

2. 支障除去対策工法比較検討

〔第4回専門部会〕

参考資料

対策工概要図

遮水壁の考え方

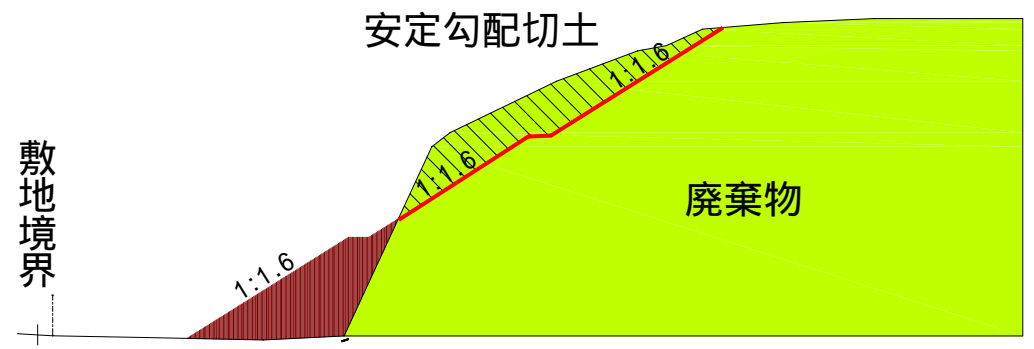
バリア井戸の考え方

選定対策工法概要図

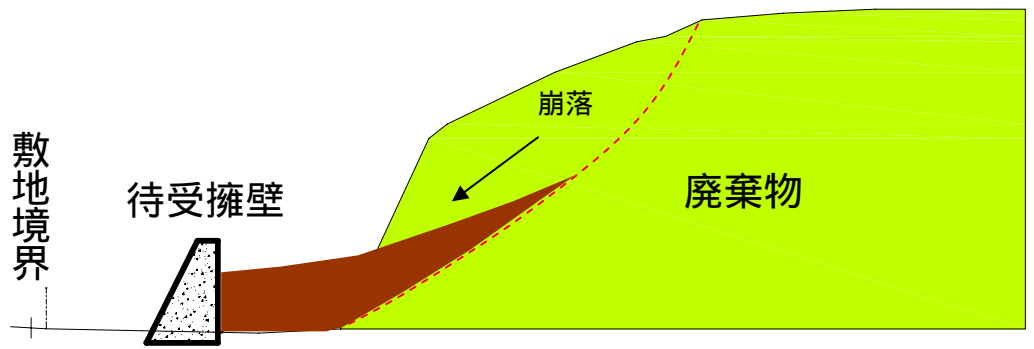
水処理施設（既設）のフロー

平成19年 7月

処分場西市道側法面の崩壊による支障のおそれ



斜面对策 < 安定勾配切土 (県指導 1:1.6) >



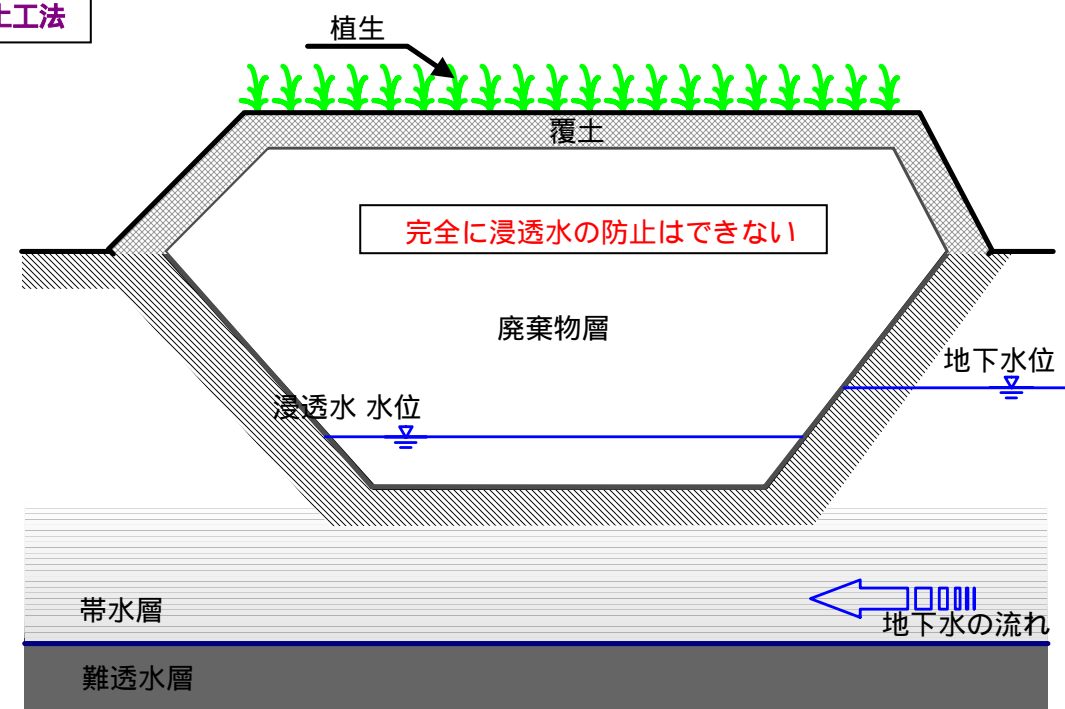
斜面对策 < 待受擁壁 >

法面の表層浸食防止、表流水処理 (側溝) 施設が必要となる。

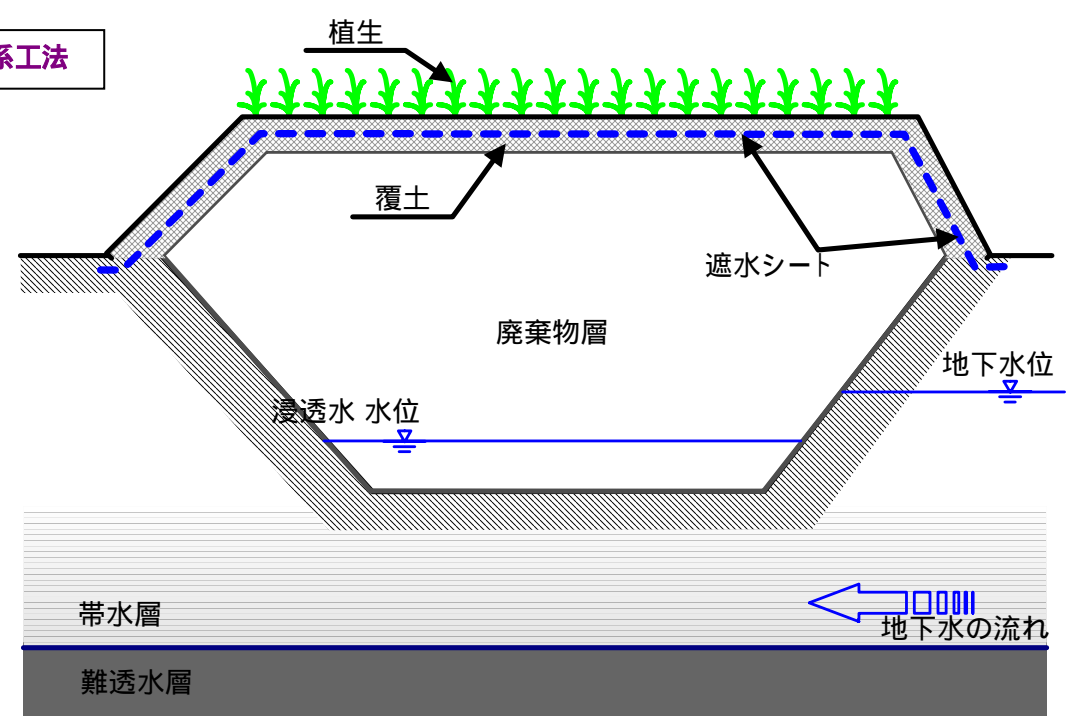
廃棄物の飛散・流出による支障のおそれ

1) 覆土工 ----- 「土質系覆土工法」「シート系工法」

土質系覆土工法



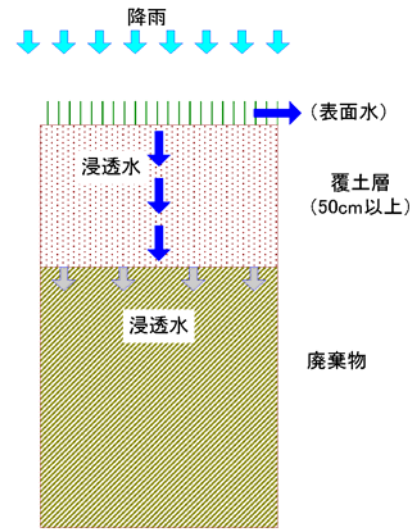
シート系工法



