

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所

第二種廃棄物埋設事業許可申請

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第四条（地震に
よる損傷の防止）への適合性について

平成 30 年 6 月
日本原子力発電株式会社

目 次

1.	はじめに	1
2.	基本的考え方	4
3.	評価の考え方	5
4.	耐震重要度の設定	7
5.	廃棄物埋設地のすべり安定性の確認	11
6.	廃棄物埋設地周辺における地震の発生状況	17
7.	参考文献	20

1. はじめに

本資料は、東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請における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「第二種埋設許可基準規則」という。）第四条及び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「第二種埋設許可基準解釈」という。）第4条への適合性を示すものである。

第二種埋設許可基準規則第四条及び第二種埋設許可基準解釈第4条の要求事項を第1表に示す。

第1表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の記載事項

第二種埋設許可基準規則記載事項	第二種埋設許可基準解釈記載事項
<p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第四条 廃棄物埋設施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な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算定しなければならない。</p>	<p>第4条 (地震による損傷の防止)</p> <p>1 第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得ることをいう。</p> <p>2 第2項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な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」とは、地震により発生するおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な機能（以下「安全機能」という。）の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）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、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。廃棄物埋設施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラスに分類するものとする。</p> <p>一 Bクラス</p> <p>自ら放射性物質を内蔵している施設若しくは当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設又は地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その破損により公衆に与える放射線の影響が事業規則第1</p>

第二種埋設許可基準規則記載事項	第二種埋設許可基準解釈記載事項
	<p>条の2第2項第9号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものでないものをいう。</p> <p>二 Cクラス</p> <p>廃棄物埋設施設のうち、Bクラスに属する施設以外の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をいう。</p> <p>3 第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、廃棄物埋設施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 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こと。</p> <p>二 廃棄物埋設地と廃棄物埋設地の附属施設のうち建物・構築物については、常時作用している荷重及び操業中に作用する荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。</p> <p>三 廃棄物埋設地の附属施設のうち機器・配管系については、操業中の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。</p> <p>4 第2項に規定する「地震力」の算定に当たっては、「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」(原規技発第1306193号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定))(以下「実用炉設置許可基準解釈」という。)第4条4の方法を準用すること。</p>

2. 基本的考え方

廃棄物埋施設は、次に示す内容に基づき設置する。

- ・廃棄物埋施設は、地震により大きく破損した場合の周辺監視区域外における公衆に与える放射線影響評価結果により、「第二種埋設許可基準解釈」に基づき耐震重要度クラスを分類し、それに応じた耐震設計を行う。
- ・廃棄物埋施設は、自重及び操業時の荷重等に加え、耐震重要度クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、十分に支持性能を有する地盤に設置する。
- ・廃棄物埋施設は、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み、並びに廃棄物埋設地の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により、その安全性が損なわれるおそれがない地盤に設置する。
- ・廃棄物埋施設は、将来活動する可能性のある断層等の露頭がない地盤に設置する。

3. 評価の考え方

3.1 第四条第1項に対する設計の考え方

(1) 要求事項

1 廃棄物埋設施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。

(2) 評価方針

第二種埋設許可基準解釈第4条第1項に基づき、廃棄物埋設施設は、地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることを確認する。

(3) 評価の考え方

廃棄物埋設施設として、建屋及び構造物を設置しない計画であることから、弾性範囲の設計の対象となるものはない。

なお、施設として設置する最終覆土について、その損傷（崩壊）により、必要な機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響が考えられるため、最終覆土に対するすべり安定性の確認を行う。

3.2 第四条第2項に対する評価の考え方

(1) 要求事項

2 地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な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算定しなければならない。

(2) 評価方針

第二種埋設許可基準解釈第4条第2項に基づき、廃棄物埋設施設は、耐震重要度に応じて、分類するものとする。

(3) 評価の考え方

地震の発生によって生ずるおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するため、必要な機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響を評価する。

4. 耐震重要度の設定

第二種埋設許可基準規則第四条第2項では、地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な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算定することが要求されている。

また、第二種埋設許可基準解釈第4条第2項にて、地震により発生するおそれがある廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な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、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、廃棄物埋設施設をクラスに分類することと記載されている。

上記の要求事項から、地震の発生に伴い廃棄物埋設施設に必要な機能が喪失した場合の影響評価を実施する。

4.1 廃棄物埋設施設の必要な機能喪失時の影響評価

廃棄物埋設施設に必要な機能である「移行抑制の機能」及び「遮蔽の機能」が喪失した場合並びに「飛散防止のための措置」が損なわれた場合の影響評価を実施した。

4.2 影響評価シナリオ

廃棄物埋設地で発生する事故・異常については、地震及び地震に伴って発生するおそれがある津波により、機能が喪失する事象について評価シナリオとして選定した。

選定した事象について、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始の日から埋設の終了までの間の評価シナリオを第2表に、埋設の終了から

