

トリチウム水の浅地中処分に係る検討

独立行政法人日本原子力研究開発機構

平成26年10月24日

トリチウム水の処分の選択肢の1つとして浅地中処分方式による検討

前回*1は一般的な環境条件の下での浅地中処分方式による安全確保について提示



環境条件等を考慮した安全評価結果を提示

*1:平成26年2月27日 トリチウム水タスクフォース(第4回) 資料2 浅地埋設処分施設の基本概念と安全評価の考え方について

トリチウム水の条件

総水量 : $8 \times 10^5 \text{m}^3$
放射能濃度 : X Bq/L

- 放射性廃液の埋設処分に際しては、200Lドラム缶等にセメント等の固型化剤で固型化した後、コンクリートピット等へ定置
- 総水量が $8 \times 10^5 \text{m}^3$ なので、200Lドラム缶でセメント固化体を製作すると総量は約667万本と試算
- 研究施設等廃棄物のコンクリートピット(12,960本/基*2)を参考とすると、コンクリートピットが515基必要



ピットの区画内にトリチウム水とセメント系固型化材を混練して直接流し込み施設と一体的に固化する方法を想定

想定したコンクリートピット施設の概要

ピット施設の条件

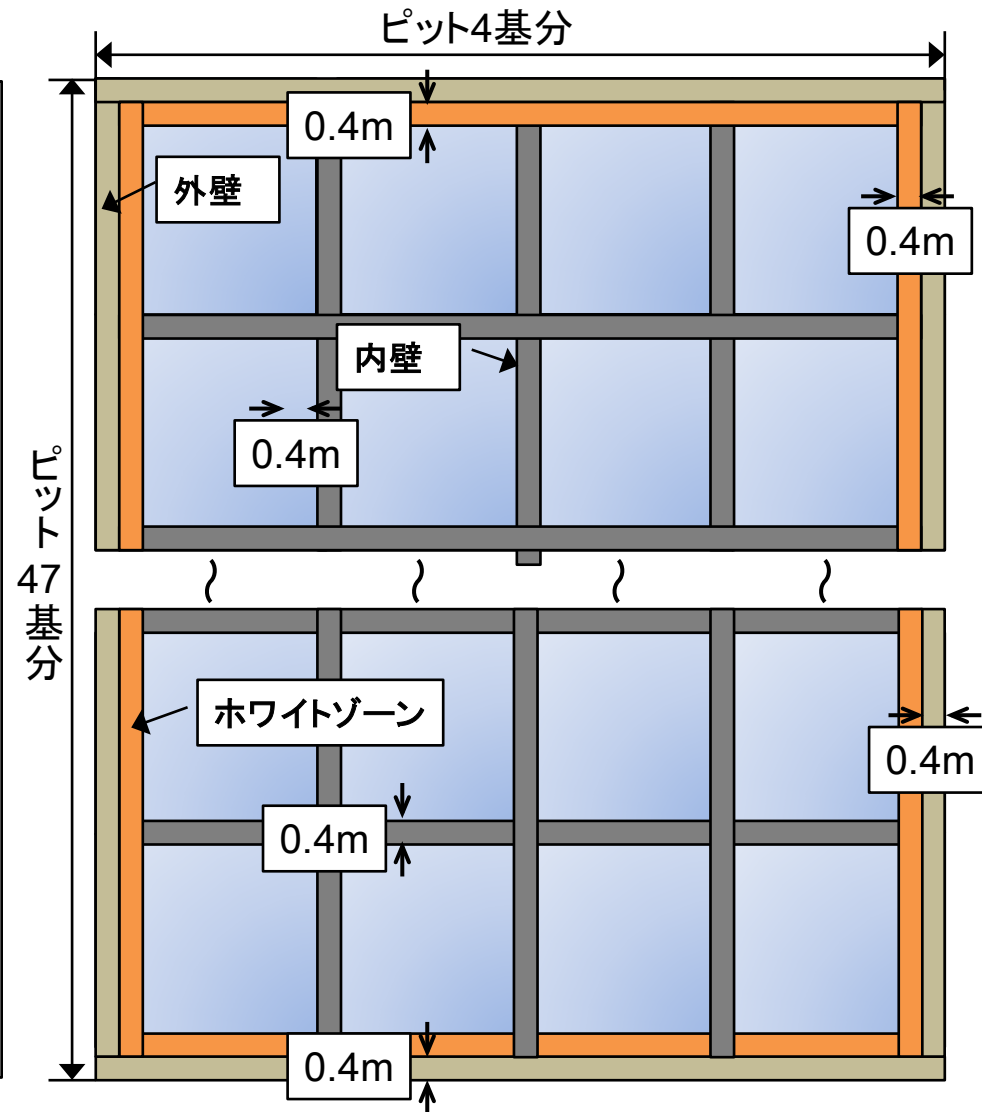
