナリオにおいて採用されている、一般住宅を建設する際の地下深さ 3m、体積 900m³の掘削を想定した場合の掘削時間 500 時間を設定する。漁業従事者、農業従事者、畜産業従事者及び居住者については、廃棄物埋設地における労働は発生しないものとしたため 0 時間を設定する。

*6：参考文献(75)及び参考文献(76)に基づき、居住者については、廃棄物埋設地の屋外活動と考えられる時間を 10%とする。

屋外滞在時間： $8,760\text{h}/\text{y} \times 0.1 = 876\text{h}/\text{y} \doteq 1,000\text{h}/\text{y}$

屋内滞在時間： $8,760\text{h}/\text{y} - 1,000\text{h}/\text{y} = 7,760\text{h}/\text{y}$

他の労働者については、1 年のうち 2,000 時間は労働のために居住地から離れるものとし、残りの時間の 10%を屋内に滞在しているものとする。

屋外滞在時間： $(8,760\text{h}/\text{y} - 2,000\text{h}/\text{y}) \times 0.1 = 676\text{h}/\text{y} \doteq 700\text{h}/\text{y}$

屋内滞在時間： $8,760\text{h}/\text{y} - 2,000\text{h}/\text{y} - 700\text{h}/\text{y} = 6,060\text{h}/\text{y}$

第 16 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)

<(4)式～(7)式において使用>

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地	備考
$A_0(i)$	核種 <i>i</i> の総放射能 (Bq)	第 11 表の数値とする。	
$P(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の体積分率 (-)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
$\varepsilon(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の間隙率 (-)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
$\rho(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(2/6)の数値とする。	
$Kd(i, j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(1/10)の数値とする。	
V_{meq}	分配平衡となる埋設設備の体積 (m ³)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
S_b	難透水性覆土の拡散寄与面積 (m ²)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
De_b	難透水性覆土の実効拡散係数 (m ² /s)	1 × 10 ⁻¹⁰	間隙率 × 自由水拡散係数から設定
$Q_{co}(t)^{*2}$	埋設設備から上部覆土への流出水量 (m ³ /y)	10	
$Q_{go}(t)^{*2}$	埋設設備から鷹架層への流出水量 (m ³ /y)	1, 100	
$T_{1/2}(i)$	核種 <i>i</i> の半減期 (y)	第 12 表(1/2)の数値とする。	
ε_b	難透水性覆土の間隙率 (-)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
ρ_b	難透水性覆土の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(2/6)の数値とする。	
$Kd_b(i)$	難透水性覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(1/10)の数値とする。	
L_c^{*3}	核種が流入する上部覆土の地下水流向方向長さ (m)	30	
ε_c	上部覆土の間隙率 (-)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
ρ_c	上部覆土の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(2/6)の数値とする。	
$Kd_c(i)$	上部覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(2/10)の数値とする。	
U_c^{*4}	上部覆土の地下水流速 (m/y)	10	
L_b	難透水性覆土の厚さ (m)	第 14 表(1/6)の数値とする。	
$Q_c(t)^{*5}$	上部覆土内地下水流量 (m ³ /y)	3, 000	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：埋設設備からの流出水量は、2次元地下水浸透流解析を用いて設定する。まず、2次元地下水浸透流解析における境界条件で設定する動水勾配は、廃棄物埋設地付近で成立し得る動水勾配である 3%と設定する。

この2次元地下水浸透流解析で求まる埋設設備からの流出水量に対し、第4表に示す動水勾配との比率を用いて最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定での流出水量を求める。

*3：埋設設備を通過した地下水が、上部覆土へ流入するところは主に埋設設備下流側であるので、最下流の埋設設備以降で上部覆土へ流入するとし、その長さは南北方向の1埋設設備の長さ(奥行き)を考慮して30mと設定する。

*4：ダルシーの法則により求まる上部覆土中の平均的な地下水流速(V_c)から設定する。

$$U_c = V_c = K_c \times i$$

$$K_c = 3.6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

：上部覆土の平均的な透水係数として第四紀層相当(N値50未満の風化した鷹架層を含む)を設定

$$i = 8/100 \text{ (最も厳しい設定)}$$

：評価期間に想定される最大の動水勾配

*5：ダルシーの法則により求まる上部覆土中の平均的な地下水流速(V_c)と地下水が上部覆土を通過する評価上の断面積(A)から設定する。

$$Q_c(t) = V_c \times A = K_c \times i \times A$$

$$K_c = 3.0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

：上部覆土の平均的な透水係数として第四紀層相当(N値50未満の風化した鷹架層を含む)を設定

$$i = 5/100 \text{ (最も可能性が高い設定)}$$

：評価期間に想定される平均的な動水勾配

$$A = 650 \text{ m}^2$$

：地下水が上部覆土を通過する評価上の断面積

$$= \text{埋設設備の幅} \times \text{地下水面下の考慮する深さ}$$

$$= 130 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$$

第 16 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(2/12)

<(8)式～(9)式において使用>

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地	備考
L_g^{*2}	核種が流入する鷹架層の地下水流向方向長さ (m)	140	
ϵ_g	鷹架層の間隙率 (-)	第 14 表 (1/6) の数値とする。	
ρ_g	鷹架層の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表 (2/6) の数値とする。	
$Kd_g(i)$	鷹架層の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表 (2/10) の数値とする。	
U_g^{*3}	鷹架層の地下水流速 (m/y)	0.3	
$Q_g(t)$	鷹架層内地下水流量 (m ³ /y)	1,100	$Q_{go}(t)$ の値と等しいとして設定
X_{cs}	核種が流入する上部覆土下流端から尾駁沼又は沢までの評価上の距離 (m)	0	
X_{gs}^{*4}	核種が流入する鷹架層下流端から尾駁沼又は沢までの評価上の距離 (m)	30	
$Q_{cs}(t)$	核種が流入する上部覆土から尾駁沼又は沢への地下水流入量 (m ³ /y)	3,000	$Q_c(t)$ の値と等しいとして設定
$Q_{gs}(t)$	核種が流入する鷹架層から尾駁沼又は沢への地下水流入量 (m ³ /y)	1,100	$Q_{go}(t)$ の値と等しいとして設定
$Q_s(t)^{*5}$	尾駁沼又は沢の交換水量 (m ³ /y)	尾駁沼 1.3×10^7 沢 2.4×10^5	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：核種が鷹架層中に流入する面積と上流側の核種が下流側に移行する距離として設定される。したがって、短く設定する方が、安全評価において線量を大きく評価することから、保守側の設定となる。そのため上流側の南北方向の施設 1 基分の長さを短く設定する。

*3：ダルシーの法則により求まる鷹架層中の平均的な地下水流速(V_g)から設定する。

$$U_g = V_g = K_g \times i$$

$$K_g = 1.1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

: 廃棄物埋設地付近に分布する鷹架層中部層の平均的な透水係数を設定

$$i = 8/100 \text{ (最も厳しい設定)}$$

: 評価期間に想定される最大の動水勾配

*4: 埋設設備の配置に基づき、埋設設備群の下流端から地下水の流出の可能性のある沢までの距離から設定する。

*5: 尾駁沼陸化後の二又川と中央沢の合流部を評価点とし、評価点より上流部の流域面積における降水量から蒸発散量、河川水利用量を除いた値が評価点に流入するものとする。

$$Q_s(t) = \text{評価上の流域面積} \times (\text{年降水量} - \text{蒸発散量}) \times (1 - \text{河川水利用率})$$

・ 評価上の流域面積は、 $3.47 \times 10^7 \text{ m}^2$ を設定。

・ 降水量と蒸発散量は、気温との関係式から設定(第5図及び第11図を参照)。

・ 河川水利用率は、将来も河川水が現在と同じ割合で利用されるものとして設定。

・ 現在の河川水利用が二又川からに限られることから、河川流量を現在の二又川の流域面積 26.9 km^2 と現在の年降水量 $1,310 \text{ mm/年}$ 及び蒸発散量 590 mm/年 から $1.94 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{年}$ と、河川水利用量を参考文献(47)の工業用水 $9,500 \text{ m}^3/\text{日}$ 、農業用水 $0.03 \text{ m}^3/\text{秒}$ の合計 $4.41 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ として、その比を3割として河川水利用率を設定。

第 16 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 (3/12)

<(10)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号 廃棄物埋設地	備考
$f_{u_{ir}}$	灌漑における放射性物質を含む沢水の利用率 (-)	第 15 表 (1/2) の数値とする。	
F_{ir}	灌漑土壌への放射性物質の残留割合 (-)	1	
Q_{ir}	単位面積当たりの灌漑水量 ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{y})$)	2.3	参考文献(77)、(78)の年間水田灌漑水量と稲作作付面積より設定
V_{ir}	灌漑土壌の有効体積 (m^3/m^2)	0.15	参考文献(79)
ε_{ir}	灌漑土壌の間隙率 (-)	第 14 表 (1/6) の数値とする。	
ρ_{ir}	灌漑土壌の粒子密度 (kg/m^3)	第 14 表 (2/6) の数値とする。	
Qp_{ir}	灌漑土壌浸透水量 ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{y})$)	2.3	灌漑水量が全て浸透するとして設定
$Kd_{ir}(i)$	灌漑土壌の核種 <i>i</i> の分配係数 (m^3/kg)	第 13 表 (3/10) の数値とする。	

第 16 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(4/12)

<(11)式において使用>

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地	備考
X_d	核種が流入する上部覆土 下流端から濃度計算地点 までの評価上の距離 (m)	0	
ϵ_d	廃棄物埋設地の土壌の間 隙率 (-)	第 14 表 (1/6) の数値とする。	
ρ_d	廃棄物埋設地の土壌の粒 子密度 (kg/m ³)	第 14 表 (2/6) の数値とする。	
$Kd_d(i)$	廃棄物埋設地の土壌の核 種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表 (3/10) の数値とする。	
G_d^{*1}	廃棄物埋設地の土壌の希 釈係数 (-)	掘削を伴う土壌 0.34 農産物を栽培する土壌 0.1	

*1：掘削を伴う土壌については、一般的な住宅を十分包含できる深さである 3m の掘削のうち、汚染土壌が平均的な地下水面以下(地表面から 2m 以深)にあるとして、その比から設定する。農産物を栽培する土壌についてはその根を経由して吸収することを想定して 0.1 とする。

第 16 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(5/12)

〈(4)式～(7)式において使用〉

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地			備考
$A_0(i)$	核種 <i>i</i> の総放射能 量 (Bq)	第 11 表の数値とする。			
$P(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の体積分率 (-)	第 14 表(3/6)の数値とする。			
$\varepsilon(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の間隙率 (-)	第 14 表(3/6)の数値とする。			
$\rho(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(4/6)の数値とする。			
$Kd(i,j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の核種 <i>i</i> の分配係 数 (m ³ /kg)	第 13 表(6/10)及び第 13 表(7/10)の数値とす る。			
V_{meq}	分配平衡となる埋 設設備の体積 (m ³)	第 14 表(3/6)の数値とする。			
S_b	難透水性覆土の拡 散寄与面積 (m ²)	第 14 表(3/6)の数値とする。			
De_b	難透水性覆土の実 効拡散係数 (m ² /s)	1 × 10 ⁻¹⁰			間隙率 × 自 由水拡散係 数から設定
$Q_{co}(t)$	埋設設備から上部 覆土への流出水量 (m ³ /y)	1群から6群	8群 (均質・均一固 化体)*2	7,8群 (充填固化体)	
		120	8	32	
$Q_{go}(t)$	埋設設備から鷹架 層への流出水量 (m ³ /y)	1群から6群	8群 (均質・均一固 化体)*2	7,8群 (充填固化体)	
		1,875	125	500	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

第 16 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(6/12)

〈(4)式～(7)式において使用〉

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地	備考
$T_{1/2}(i)$	核種 <i>i</i> の半減期 (y)	第 12 表(1/2)の数値とする。	
ϵ_b	難透水性覆土の間隙率 (-)	第 14 表(3/6)の数値とする。	
ρ_b	難透水性覆土の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(4/6)の数値とする。	
$Kd_b(i)$	難透水性覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(7/10)の数値とする。	
L_c^{*2}	核種が流入する上部覆土の地下水流向方向長さ (m)	20	
ϵ_c	上部覆土の間隙率 (-)	第 14 表(3/6)の数値とする。	
ρ_c	上部覆土の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(4/6)の数値とする。	
$Kd_c(i)$	上部覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(8/10)の数値とする。	
U_c^{*3}	上部覆土の地下水流速 (m/y)	10	
L_b	難透水性覆土の厚さ (m)	第 14 表(3/6)の数値とする。	
$Q_c(t)^{*4}$	上部覆土内地下水流量 (m ³ /y)	1,700	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：埋設設備を通過した地下水が、上部覆土へ流入するところは主に埋設設備下流側であるので、最下流の埋設設備以降で覆土へ流入するとし、その長さは南北方向の 1 埋設設備の長さ(奥行き)を考慮して 20m と設定する。

*3：ダルシーの法則により求まる上部覆土中の平均的な地下水流速(V_c)から設定する。

$$U_c = V_c = K_c \times i$$

$$K_c = 3.6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

：上部覆土の平均的な透水係数として第四紀層相当(N 値 50 未満の風化した鷹架層を含む)を設定

$i = 8/100$ (最も厳しい設定)

: 評価期間に想定される最大の動水勾配

*4: ダルシーの法則により求まる上部覆土中の平均的な地下水流速(V_c)と地下水が上部覆土を通過する評価上の断面積(A)から設定する。

$$Q_c(t) = V_c \times A = K_c \times i \times A$$

$$K_c = 2.5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

: 上部覆土の平均的な透水係数として第四紀層相当(N値50未満の風化した鷹架層を含む)を設定

$i = 3.5/100$ (最も可能性が高い設定)

: 評価期間に想定される平均的な動水勾配

$$A = 650 \text{ m}^2$$

: 地下水が上部覆土を通過する評価上の断面積

= 埋設設備の幅 × 地下水面下の考慮する深さ

$$= 130 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$$

第 16 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(7/12)

<(8)式～(9)式において使用>

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地			備考
L_g^{*2}	核種が流入する鷹架層の地下水流向方向長さ (m)	100			
ϵ_g	鷹架層の間隙率 (-)	第 14 表 (3/6) の数値とする。			
ρ_g	鷹架層の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表 (4/6) の数値とする。			
$Kd_g(i)$	鷹架層の核種 i の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表 (8/10) の数値とする。			
U_g^{*3}	鷹架層の地下水流速 (m/y)	0.3			
$Q_g(t)$	鷹架層内地下水流量 (m ³ /y)	1群から6群 1,875	8群 (均質・均一 固化体)*4 125	7,8群 (充填固化体) 500	$Q_{go}(t)$ の値 と等しいと して設定
X_{cs}	核種が流入する上部覆土下流端から尾駁沼又は沢までの評価上の距離 (m)	0			
X_{gs}^{*5}	核種が流入する鷹架層下流端から尾駁沼又は沢までの評価上の距離 (m)	20			

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：核種が鷹架層中に流入する面積と上流側の核種が下流側に移行する距離として設定される。したがって、短く設定する方が、安全評価において線量を大きく評価することから、保守側の設定となる。そのため上流側の南北方向の埋設設備 1 基分の長さを短く設定する。

*3：ダルシーの法則により求まる鷹架層中の平均的な地下水流速(V_g)から設定する。

$$U_g = V_g = K_g \times i$$

$$K_g = 1.1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

：廃棄物埋設地付近に分布する鷹架層中部層の平均的な透水係数を設定

$i = 8/100$ (最も厳しい設定)

：評価期間に想定される最大の動水勾配

*4：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

*5：埋設設備の配置に基づき、埋設設備群の下流端から地下水の流出の可能性のある沢までの距離から設定する。

第 16 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(8/12)

<(8)式～(9)式において使用>

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地			備考
$Q_{cs}(t)$	核種が流入する上部覆土から尾駁沼又は沢への地下水流入量 (m^3/y)	1,700			$Q_c(t)$ の値と等しいとして設定
$Q_{gs}(t)$	核種が流入する鷹架層から尾駁沼又は沢への地下水流入量 (m^3/y)	1群から6群	8群 (均質・均一 固化体)*2	7,8群 (充填固化体)	$Q_g(t)$ の値と等しいとして設定
		1,875	125	500	
$Q_s(t)$ *3	尾駁沼又は沢の交換水量 (m^3/y)	尾駁沼	1.3×10^7	沢	2.4×10^5

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

*3：尾駁沼陸化後の二又川と中央沢の合流部を評価点とし、評価点より上流部の流域面積における降水量から蒸発散量、河川水利用量を除いた値が評価点に流入するものとする。

$$Q_s(t) = \text{評価上の流域面積} \times (\text{年降水量} - \text{蒸発散量}) \times (1 - \text{河川水利用率})$$