廃止措置の開始の日の前日までの間の評価シナリオを第3表に示す。

4.3 評価結果

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始の日から埋設の終了までの間において地震等が発生した場合の評価結果を第4表に、埋設の終了から廃止措置の開始の日の前日までの間において地震等が発生した場合の評価結果を第5表に示す。

廃棄物埋設施設は、地震等の発生に伴い必要な機能の喪失及び飛散防止の措置が損なわれた場合を想定しても、放射線による公衆への影響は、周辺監視区域外における年間の線量限度に比べ十分小さいことを確認した。

4.4 まとめ

以上のことから、地震等が発生した場合の影響は十分小さいため、「第二種埋設許可基準解釈」に基づき、廃棄物埋設地の耐震重要度はCクラスとする。

第 2 表 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始の日から埋設の終了までの間において廃棄物埋設地が事故・異常の発生により影響を受けた場合の評価シナリオ

評価事象	
地震により定置した廃棄物の上に移動式クレーンが落下する事象	
地震による地盤の液状化により定置した全ての廃棄物が沈下する事象	海産物摂取
	海岸活動
津波により廃棄物埋設地が冠水する事象	海産物摂取
	海岸活動
津波により放射性物質が海に移行する事象	海産物摂取
	海岸活動

第 3 表 埋設の終了から廃止措置の開始の日の前日までの間において廃棄物埋設地が事故・異常の発生により影響を受けた場合の評価シナリオ

評価事象	
地震により最終覆土が崩れる事象	
地震による地盤の液状化により全ての廃棄物が沈下する事象	海産物摂取
	海岸活動
津波により廃棄物埋設地が冠水する事象	海産物摂取
	海岸活動

第4表 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始の日から埋設の終了までの間において地震等が発生した場合の評価結果

評価事象	線量評価
地震により定置した廃棄物の上に移動式クレーンが落下する事象	1.9×10^0 (μ Sv/回)
地震による地盤の液状化により定置した全ての廃棄物が沈下する事象	
海産物摂取シナリオ (液状化浸漬)	9.1×10^0 (μ Sv/年)
海岸活動シナリオ (液状化浸漬)	1.8×10^{-5} (μ Sv/年)
津波により廃棄物埋設地が冠水する事象	
海産物摂取シナリオ (津波浸漬)	1.2×10^1 (μ Sv/年)
海岸活動シナリオ (津波浸漬)	2.4×10^{-5} (μ Sv/年)
津波により放射性物質が海に移行する事象	
海産物摂取シナリオ (津波流出)	5.1×10^{-1} (μ Sv/年)
海岸活動シナリオ (津波流出)	4.4×10^{-1} (μ Sv/年)

第5表 埋設の終了から廃止措置の開始の日の前日までの間において地震等が発生した場合の評価結果

評価事象	線量評価
地震により最終覆土が崩れる事象	5.9×10^0 (μ Sv/年)
地震による地盤の液状化により全ての廃棄物が沈下する事象	
海産物摂取シナリオ (液状化浸漬)	9.1×10^0 (μ Sv/年)
海岸活動シナリオ (液状化浸漬)	1.8×10^{-5} (μ Sv/年)
津波により廃棄物埋設地が冠水する事象	
海産物摂取シナリオ (津波浸漬)	1.2×10^1 (μ Sv/年)
海岸活動シナリオ (津波浸漬)	2.4×10^{-5} (μ Sv/年)

5. 廃棄物埋設地のすべり安定性の確認

第二種埋設許可基準規則第四条第1項では、廃棄物埋設施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならないことが要求されている。

また、第二種埋設許可基準解釈第4条第1項にて、廃棄物埋設施設は、地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることを確認することと記載されている。