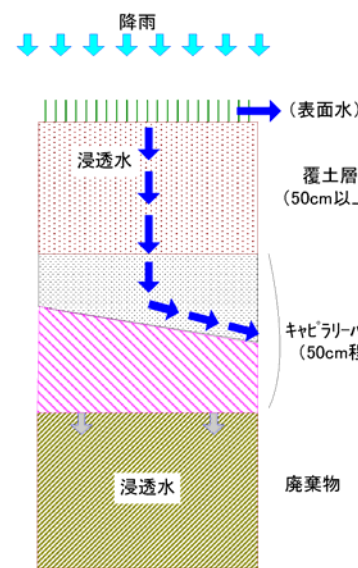
廃棄物の飛散・流出による支障のおそれ

- 2) 浸透水低下工 ----- 「土質系覆土工法」「キャピラリー-バリア工法」「シート系工法」
- 3) 固化・不溶化工 ----- 「固化・不溶化工法」

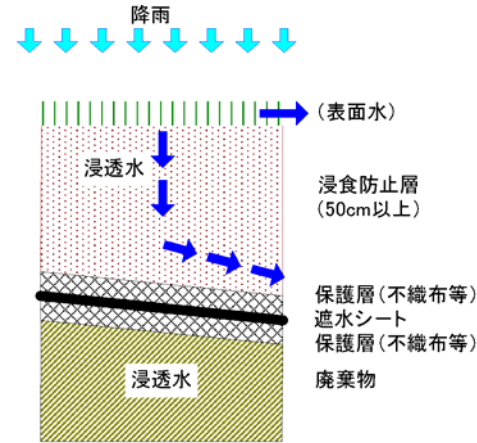
土質系覆土工法



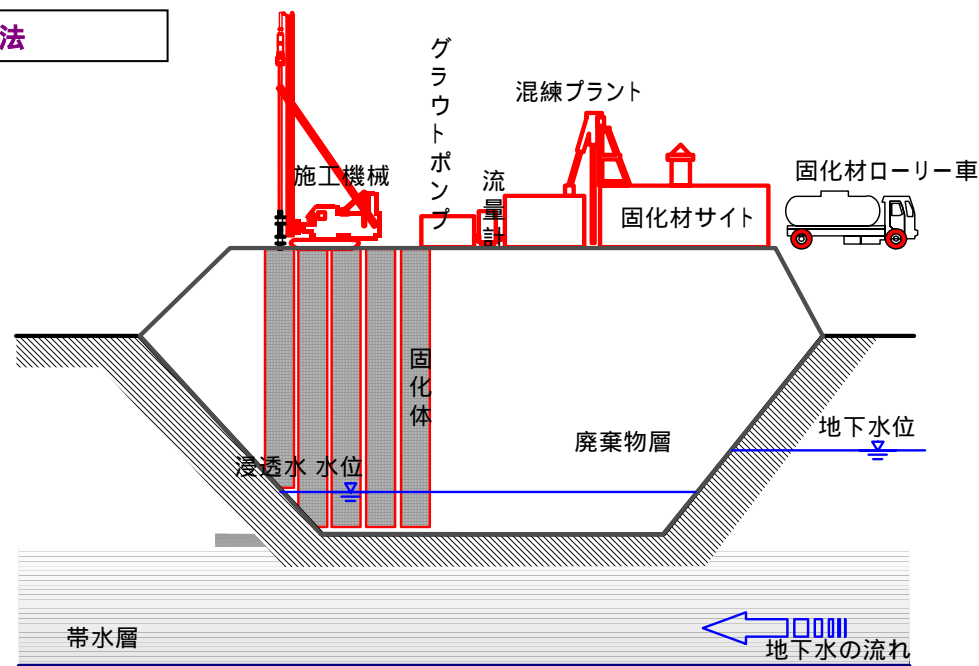
キャピラリー-バリア工



シート系工法



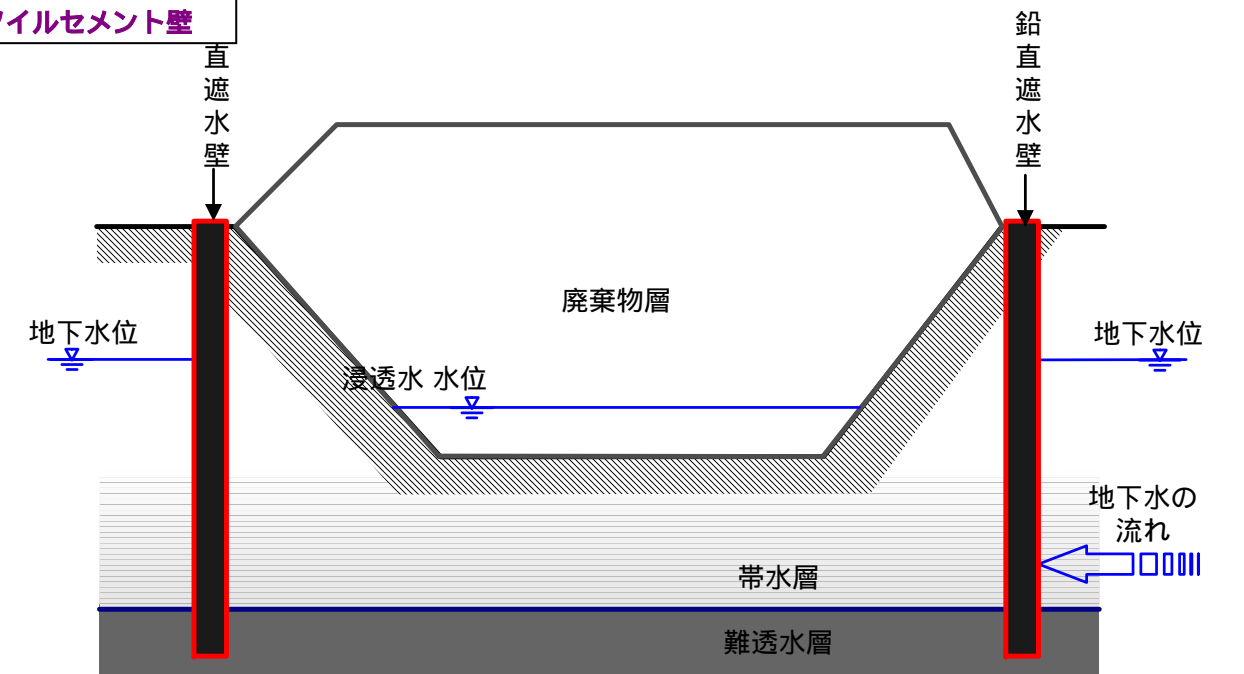
固化・不溶化工法



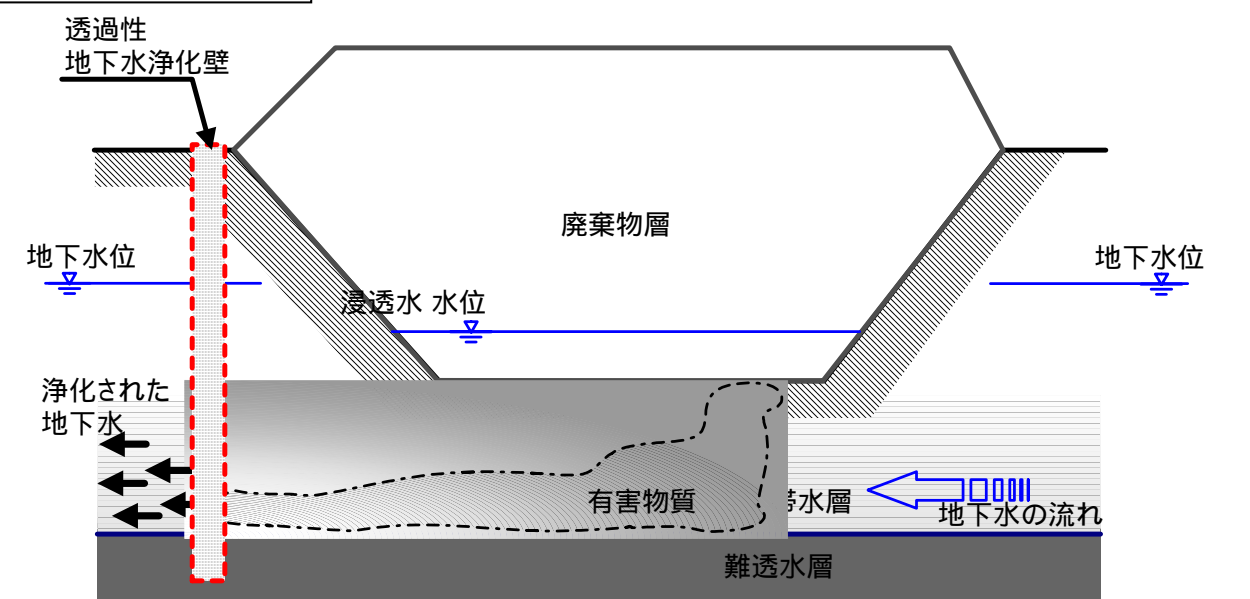
地下水汚染の拡散による支障のおそれ

- 1) 遮水壁工 ----- 「地中連続壁」「ソイルセメント壁」
- 2) 浄化壁工 ----- 「透過性地下水浄化壁」
- 3) 水処理工 ----- 「揚水(バリア井戸) + 水処理設備」