- ・評価上の流域面積は、 $3.47 \times 10^7 m^2$ を設定。
- ・降水量と蒸発散量は、気温との関係式から設定(第5図及び第11図を参照)。
- ・河川水利用率は、将来も河川水が現在と同じ割合で利用されるものとして設定。
- ・現在の河川水利用が二又川からに限られることから、河川流量を現在の二又川の流域面積 $26.9 km^2$ と現在の年降水量 $1,310 mm/年$ 及び蒸発散量 $590 mm/年$ から $1.94 \times 10^7 m^3/年$ と、河川水利用量を参考文献(47)の工業用水 $9,500 m^3/日$ 、農業用水 $0.03 m^3/秒$ の合計 $4.41 \times 10^6 m^3/年$ として、その比を3割として河川水利用率を設定。

第 16 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(9/12)

<(11)式において使用>

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設地	備考
X_d	核種が流入する上部覆 土下流端から濃度計算 地点までの評価上の距 離 (m)	0	
ε_d	廃棄物埋設地の土壌の 間隙率 (-)	第 14 表(3/6)の数値とする。	
ρ_d	廃棄物埋設地の土壌の 粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(4/6)の数値とする。	
$Kd_d(i)$	廃棄物埋設地の土壌の 核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(3/10)の数値とする。	
G_d^{*1}	廃棄物埋設地の土壌の 希釈係数 (-)	掘削を伴う土壌 0.34 農産物を栽培する土壌 0.1	

*1：掘削を伴う土壌については、一般的な住宅を十分包含できる深さである 3m の掘削のうち、汚染土壌が平均的な地下水面以下(地表面から 2m 以深)にあるとして、その比から設定する。農産物を栽培する土壌についてはその根を経由して吸収することを想定して 0.1 とする。

第 16 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(10/12)

〈(4)式～(7)式において使用〉

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地	備考
$A_0(i)$	核種 <i>i</i> の総放射エネルギー (Bq)	第 11 表の数値とする。	
$P(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の体積分率 (-)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
$\varepsilon(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の間隙率 (-)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
$\rho(j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(6/6)の数値とする。	
$Kd(i,j)$	埋設設備内の媒体 <i>j</i> の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(9/10)の数値とする。	
V_{meq}	分配平衡となる埋設設備の体積 (m ³)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
S_b	難透水性覆土の拡散寄与面積 (m ²)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
De_b	難透水性覆土の実効拡散係数 (m ² /s)	1 × 10 ⁻¹⁰	間隙率 × 自由水拡散係数から設定
$Q_{co}(t)$	埋設設備から上部覆土への流出水量 (m ³ /y)	40	
$Q_{go}(t)$	埋設設備から鷹架層への流出水量 (m ³ /y)	1,700	
$T_{1/2}(i)$	核種 <i>i</i> の半減期 (y)	第 12 表(1/2)の数値とする。	
ε_b	難透水性覆土の間隙率 (-)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
ρ_b	難透水性覆土の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(6/6)の数値とする。	
$Kd_b(i)$	難透水性覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(9/10)の数値とする。	
L_c^{*2}	核種が流入する覆土の地下水流向方向長さ (m)	30	
ε_c	上部覆土の間隙率 (-)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
ρ_c	上部覆土の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(6/6)の数値とする。	
$Kd_c(i)$	上部覆土の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(10/10)の数値とする。	
U_c^{*3}	上部覆土の地下水流速 (m/y)	10	
L_b	難透水性覆土の厚さ (m)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
$Q_c(t)^{*4}$	上部覆土内地下水流量 (m ³ /y)	4,500	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：埋設設備を通過した地下水が、上部覆土へ流入するところは主に埋設設備下流側であるので、最下流の埋設設備以降で覆土へ流入するとし、その長さは南北方向の1埋設設備の長さ(奥行き)を考慮して30mと設定する。

*3 : ダルシーの法則により求まる上部覆土中の平均的な地下水流速(V_c)から設定する。

$$U_c = V_c = K_c \times i$$

$$K_c = 3.6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

: 上部覆土の平均的な透水係数として第四紀層相当(N値50未満の風化した鷹架層を含む)を設定

$$i = 8/100 \text{ (最も厳しい設定)}$$

*4 : ダルシーの法則により求まる上部覆土中の平均的な地下水流速(V_c)と地下水が上部覆土を通過する評価上の断面積(A)から設定する。

$$Q_c(t) = V_c \times A = K_c \times i \times A$$

$$K_c = 3.6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

: 上部覆土の平均的な透水係数として第四紀層相当(N値50未満の風化した鷹架層を含む)を設定

$$i = 5.5/100 \text{ (最も可能性が高い設定)}$$

: 評価期間に想定される平均的な動水勾配

$$A = 750 \text{ m}^2$$

: 地下水が上部覆土を通過する評価上の断面積

= 埋設設備の幅 × 地下水面下の考慮する深さ

$$= 150 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$$

第 16 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 (11/12)

<(8)式～(9)式において使用>

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地	備考
L_g^{*2}	核種が流入する鷹架層の地下水流向方向長さ (m)	150	
ε_g	鷹架層の間隙率 (-)	第 14 表 (5/6) の数値とする。	
ρ_g	鷹架層の粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表 (6/6) の数値とする。	
$Kd_g(i)$	鷹架層の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表 (10/10) の数値とする。	
U_g^{*3}	鷹架層の地下水流速 (m/y)	0.3	
$Q_g(t)$	鷹架層内地下水流量 (m ³ /y)	1,700	$Q_{go}(t)$ の値と等しいとして設定
X_{cs}	核種が流入する上部覆土下流端から尾駁沼又は沢までの評価上の距離 (m)	0	
X_{gs}^{*4}	核種が流入する鷹架層下流端から尾駁沼又は沢までの評価上の距離 (m)	20	
$Q_{cs}(t)$	核種が流入する上部覆土から尾駁沼又は沢への地下水流入量 (m ³ /y)	4,500	$Q_c(t)$ の値と等しいとして設定
$Q_{gs}(t)$	核種が流入する鷹架層から尾駁沼又は沢への地下水流入量 (m ³ /y)	1,700	$Q_{go}(t)$ の値と等しいとして設定
$Q_s(t)^{*5}$	尾駁沼又は沢の交換水量 (m ³ /y)	尾駁沼 1.3×10^7 沢 2.4×10^5	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

*2：核種が鷹架層中に流入する面積と上流側の核種が下流側に移行する距離として設定される。したがって、短く設定する方が、安全評価において線量を大きく評価することから、保守側の設定となる。そのため上流側の南北方向の施設 1 基分の長さを短く設定する

*3：ダルシーの法則により求まる鷹架層中の平均的な地下水流速(V_g)から設定する。

$$U_g = V_g = K_g \times i$$

$$K_g = 1.1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

: 廃棄物埋設地付近に分布する鷹架層中部層の平均的な透水係数を設定

$$i = 8/100 \text{ (最も厳しい設定)}$$

: 評価期間に想定される最大の動水勾配

*4: 埋設設備の配置に基づき、埋設設備群の下流端から地下水の流出の可能性のある沢までの距離から設定する。

*5: 尾駈沼陸化後の二又川と中央沢の合流部を評価点とし、評価点より上流部の流域面積における降水量から蒸発散量、河川水利用量を除いた値が評価点に流入するものとする。

$$Q_s(t) = \text{評価上の流域面積} \times (\text{年降水量} - \text{蒸発散量}) \times (1 - \text{河川水利用率})$$

・評価上の流域面積は、 $3.47 \times 10^7 \text{ m}^2$ を設定。

・降水量と蒸発散量は、気温との関係式から設定(第5図及び第11図を参照)。

・河川水利用率は、将来も河川水が現在と同じ割合で利用されるものとして設定。

・現在の河川水利用が二又川からに限られることから、河川流量を現在の二又川の流域面積 26.9 km^2 と現在の年降水量 $1,310 \text{ mm/年}$ 及び蒸発散量 590 mm/年 から $1.94 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{年}$ と、河川水利用量を参考文献(47)の工業用水 $9,500 \text{ m}^3/\text{日}$ 、農業用水 $0.03 \text{ m}^3/\text{秒}$ の合計 $4.41 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年}$ として、その比を3割として河川水利用率を設定。

第 16 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(12/12)

<(11)式において使用>

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設地	備考
X_d	核種が流入する上部覆 土下流端から濃度計算 地点までの評価上の距 離 (m)	0	
ϵ_d	廃棄物埋設地の土壌の 間隙率 (-)	第 14 表(5/6)の数値とする。	
ρ_d	廃棄物埋設地の土壌の 粒子密度 (kg/m ³)	第 14 表(6/6)の数値とする。	
$Kd_d(i)$	廃棄物埋設地の土壌の 核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	第 13 表(3/10)の数値とする。	
G_d^{*1}	廃棄物埋設地の土壌の 希釈係数 (-)	掘削を伴う土壌 0.34 農産物を栽培する土壌 0.1	

*1：掘削を伴う土壌については、一般的な住宅を十分包含できる深さである 3m の掘削のうち、汚染土壌が平均的な地下水面以下(地表面から 2m 以深)にあるとして、その比から設定する。農産物を栽培する土壌についてはその根を経由して吸収することを想定して 0.1 とする。

第 17 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(1/4)

<(12)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考
$CF_{aq}(i,m)$	水産物 m における核種 i の濃縮係数 (m^3/kg)	第 13 表(4/10)の数値とする。	
$M_{aq}(m)$	水産物 m の摂取量 (kg/y)	第 15 表(1/2)の数値とする。	
$f_{aq}(p,m)$	公衆 p の水産物 m の市場希釈係数 (-)	第 15 表(1/2)の数値とする。	

*1：廃止措置の開始までの平常時の評価にも用いる。

第 17 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(2/4)

<(13)式～(14)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考
$B_{ag}^{ir}(i)$	灌漑農産物への核種 i の移行係数 ($(Bq/kg-wet \text{ 農産物}) / (Bq/kg-dry \text{ 土壌})$)	第 13 表(5/10)の数値とする。	
M_{ag}^{ir}	灌漑農産物の摂取量 (kg/y)	第 15 表(1/2)の数値とする。	
$f_{ag}(p)$	公衆 p の農産物の市場希釈係数 (-)	第 15 表(1/2)の数値とする。	

第 17 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(3/4)

<(19)式～(21)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考
$Sh_{haboh}(i)$	居住者の屋外における核種 <i>i</i> の遮蔽係数 (-)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
$T_{haboh}(p)$	公衆 <i>p</i> の居住時の屋外における滞在時間 (h/y)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
fd_{haboh}	屋外における空気中ダスト濃度 (kg/m ³)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
$T_{habih}(p)$	公衆 <i>p</i> の居住時の屋内における滞在時間 (h/y)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
fd_{habih}	屋内における空気中ダスト濃度 (kg/m ³)	第 15 表(2/2)の数値とする。	

第 17 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(4/4)

<(22)式～(23)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考
$B_{ag}^v(i)$	農耕農産物への核種 <i>i</i> の移行係数 ((Bq/kg-dry 農産物) / (Bq/kg-dry 土壌))	第 13 表(5/10)の数値とする。	
M_{ag}^v	農耕農産物の摂取量 (kg/y)	第 15 表(1/2)の数値とする。	
$f_{ag}(p)$	公衆 <i>p</i> の農産物の市場希釈係数 (-)	第 15 表(1/2)の数値とする。	

第 18 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)

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地	1号廃棄物埋設地			2号廃棄物埋設地	備考
			1群から6群	8群 (均質・均一 固化体)*1	7,8群 (充填固化 体)		
$Q_{co}(t)$	埋設設備から 上部覆土への 流出水量 (m^3/y)	990	187.5	12.5	50	630	
$Q_{go}(t)$	埋設設備から 鷹架層への流 出水量 (m^3/y)	2,800	2,700	180	720	2,300	
$Q_g(t)$	鷹架層内地下 水流量 (m^3/y)	2,800	2,700	180	720	2,300	$Q_{go}(t)$ の値 と等しいと して設定
$Q_{gs}(t)$	核種が流入す る鷹架層から 尾駁沼又は沢 への地下水流 入量 (m^3/y)	2,800	2,700	180	720	2,300	$Q_{go}(t)$ の値 と等しいと して設定
$Q_s(t)^{*2}$	尾駁沼又は沢 の交換水量 (m^3/y)	尾駁沼 8.0×10^6 沢 2.4×10^5					
G_d	廃棄物埋設地 の土壌の希釈 係数 (-)	掘削を伴う土壌 1					

*1：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

*2：尾駁沼陸化後の二又川と中央沢の合流部を評価点とし、評価点より上流部の流域面積における降水量から蒸発散量及び河川水の利用量を除いた値が評価点に流入するものとする。

$$Q_s(t) = \text{評価上の流域面積} \times (\text{年降水量} - \text{蒸発散量}) \times (1 - \text{河川水利用率})$$

・評価上の流域面積は $3.47 \times 10^7 m^2$ を設定。

・降水量と蒸発散量は、気温との関係式から設定(第5図及び第11図を参照)。

・河川水利用率は、将来も河川水が現在と同じ割合で利用されるものとして設定。

・現在の河川水利用が二又川からに限られることから、河川流量を現在の二又川の流域面積 $26.9 km^2$ と現在の年降水量 $1,310 mm/年$ 及び蒸発散量 $590 mm/年$ から $1.94 \times 10^7 m^3/年$ と、河川水利用量を参考文献(47)の工業用水 $9,500 m^3/日$ 、農業用水 $0.03 m^3/秒$ の合計 $4.41 \times 10^6 m^3/年$ として、その比を3割として河川水利用率を設定。

第 18 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(2/7)

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設施設			備考	
$Kd_{i,j}$ *1	埋設設備内の媒体 j の核種 i の分配係数 (m^3/kg)	セメント系充セメント系充 填材 填材 コンクリート (廃棄体) (埋設設備)				
		H	0	0		0
		C	5×10^{-2}	5×10^{-2}		5×10^{-2}
		Co	1×10^{-1}	1×10^{-1}		1×10^{-3}
		Ni	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Sr	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-3}
		Nb	1×10^{-1}	1×10^{-1}		3×10^{-2}
		Tc	2×10^{-4}	2×10^{-4}		0
		I	1×10^{-4}	1×10^{-4}		3×10^{-4}
		Cs	1×10^{-1}	1×10^{-1}		2×10^{-2}
		Pb	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Po	9×10^{-3}	9×10^{-3}		1×10^{-2}
		Ra	2×10^{-2}	2×10^{-2}		2×10^{-3}
		Ac	2×10^{-2}	2×10^{-2}		3×10^{-2}
		Th	8×10^{-2}	8×10^{-2}		2×10^{-2}
		Pa	8×10^{-2}	8×10^{-2}		2×10^{-2}
		U	0	0		0
		Np	0	0		1×10^{-3}
		Pu	8×10^{-2}	8×10^{-2}		2×10^{-2}
		Am	2×10^{-2}	2×10^{-2}		3×10^{-2}
$Kd_b(i)$	難透水性覆土の核種 i の分配係数 (m^3/kg)	H	0			
		C	0			
		Co	3×10^{-3}			
		Ni	7×10^{-2}			
		Sr	1×10^{-1}			
		Nb	1×10^{-1}			
		Tc	0			
		I	0			
		Cs	1×10^0			
		Pb	7×10^{-2}			
		Po	7×10^{-2}			
		Ra	1×10^{-1}			
		Ac	2×10^0			
		Th	3×10^{-2}			
		Pa	3×10^{-2}			
		U	9×10^{-3}			
		Np	0			
Pu	3×10^{-2}					
Am	2×10^0					

*1 : 最も厳しい設定では、分配係数に与える不確かさとして、有機物分解生成物の濃度上昇を考慮し設定する。Cについては最も可能性が高い自然事象シナリオと同じとする。

第 18 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(3/7)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋施設			備考	
$Kd(i, j)^{*1}$	埋設設備内の 媒体jの核種i の分配係数 (m^3/kg)	セメント系充填材(廃棄体)				
		1群から6群	8群均質・均一 固化体 ^{*2,3}	7,8群 充填固化体		
		H	0	0		0
		C	5×10^{-1}	4×10^{-3}		5×10^{-2}
		Cl	0	0		0
		Co	9×10^{-3}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Ni	2×10^{-2}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Sr	2×10^{-2}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Nb	1×10^1	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Tc	3×10^{-4}	0		0
		I	1×10^{-3}	0		0
		Cs	2×10^{-3}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Pb	2×10^{-2}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Po	2×10^{-2}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Ra	2×10^{-2}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Ac	1×10^1	2×10^{-2}		2×10^{-2}
		Th	1×10^1	8×10^{-2}		8×10^{-2}
		Pa	1×10^1	8×10^{-2}		8×10^{-2}
		U	0	0		0
		Np	2×10^{-1}	3×10^{-3}		3×10^{-3}
		Pu	1×10^1	8×10^{-2}		8×10^{-2}
Am	1×10^1	2×10^{-2}	2×10^{-2}			
	埋設設備内の 媒体jの核種i の分配係数 (m^3/kg)	セメント系充填材(埋設設備)				
		1群から6群	8群均質・均一 固化体 ^{*2}	7,8群 充填固化体		
		H	0	0		0
		C	4×10^{-3}	4×10^{-3}		5×10^{-2}
		Cl	0	0		0
		Co	2×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Ni	9×10^{-4}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Sr	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Nb	2×10^{-1}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Tc	0	0		0
		I	0	0		0
		Cs	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Pb	9×10^{-4}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Po	9×10^{-4}	9×10^{-4}		9×10^{-4}
		Ra	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Ac	2×10^0	2×10^{-2}		2×10^{-2}
		Th	8×10^0	8×10^{-2}		8×10^{-2}
		Pa	8×10^0	8×10^{-2}		8×10^{-2}
		U	0	0		0
		Np	3×10^{-1}	3×10^{-3}		3×10^{-3}
		Pu	8×10^0	8×10^{-2}		8×10^{-2}
Am	2×10^0	2×10^{-2}	2×10^{-2}			