ピット1基の大きさ

施設規模	: 40m × 36m × 6.9m
外周壁(ホワイトゾーン)	: 0.4m
内部壁厚	: 0.4m
底板	: 0.6m
上板	: 0.5m

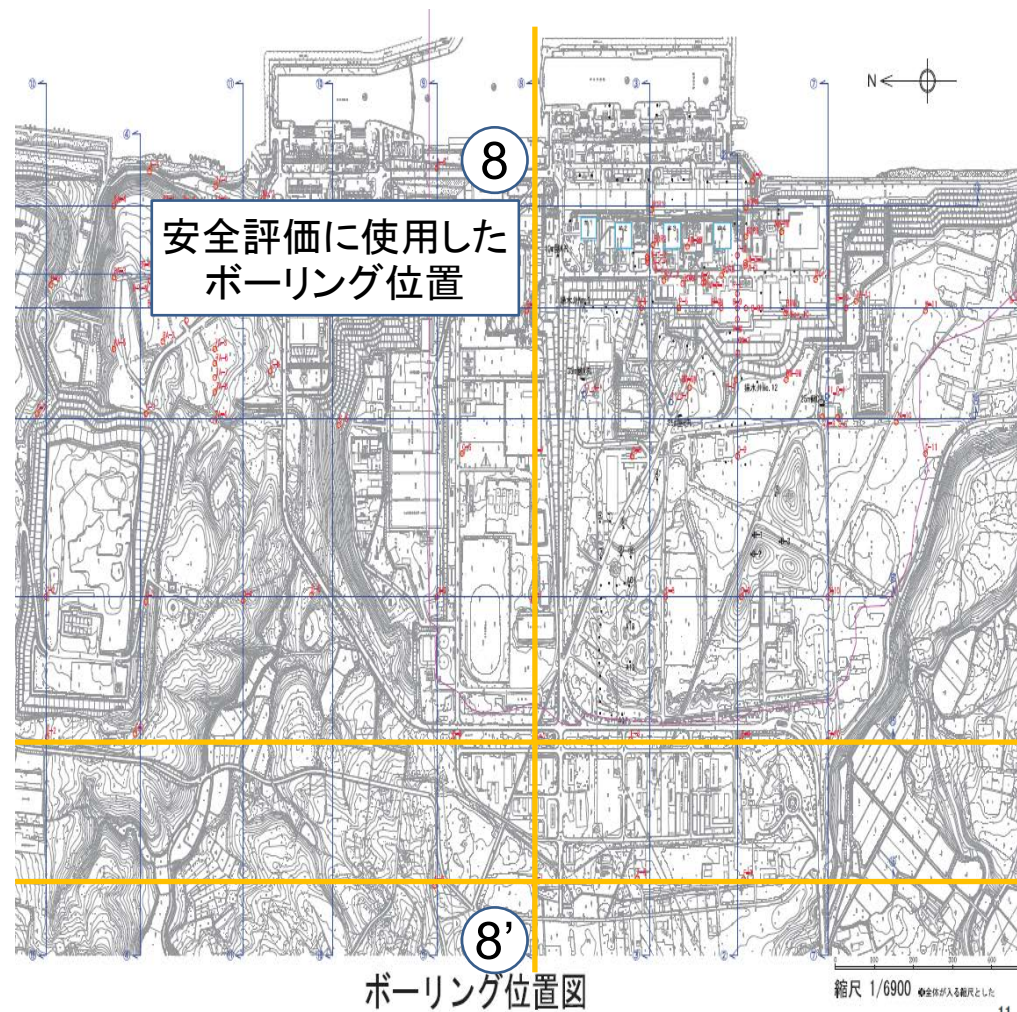
ピット施設全体の大きさ

ピット基数	: 188基 (4行 × 47列)
ピット外容積	: $1.9 \times 10^6 \text{m}^3$
ピット内容積	: $1.4 \times 10^6 \text{m}^3$
(H-3 埋設最大容量: $8.2 \times 10^5 \text{m}^3$)	

海岸までの距離900m



想定したコンクリートピット施設の規模のイメージ



施設規模のイメージ図
(左の地図と同じ縮尺である)

200Lドラム缶を用いて処分する場合(ピット:515基)

1,880m(47列)

コンクリートピット施設(188基)

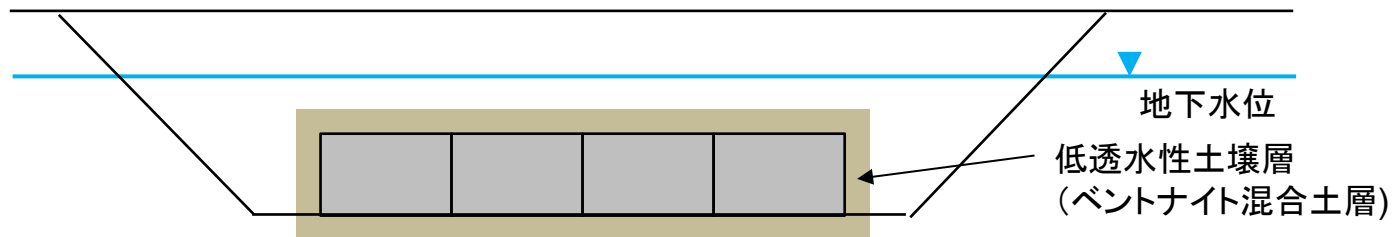
約150m
(4行)

〔解析を行う上で、仮に1Fサイトへ設置した場合を例とした。〕

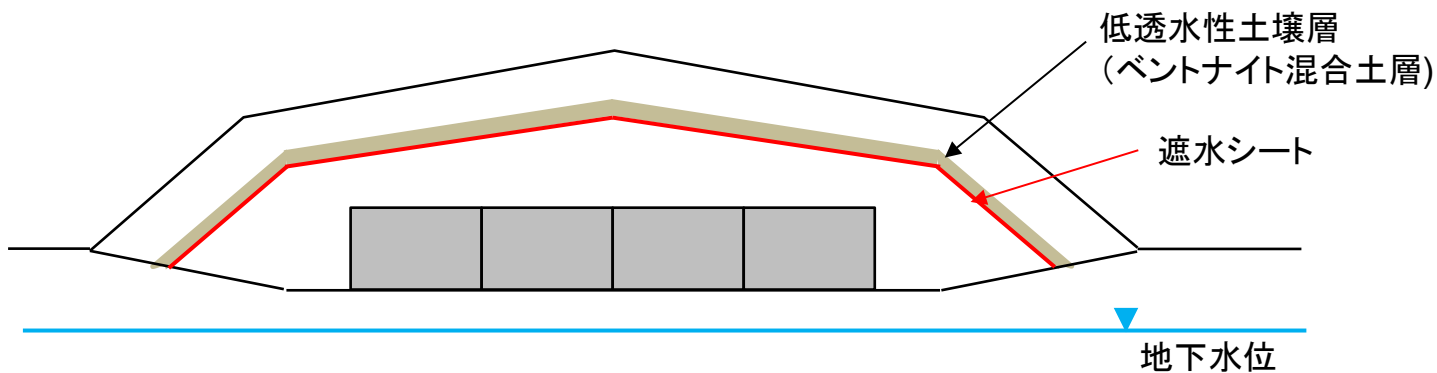
実際の配置では、地形、既存構造物、施設点検路等の考慮が必要であり、より広大な面積が必要