ソイルセメント壁

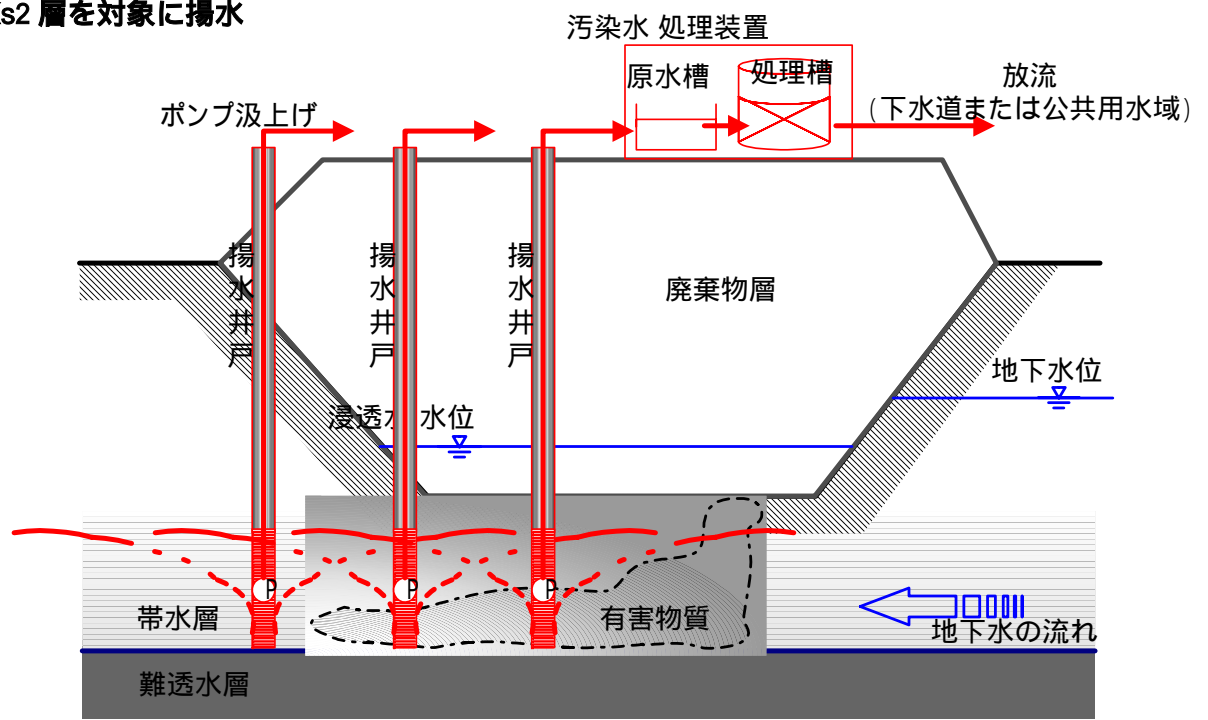


透過性地下水浄化壁



揚水(バリア井戸) + 水処理設

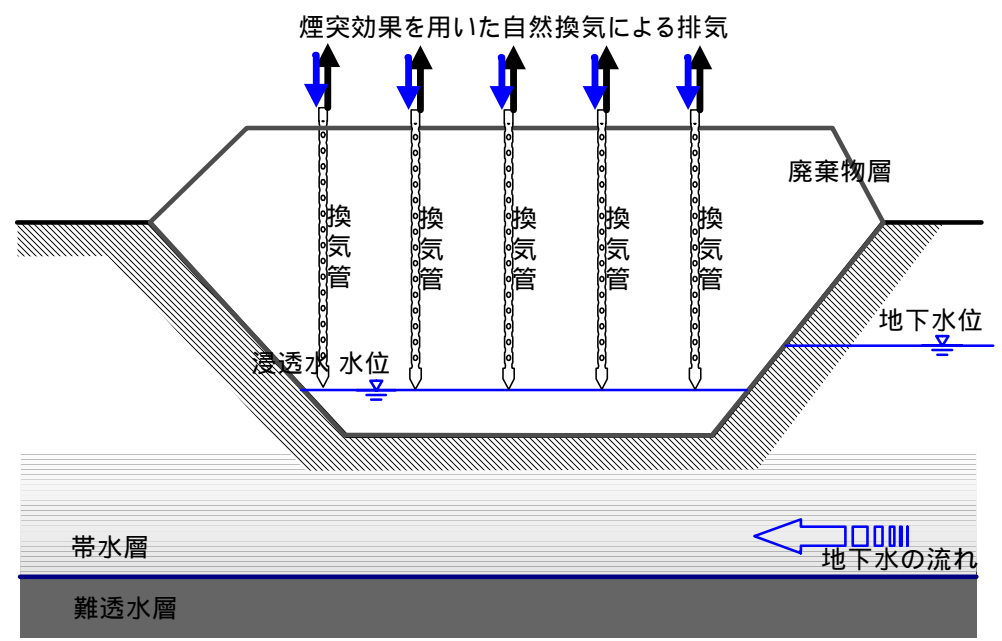
Ks2 層を対象に揚水



硫化水素等ガスの発生による支障のおそれ

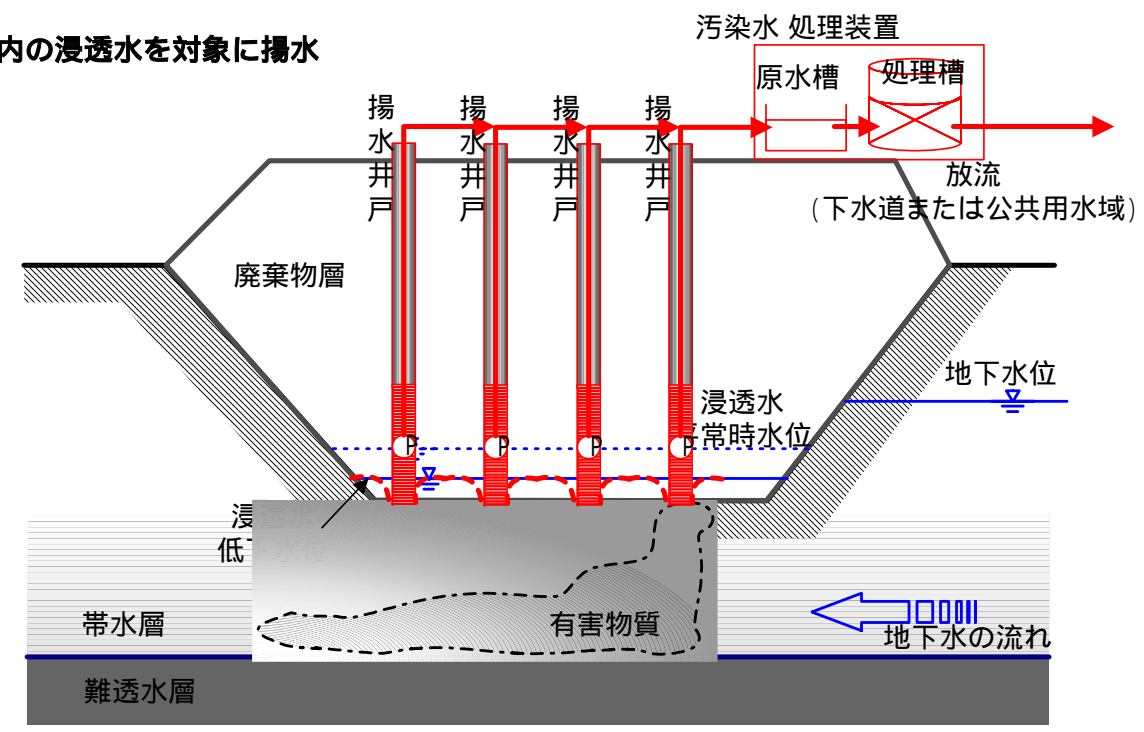
- 1) 有害ガスの放散防止 ----- 「キャッピング」「空気孔設置」
- 2) 有害ガスの放散防止及び処理 ----- 「集ガス・ガス処理施設設置」