*1：最も厳しい設定では、分配係数に与える不確かさとして、有機物分解生成物の濃度上昇を考慮し設定する。
Cについては最も可能性が高い自然事象シナリオと同じとする。

*2：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

*3：セメント系充填材(廃棄体)の分配係数は、セメント破砕物充填固化体の値を設定する。

第18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(4/7)

記号	パラメータ	1号廃棄物埋設施設			備考	
$Kd(i, j)^{*1}$	埋設設備内の 媒体 <i>j</i> の核種 <i>i</i> の分配係数 (m^3/kg)	コンクリート				
		1群から6群	8群 均質・均一 固化体 ^{*2}	7,8群 充填固化体		
		H	0	0		0
		C	3×10^{-3}	3×10^{-3}		5×10^{-2}
		Cl	0	0		0
		Co	3×10^{-3}	0		0
		Ni	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Sr	3×10^{-4}	0		0
		Nb	1×10^{-2}	6×10^{-4}		6×10^{-4}
		Tc	0	0		0
		I	0	0		0
		Cs	3×10^{-4}	5×10^{-4}		5×10^{-4}
		Pb	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Po	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Ra	3×10^{-4}	0		0
		Ac	3×10^0	3×10^{-2}		3×10^{-2}
		Th	2×10^0	2×10^{-2}		2×10^{-2}
		Pa	2×10^0	2×10^{-2}		2×10^{-2}
		U	0	0		0
		Np	1×10^{-1}	1×10^{-3}		1×10^{-3}
Pu	2×10^0	2×10^{-2}	2×10^{-2}			
Am	3×10^0	3×10^{-2}	3×10^{-2}			
$Kd_b(i)$	難透水性覆土 の核種 <i>i</i> の分配 係数 (m^3/kg)	1群から6群	8群 均質・均一 固化体 ^{*2}	7,8群 充填固化体		
		H	0	0		0
		C	0	0		0
		Cl	0	0		0
		Co	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}
		Ni	5×10^{-3}	5×10^{-3}		5×10^{-3}
		Sr	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Nb	3×10^{-2}	7×10^{-3}		7×10^{-3}
		Tc	0	0		0
		I	0	0		0
		Cs	9×10^{-2}	9×10^{-2}		9×10^{-2}
		Pb	5×10^{-3}	5×10^{-3}		5×10^{-3}
		Po	5×10^{-3}	5×10^{-3}		5×10^{-3}
		Ra	1×10^{-2}	1×10^{-2}		1×10^{-2}
		Ac	4×10^{-1}	1×10^{-1}		1×10^{-1}
		Th	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		Pa	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
		U	6×10^{-4}	6×10^{-4}		6×10^{-4}
		Np	0	0		0
		Pu	2×10^{-3}	2×10^{-3}		2×10^{-3}
Am	4×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}			

*1: 最も厳しい設定では、分配係数に与える不確かさとして、有機物分解生成物の濃度上昇を考慮し設定する。

Cについては最も可能性が高い自然事象シナリオと同じとする。

*2: 8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

第 18 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(5/7)

記号	パラメータ	2号廃棄物埋設施設			備考
		セメント系 充填材 (廃棄体)	セメント系 充填材 (埋設設備)	コンクリート	
$Kd_{i,j}$ *1	埋設設備内の 媒体jの核種i の分配係数 (m^3/kg)	H	0	0	0
		C	5×10^{-2}	5×10^{-2}	5×10^{-2}
		Co	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-3}
		Ni	9×10^{-3}	9×10^{-3}	1×10^{-2}
		Sr	2×10^{-2}	2×10^{-2}	2×10^{-3}
		Nb	1×10^{-1}	1×10^{-1}	3×10^{-2}
		Tc	2×10^{-4}	2×10^{-4}	0
		I	1×10^{-4}	1×10^{-4}	3×10^{-4}
		Cs	1×10^{-1}	1×10^{-1}	2×10^{-2}
		Pb	9×10^{-3}	9×10^{-3}	1×10^{-2}
		Po	9×10^{-3}	9×10^{-3}	1×10^{-2}
		Ra	2×10^{-2}	2×10^{-2}	2×10^{-3}
		Ac	2×10^{-2}	2×10^{-2}	3×10^{-2}
		Th	8×10^{-2}	8×10^{-2}	2×10^{-2}
		Pa	8×10^{-2}	8×10^{-2}	2×10^{-2}
		U	0	0	0
		Np	0	0	1×10^{-3}
		Pu	8×10^{-2}	8×10^{-2}	2×10^{-2}
		Am	2×10^{-2}	2×10^{-2}	3×10^{-2}
		$Kd_b(i)$	難透水性覆土 の核種iの分配 係数 (m^3/kg)	H	
C				0	
Co				3×10^{-3}	
Ni				7×10^{-2}	
Sr				1×10^{-1}	
Nb				1×10^{-1}	
Tc				0	
I				0	
Cs				1×10^0	
Pb				7×10^{-2}	
Po				7×10^{-2}	
Ra				1×10^{-1}	
Ac				2×10^0	
Th				3×10^{-2}	
Pa				3×10^{-2}	
U				9×10^{-3}	
Np				0	
Pu				3×10^{-2}	
Am		2×10^0			

*1：最も厳しい設定では、分配係数に与える不確かさとして、有機物分解生成物の濃度上昇を考慮し設定する。Cについては最も可能性が高い自然事象シナリオと同じとする。

第 18 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(6/7)

<(15)式～(16)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考
$Sh_{work}(p,i)$	公衆 p の屋外労働作業時の核種 i の遮蔽係数 (-)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
$T_{farm}^{ir}(p)$	公衆 p の灌漑作業時間 (h/y)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
$DCF_{ext}(i)$	核種 i の外部放射線に係る線量換算係数 ((Sv/h)/(Bq/kg))	第 12 表(2/2)の数値とする。	
fd_{farm}^{ir}	灌漑 農耕 作業時の空气中ダスト濃度 (kg/m ³)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
I_{work}	屋外労働作業時の呼吸率 (m ³ /h)	第 15 表(2/2)の数値とする。	

第 18 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(7/7)

<(17)式～(18)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号廃棄物埋設地	備考
$Sh_{work}(p,i)$	公衆 p の屋外労働作業時の核種 i の遮蔽係数 (-)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
$T_{work}(p)$	公衆 p の屋外労働作業時間 (h/y)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
I_{work}	屋外労働作業時の呼吸率 (m ³ /h)	第 15 表(2/2)の数値とする。	
fd_{work}	屋外労働作業時の空气中ダスト濃度 (kg/m ³)	第 15 表(2/2)の数値とする。	

第 19 表 地下水浸透流解析に用いる透水係数

地盤 又は覆土	計算 ケース	透水係数(m/s)			設定の考え方	
		3号廃棄物 埋設地	1号廃棄物 埋設地	2号廃棄物 埋設地		
廃棄物埋設地 周辺地盤	鷹架層	最も可能性 が高い設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	廃棄物埋設地付近 で取得した N 値 50 以上の鷹架層中部 層の透水係数の対 数平均値*1とする。
		最も厳しい 設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	
	第四紀層	最も可能性 が高い設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	廃棄物埋設地付近 で取得した盛土、 第四紀層及び N 値 50 未満の風化した 鷹架層中部層の透 水係数の対数平均 値とする。
		最も厳しい 設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
廃棄物埋設地	上部覆土	最も可能性 が高い設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	周辺土壌と同程度 とする(第四紀層の 透水係数と同じ値 とする)。
		最も厳しい 設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
	下部覆土	最も可能性 が高い設定	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	周辺岩盤*2よりも若 干小さい透水係数 とする。
		最も厳しい 設定	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	
	難透水性 覆土	最も可能性 が高い設定	2.0×10^{-10}	2.5×10^{-9}	2.0×10^{-10}	1,000年後の力学及 び化学影響を考慮 した等価透水係数 とする。
		最も厳しい 設定	1.5×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.5×10^{-8}	
	埋設設備	最も可能性 が高い設定	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	砂程度に劣化した 状態の透水係数と する。
		最も厳しい 設定	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	

*1: 原位置試験の対数平均値と巨視的透水係数(割目と基質部における原位置透水試験の透水係数とボーリングや掘削面の地質観察で得た割目のデータから計算)が同程度であることから、簡単に求められる原位置試験の対数平均値を採用した。なお、これらの透水係数を用いて敷地の調査坑道の空洞からの湧水量を3次元地下水浸透流解析で計算し、実測値とほぼ一致していることを確認している。

*2: 想定した周辺岩盤は N 値 50 以上の鷹架層とした(透水係数: $5.0 \times 10^{-8} \sim 1.1 \times 10^{-7}$ (m/s))

第 20 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

廃棄物埋設地	設定	埋設設備から上部覆土への流出水量 (m ³ /y)	埋設設備から鷹架層への流出水量 (m ³ /y)
3号廃棄物埋設地	最も可能性が高い設定	10	1,100
	最も厳しい設定	990	2,800
1号廃棄物埋設地	最も可能性が高い設定	160	2,500
	最も厳しい設定	250	3,600
2号廃棄物埋設地	最も可能性が高い設定	40	1,700
	最も厳しい設定	630	2,300

第 21 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)

評価対象者個人	3号廃棄物埋設地 線量($\mu\text{Sv/y}$)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)	各廃棄物埋設地の重 畳を考慮した線量*1 ($\mu\text{Sv/y}$)
(a) 居住者	約 8.8×10^{-2}	約 430	約 0.46

*1：各廃棄物埋設地の最大線量を足し合わせた値。

第 21 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) (2/3)

評価対象者個人	1号廃棄物埋設地 線量($\mu\text{Sv/y}$)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)	各廃棄物埋設地の重 畳を考慮した線量*1 ($\mu\text{Sv/y}$)
(a) 居住者	約 0.20	約 300	約 0.46

*1：各廃棄物埋設地の最大線量を足し合わせた値。

第 21 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) (3/3)

評価対象者個人	2号廃棄物埋設地 線量($\mu\text{Sv/y}$)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)	各廃棄物埋設地の重 畳を考慮した線量*1 ($\mu\text{Sv/y}$)
(a) 居住者	約 0.18	約 400	約 0.46

*1：各廃棄物埋設地の最大線量を足し合わせた値。

第 22 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)

評価対象者個人	3号廃棄物埋設地 線量($\mu\text{Sv/y}$)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)	各廃棄物埋設地の重 畳を考慮した線量 *1,2 ($\mu\text{Sv/y}$)
(a) 漁業従事者	約 3.8	約 400	約 11
(b) 農業従事者(米)	約 1.9	約 6,600	
(c) 農業従事者(米以外)	約 0.63	約 6,200	
(d) 畜産業従事者	約 0.62	約 6,200	
(e) 建設業従事者	約 0.79	約 6,200	
(f) 居住者	約 0.85	約 6,200	

*1：各廃棄物埋設地の最大線量を足し合わせた値。

*2：評価対象個人のうち、被ばく線量が最大となる漁業従事者の線量を記載している。

第 22 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) (2/3)

評価対象者個人	1号廃棄物埋設地 線量($\mu\text{Sv/y}$)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)	各廃棄物埋設地の重 畳を考慮した線量 *1,2 ($\mu\text{Sv/y}$)
(a) 漁業従事者	約 3.3	約 300	約 11
(b) 農業従事者(米)	約 1.8	約 3,400	
(c) 農業従事者(米以外)	約 0.89	約 1,000	
(d) 畜産業従事者	約 0.66	約 1,150	
(e) 建設業従事者	約 0.77	約 1,200	
(f) 居住者	約 0.82	約 1,200	

*1：各廃棄物埋設地の最大線量を足し合わせた値。

*2：評価対象個人のうち、被ばく線量が最大となる漁業従事者の線量を記載している。

第 22 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) (3/3)

評価対象者個人	2号廃棄物埋設地 線量 ($\mu\text{Sv/y}$)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)	各廃棄物埋設地の重 畳を考慮した線量 *1,2 ($\mu\text{Sv/y}$)
(a) 漁業従事者	約 4.0	約 390	約 11
(b) 農業従事者(米)	約 3.4	約 10,700	
(c) 農業従事者(米以外)	約 0.66	約 9,880	
(d) 畜産業従事者	約 0.63	約 10,200	
(e) 建設業従事者	約 0.80	約 10,300	
(f) 居住者	約 0.87	約 10,300	

*1：各廃棄物埋設地の最大線量を足し合わせた値。

*2：評価対象個人のうち、被ばく線量が最大となる漁業従事者の線量を記載している。

第 23 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号廃棄物埋設地					
考慮した 状態設定	状態設定に基づく 線量評価パラメータ設定値		設定の考え方	線量($\mu\text{Sv/y}$) (居住者 ^{*1})	
人工バリアの 取着性を喪失した ケース	分配 係数	廃棄体(m^3/kg)	全核種 0	人工バリアの取着性を無視したケースとして、覆土完了時点から分配平衡領域の分配係数を全核種 $0\text{m}^3/\text{kg}$ と設定する。	約 1.9 支配核種：C-14
		充填モルタル(m^3/kg)	全核種 0		
		コンクリート(m^3/kg)	全核種 0		
天然バリアの 取着性を喪失した ケース	分配 係数	岩盤(鷹架層)(m^3/kg)	全核種 0	天然バリアの化学的遅延機能を無視したケースとして、覆土完了時点から鷹架層 ₃ の分配係数を全核種 $0\text{m}^3/\text{kg}$ と設定する。	約 0.76 支配核種： Am-241 ^{*2}
人工バリアの 低透水性を喪失した ケース ^{*3*4}		埋設設備から 覆土への 流出水量(m^3/y)	5,200	人工バリアの低透水性を無視したケースとして、覆土完了時点から各バリアの透水係数を最も厳しい自然事象シナリオの設定($1.5 \times 10^{-8}\text{m/s}$)よりも更に厳しい設定($1.0 \times 10^{-7}\text{m/s}$)とする。 ^{*3}	約 0.77 支配核種：C-14
		埋設設備から 鷹架層への 流出水量(m^3/y)	6,200		
最も可能性が高い 自然事象シナリオ		-	-	-	約 8.8×10^{-2} 支配核種：C-14

*1：最も可能性が高い自然事象シナリオにおける全ての被ばく経路を対象とした。

*2：最も可能性が高い自然事象シナリオの支配核種である C-14 は天然バリアの取着性(分配係数)が小さいことから、支配核種は天然バリアの取着性(分配係数)の大きい Am-241 に変わっている。

*3：人工バリアの低透水性の喪失したケースとして、難透水性覆土及び下部覆土の膨潤性が損なわれ、細粒分が残留する状態を想定し、透水係数を $1.0 \times 10^{-7}\text{m/s}$ と設定する。

*4：本ケースの埋設設備から覆土への流出水量及び埋設設備から鷹架層への流出水量は、設定した透水係数を基に 2次元地下水浸透流解析により計算を行った。最も可能性が高い自然事象シナリオの設定値はそれぞれ $10\text{m}^3/\text{y}$ 、 $1,100\text{m}^3/\text{y}$ 、最も厳しい自然事象シナリオの設定値はそれぞれ $990\text{m}^3/\text{y}$ 、 $2,800\text{m}^3/\text{y}$ である。

第 23 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(2/3)

1号廃棄物埋設地					
考慮した状態設定	状態設定に基づく線量評価パラメータ設定値		設定の考え方	線量($\mu\text{Sv/y}$) (居住者*1)	
人工バリアの 収着性を喪失した ケース	分配 係数	廃棄体(m^3/kg)	全核種 0	人工バリアの収着性を無視したケースとして、覆土完了時点から分配平衡領域の分配係数を全核種 $0\text{m}^3/\text{kg}$ と設定する。	約 0.71 支配核種 : C-14
		充填モルタル(m^3/kg)	全核種 0		
		コンクリート(m^3/kg)	全核種 0		
天然バリアの 収着性を喪失した ケース	分配 係数	岩盤(鷹架層)(m^3/kg)	全核種 0	天然バリアの化学的遅延機能は無視したケースとして、覆土完了時点から鷹架層の分配係数を全核種 $0\text{m}^3/\text{kg}$ と設定する。	約 14 支配核種 : Ni-63*2
人工バリアの 低透水性を喪失した ケース*3*4	埋設設備から 覆土への 流出水量(m^3/y)		5,300	人工バリアの低透水性を無視したケースとして、覆土完了時点から各バリアの透水係数を最も厳しい自然事象シナリオの設定($1.5 \times 10^{-8}\text{m/s}$)よりも更に厳しい設定($1.0 \times 10^{-7}\text{m/s}$)とする。*3	約 41 支配核種 : Ni-63
	埋設設備から 鷹架層への 流出水量(m^3/y)		11,000		
最も可能性が高い 自然事象シナリオ	-		-	-	約 0.20 支配核種 : C-14