上記の要求事項から、廃棄物埋設地の静的地震力を作用させた円弧すべりを評価し、安定性を確認する。

5.1 地盤等の物性値

廃棄物埋設地の円弧すべりを評価するために必要となる物性値一覧を第6表に示す。

第6表 物性値一覧

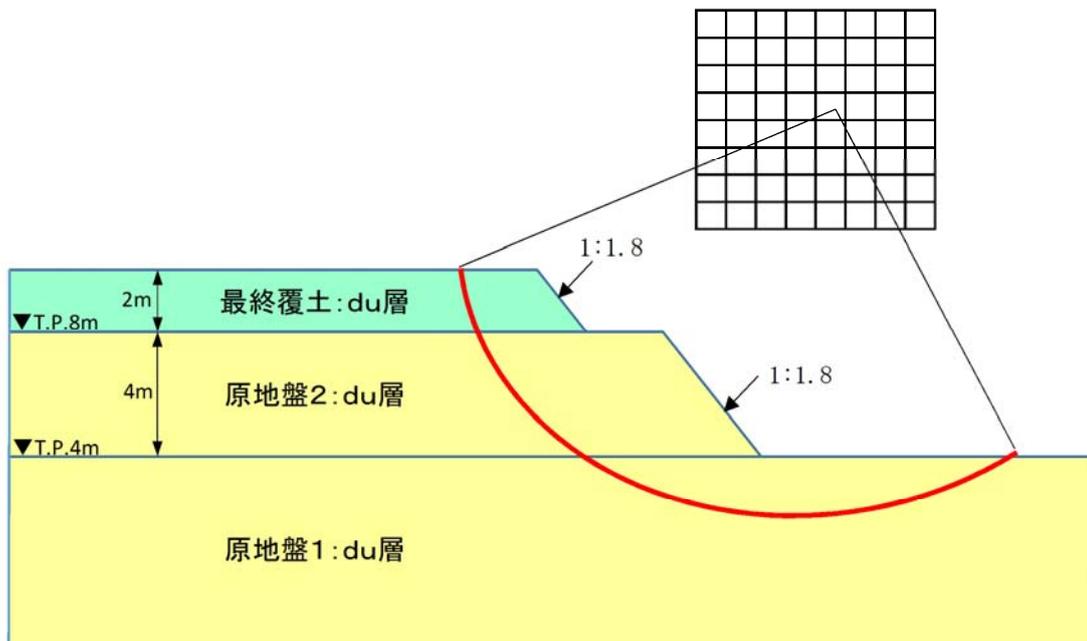
	湿潤重量 γ_t (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (度)	粘着力 C (kN/m ²)
最終覆土 (du層)	17.46	36.9	5
原地盤2 (du層)	17.46	36.9	5
原地盤1 (du層)	17.46	36.9	5

5.2 廃棄物埋施設を構成する最終覆土のすべり安定性

「3. 評価の考え方」にも記載したとおり、廃棄物埋施設には建屋及び構造物がないため、弾性範囲の設計は不要と考える。

ただし、地表上面の最終覆土が崩れた場合は、移行抑制及び遮蔽の機能喪失並びに飛散防止のための措置が損なわれた場合に起因する放射線による公衆への影響が考えられる。このため、最終覆土及び原地盤をすべり安定性の対象範囲として設定した（du層：第1図参照）。