空気孔設置

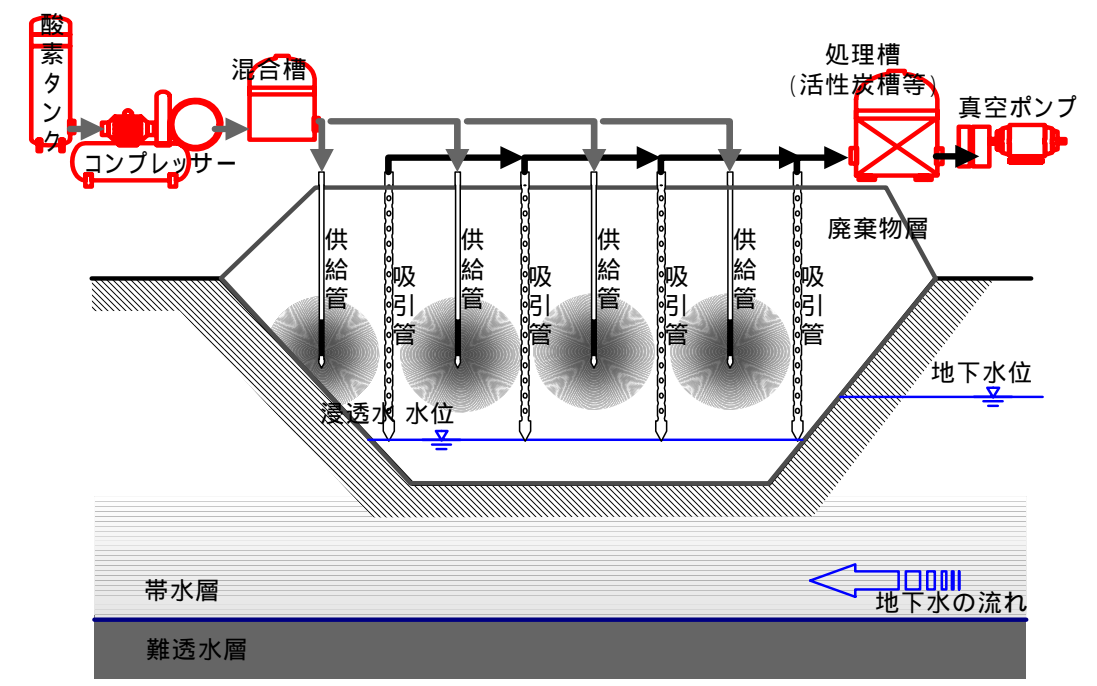


揚水 + 水処理設備

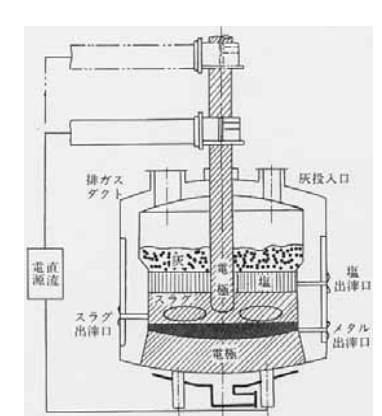
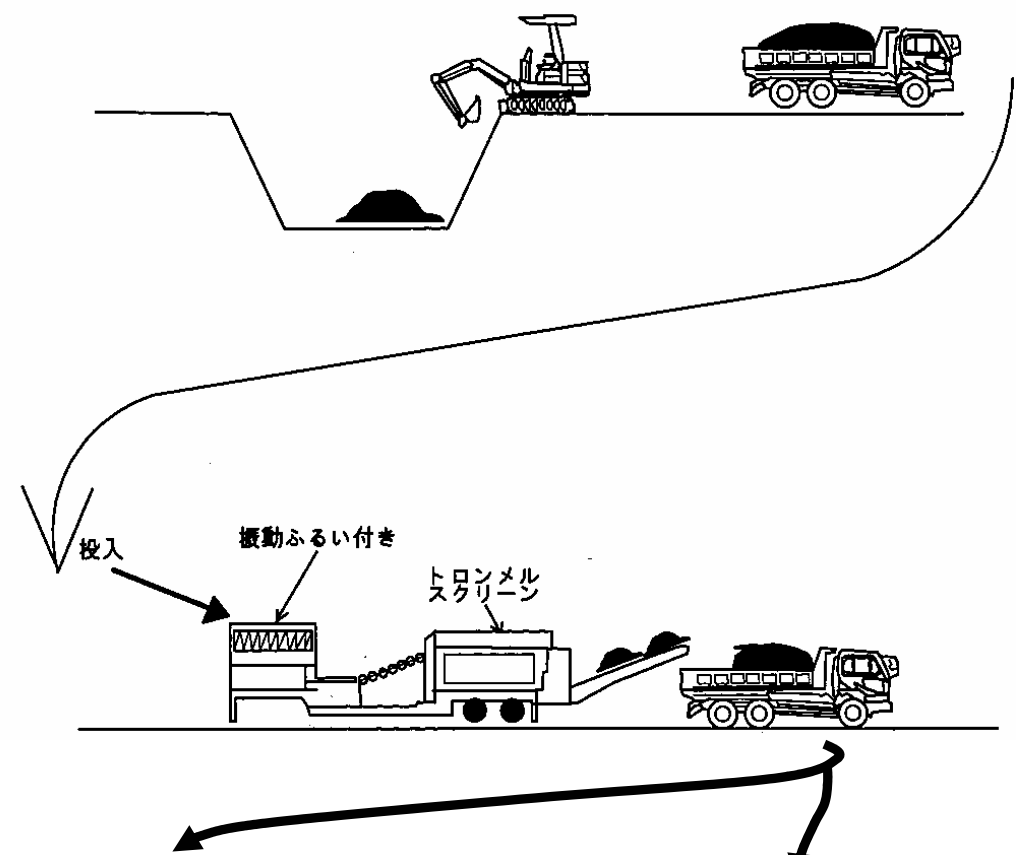
廃棄物内の浸透水を対象に揚水



集ガス・ガス処理施設

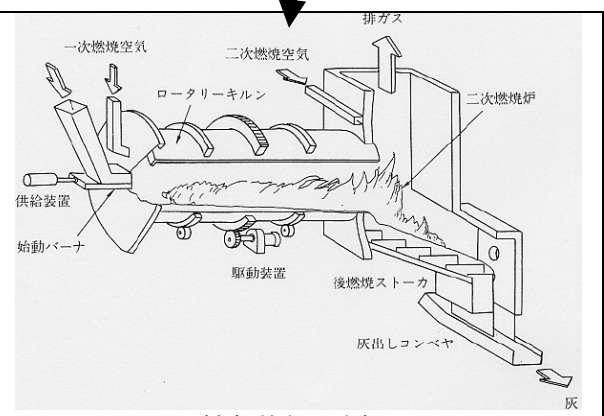


掘削及び処理の場合



熔融施設 (例)

- ・廃棄物を融点以上まで加熱して、高温熔融状態にしたものを冷却してスラグ化するシステム。
- ・焼却処理過程から発生した焼却残さを加熱して熔融する方式と、投入された産業廃棄物を燃焼から熔融工程まで直接持っていく、直接熔融方式の二つがある。



焼却施設 (例)

- ・廃棄物中の有機物を燃焼室内で供給酸素と反応させる(焼却)システムでストーカ炉、流動床炉、ロータリーキルン等がある。

掘削 + 選別 + 場外処理 + 処分

代表的な覆土工法の比較表

		土質系工法			シート系工法
		覆土工法	サブドレーン工法	キャピラリーバリア工法	遮水シート工法
工法概要	断面図				
	説明	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物の直上に覆土を施しただけの単純な構造である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な最終覆土構造である。 ・廃棄物の直上には浸透防止層と排水層があり、最上層には覆土層が設置される 	<ul style="list-style-type: none"> ・サブドレーン工法の排水層と浸透防止層をキャピラリーバリア層に置き換えた構造である。 ・キャピラリーバリア層は毛管力の異なる層を配置して、浸透水を捕捉する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・サブドレーン工法の浸透防止層を遮水シートに置き換えた構造である。 ・遮水シートの両面は、不織布等による保護層が設置される。
	特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・覆土に使用する土質材料により雨水浸透性が異なる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸透防止層は難透水性材料であるため、雨水浸透性は低い。 ・表層に覆土層に浸透した雨水は、排水層により集水され、表面排水される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・キャピラリーバリア層に使用する土質材料により雨水浸透性を制御できる。 ・浸透水は毛管力の大きい砂質土層を通して排水される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水シートによる遮水層を通した雨水浸透性は実質上ゼロである。 ・浸透水は、遮水シート上面より集水・排水される。