*1 : 最も可能性が高い自然事象シナリオにおける全ての被ばく経路を対象とした。

*2 : 最も可能性が高い自然事象シナリオの支配核種である C-14 は天然バリアの収着性(分配係数)が小さいことから、支配核種は放射エネルギーの大きい Ni-63 に変わっている。

*3 : 人工バリアの低透水性の喪失したケースとして、難透水性覆土及び下部覆土の膨潤性が損なわれ、細粒子が残留する状態を想定し、透水係数を $1.0 \times 10^{-7}\text{m/s}$ と設定する。

*4 : 本ケースの埋設設備から覆土への流出水量及び埋設設備から鷹架層への流出水量は、設定した透水係数を基に 2次元地下水浸透流解析により計算を行った。最も可能性が高い自然事象シナリオの設定値はそれぞれ $160\text{m}^3/\text{y}$ 、 $2,500\text{m}^3/\text{y}$ 、最も厳しい自然事象シナリオの設定値はそれぞれ $250\text{m}^3/\text{y}$ 、 $3,600\text{m}^3/\text{y}$ である。

第 23 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(3/3)

2号廃棄物埋設地					
考慮した 状態設定	状態設定に基づく 線量評価パラメータ設定値		設定の考え方	線量(μ Sv/y) (居住者*1)	
人工バリアの 収着性を喪失した ケース	分配 係数	廃棄体(m^3/kg)	全核種 0	人工バリアの収着性を無視したケースとして、覆土完了時点から分配平衡領域の分配係数を全核種 $0m^3/kg$ と設定する。	約 3.0 支配核種 : C-14
		充填モルタル(m^3/kg)	全核種 0		
		コンクリート(m^3/kg)	全核種 0		
天然バリアの 収着性を喪失した ケース	分配 係数	岩盤(鷹架層) (m^3/kg)	全核種 0	天然バリアの化学的遅延機能を無視したケースとして、覆土完了時点から鷹架層の分配係数を全核種 $0m^3/kg$ と設定する。	約 7.2 支配核種 : Ni-63*2
人工バリアの 低透水性を喪失した ケース*3*4		埋設設備から 覆土への 流出水量 (m^3/y)	3,000	人工バリアの低透水性を無視したケースとして、覆土完了時点から各バリアの透水係数を最も厳しい自然事象シナリオの設定 ($1.5 \times 10^{-8}m/s$) よりも更に厳しい設定 ($1.0 \times 10^{-7}m/s$) とする。*3	約 0.67 支配核種 : C-14
		埋設設備から 鷹架層への 流出水量 (m^3/y)	3,900		
最も可能性が高い 自然事象シナリオ		-	-	-	約 0.18 支配核種 : C-14

*1 : 最も可能性が高い自然事象シナリオにおける全ての被ばく経路を対象とした。

*2 : 最も可能性が高い自然事象シナリオの支配核種である C-14 は天然バリアの収着性(分配係数)が小さいことから、支配核種は放射エネルギーの大きい Ni-63 に変わっている。

*3 : 人工バリアの低透水性の喪失したケースとして、難透水性覆土及び下部覆土の膨潤性が損なわれ、細粒分が残留する状態を想定し、透水係数を $1.0 \times 10^{-7}m/s$ と設定する。

*4 : 本ケースの埋設設備から覆土への流出水量及び埋設設備から鷹架層への流出水量は、設定した透水係数を基に 2 次元地下水浸透流解析により計算を行った。最も可能性が高い自然事象シナリオの設定値はそれぞれ $40m^3/y$ 、 $1,700m^3/y$ 、最も厳しい自然事象シナリオの設定値はそれぞれ $630m^3/y$ 、 $2,300m^3/y$ である。

第 24 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)

<(24)式において使用>

記号	パラメータ	3号廃棄物埋設地	1号廃棄物埋設地	2号廃棄物埋設地	備考
V_w	廃棄体の総体積 (m^3)	42,240	40,960	41,472	
ξ	土壌の間隙率 (-)	0.55	0.45	0.46	ϵ_d と同じ数値を設定
ρ_s	土壌の粒子密度 (kg/m^3)	2,600	2,700	2,700	ρ_d と同じ数値を設定
G_p^{*1}	土壌の希釈係数 (-)	0.079	0.072	0.071	

*1：地下数階を有する建物の建設作業に伴う掘削土壌の希釈係数は、埋設設備寸法、掘削形状及び掘削深度から設定する。家庭菜園を考慮する場合は農作物の根の一部が掘削土壌に到達することを想定し、さらに0.1を掛けた値を設定値とする。

第 24 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(2/3)

<(19)式において使用>

記号	パラメータ	1号、2号及び3号 廃棄物埋設地	備考
$Sh_{haboh}(i)$	居住者の屋外における 核種 <i>i</i> の遮蔽係数 (-)	居住者 Co-60, Nb-94, Ra-226, Th-229 0.3	参考文献(80) 参考文献(52)
		Cs-137, Pb-210, Ac-227, Pa-231, U-235, Np-237 0.27	
		上記以外の核種 0.031	

第 24 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(3/3)

<(4)式～(5)式、(8)式～(9)式において使用>

記号	パラメータ	3号 廃棄物 埋設地	1号廃棄物 埋設地			2号 廃棄物 埋設地	備考
			1群 から 6群	8群 (均質・ 均一 固化体)*1	7,8群 (充填固 化体)		
$Q_{co}(t)$	埋設設備から 上部覆土への 流出水量 (m^3/y)	41,000	21,000	5,600	1,400	43,000	
$Q_{go}(t)$	埋設設備から 鷹架層への 流出水量 (m^3/y)	41,000	21,000	5,600	1,400	43,000	
$Q_g(t)$	鷹架層内地下 水流入量 (m^3/y)	41,000	21,000	5,600	1,400	43,000	$Q_{go}(t)$ の値と 等しいとして 設定
$Q_{gs}(t)$	核種が流入す る鷹架層から 尾駁沼又は沢 への地下水流 入量 (m^3/y)	41,000	21,000	5,600	1,400	43,000	$Q_{go}(t)$ の値と 等しいとして 設定

*1：8群に埋設する充填固化体のうち、セメント破砕物充填固化体を含む。

第 25 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)

評価対象者個人	3号廃棄物埋設地 線量(mSv/y)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)
(a) 建設業従事者	約 2.5×10^{-3}	約 300
(b) 居住者	約 1.9×10^{-2}	約 300

第 25 表 廃止措置の開始後における評価の結果

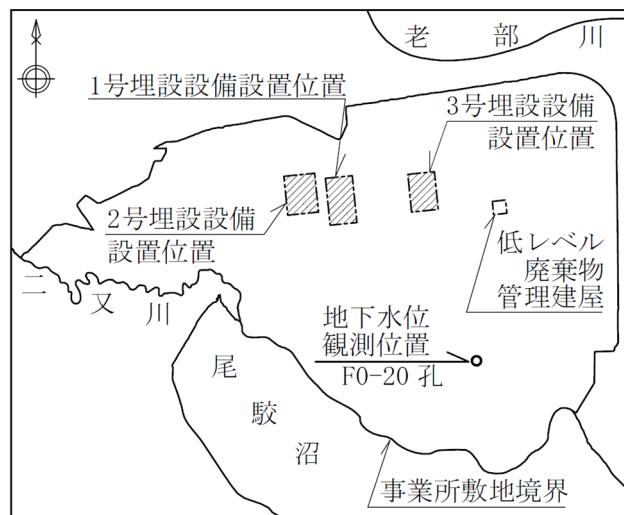
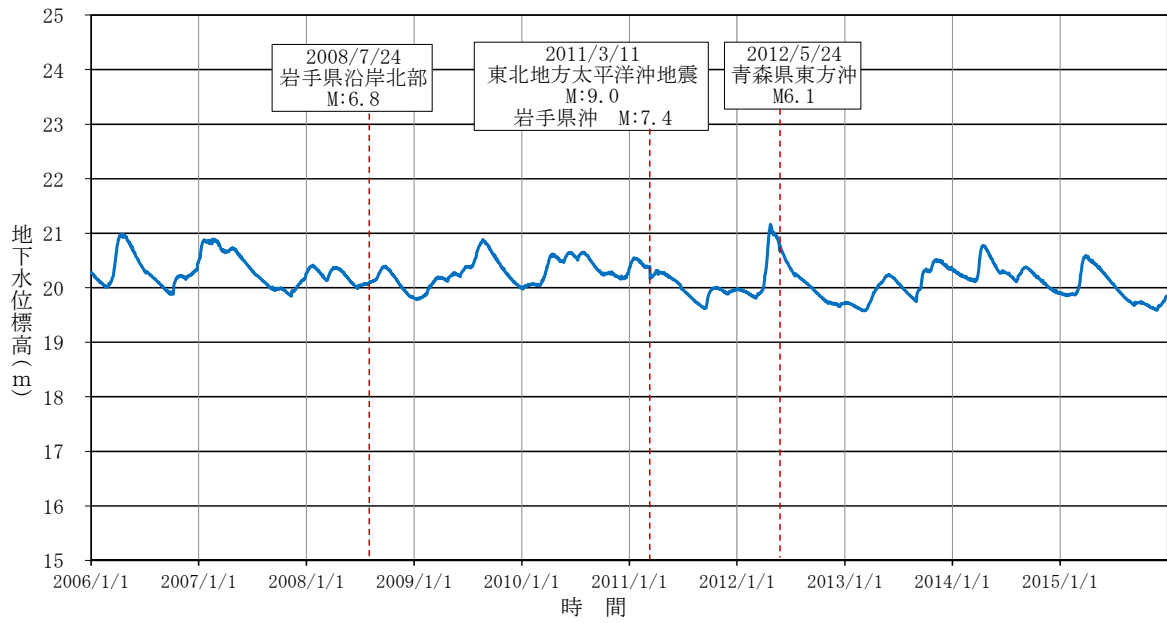
(人為事象シナリオ) (2/3)

被ばく経路	1号廃棄物埋設地 線量(mSv/y)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)
(a) 建設業従事者	約 5.9×10^{-3}	約 300
(b) 居住者	約 4.4×10^{-2}	約 300

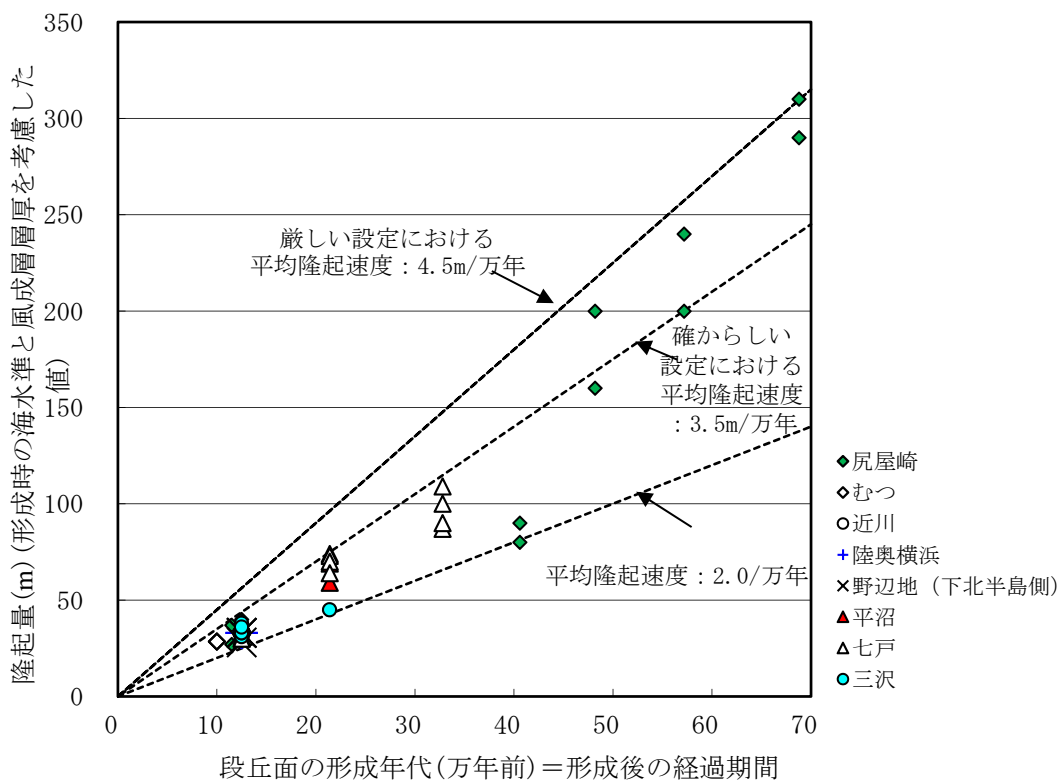
第 25 表 廃止措置の開始後における評価の結果

(人為事象シナリオ) (3/3)

被ばく経路	2号廃棄物埋設地 線量(mSv/y)	線量が最大となる 覆土完了後の時期 (y)
(a) 建設業従事者	約 5.8×10^{-3}	約 300
(b) 居住者	約 3.7×10^{-2}	約 300

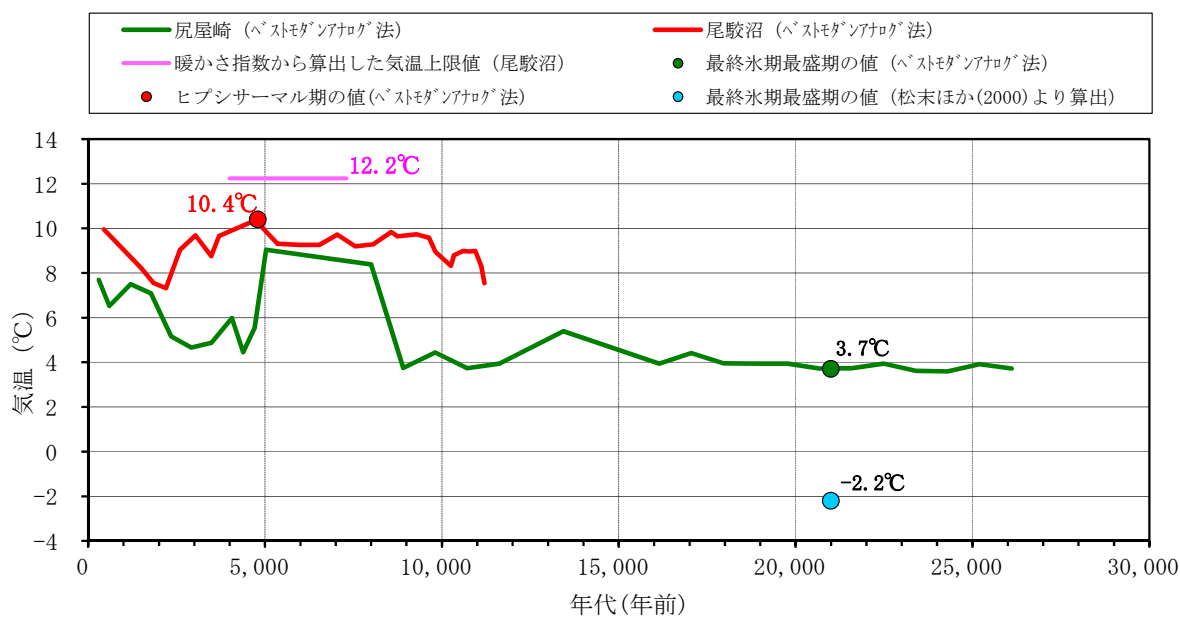


第1図 地下水位観測結果(F0-20孔)