想定したコンクリートピット施設の配置概念

◆ 施設を地下水位より深い位置に設置する場合



◆ 施設を地下水位より浅い位置に設置する場合



評価に用いた地質条件

- ①降雨量: 年平均降水量 1545mm(4.2mm/日)
- ②降雨浸透率 55%(蒸発散量を年間700mmとした)
- ③地山ならびに構造物の透水係数

地層区分	震災前		震災後		間隙率 (実流速換算時)	備考
	透水係数(cm/sec)		透水係数(cm/sec)			
地層名	水平	鉛直	水平	鉛直		
盛土	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	0.46	
段丘堆積物	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	中粒砂岩層同様
沖積層	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	0.41	文献値
中粒砂岩	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	
中粒砂岩(南側、上部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	35m盤の3B
中粒砂岩(南側、下部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
互層	1.0E-03	1.1E-06	1.0E-03	1.1E-06	0.41	異方性考慮
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
細粒砂岩	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
粗粒砂岩	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
建屋基礎およびMMR	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
建屋側壁	1.0E-06	1.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	0.30	感度解析から設定 ^{※1}
既設矢板	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-04	1.0E-04	0.30	感度解析から設定、施工幅0.8m ^{※2}
ポンプ室およびピット	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
4m盤グラウチング	—	—	3.0E-05	3.0E-05	0.30	中粒砂岩層の1/100相当、施工幅2m
砕石	—	—	1.0E-01	1.0E-01	0.41	埋立部
海側遮水壁	—	—	1.0E-06	1.0E-06	0.30	施工幅1m
陸側遮水壁	—	—	0.0E+00	0.0E+00	—	施工幅2m

評価に使用した互層の透水係数

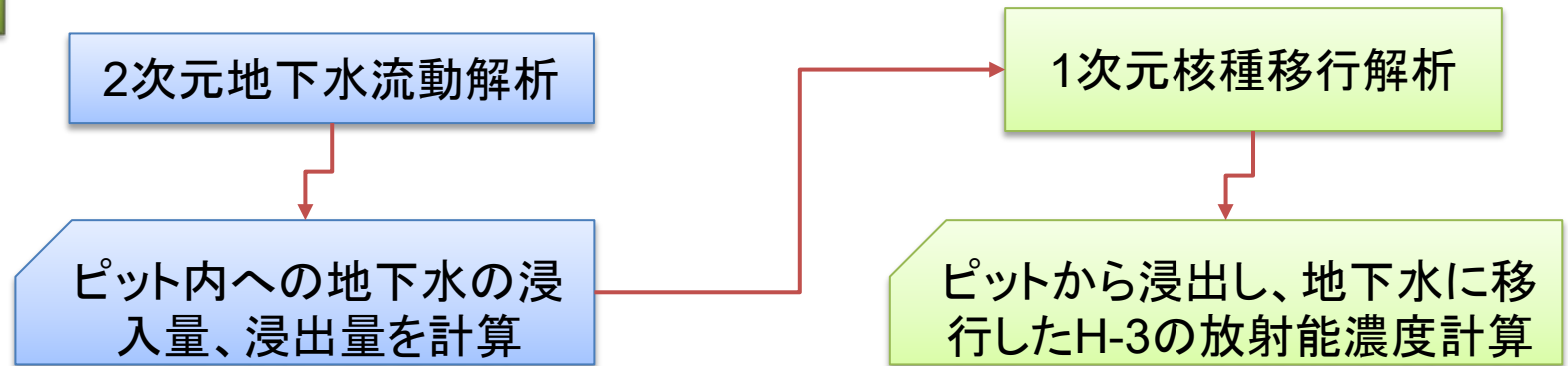
※1: 建屋への流入量が400m³/日を再現できる透水係数
 ※2: 地下水位(C-3, C-4, C-5)が再現できる透水係数

- ④境界条件 海域: 平均潮位の静水圧
陸域: 地表からの静水圧

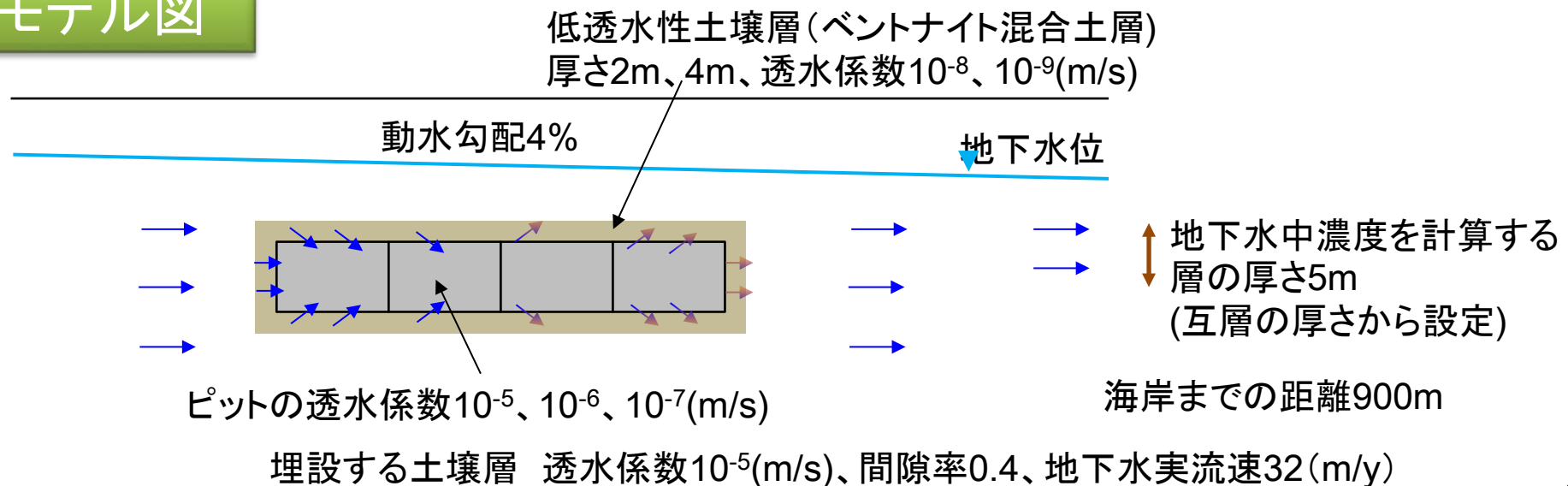
沖積層の透水係数については実測データがないため、日本の地盤を対象とした地下水データベース(梅田浩司, 柳澤孝一, 米田茂夫(1995):日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成, 地下水学会誌, 第37巻, 第1号, 1995)の第四紀更新世(平均値:1.2E-03 cm/sec)と第四紀完新世(平均値:5.6E-04cm/sec)の透水係数の平均値(8.1E-4cm/sec)から1E-3(cm/sec)と設定した。