	配慮事項	覆土厚の 50cm 以上である。	排水層、浸透防止層を含む層厚は 130cm 以上である。	キャピラリーバリア層によるが、層厚は 100cm 以上である。	不織布+シートの厚さは 5cm 程度であり、層厚 55cm 以上である。

表 埋め立てガス処理方法の概要

	活性炭吸着方式	水洗方式	直接燃焼方式
概要図			
概要	酸性、アルカリ性及び中性の各ガス成分に応じた活性炭を吸着塔に充填し、ガス成分を活性炭に吸着させることにより処理する方法である。	洗浄液(水または薬剤)にガス成分を溶解させることにより処理する方法である。	処理ガス中のメタンを燃焼させることにより悪臭成分を高温分解する方法である。
主な長所	<ul style="list-style-type: none"> 確実な脱臭効果が得られる。 2次公害の発生がない。 維持管理が容易である。 活性炭の再生が可能である。 	臭気濃度が高いほど維持管理費は相対的に安価となる。	<ul style="list-style-type: none"> 確実な脱臭効果が得られる。 ほとんど全ての臭気成分に対して有効である。 原臭濃度およびメタン濃度が高いほど、他方式に比べて維持管理費が安価である。
主な短所	<ul style="list-style-type: none"> 吸湿(処理ガス中の水分吸着)により吸着量が低下する。 高温ガスでは処理性能が低下する。 ある負荷量を超えると吸着剤出口で急激に濃度が増加する(破過現象)ので、ガス成分の定期的観測が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 薬剤を使用する場合、安全への十分な配慮が必要である。 計装設備の維持管理が重要であり、脱臭効果に大きく影響する。 廃液の処理が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 火気を扱うので、安全への十分な配慮が必要であり、監視が不可欠である。 メタン濃度が低下すると補助燃料が必要となり、維持管理費が増加する。

鉛直遮水壁工法の考え方

1) 鉛直遮水工設置の目的

R D処分場において、その存在が確認された汚染土壌に対する対策を実施する必要がある。
 必要な対策は、汚染地下水の有害物質が漏洩・拡散による周辺環境への影響を将来にわたり防止することを目的とするもので、鉛直遮水工は封じ込め対策としての遮水工を形成するために必要なものであり、管理型最終処分場の仕様を満足するように計画する。

- 1: 「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の一部を改正する命令」 平成10年6月16日 総理府・厚生省令2号