なお、原地盤のうち、du層より下層の地盤については、第二種埋設許可基準規則第三条の適合性で評価しているため、対象から除外した。



第1図 すべり安定性の対象範囲

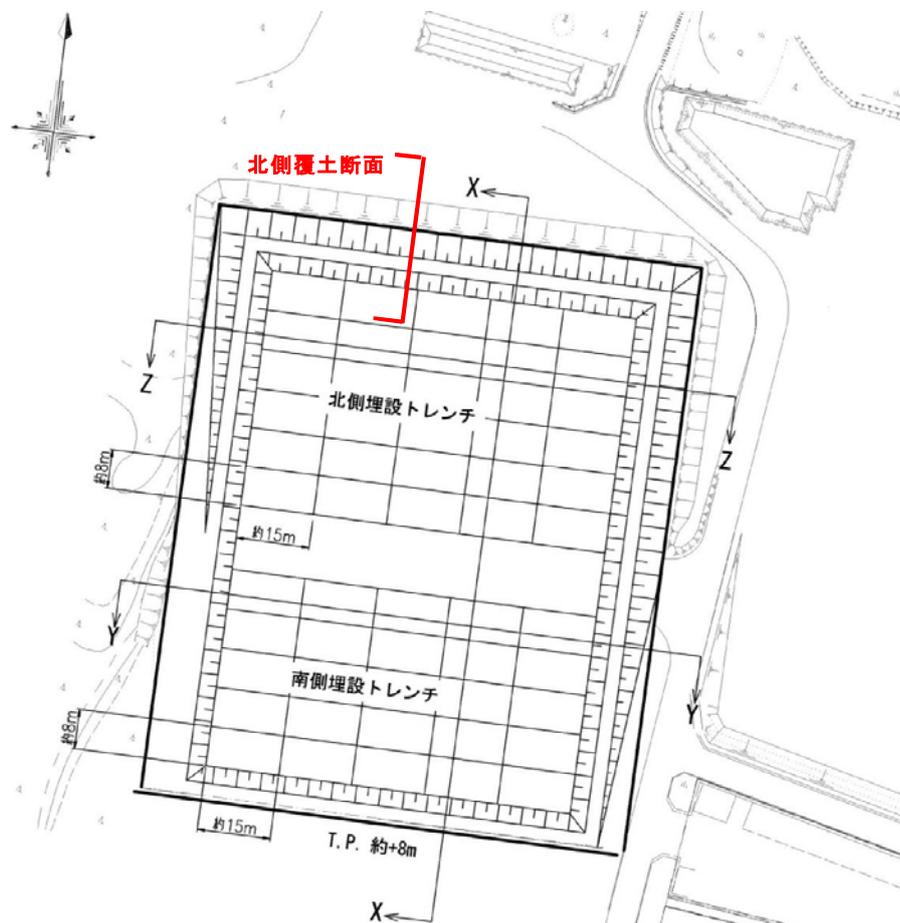
円弧すべりの評価の前提条件について

- ・地盤の物性値は、原地盤の試験結果を設定する。
- ・地震時は、自重に加え、上載荷重 $10\text{kN}/\text{m}^2$ を考慮する。
- ・水平地震力は、 $kH=0.2$ と設定する。
- ・地下水位は観測記録によれば、現状、T.P. 約 2m であるが、計算結果が保守的になるように廃棄物埋設地の底面である T.P. 約 4m と設定する。

5.3 評価対象断面の選定

評価断面位置の選定に当たっては、原地盤の地質は水平成層を成しており、盛土の地盤物性は同一の条件であることから、法面のすべり安定性評価が保守的となるよう、埋設地法面4方向のうち、すべり面の高さが最大となり評価上一番厳しくなる法面（原地盤から最終覆土表面までの高さが最大となる法面）の断面を選定した。

評価断面位置を第2図に示す。



第2図 評価断面位置図

5.4 解析方法

最終覆土の法面について、静的な地震力を考慮した円弧すべり法により解析を行う。すべり計算には解析コード「COSTANA (version 17.1G)」を使用する。

5.5 解析モデルの考え方

最終覆土は低透水の土壌で設計することになっているが、モデル化に際しては、計算結果が保守的となるように廃棄物埋設施設の原地盤及び最終覆土の物性値は、共にdu層の数値を用いて計算する。

5.6 荷重条件

・地震時荷重

水平地震力について、実用炉設置許可基準解釈4条4の方法を準用することとの記載があることから、実用炉設置許可基準解釈の別記2に基づき、評価に用いる地震力は、静的地震力とし、水平地震力 $K=1.0C_0$ ($C_0=0.2$) *とする。

※：水平荷重算定時は、地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数を考慮する。

・上載荷重

最終覆土の上面は、建設作業重機等の重量物が常時載ることはないが、保守的な計算結果になるように、上載荷重として 10kN/m^2 *を考慮する。

最終覆土の点検、補修などで一時的に大型トラック等の作業用重機が載ることが考えられるが、次のとおり 10kN/m^2 以内であることから上載荷重の設定としては適切であると考ええる。

- ・一時的な作業用重機として、最重量物と考えられる大型トラック（車両重量25トン、全長11m×車幅2.5m）を想定

$$\text{上載荷重} = (25 \times 10^3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) / (11 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}) = 8.9 \text{ kN/m}^2$$