コンクリートピットからの安全評価について -地下水より深い位置に設置する場合-

評価フロー

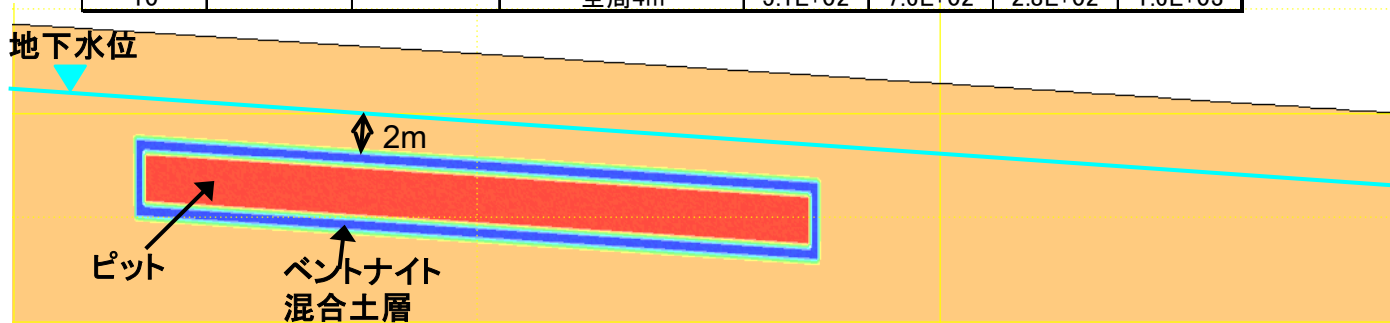


評価モデル図

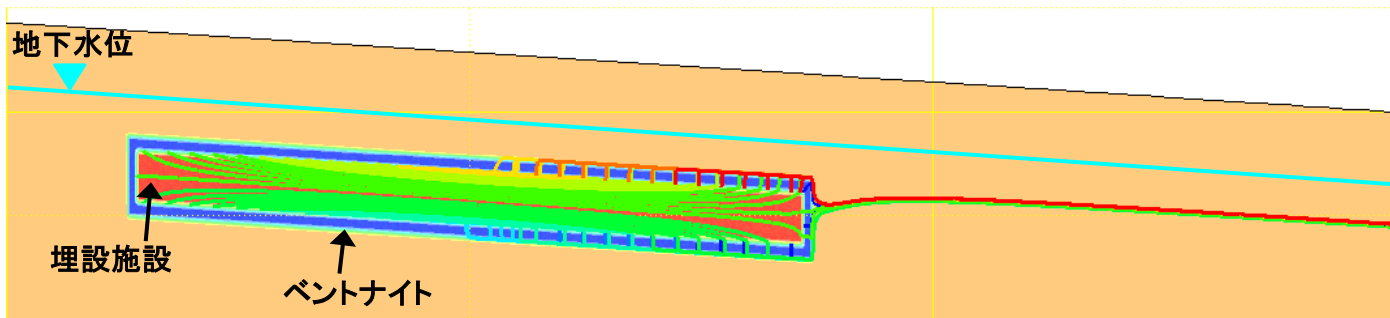


2次元地下水流動解析による浸出水量の計算結果

case	透水係数(m/s)		ベントナイト厚さ	流出水量(m ³ /y)			
	コンクリート	ベントナイト		上面	下面	側面	合計
1	1E-05	1E-09	全周2m	3.2E+03	3.5E+03	8.8E+02	7.6E+03
2			上下面2m、側部4m	3.2E+03	3.5E+03	5.6E+02	7.3E+03
3			全周4m	1.7E+03	2.0E+03	5.5E+02	4.3E+03
4			全周4m	1.4E+04	1.6E+04	4.9E+03	3.5E+04
5	1E-06	1E-09	全周2m	2.4E+03	2.7E+03	7.2E+02	5.8E+03
6			上下面2m、側部4m	2.4E+03	2.7E+03	4.7E+02	5.6E+03
7			全周4m	1.4E+03	1.7E+03	5.0E+02	3.6E+03
8	1E-07	1E-09	全周2m	5.8E+02	9.0E+02	3.3E+02	1.8E+03
9			上下面2m、側部4m	6.1E+02	9.5E+02	2.2E+02	1.8E+03
10			全周4m	5.1E+02	7.6E+02	2.8E+02	1.6E+03