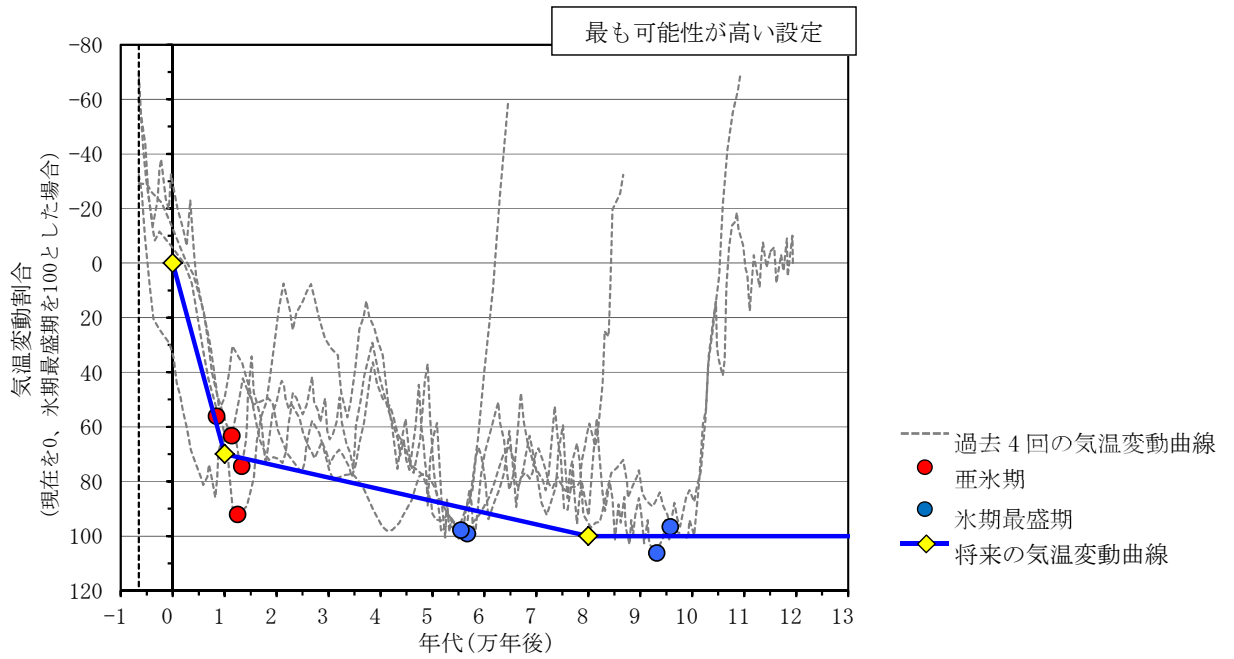


注1：段丘面の形成年代及び隆起量は、小池・町田(2001)⁽⁸⁾に基づき作成。

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

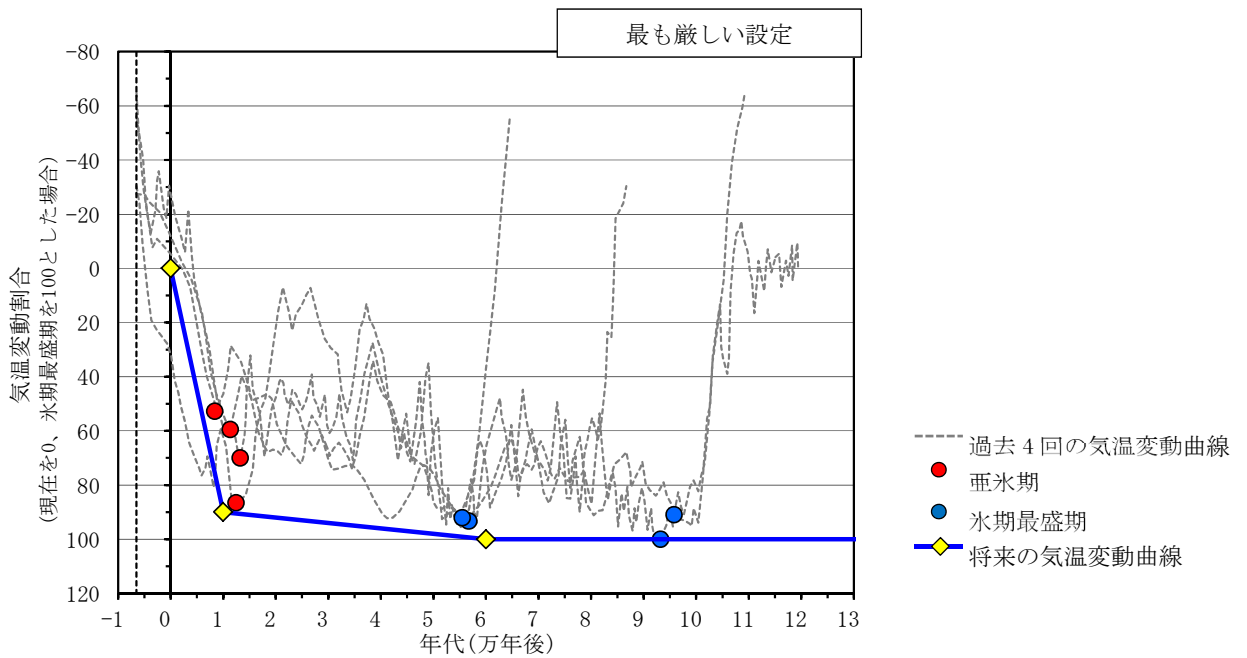


第3図 花粉分析による過去26,000年間の気温変動



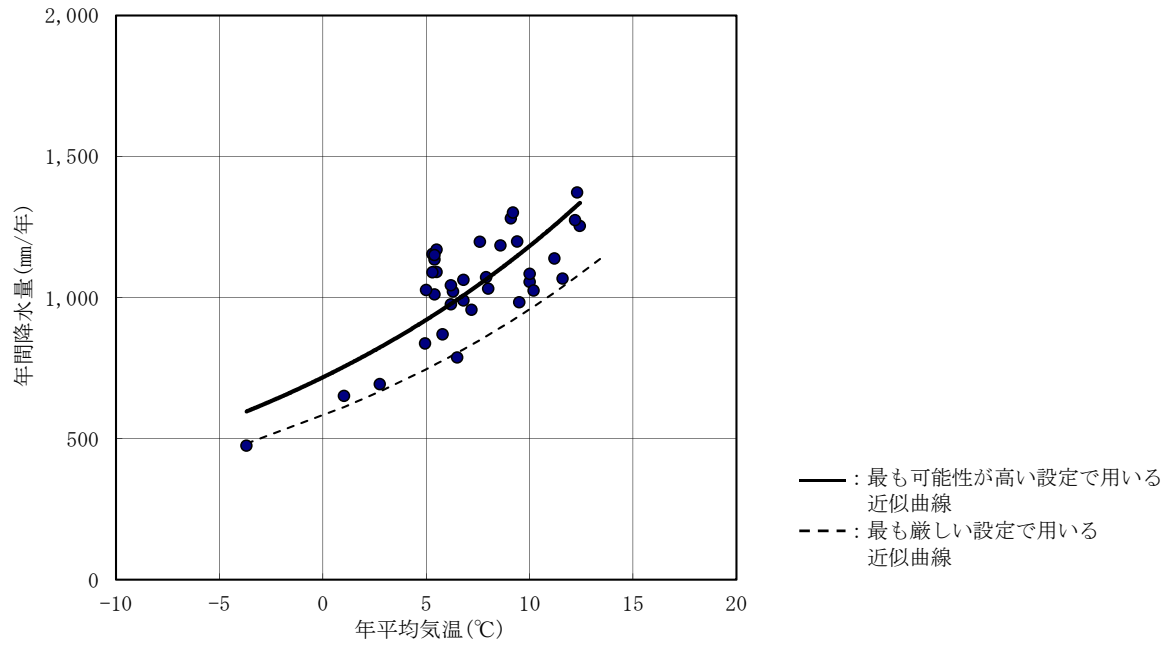
注1：気温変動曲線はEPICA(2004)⁽⁹⁾に示される氷床コアの酸素・水素同位体比の知見から、過去4回の変動周期の間氷期最盛期を6,500年前として重ね合わせた。

第4図 将来の気温の変動曲線(寒冷化ケース)(1/2)



注1：気温変動曲線はEPICA(2004)⁽⁹⁾に示される氷床コアの酸素・水素同位体比の知見から、過去4回の変動周期の間氷期最盛期を6,500年前として重ね合わせた。

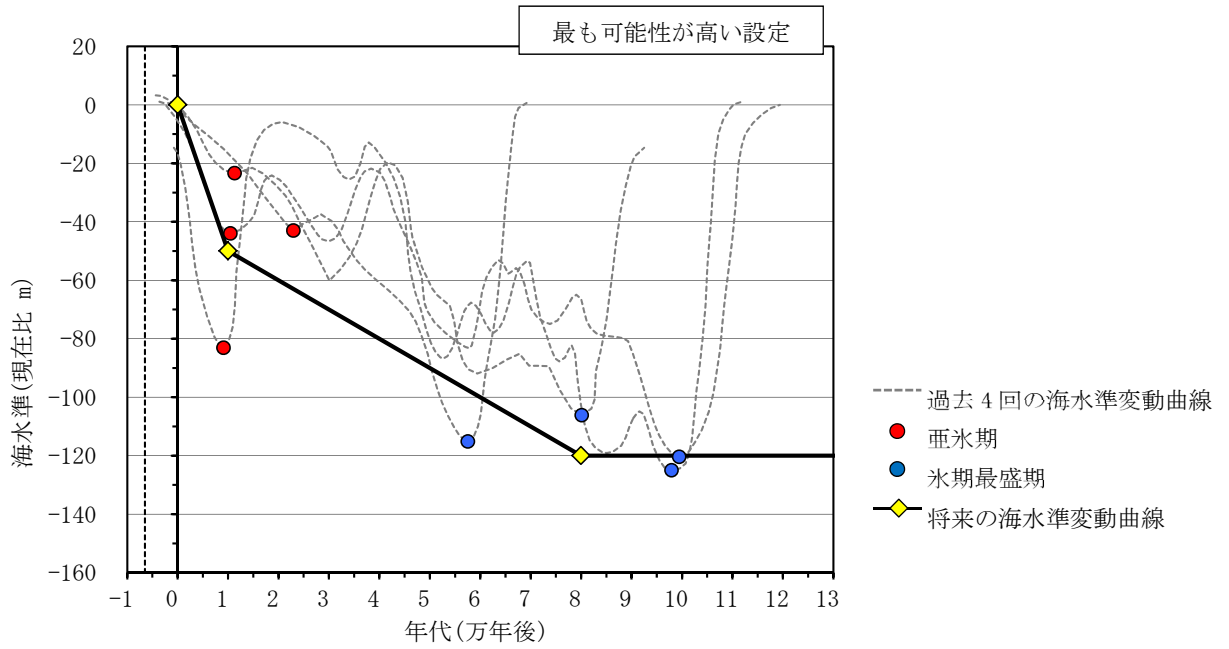
第4図 将来の気温の変動曲線(寒冷化ケース)(2/2)



注1 : 36 地点の年降水量及び年平均気温は、気象庁のデータ⁽⁵⁰⁾⁽⁵¹⁾を使用した。

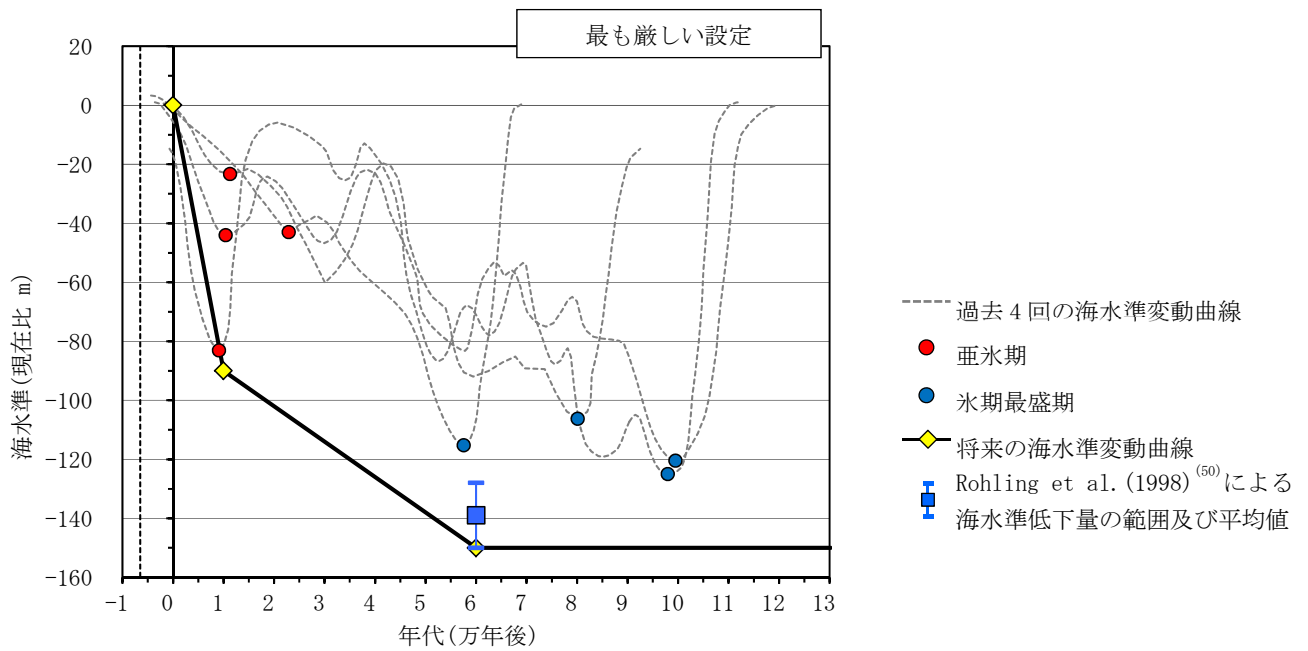
第5図 敷地周辺と類似した気候因子を持つ36地点の

年平均気温と年間降水量の関係



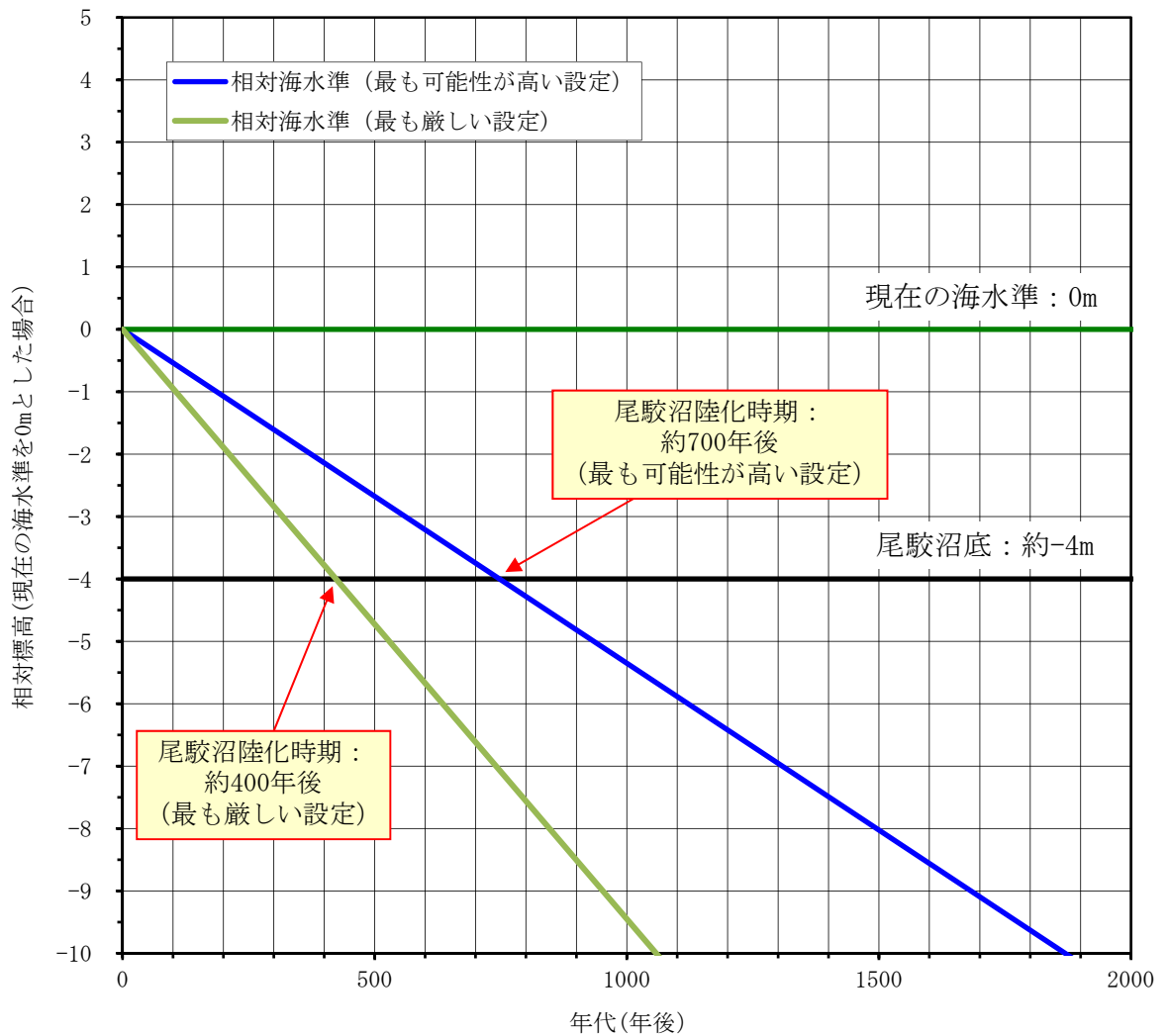
注1：海水準変動曲線は Labeyrie et al (2003)⁽¹⁷⁾ に示される酸素同位体比による海水準の見解から、過去4回の変動周期の間氷期最盛期を6,500年前として重ね合わせた。

第6図 将来の海水準の変動曲線(1/2)



注1：海水準変動曲線は Labeyrie et al (2003)⁽¹⁷⁾ に示される酸素同位体比による海水準の見解から、過去4回の変動周期の間氷期最盛期を6,500年前として重ね合わせた。