※：道路土工 仮設構造物土工指針（日本道路協会）から、山留めの設計において、上載荷重を考慮する。

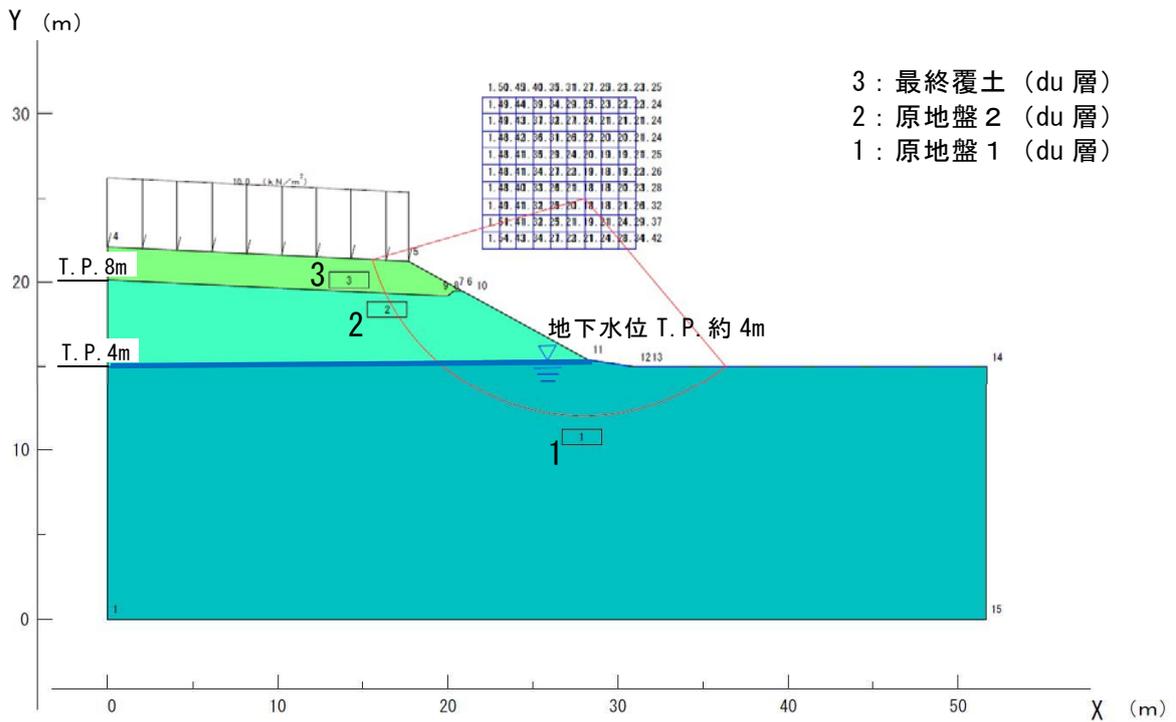
5.7 円弧すべりの解析結果

耐震重要度Cクラス相当の地震力による法面のすべり安定性の確認を実施し、計画安全率*である1.0に対し、最小安全率は約1.2であり、安全率の基準値を上回っていることを確認した。

安全率の解析結果を第3図に示す。

以上から、廃棄物埋設地は、地震力に十分に耐えることが確認できたため、第二種埋設許可基準規則第四条に適合していると考ええる。

※：道路土工 盛土工指針（日本道路協会）から、地震時の計画安全率は1.0以上と基準が示されている。



最小安全率 $F_{S\ MIN} = 1.184$
 円弧の中心 $X = 28.00$ (m)
 $Y = 25.00$ (m)
 半径 $R = 13.00$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 8720.0$ (kN・m)
 起動モーメント $M_D = 7364.8$ (kN・m)

層番号	飽和重量 (kN/m ³)	湿潤重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力の 一次係数	水平震度	鉛直震度
3	18.46	17.46	36.90	5.00	0.00	0.200	0.000
2	18.46	17.46	36.90	5.00	0.00	0.200	0.000
1	18.46	17.46	36.90	5.00	0.00	0.200	0.000