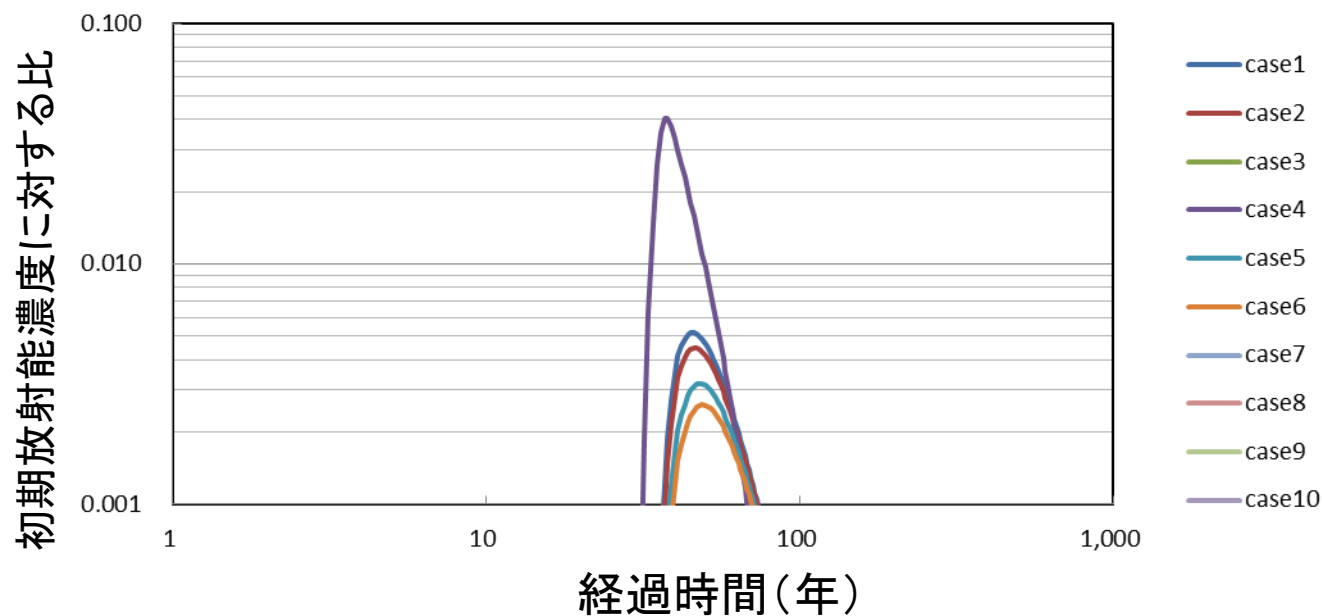
地下水流動解析における地盤、ピット施設のモデル図



地下水流動解析によるピット施設への浸入水および浸出水の流跡線図

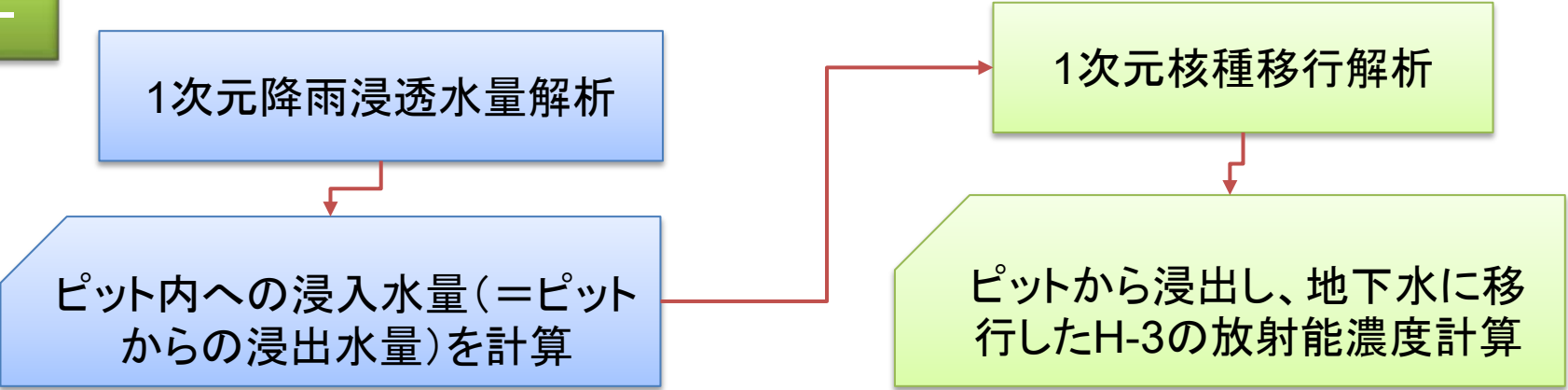
地下水中H-3濃度(海岸地点)の計算結果 -地下水位より深い位置に設置した場合-

case	透水係数(m/s)		ベントナイト厚さ	初期濃度に対する海岸 到達時の地下水ピーク 濃度の比	地下水中濃度ピーク 到達時間 (年)
	ピット及びピット内 (コンクリート)	ベントナイト混合土			
1	1E-05	1E-09	2m	5.2E-03	46
2			上下面2m、側部4m	4.5E-03	46
3		4m	3.5E-04	71	
4		1E-08	4m	4.0E-02	37
5	1E-06	1E-09	2m	3.2E-03	48
6			上下面2m、側部4m	2.6E-03	49
7		4m	2.3E-04	74	
8	1E-07	1E-09	2m	3.9E-04	56
9			上下面2m、側部4m	3.9E-04	56
10		4m	3.8E-05	81	