2) 鉛直遮水工の満足すべき機能及び性能

共同命令により規定されている遮水工は、以下のいずれかの要件を備えたものであることが求められる。

薬剤等の注入により、当該不透水性地層までの周囲の地盤がルジオン値1以下となるまで固化されていること。
 厚さ50cm以上であり、かつ、透水係数が $10\text{nm/s}(=1 \times 10^{-6}\text{cm/s})$ 以下である壁が周囲に当該不透水性地層まで設けられていること。
 鋼矢板(他の鋼矢板と接続する部分からの保有水等の侵出を防止するための措置が講じられているものに限る)が周囲に当該不透水性地層まで設けられていること。

ここで言う不透水性地層とは、厚さ5m以上で $k=1.0 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ 以下の地層、あるいはそのルジオン値が $Lu < 1$ を示す岩盤のことである。

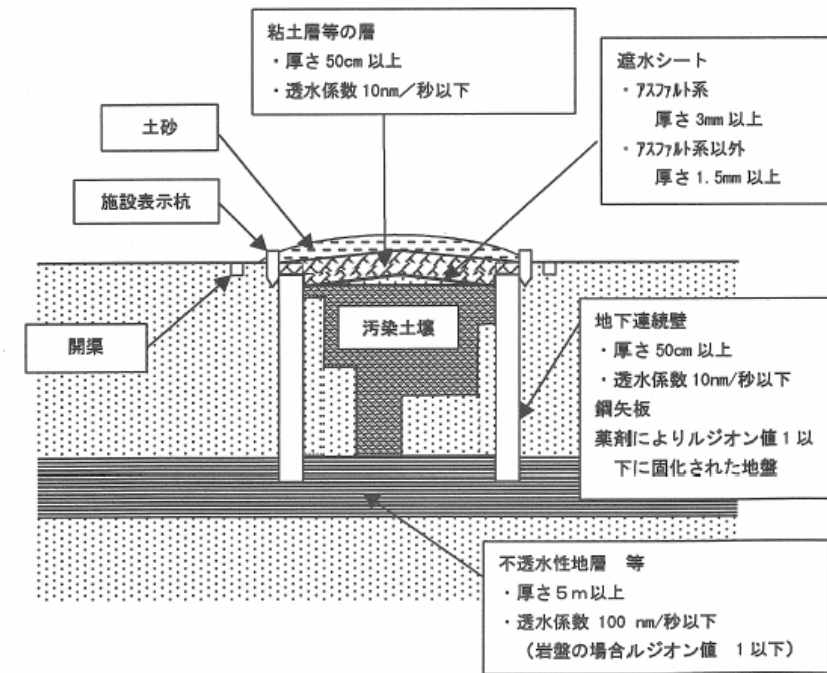


図-1(1) 遮水工 封じ込め構造例：原位置封じ込め構造

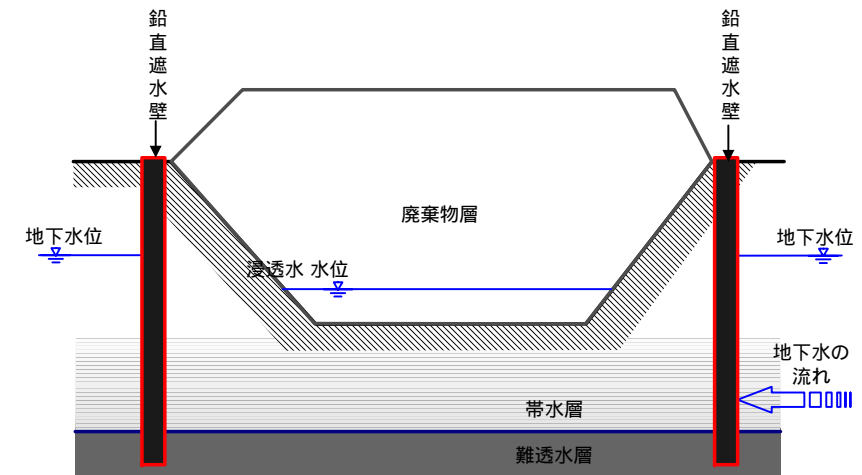


図-1(2) 遮水工 封じ込め構造例：原位置封じ込め構造

3) 鉛直遮水工の形式比較検討

(1) 施工範囲

施工範囲の基本は、廃棄物層を確実に封じ込める（包囲）範囲とするが、当該地での土地利用条件、既設構造物、地形条件等の施工制約条件も踏まえて検討する。

(2) 地質条件と施工深度

地質条件

調査結果に基づき検討する。

施工深度

不透水層の連続性及び汚染地下水の分布深度より検討する。

鉛直遮水壁の条件	壁厚：50cm以上	透水係数： 10^{-6} cm/sec
遮水層の条件	層厚：5m以上	透水係数： 10^{-5} cm/sec（1ルジオン）

これらは、土質工学的にどちらも同じ遮水抵抗体に相当する。

すなわち、間隙水圧などの条件が同じであれば 10^{-6} cm/secの抵抗体を50cm（壁厚）移動する時間と同じ値となる。すなわち、汚染物質は遮水抵抗として同じ器に封じ込められる仕組みと考えることができる。

従って、鉛直遮水壁が不透水層（ルジオン値1以下）に接していれば完全にシールドされることになる。最も遮水構造の弱部となるのは構造の不連続となる部分である。遮水工壁が不透水地盤に置かれる場合、壁と地盤が接するだけでは遮水は確実でなく信頼性も非常に劣る。よって、ある程度の根入れが必要になるが、掘削時に地盤の緩みや施工精度を踏まえて検討する必要がある。

(3) 形式比較検討

一般的な鉛直遮水壁技術の中から、当該地区における現場条件に適合するか否かによる選別を実施すれば図-2に示すとおりとなる。

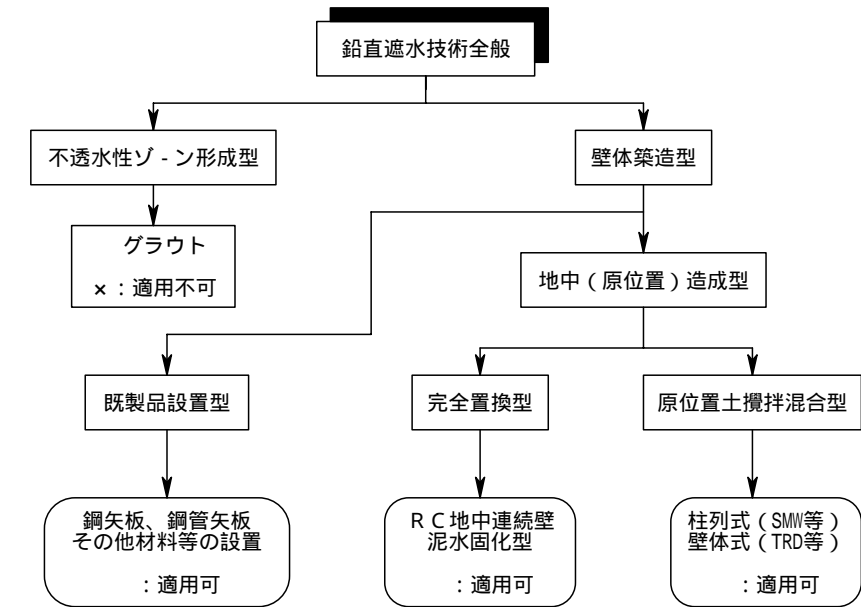
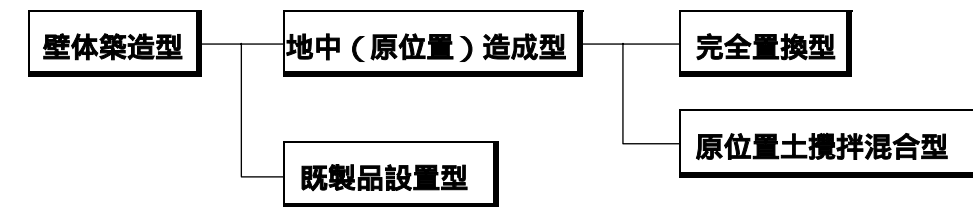