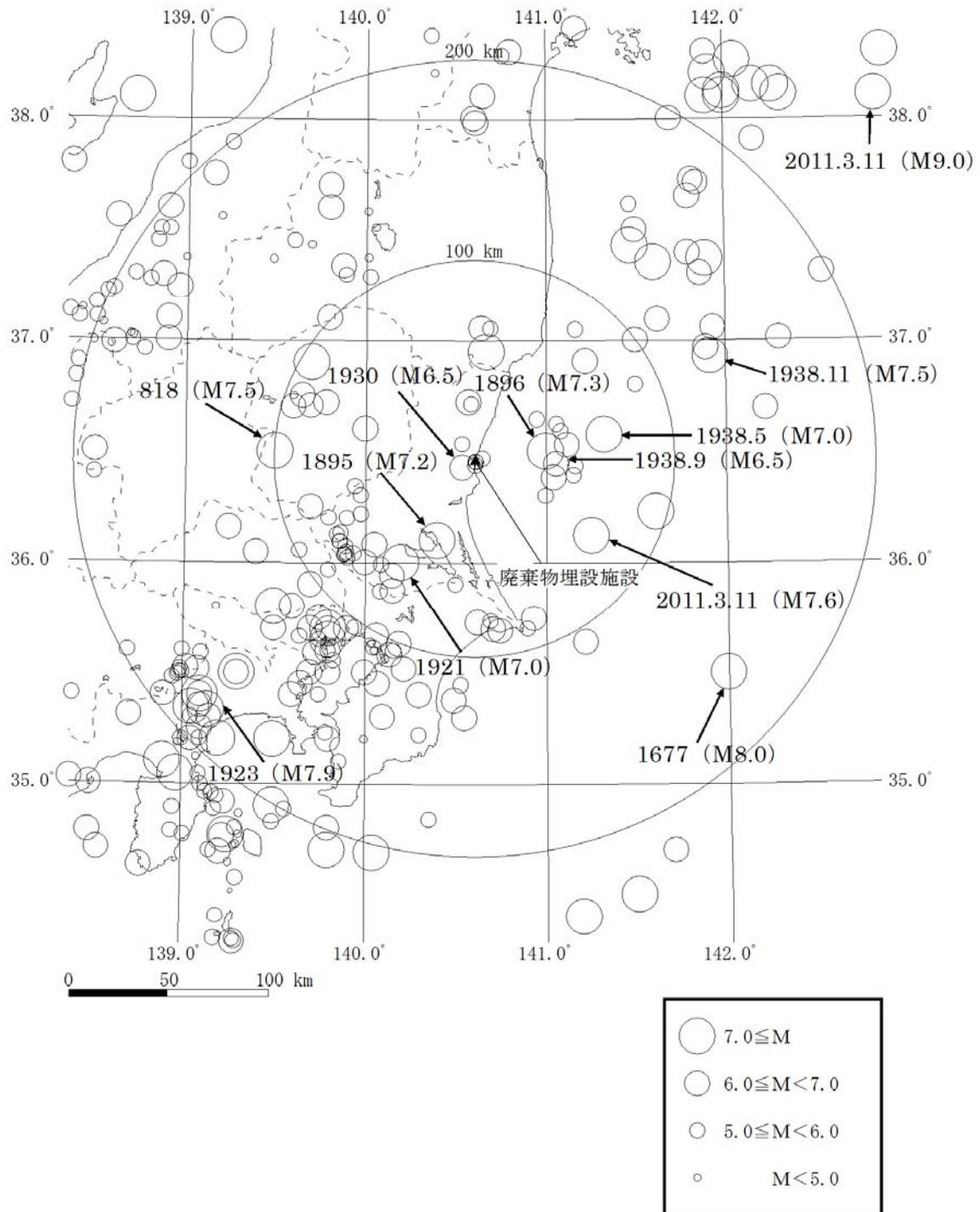
第3図 円弧すべり安全率の解析結果

6. 廃棄物埋設地周辺における地震の発生状況

過去の被害地震として、「日本被害地震総覧」⁽¹⁾及び「気象庁地震カタログ」⁽²⁾に記載されている被害地震のうち、敷地からの震央距離が200km程度以内の被害地震の震央分布を示したものを第5図に示す。ここで、地震の規模及び震央位置は、1884年以前の地震については「日本被害地震総覧」を、1885年以降1922年までの地震については「宇津カタログ(1982)」⁽³⁾を、さらに、1923年以降の地震については「気象庁地震カタログ」を基本的に用いている。

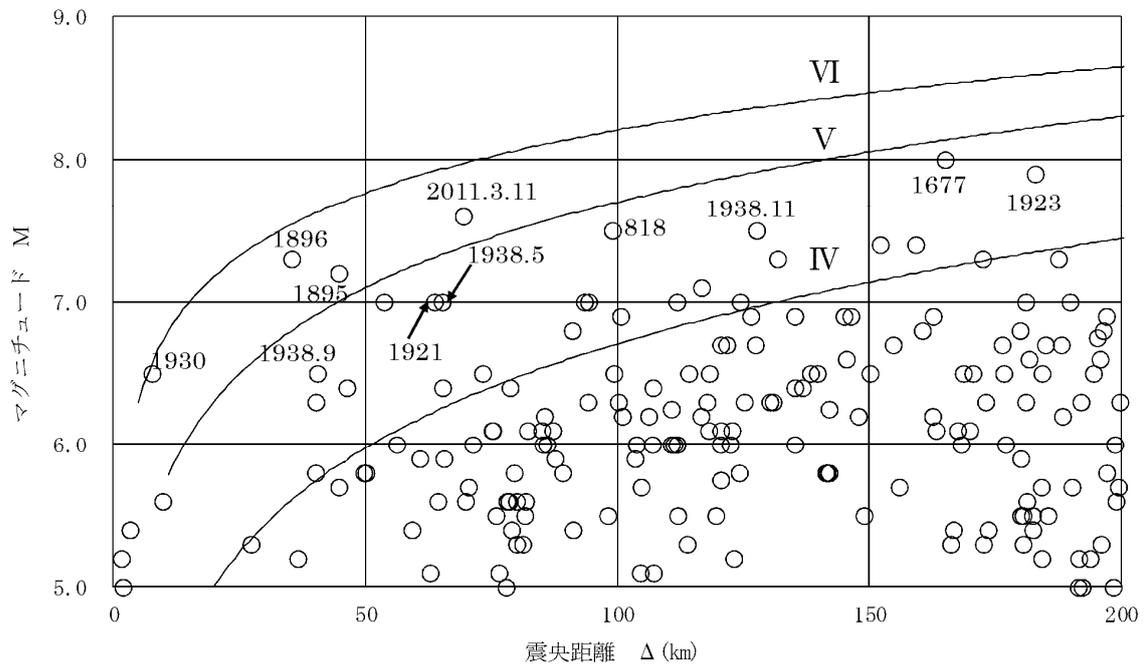
また、第4図に示した過去の被害地震について、村松(1969)⁽⁴⁾及び勝又他(1971)⁽⁵⁾による地震の規模及び震央距離と震度との関係から敷地での震度を推定したものを第6図に示す。