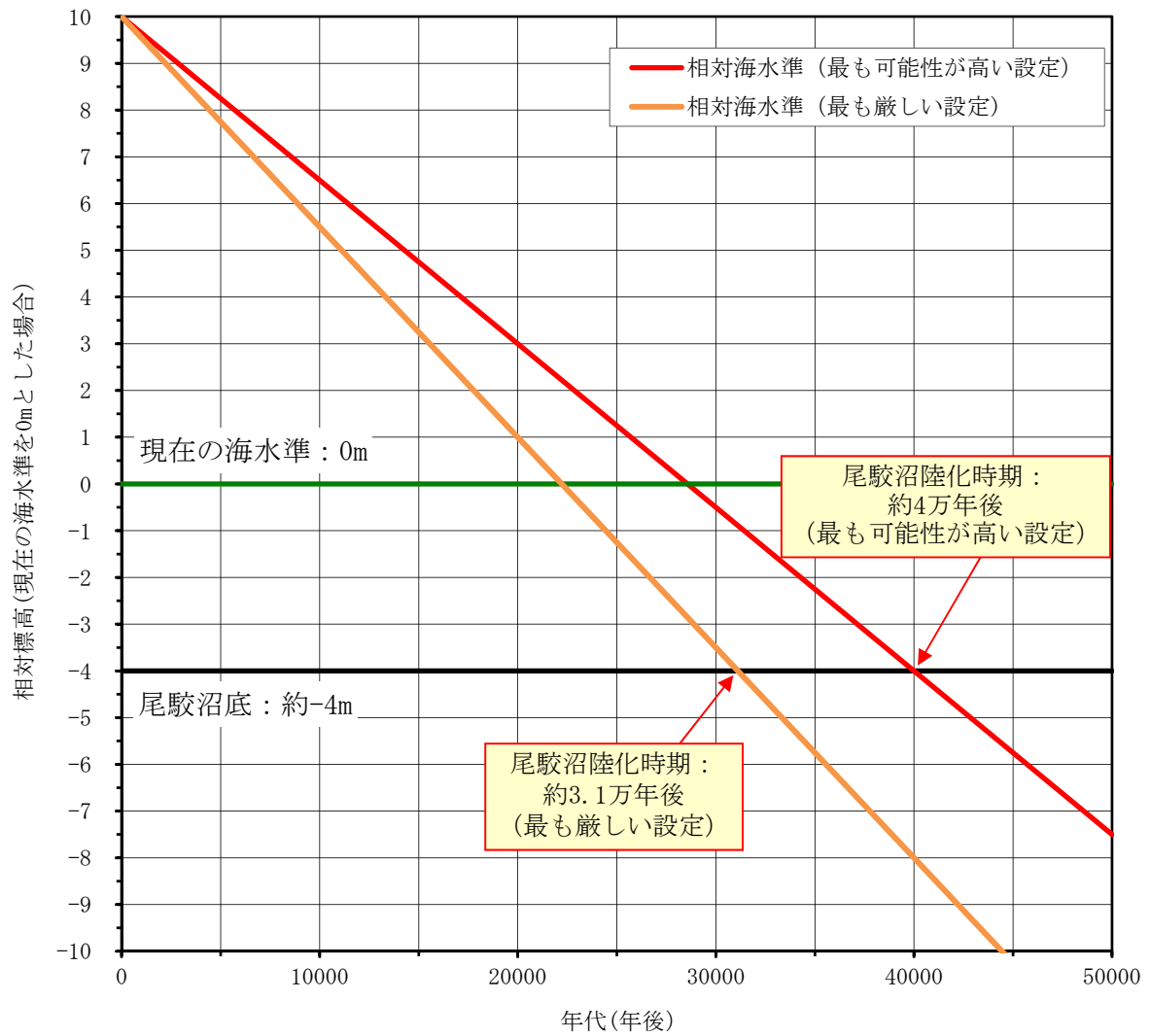
第6図 将来の海水準の変動曲線(2/2)



注1：尾駈沼底の標高は、国土地理院発行2万5千分の1地形図「戸鎖」を参照。

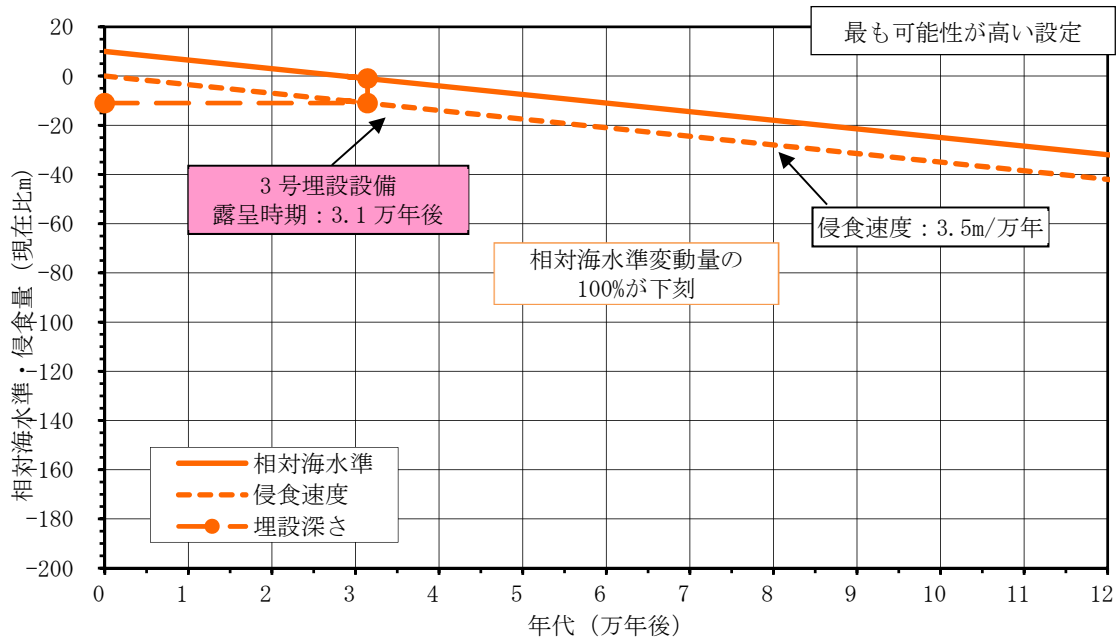
第7図 寒冷化ケースにおける尾駈沼の河川化時期の予測

(最も可能性が高い設定・最も厳しい設定)

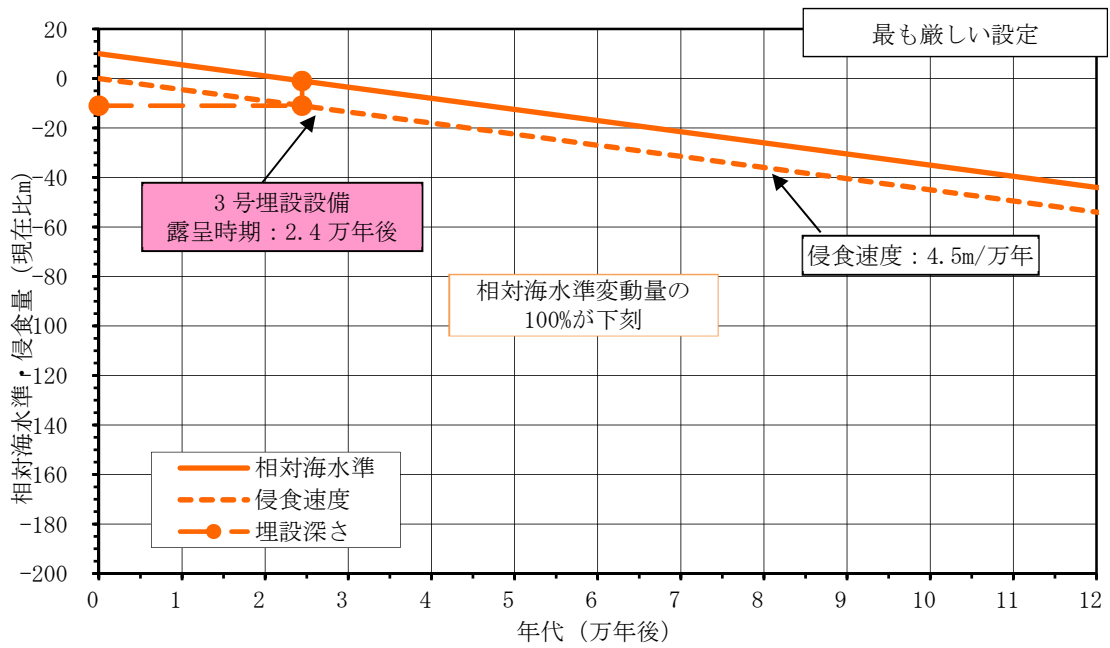


注1：尾駁沼底の標高は、国土地理院発行2万5千分の1地形図「戸鎖」を参照。

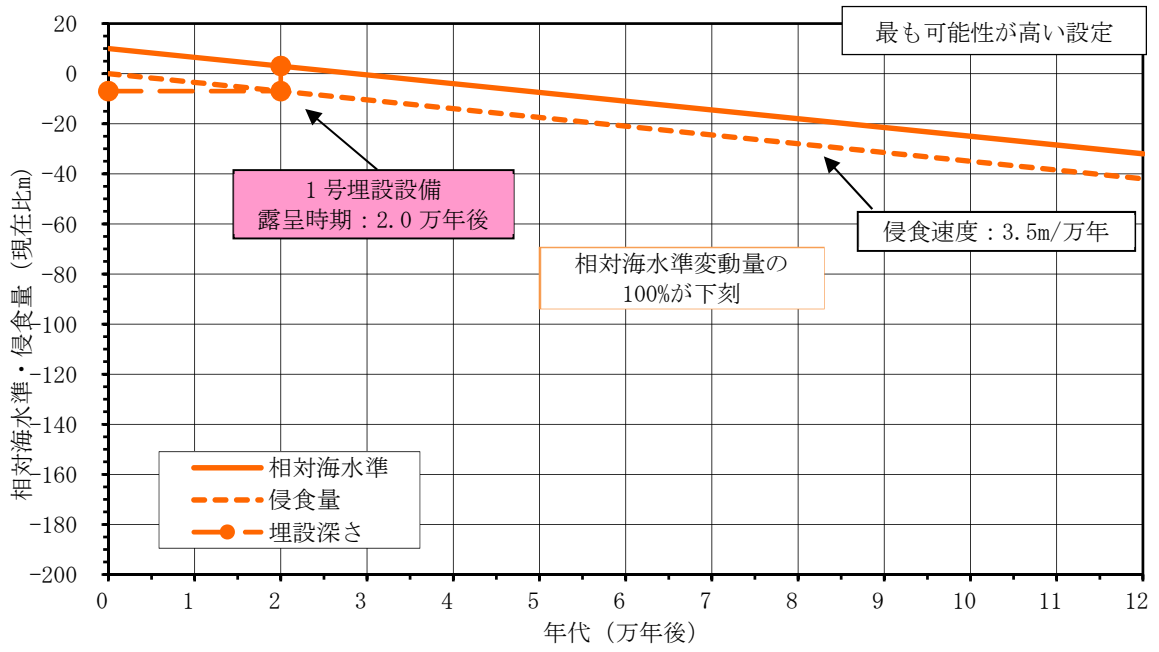
第8図 温暖期継続ケースにおける尾駁沼の河川化時期の予測
(最も可能性が高い設定・最も厳しい設定)



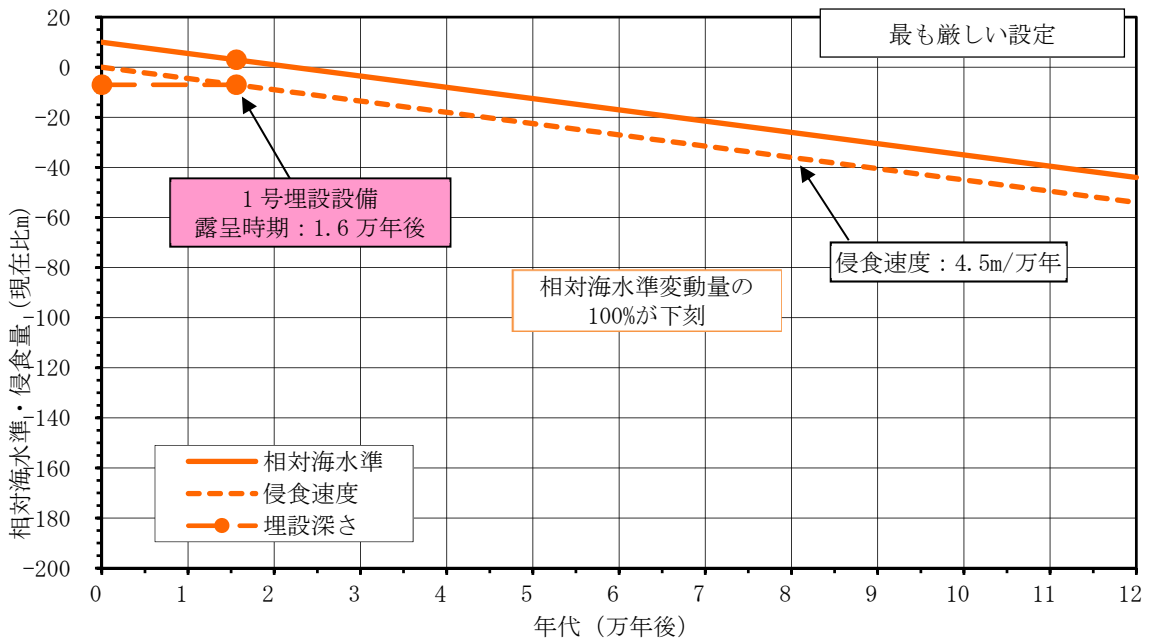
第9図 温暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(1/6)



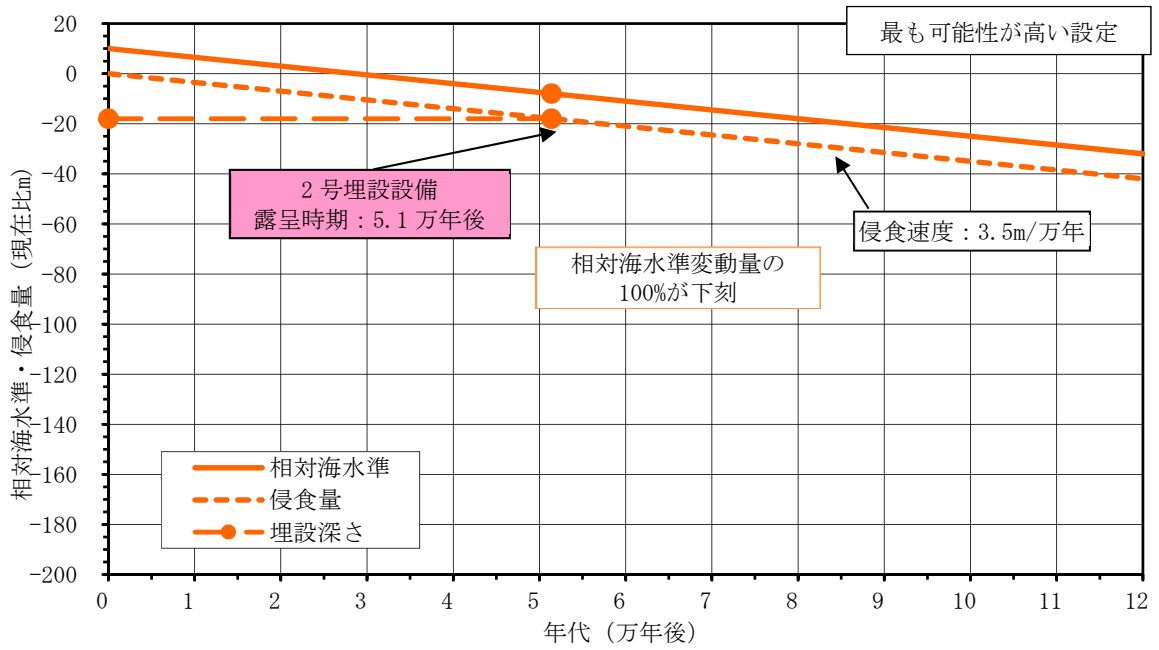
第9図 温暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(2/6)