図 -2 鉛直遮水技術のタイプ分類と現地条件への適合性

したがって、適用の可能性を残す下記の工法を更に比較検討する。



工法の中から機能性、確実性（品質）・経済性に優れた工法を選定することとなる。選定条件は次の項目満足できるかである。

鉛直遮水壁の工法の選定条件

- イ) 遮水が目的であるため、連続した品質が確実に確保できる工法でなければならない。
- ロ) 調査結果により遮水層の深度は最大で40m程度であり、この深度の施工が可能な工法でなければならない。
- ハ) 遮水層の上端深度は平坦でなく傾斜または凹凸形状である。この形状に適合できる工法でなければならない。

絞り込まれる遮水工法は次のとおりである。

R C 地中連続壁	完全置換型
-1 ソイルセメント地中連続壁（柱列系）	原位置土攪拌型
-2 ソイルセメント地中連続壁（壁列系）	原位置土攪拌型
鋼矢板工法（建込み工法）	既製品型

のRC地中連続壁は完全置換型であり、その性能及び品質は確実であり、上記の施工条件も十分満足できる工法である。しかしながら、完全置換型であるため、泥水を含んだ掘削土が多量に発生する。こ

のソイルセメント地中連続壁は の短所を補う工法となる。

の鋼矢板工法は前提条件として建込み工法となるため、 との組み合わせ工法となる。

以上の検討より、確実な遮水構造となるには

A案： RC地中連続壁（完全置換型）

B案： ソイルセメント地中連続壁

両案とも遮水性能の信頼性は同じであるが、地下水汚染の拡散防止としての遮水性能性を踏まえれば、「**B案：ソイルセメント地中連続壁**」がよい。

揚水（バリア井戸）の考え方

1) バリア井戸の設置目的

汚染地下水が流下拡散を防止するための揚水井戸の設置。

2) 対象地下水（地層）と地下水の流れ

有害物質が確認されている地下水胚胎層は Ks2 層である。

Ks2 層の地下水の流れ（水頭コンタ - ）は下図のとおりである。

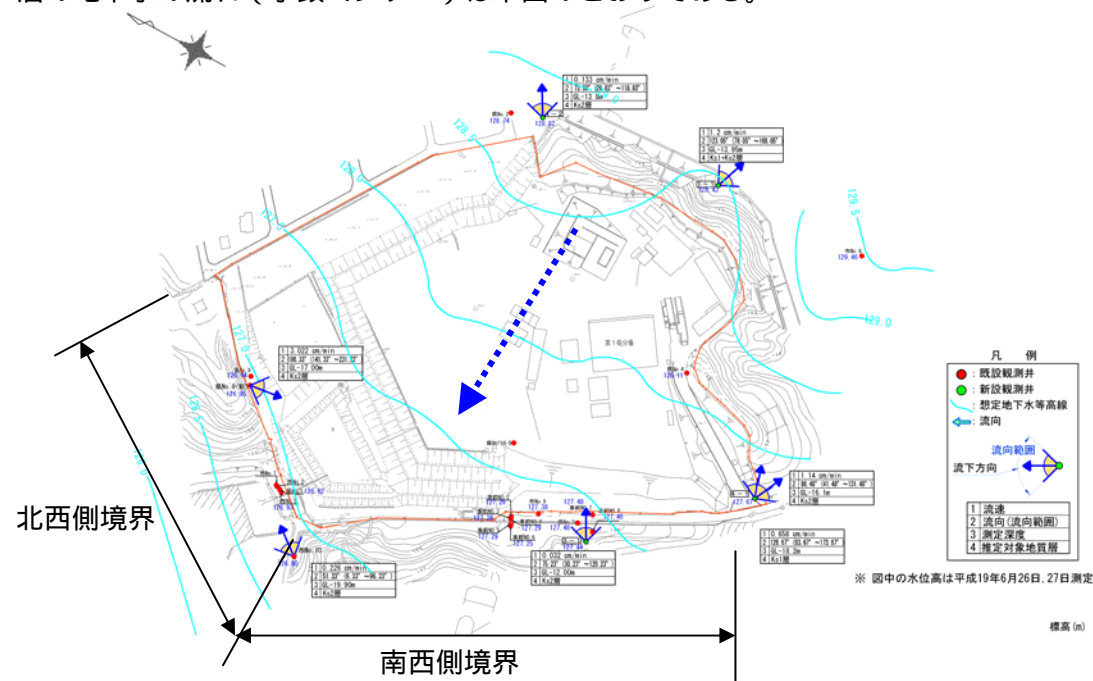


図-1 に示すように、複数境界付近に設置した井戸の揚水により Ks2 層の地下水位を低下させ、汚染地下水の流下拡散を防止する。

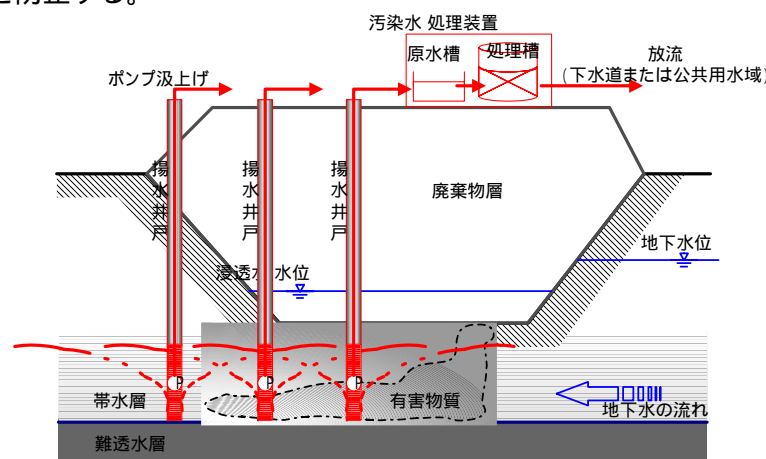


図-1 バリア井戸の考え方

3) バリア井戸の設計

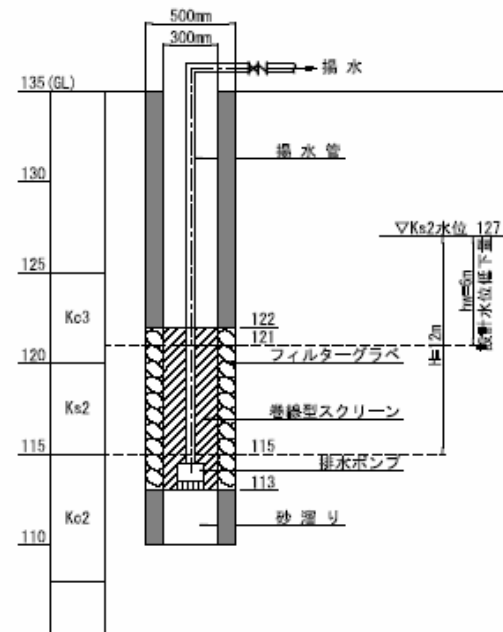
設計地下水水位低下モデル

Ks2 層の分布（地層の厚さ、傾斜）と本層の地下水位より設定する。

廃棄物層の直下を流下する地下水が対象域外の流下させないように配置する。

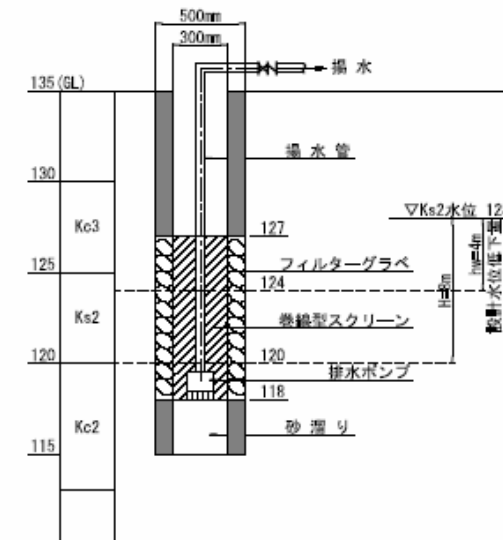
全体の地下水コンタ - より、「北西側境界」と「南西側境界」の2断面を計画する。