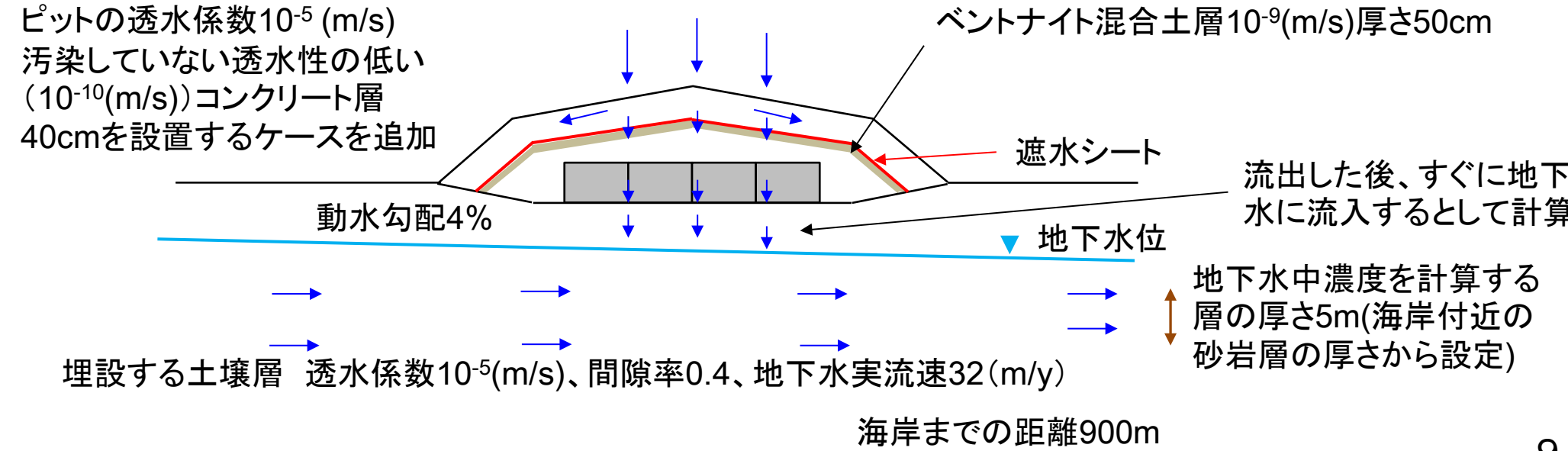


コンクリートピットからの安全評価について -地下水より浅い位置に設置する場合-

評価フロー



評価モデル図

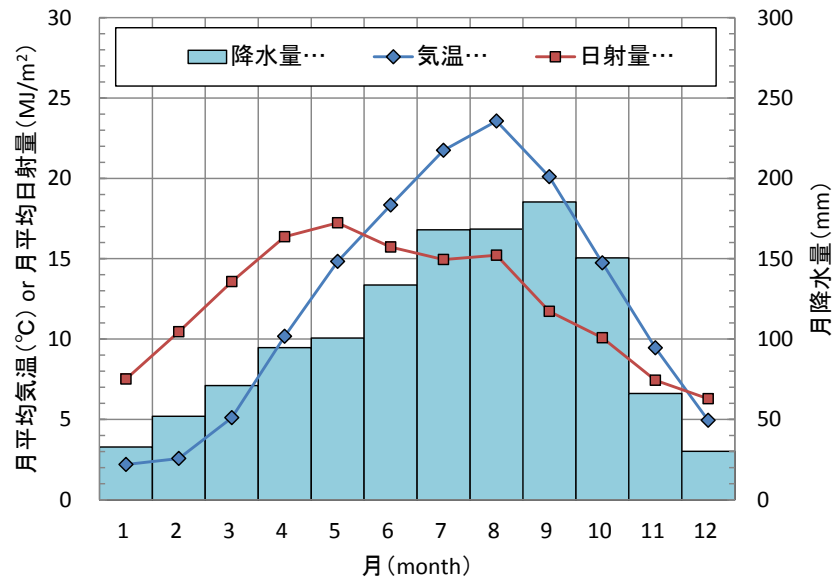


降雨浸透水量解析のための1F 近郊の気象データと疑似気象 データの作成

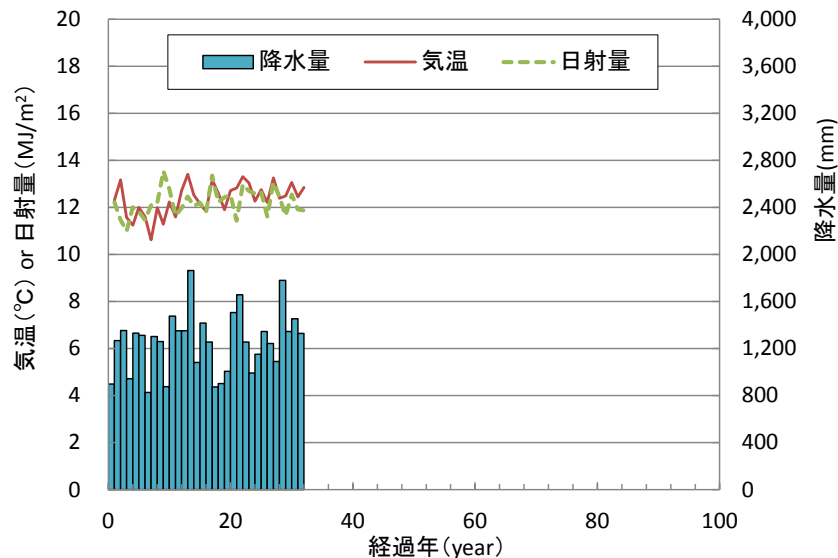
- (独) 農業環境技術研究所で公開している農業環境データセンターのHPより1kmメッシュ毎の4メッシュ分の1978年から2009年の日単位のデータを取得
- 100年分の疑似気象データを作成*2*3

*2:計算にはHELP(The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance model)コードを使用

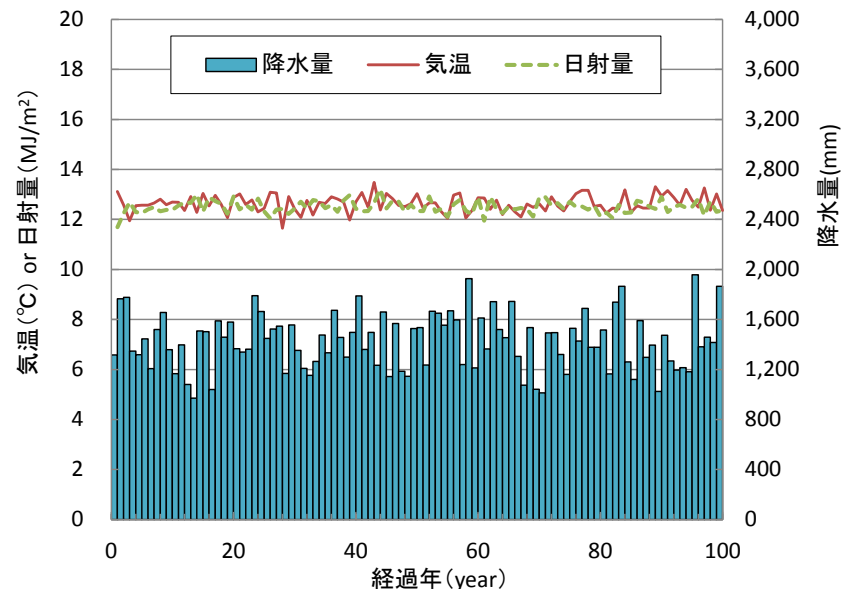
*3:JAEA-Tech.2014-013”研究施設等廃棄物のトレンチ処分施設の上部覆土内への浸透水量の評価”