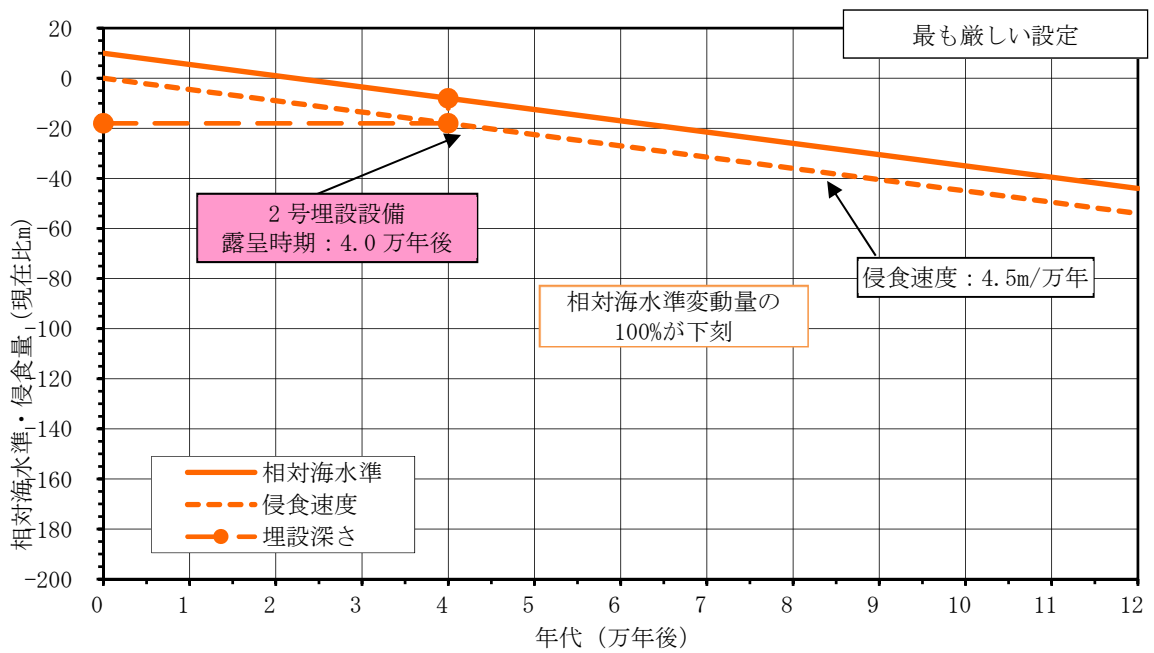
第9図 温暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(3/6)



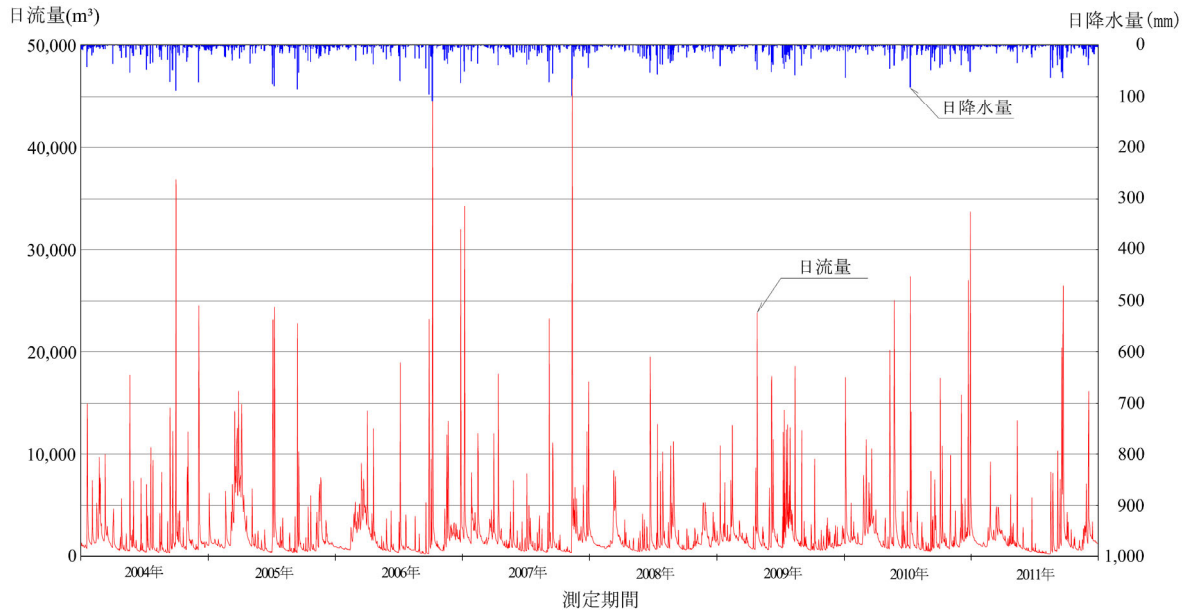
第9図 温暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(4/6)



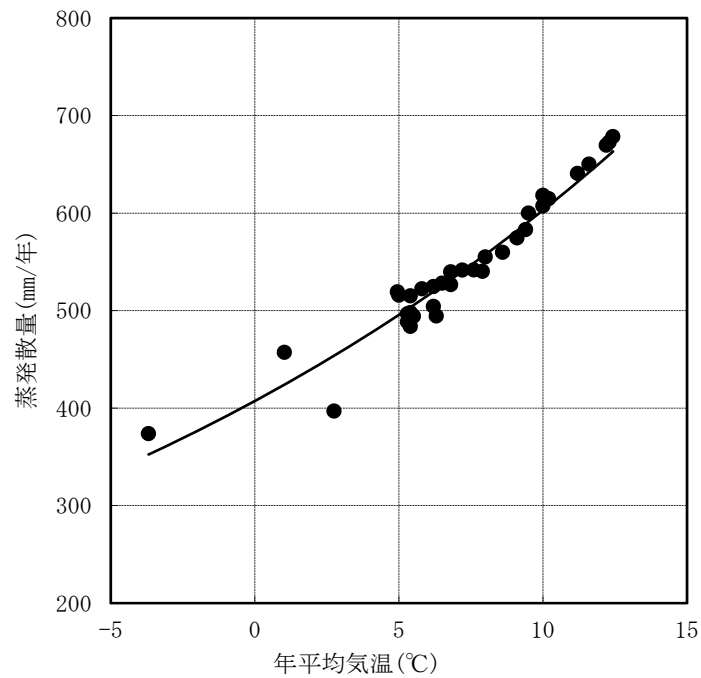
第9図 温暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(5/6)



第9図 温暖期継続ケースにおける侵食量と埋設設備の露呈時期(6/6)



第 10 図 敷地内の表流水流量の観測結果(2004 年～2011 年)



注 1 : 36 地点の年平均気温は、気象庁のデータ⁽⁵¹⁾⁽⁸¹⁾を使用した。

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

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第十二条：監視測定設備

目 次

1. 基本方針

1. 1 主要な計装設備の種類

1. 2 その他の主要な事項

2. 監視測定設備に係る設計方針

- * 監視測定設備は主に 1 号廃棄物埋施設設備であるため、1 号
廃棄物埋施設について記載

1. 基本方針

1. 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、既許可設備である。ただし、排水・監視設備のうち点検路の構造を変更する。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、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

a. 周辺監視区域境界付近における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直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量を監視及び測定する。この監視及び測定のため、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)を設置する。

モニタリングポイント(積算線量計)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. 排気中の放射性物質の濃度の監視測定設備

低レベル廃棄物管理建屋から放出する気体廃棄物中の放射性物質の濃度を監視及び測定する。この監視及び測定のため、管理建屋に排気用モニタ及び放射能測定装置を設置する。

排気用モニタ及び放射能測定装置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。

c. 排水中の放射性物質の濃度の監視測定設備

低レベル廃棄物管理建屋から放出する液体廃棄物中の放射性物質の濃度を監視及び測定する。この監視及び測定のため、管理建屋に放射能測定装置を設置する。

放射能測定装置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。

d. 放射性物質の濃度及び線量の表示

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を管理建屋内に設置する。

(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、漏出防止機能、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。

~~なお、埋設設備1群から6群は、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出状況の監視及び測定により、その機能が維持されていることを確認する。~~

a. 放射性物質の漏出を防止する機能の監視測定設備

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、放射能測定装置及び放射線サーベイ機器を設置する。

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~~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、~~本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関係す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この監視及び測定のため、廃棄物埋設地及び廃棄物埋設地近傍(地下水流向の上流及び下流)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。

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。

1. 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)の移行抑制機能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

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。~~また、点検路のうち立坑については、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。

~~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。~~

3号(1号と異なる箇所)

その他の主要な事項

- (ii) 監視測定設備を設置した場所を經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經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、点検管のうち点検室内の解体及び埋戻しを行う。~~また、点検管のうち鋼管部については、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。

2. 監視測定設備に係る設計方針

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おいては、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おいては、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、既許可から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。

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

(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廃止措置の開始までの間においては、事業所及びその境界付近における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の放射線量並びに操業に伴い周辺環境に放出される放射性物質の濃度及び線量を監視及び測定する設備を事業所内及び周辺監視区域境界付近に設置する。

(b) 監視測定設備に関する設計

(一) 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直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

(二) 排気中の放射性物質の濃度の監視測定設備

管理建屋から放出する気体廃棄物中の放射性物質の濃度を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

(三) 排水中の放射性物質の濃度の監視測定設備

管理建屋から放出する液体廃棄物中の放射性物質の濃度を監視及び測定できる設備を有する設計とする。

(四) 放射性物質の濃度及び線量の表示

公衆を放射線から防護するため、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管理建屋に表示する設計とする。

(c) 主要な監視測定設備

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を第 2 表に、それらの設置箇所を第 1 図及び第 2 図に示す。

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)、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(線量当量率サーベイメータ)を設置する。また、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を管理建屋内に設置する。

放射性物質の濃度及び線量を表示する設備は、1 号廃棄物埋設施設の設備として設置し、1 号、2 号及び 3 号廃棄物埋設施設で共用する。

モニタリングポイント(積算線量計)、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、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モニタリングポイント(積算線量計)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。

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漏出防止機能及び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

埋設設備の漏出防止機能が維持されていることを確認するため、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、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、~~また、点検路のうち~~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、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第1図及び第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

3号(1号と異なる箇所)

その他の主要な事項

(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、点検管の解体及び埋戻しを行う。点検管は、鉄筋コンクリート製の点検室及び点検室と地表を連絡する鋼管部により構成され、埋設設備の側部に設置するが、鋼管部については、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。

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	× ^{*2}
	低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(共用) ^{*3}
		放射線サーベイ機器	×(共用) ^{*3}
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) ^{*3}
	低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(共用) ^{*3}
		放射線サーベイ機器	×(共用) ^{*3}

*1：○：新設、△：既設設備、×：既許可設備

*2：点検路については設計変更する。

*3：1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。

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

監視測定対象	監視測定場所	監視測定設備	施設の区分 ^{*1}
直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線	周辺監視区域境界付近	モニタリングポイント(積算線量計)	×(共用) ^{*2,3}
排気中の放射性物質の濃度	低レベル廃棄物管理建屋	排気用モニタ	×(共用) ^{*2}
		放射能測定装置	×(共用) ^{*2}
排水中の放射性物質の濃度	低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(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。

*3：ウラン濃縮工場と共用する。

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

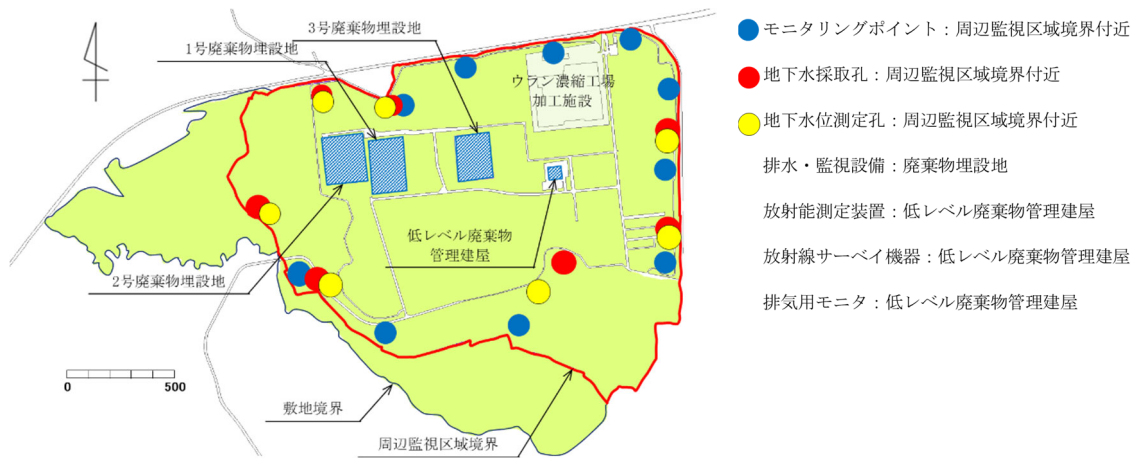
関係する機能	監視測定時期	監視測定項目	監視測定場所	監視測定設備	施設の区分*1
漏出防止機能	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	排水中の放射性物質の濃度及び線量	廃棄物埋設地	排水・監視設備	×*3
			低レベル廃棄物管理建屋	放射能測定装置	×(共用)*2
				放射線サーベイ機器	×(共用)*2
		排水量	廃棄物埋設地	排水・監視設備	×*3
移行抑制機能	覆土完了から廃止措置の開始まで	地下水の水位(地下水流動場)	周辺監視区域境界付近	地下水位測定孔	△(共用)*2
		地下水の水質	廃棄物埋設地近傍	地下水採取孔	○
			低レベル廃棄物管理建屋等	水質の分析装置	○(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)	—*4	—*4	—*4
		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

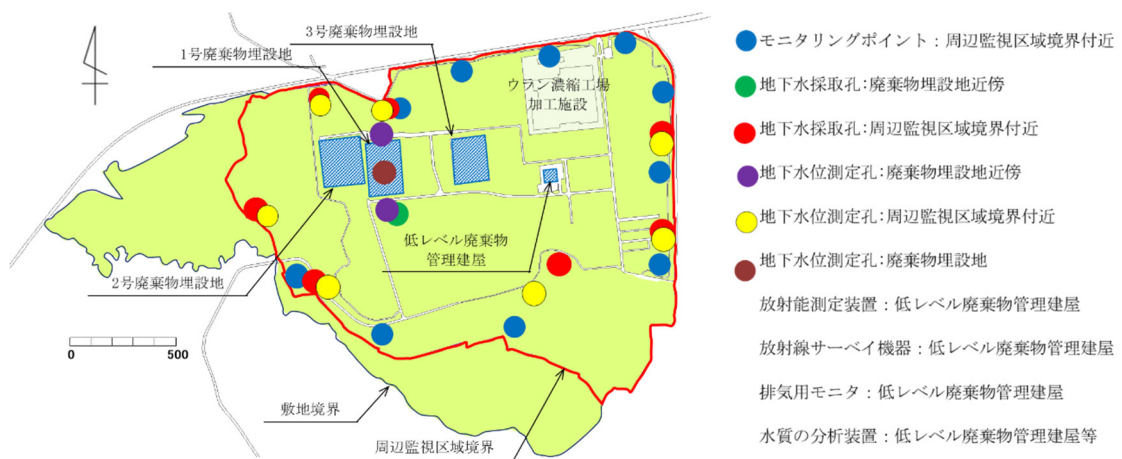
*2：1号廃棄物埋設施設の設備を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

*3：点検路は設計変更とする。

*4：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。



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）



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）

提出年月日	2021年4月12日
日本原燃株式会社	

廃棄物埋設施設の許可基準規則に対する 適合性

安全審査 整理資料

第十三条：廃棄施設

目 次

1. 基本方針

- 1. 1 気体廃棄物の廃棄施設
- 1. 2 液体廃棄物の廃棄施設
- 1. 3 固体廃棄物の廃棄施設

2. 設計方針

- 2. 1 廃棄物埋設施設の安全設計に関する説明
- 2. 2 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

1. 基本方針

1. 1 気体廃棄物の廃棄施設

(i) 構造

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生すると想定される気体廃棄物の放射能濃度は、周辺監視区域外における空気中の濃度限度を大きく下回り、空気中の濃度限度を超えることは想定されず、気体廃棄物の処理する能力を有する廃棄施設及び保管廃棄する施設は設置しないことから、「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）（以下「既許可申請書」という。）からの変更はない。また、告示濃度以下の気体廃棄物を排気口から放出する。

(ii) 主要な設備及び機器

該当なし

(iii) 廃棄物の処理能力

該当なし

(iv) 廃気槽の最大保管能力

該当なし

(v) 排気口の位置

排気口の位置は、低レベル廃棄物管理建屋屋上とする。

1. 2 液体廃棄物の廃棄施設

液体廃棄物処理設備は、周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を十分に低減できるよう、1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有することから、以下の記述を除き、既許可の「四、ト（2）液体廃棄物の廃棄施設」のとおりとし、1号廃棄物埋設施設の廃棄施設について1号、2号及び3号廃棄物埋

施設で共用する。ただし、排水口の位置の区分を(iv)から(v)とする。
なお、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係る線量で約 $1.7 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/y}$ である。これに平常時における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によって公衆が受ける線量並びに廃棄物埋設地の外への放射性物質の移行によって公衆の受ける線量を含めても約 $23 \mu\text{Sv/y}$ である。

(i) 構造

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生すると想定される液体廃棄物は、排水・監視設備からの排水及び排水の分析において付随的に発生する廃液並びに設備・機器の点検、保守により発生する廃液である。これらは必要に応じてろ過等の処理を行った後、放射性物質の濃度が周辺監視区域外の水中の濃度限度を十分下回ることを確認して、事業所外へ放出できる構造とする。また、告示濃度以下の液体廃棄物を排水口から放出する。