第4図によれば、敷地からの震央距離が約100km以内の範囲では、M8以上の地震は発生していない。また、第5図によれば、敷地周辺で推定される最大震度の地震は、1930年の茨城県北部を震源とする地震であり、震度はVI程度(現在の気象庁震度階級では、6弱)である。なお、敷地からの震央距離が200km以上離れている東北地方太平洋沖地震では、東海村で震度6弱を記録している。



※年号は、敷地での震度V程度以上の地震を示す

第4図 敷地周辺における過去の被害地震の震央分布図



※年号は、敷地での震度V程度以上の地震を示す

第5図 敷地周辺の被害地震のマグニチュードー震央距離

7. 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) 気象庁：地震年報 2016 年版他
- (3) 宇津徳治（1982）：日本付近のM6.0以上の地震および被害地震
の表：1885年～1980年，東京大学地震研究所彙報，Vol.57
- (4) 村松郁栄（1969）：震度分布と地震のマグニチュードとの関係，
岐阜大学教育学部研究報告，自然科学，第4巻，第3号，168－
176
- (5) 勝又譲・徳永規一（1971）：震度Ⅳの範囲と地震の規模および震
度と加速度の対応，験震時報，第36巻，第3，4号，1－8

以 上

地盤等の物性値の設定について

解析モデルの考え方において，原地盤及び最終覆土の物性値は，計算結果が保守的になるように du 層の土壌の物性値を用いるとしている。

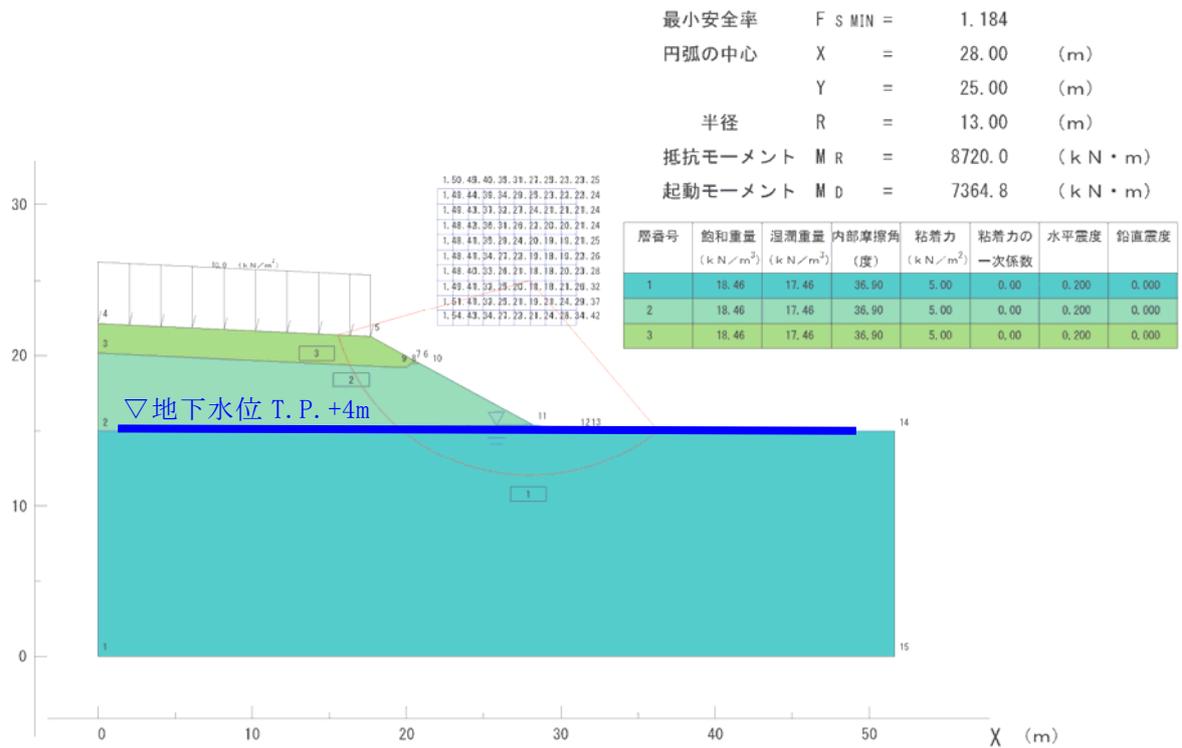
実際の施工においては，最終覆土は低透水の土壌を用いることになっているため，原地盤の物性値を用いた場合の方が保守的な数値になっていることを第 1 表に示す。