解析に用いた気象データ(月平均)



解析に用いた気象データ(過去データ)



作成した疑似気象データ(年毎の経時変化)

遮水シートからの漏洩の概念

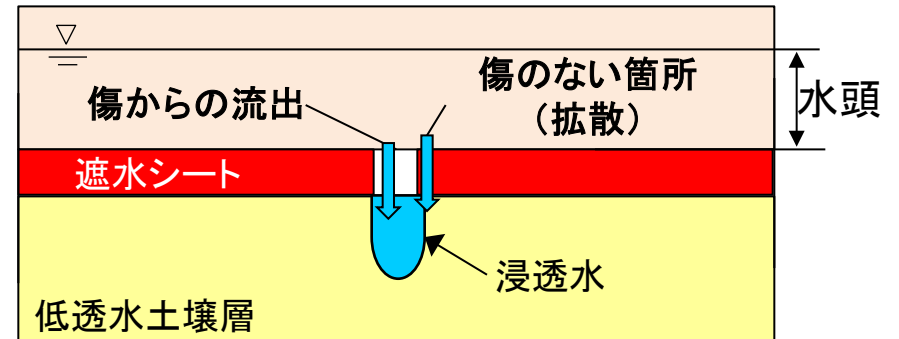
- 遮水シートからの流出は、傷のある箇所、傷のない箇所からの漏洩の2種類を想定するモデル^{*2*3}
- 遮水シートの設置条件は以下の4ケースのうち、一部に傷やたわみがあるgoodとpoorの状態を想定
- 遮水シートの傷は、25個/haに設定した。(計算コードの推奨値)

遮水シートの設置条件

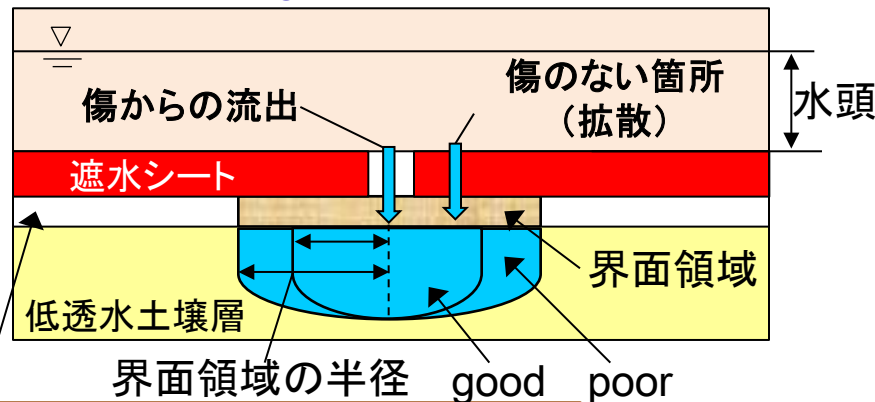
- ① perfect : 全く隙間がない状態(密着した状態)
- ② good : 遮水シートに若干のたわみ^{*}がある状態
- ③ poor : 遮水シートに一定のたわみ^{*}がある状態
- ④ worst : 遮水シートが劣化している状態

※ 遮水シートと下層土壌が密着していない事を示す。

① perfectの場合(一般的ではない)