(iv) 廃液槽の最大保管廃棄能力

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生する液体廃棄物の量は、液体廃棄物処理設備の処理能力に対して十分小さく、廃液槽は設置しないことから、該当なし。

1. 3 固体廃棄物の廃棄施設

固体廃棄物処理設備は、液体廃棄物処理設備で発生する使用済樹脂等をドラム缶に固型化するのに十分対処できる処理能力を有する。また、保管廃棄施設は、1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生する固体廃棄物を保管廃棄するのに十分な容量を有する。さらに、保管廃棄施設で保管廃棄する放射性廃棄物は固体廃棄物のみであり、固体廃棄物はドラム缶に固型化する等の放射性物質の飛散を防止する措置しない状態を講じ

として保管廃棄し、保管廃棄施設での放射性物質による汚染の拡大はないことから、固体廃棄物の廃棄施設は、既許可の「四、ト（3） 固体廃棄物の廃棄施設」のとおりとし、1号廃棄物埋設施設の廃棄施設について1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

2. 設計方針

2. 1 廃棄物埋設施設の安全設計に関する説明

2. 1. 1 廃棄施設に関する設計

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生すると想定される気体廃棄物は、排水・監視設備から回収する排水の分析等の作業において発生する廃棄物である。取り扱う廃棄物は、放射能濃度が低い特徴があり、排水・監視設備から回収する排水中に含まれる放射性物質の濃度は低いものと想定される。また、分析等の作業に伴って空気に移行する放射性物質の割合は $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4(1)}$ と十分小さく、気体廃棄物の年間推定最大放出放射エネルギーは、H-3について $6 \times 10^4 \text{Bq}$ 、H-3以外について $3 \times 10^3 \text{Bq}$ と見積もっている。ここで、年間推定最大放出放射エネルギーを換気空調設備の交換空気量（約 $1 \times 10^{12} \text{cm}^3/3$ ヶ月）で除することにより求めた空気中の放射性物質の濃度は周辺監視区域外における空気中の濃度限度を超えることは想定されず、気体廃棄物の廃棄施設は設置しない。

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生すると想定される液体廃棄物は、排水・監視設備からの排水及び排水の分析において付随的に発生する廃液並びに設備・機器の点検、保守により発生する廃液であり、これらの年間推定最大発生量は 22m^3 である。

なお、ここでは1週間当たり1回の処理を想定する。

排水・監視設備からの排水は、保守的な前提で評価した1日当たりの最大排水量 0.02m^3 が毎日発生すると想定し、1週間当たりでは 0.14m^3 となる。排水の分析において付随的に発生する廃液には、排水分析の際の洗浄水及び排水分析の作業に伴って発生する雑廃液がある。それぞれの発生量は1週間当たりで 0.1m^3 ずつと想定し、合計で 0.2m^3 となる。

設備・機器の点検、保守により発生する廃液には、脱塩塔樹脂の取替・処

理及びろ過器フィルタモジュールの取替に伴って発生する雑廃液、使用済樹脂受タンクデカント水及び換気空調設備フィルタの取替に伴って発生する雑廃液がある。1年に1回の頻度で実施する脱塩塔樹脂の取替・処理及びろ過器フィルタモジュールの取替に伴って発生する雑廃液の発生量は、3日間の作業に伴って発生する雑廃液の量をそれぞれ 0.15m^3 ずつと想定し、合計で 0.3m^3 となる。これにあわせて、使用済樹脂受タンクデカント水 2m^3 が発生する。また、6年に1回の頻度で実施する換気空調設備フィルタの取替を同時に実施することを想定すると、3日間の作業に伴って発生する雑廃液の発生量は 0.15m^3 となり、設備・機器の点検、保守により発生する廃液の発生量は 2.45m^3 となる。

1週間当たりにおいて、連続的に発生すると想定される排水・監視設備からの排水(0.14m^3)及び排水の分析において付随的に発生する廃液(0.2m^3)と1年に1回程度発生すると想定される設備・機器の点検、保守により発生する廃液(2.45m^3)が同時に発生する場合は液体廃棄物の最大の発生量(約 2.8m^3)となるが、発生量は収集タンクの容量である 3m^3 以下であること、液体廃棄物処理設備の処理能力は1日当たり3時間で1バッチ 3m^3 であることから、十分な処理能力を有する。

1号、2号及び3号廃棄物埋施設には固体廃棄物の廃棄施設として、液体廃棄物処理設備で発生する使用済樹脂等をドラム缶に固型化するのに十分対処できる処理能力を有する固体廃棄物処理設備を設ける。また、1号、2号及び3号廃棄物埋施設で発生する固体廃棄物を保管廃棄する保管廃棄施設を設ける。

1号、2号及び3号廃棄物埋施設において発生すると想定される固体廃棄物は、液体廃棄物処理設備の脱塩塔から発生する使用済樹脂及び液体廃棄物処理設備のろ過器の逆洗により発生するスラッジ並びに1号、2号及び3

号廃棄物埋設施設の操業に伴う作業及び設備・機器の点検、保守により発生する固体状の廃棄物であり、これらの年間推定最大発生量は200Lドラム缶換算で約7本である。保管廃棄施設の最大保管廃棄能力は200Lドラム缶80本であり、十分な容量を有する。

なお、2019年度末時点での保管廃棄数量は0本である。

保管廃棄施設で保管廃棄する廃棄物は固体廃棄物のみであり、放射性物質の流出による汚染拡大のおそれはない。また、固体廃棄物のうち、使用済樹脂等はドラム缶に固型化すること、本施設の操業に伴う作業及び設備・機器の点検、保守により発生する固体廃棄物は袋等に梱包することにより放射性物質の飛散を防止する措置を講じしない状態として保管廃棄することから、放射性物質による汚染の拡大のおそれはない。

以上より、廃棄施設は、既許可の「添付書類五 ホ (5) その他の附属施設」のとおりとし、1号廃棄物埋設施設の廃棄施設を1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で共用する。

2. 2 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

2. 2. 1 気体廃棄物

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設において発生すると想定される気体廃棄物は、排水・監視設備から回収する排水の分析等の作業において発生する廃棄物である。

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設で取り扱う廃棄物は、放射能濃度が低い特徴があり、排水・監視設備から回収する排水中に含まれる放射性物質の濃度は低いものと想定される。また、分析等の作業に伴って空気中に移行する放射性物質の割合は $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$ と十分小さく、気体廃棄物の年間推定最大放出放射エネルギーは、H-3について $6 \times 10^4 \text{Bq}$ 、H-3以外の合計

について $3 \times 10^3 \text{Bq}$ と見積もっている。ここで、年間推定最大放出放射エネルギーを換気空調設備の交換空気量（約 $1 \times 10^{12} \text{cm}^3/3$ ヶ月）で除することにより求めた空気中の放射性物質の濃度は、操業中は、周辺監視区域外における空気中の濃度限度を大きく下回る。

換気空調設備の排気口において、排気中の放射性物質濃度が「線量告示」に定める周辺監視区域外における空気中の濃度限度を十分下回ることを確認する。

2. 2. 2 液体廃棄物

(i) 液体廃棄物処理

1号、2号及び3号廃棄物埋施設において発生すると想定される液体廃棄物は、排水・監視設備からの排水及び排水の分析において付随的に発生する廃液並びに設備・機器の点検、保守により発生する廃液であり、これらの年間推定最大発生量は 22m^3 である。

これらの液体廃棄物は、管理建屋内に設置する液体廃棄物処理設備にて、必要に応じてろ過、脱塩の処理を行い、他の一般排水とともに排水口から事業所外へ放出する。

(ii) 液体廃棄物の管理

液体廃棄物の放出に当たっては、サンプルタンクにて試料の採取を行い、放射能測定装置により、放射性物質の濃度が「線量告示」に定める周辺監視区域外における水中の濃度限度を十分下回ることを確認する。

2. 2. 3 固体廃棄物

(i) 固体廃棄物処理

1号、2号及び3号廃棄物埋施設において発生すると想定される固体廃棄物は、液体廃棄物処理設備の脱塩塔から発生する使用済樹脂及び液体廃棄物処理設備のろ過器の逆洗により発生するスラッジ並びに1号、2号

及び3号廃棄物埋設施設の操業に伴う作業及び設備・機器の点検、保守により発生する固体状の廃棄物（液体廃棄物処理設備ろ過器フィルタモジュール、換気空調設備のフィルタ、その他雑廃棄物）である。

これらの固体廃棄物のうち、使用済樹脂及びスラッジは、固体廃棄物処理設備によりドラム缶にセメントで固型化し、保管廃棄施設に保管廃棄又は事業所内の埋設設備に埋設する。

また、1号、2号及び3号廃棄物埋設施設の操業に伴う作業及び設備・機器の点検、保守により発生する固体状の廃棄物は、固体廃棄物として保管廃棄する。

これらの固体廃棄物の年間発生予想量は、200Lドラム缶換算で約7本である。

項目	年間発生予想量 (200Lドラム缶換算)
液体廃棄物処理設備脱塩塔樹脂及びろ過器スラッジ	約4本
液体廃棄物処理設備ろ過器フィルタモジュール	約0.3本
換気空調設備のフィルタ	約1.2本
その他雑廃棄物	約1.5本

(ii) 固体廃棄物の保管廃棄

1号、2号及び3号廃棄物埋設施設の操業に伴う作業及び設備・機器の点検、保守により発生する固体状の廃棄物のうち、ドラム缶の容器に収納可能なものは、~~放射性物質が飛散しないよう~~、可燃性及び不燃性の廃棄物に区別して難燃性の袋等に梱包しすることにより~~放射性物質の飛散を防止する措置を講じて~~、鋼製のドラム缶の容器に封入して保管廃棄する。

ドラム缶の容器に収納不可能な大型のものは、難燃性シートの二重包装等により~~放射性物質のが飛散を防止する措置を講じしない状態とし~~、保管廃棄する。

固体廃棄物を保管廃棄する場合は、以下の措置を講ずる。

- ・ 建物の遮蔽効果が期待できる管理建屋に保管廃棄する
- ・ 廃棄物の種類及び廃棄物に含まれる放射性物質の数量を記録する。また、廃棄物を容器に封入した場合には、容器の数量及び比重並びに廃棄の日時、場所及び方法を記録する
- ・ 放射性廃棄物を示す標識をつけ、記録と照合できる整理番号を付して管理する
- ・ 保管廃棄施設には、目につきやすい場所に管理上の注意事項を掲示するとともに、柵等の区画物によって区画する

2. 2. 4 線量評価

(a) 低レベル廃棄物管理建屋から放出する放射性物質

管理建屋から放出する放射性物質には、排気口から気体廃棄物として放出するもの及び排水口から液体廃棄物として放出するものがある。これらによる線量の評価は、排気口からの気体廃棄物による年間推定最大放出放射エネルギー及び排水口から放出する液体廃棄物による年間推定最大放出放射エネルギーに基づいて行う。また、排気口から放出する気体廃棄物及び排水口から放出する液体廃棄物中の H-3 を除いた放射性物質の組成は、廃棄体中の放射性物質の組成に基づいて設定する。

(一) 排気口から放出する気体廃棄物

排気口から放出する気体廃棄物の年間推定最大放出放射エネルギーは、放射性物質を含む排水・監視設備からの排水の量を年間約 8m³ と想定し、これに化学分析の際の飛散率⁽¹⁾を考慮し、以下のとおりとする。

年間推定最大放出放射エネルギー (1号、2号及び3号の合計)	3×10 ³ Bq/y (除く H-3) 6×10 ⁴ Bq/y (H-3)
-----------------------------------	---

(二) 排水口から放出する液体廃棄物

排水口から放出する液体廃棄物の年間推定最大放出放射エネルギーは、排水・監視設備からの排水及び排水の分析において付随的に発生する廃液並びに設備・機器の点検、保守により発生する廃液の量を年間約 22m³ と想定し、以下のとおりとする。

年間推定最大放出放射エネルギー (1号、2号及び3号の合計)	3×10 ⁷ Bq/y(除く H-3) 7×10 ⁷ Bq/y(H-3)
-----------------------------------	---

(b) 線量評価結果

線量評価シナリオごとの最大となる線量の計算結果を第1表に示す。

敷地境界付近における公衆の受ける線量が最大となる線量評価シナリオは、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、本施設に一時貯蔵及び埋設する廃棄物中に含まれる放射性物質からの外部放射線に係る線量でその値は約 6.5 μSv/y である。また、覆土完了から廃止措置の開始までの間において、地下水中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取に係る線量でその値は約 0.59 μSv/y である。

この他、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了廃止措置の開始までの間において、考慮する線量評価シナリオは、排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の吸入摂取に係る線量で約 3.5×10⁻⁶ μSv/y、排水口から放出する液体廃棄物中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取に係る線量で約 1.7×10⁻² μSv/y であるが、これらの線量の値は小さい。

また、1号及び2号廃棄物埋設地からの線量を重畳した値は、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は、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放射線に係る線量で約 $23\mu\text{Sv/y}$ である。この期間は、埋設設備により放射性物質の漏出を防止する機能を有することから、地下水中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取による内部被ばくは発生しない。

覆土完了から廃止措置の開始までの間において、1号及び2号廃棄物埋設地からの線量を重畳した値は、地下水中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取に係る線量で約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ である。この期間は、十分な厚さの覆土があるため、難透水性覆土及び下部覆土の厚さの最小値となる埋設設備から4mの位置で評価を行っても、約 $1.0\times 10^{-4}\mu\text{Sv/y}$ であることから、十分小さい値である。さらに1号及び2号廃棄物埋設施設に対しても同様に評価を行った結果として約 $1.0\times 10^{-3}\mu\text{Sv/y}$ であり、重畳したとしても対象位置が離れていることから、周辺監視区域の廃止後に敷地内へ立ち入る人を考慮しても外部被ばく線量影響は無視できる。

~~また、この期間は、放射性廃棄物は発生せず、排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の吸入摂取による内部被ばく及び液体廃棄物中の放射性物質が移行する尾駁沼の水産物摂取による内部被ばくは発生しない。~~

以上より、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つては公衆の受ける1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮した合計線量は約 $23\mu\text{Sv/y}$ 、覆土完了から廃止措置の開始までの間にあつては公衆の受ける1号及び2号廃棄物埋設地からの寄与を考慮した合計線量は約 $3.8\mu\text{Sv/y}$ となり、本施設は、公衆に対して合理的に達成できる限り十分に低い線量となる施設の設計となっている。

第 1 表 廃止措置の開始までの線量の計算結果(平常時)

線量評価 シナリオ ^{*1}	3号評価結果 (μ Sv/y)		1号評価結果 (μ Sv/y)		2号評価結果 (μ Sv/y)		評価結果の重量 (μ Sv/y)	
	覆土前	覆土 完了後	覆土前	覆土 完了後	覆土前	覆土 完了後	覆土前	覆土 完了後
(a) 排気口から放出する気体廃棄物中の放射性物質の吸入摂取による内部被ばく ^{*2}	約 3.5×10^{-6}						約 3.5×10^{-6}	
(b) 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 ^{*2}	約 1.7×10^{-2}						約 1.7×10^{-2}	
(c) 地下水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	— ^{*4}	約 0.59	— ^{*4}	約 1.9	— ^{*4}	約 1.3	— ^{*4}	約 3.8
(d) 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	約 6.5	— ^{*5}	約 27 ^{*6}	— ^{*5}	約 25 ^{*6}	— ^{*5}	約 23 ^{*7}	— ^{*5}
						合計 ^{*3}	約 23	約 3.8

*1: 「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。)において評価対象としている「沢への放射性物質の移行による外部被ばく及び内部被ばく」は、1 号及び 2 号廃棄物埋設施設については、他の被ばく経路と比べて線量が無視できる程小さい。また、3 号廃棄物埋設施設における線量も同じく低く(約 $9.3 \times 10^{-6} \mu$ Sv/y)、廃棄物埋設地から放射性物質の移行に伴う公衆の受ける線量は、「廃棄物埋設地から放射性物質が地下水によって尾駸沼へ漏出し、その水産物を摂取することによる内部被ばく」にて代表できる。

*2: 覆土完了後に廃棄施設等を供用することを想定し、覆土完了後も考慮する。

*3: 線量合計値に関しては、最大線量時期を考慮せず、単純に合計したもの

*4: 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は、放射性物質の漏出を防止することから公衆への影響は発生しない。

*5: 覆土完了後は、十分な厚さの覆土があるため、周辺監視区域の廃止後に敷地内へ立ち入る人の外部被ばく線量影響は無視できるほど小さい。

*6: 1 号埋設設備 7, 8 群の漏出防止対策の追加及び 1 号廃棄物埋設地に埋設する廃棄体の種類の追加及び数量の変更並びに 2 号廃棄物埋設地に埋設する廃棄体の数量の変更に伴う影響はなく、公衆の受ける外部被ばく線量は既許可での評価値を上回ることはない。

*7: 各廃棄物埋設施設からの方位及び距離を考慮し、重量させたもの

参考文献

- (1) 高田茂ほか(1983) : 放射性物質の種々の取扱条件での飛散率の概算法、
RADIOISOTOPES, Vol. 32, No. 5

以上