なお，地下水の設定については，これまでの観測記録から，現状，T.P. 約 2m であるが，計算結果が保守的になるように廃棄物埋設地の底面である T.P. 約 4m と設定している。

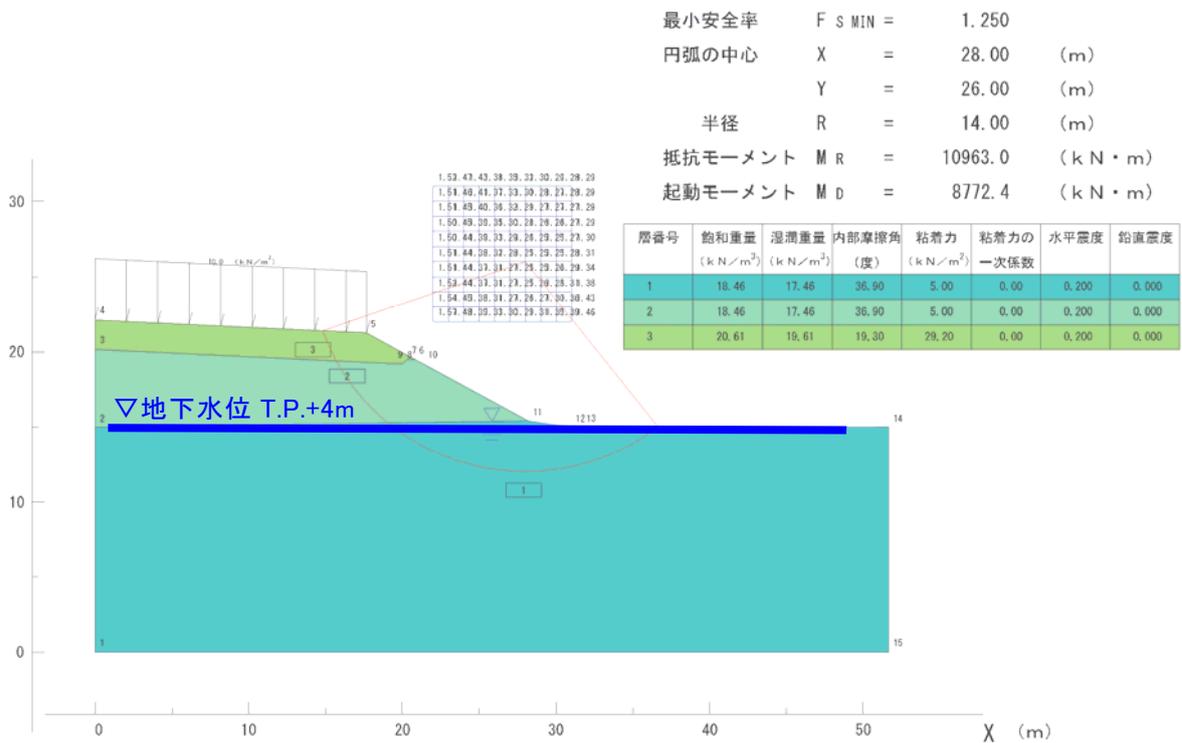
第 1 表 最終覆土の物性の違いによる安全率の比較

		評価値	参考値
最終覆土 3	湿潤重量 (kN/m ³)	17.46	19.61
	内部摩擦角 (度)	36.9	19.3
	粘着力 (kN/m ²)	5	29.2
原地盤 2	湿潤重量 (kN/m ³)	17.46	同左
	内部摩擦角 (度)	36.9	同左
	粘着力 (kN/m ²)	5	同左
原地盤 1	湿潤重量 (kN/m ³)	17.46	同左
	内部摩擦角 (度)	36.9	同左
	粘着力 (kN/m ²)	5	同左
地下水位 (m)		T.P. 4m	同左
最小安全率		1.18	1.25
計画安全率		1.0	1.0
判定		－OK－	－OK－

以上



安全率の結果 (評価値)



安全率の結果 (参考値)