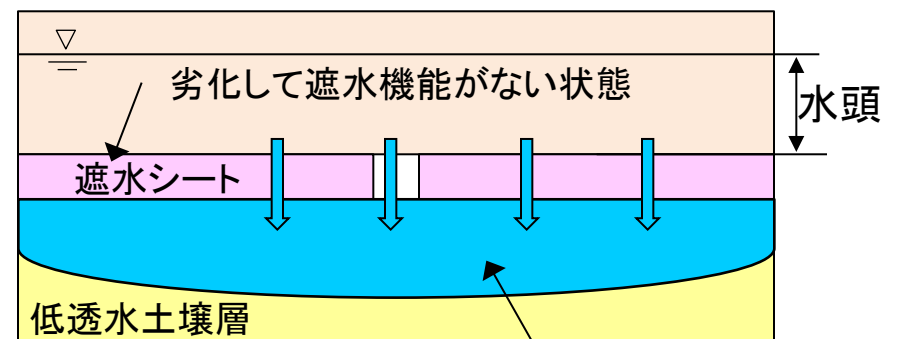


②③ good、poorの場合



密着の状態は、界面領域の半径で表される。

④ worstの場合

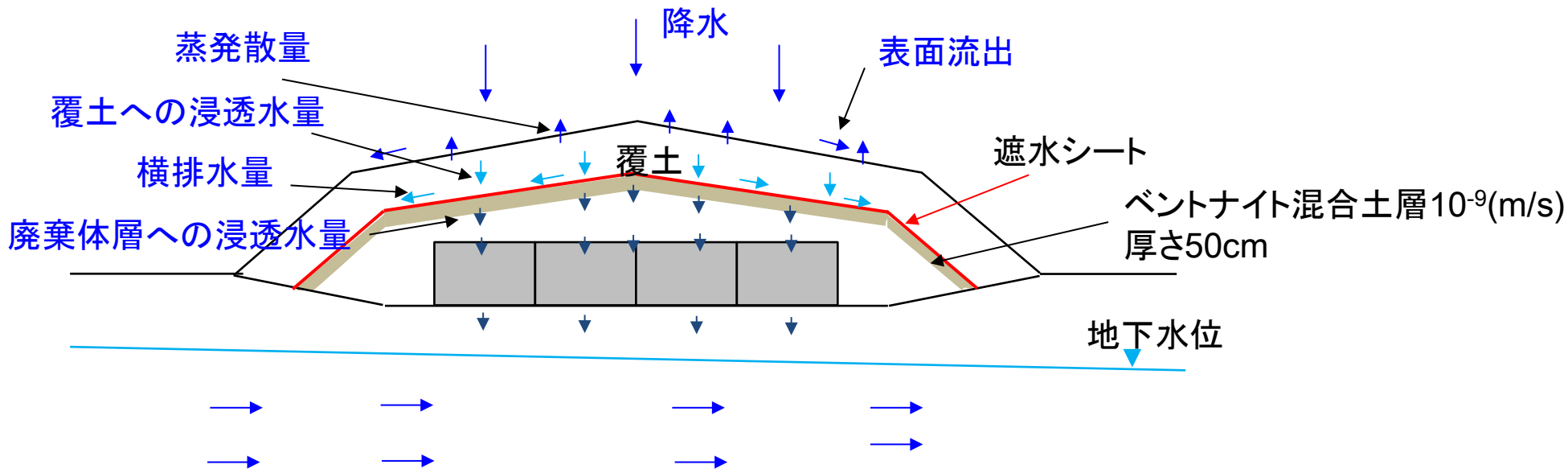


*2:計算にはHELP(The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance model)コードを使用

*3:JAEA-Tech.2014-013"研究施設等廃棄物のトレンチ処分施設の上部覆土内への浸透水量の評価"

地下水より浅い位置に設置したコンクリートピットへの浸透水量の評価結果

浸透水量評価モデル

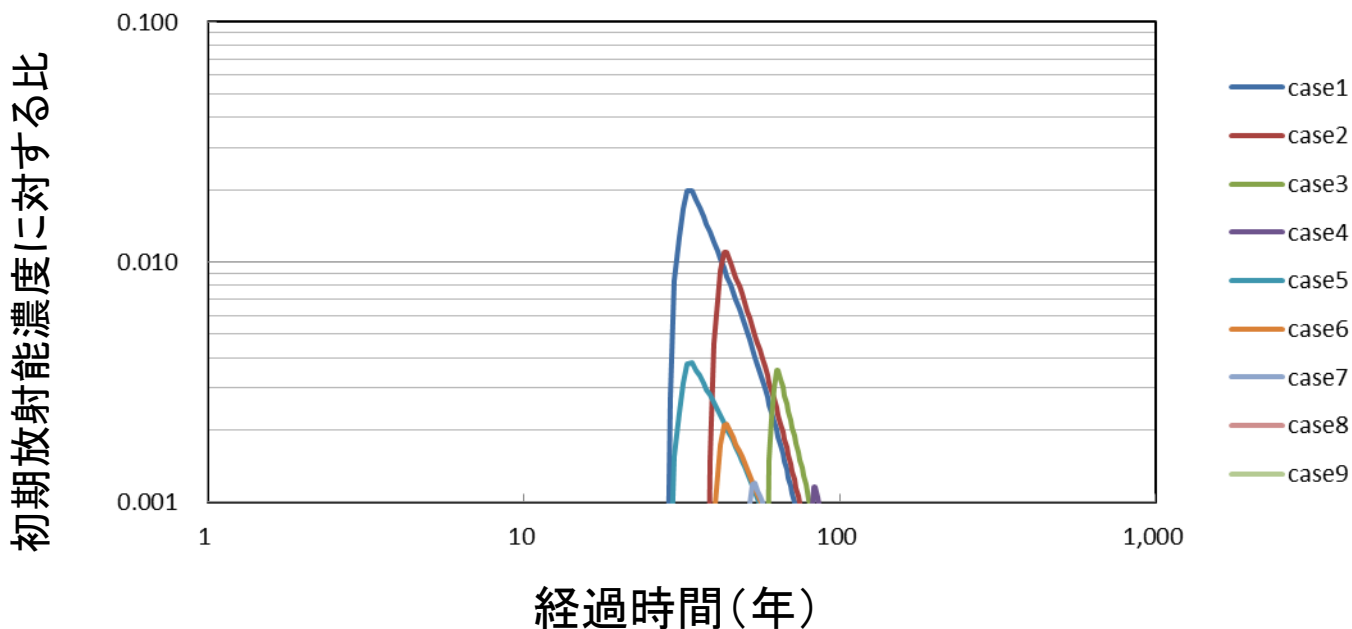


浸透水量の評価結果

case	土壌の透水係数 (m/sec)	葉面積指数 (-)	蒸発ゾーン 深さ (cm)	遮水シートの 有無	遮水シート の状態	年間平均水量(mm)					
						降水量	表面流出	蒸発散量	覆土への 浸透水量	横排水量	廃棄体層への 浸透水量
1	1E-09	2.5	30	あり	good	1.3E+03	3.4E+01	6.1E+02	6.1E+02	6.1E+02	4.6E+00
poor					1.3E+03	3.4E+01	6.1E+02	6.1E+02	6.1E+02	4.9E+00	
3				なし	—	1.3E+03	3.4E+01	6.1E+02	6.1E+02	5.8E+02	3.2E+01

地下水中H-3濃度(海岸地点)の計算結果 -地下水位より浅い位置に設置した場合-

case	遮水シートの有無	廃棄体層への浸透水量 (mm/y)	流出水量 (m ³ /y)	備考	初期濃度に対する海岸到達時の地下水ピーク濃度の比	地下水中濃度ピーク到達時間 (年)
1	なし	3.2E+01	9.0E+03	0年後 漏洩開始	2.0E-02	33
2				10年後 漏洩開始	1.1E-02	44
3				30年後 漏洩開始	3.5E-03	64
4				50年後 漏洩開始	1.2E-03	84
5	あり	5.0E+00	1.4E+03	0年後 漏洩開始	3.8E-03	34
6				10年後 漏洩開始	2.1E-03	44
7				20年後 漏洩開始	1.2E-03	54
8				30年後 漏洩開始	6.8E-04	64
9				0年後 漏洩開始 ホワイトゾーンを評価	6.4E-04	43



まとめ

- トリチウム水の処分の選択肢の1つとして浅地中処分方式による検討を行った。
- 総水量80万 m^3 のトリチウム水を浅地中処分するには、少なくとも28.2万 m^2 以上の土地が必要である。