影響範囲R=50mの井戸構造



北西側境界

影響範囲R=30mの井戸構造



南西側境界

影響範囲（揚水井戸の配置計画）

井戸影響範囲より設定する。
計算式は Sichart の式を用いる。

$$R = 3000(H - h_w) (k/100)^{1/2} \text{ ----- (1.1 式)}$$

R : 影響範囲 (m)
H - h_w : 計画水位低下量 (m)
k : 地下水水位低下対象層の透水係数 (cm/sec)

(1) 透水係数について

既往調査結果より、Ks2 層の粒度は細砂、中砂、粗砂でその透水係数は 10⁻² ~ 10⁻⁴ (cm/sec) と幅を持つ。概算検討時では、その中間値として、1 × 10⁻³ (cm/sec) を採用する。

(2) 計画水位低下量

前節でモデル図に示した低下量とする。現況地下水位及び Ks2 層の下端深度までの水位高を限界低下量と考え、その限界量の 1/2 (Fs=2.0) とした。

(3) 影響範囲

北西側境界

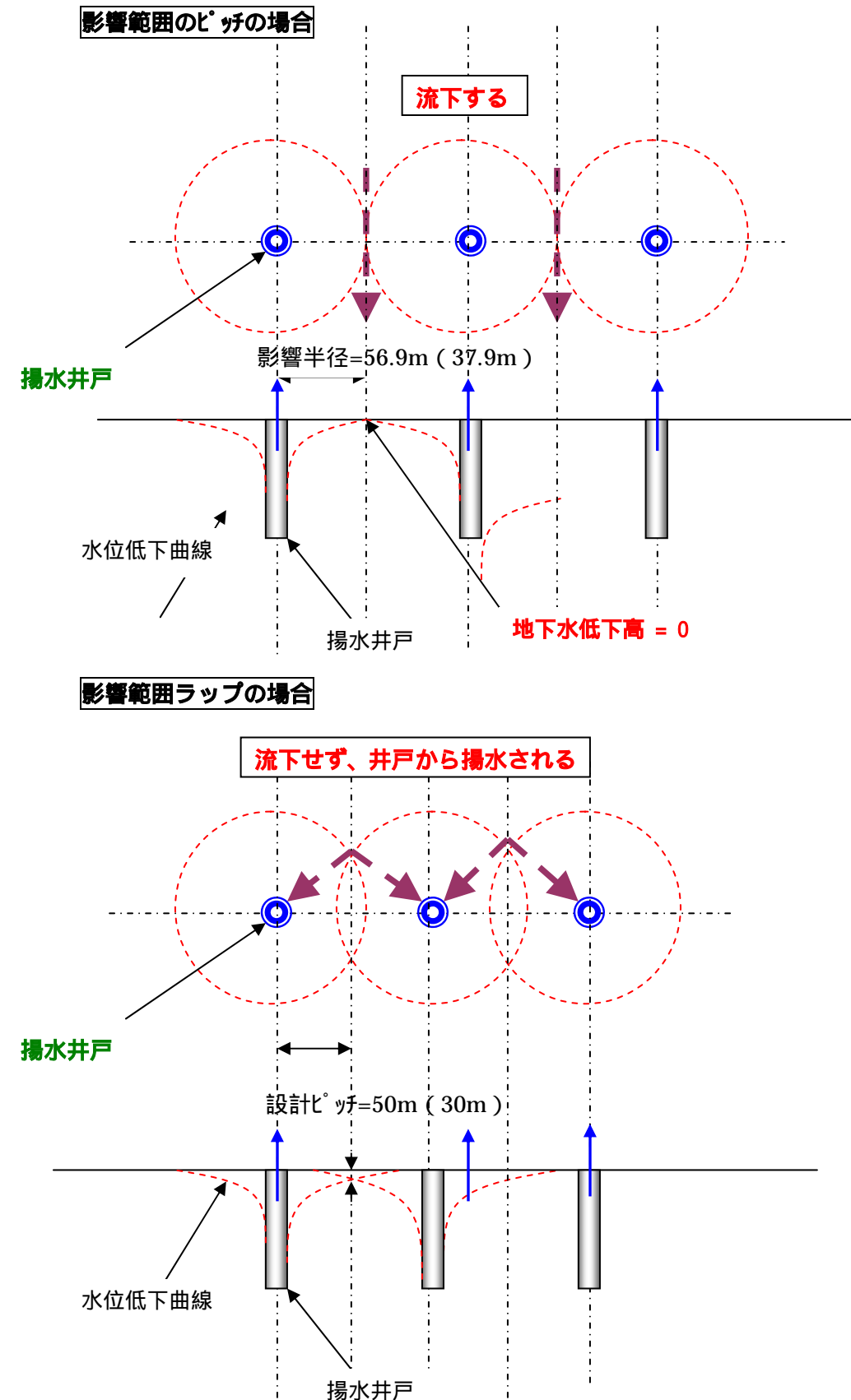
$$\begin{aligned} R &= 3000 \cdot (H - h_w) \cdot (k/100)^{1/2} \\ &= 3000 \times (12 - 6) \cdot ((1 \times 10^{-3})/100)^{1/2} \\ &= \mathbf{56.9m} \quad \mathbf{50m \text{ ピッチ}} \end{aligned}$$

南西側境界

$$\begin{aligned} R &= 3000 \cdot (H - h_w) \cdot (k/100)^{1/2} \\ &= 3000 \times (8 - 4) \cdot ((1 \times 10^{-3})/100)^{1/2} \\ &= \mathbf{37.9m} \quad \mathbf{30m \text{ ピッチ}} \end{aligned}$$

透水係数のバラツキを踏まえ、安全側に評価し、井戸配置（ピッチ）は 30m とする。

計算値の値（赤字）は影響範囲端部に相当し、その端部は地下水位の低下（量）はない考えとなる。よって、その地点では、地下水位の変化（低下）はないため、地下水は流下する。複数の井戸での地下水位による干渉は重ね合わせ量であるため、影響端部はそれぞれラップさせることにより、対象断面での地下水位を現況よりも低下させることにした。



3) 計画揚水量

Thiem の式より井戸 1 本当たりの揚水量を求めらる。

$$Q = \frac{2.303 \cdot 60 \cdot k}{100} \frac{(H^2 - h^2)}{\ln(R/r_0)} \quad \text{----- (1.2 式)}$$

Q : 井戸 1 本当たりの揚水量(m³/min)

R : 影響範囲 (m)

H - hw : 計画水位低下量 (m)

k : 地下水位低下対象層の透水係数 (cm/sec)

r₀ : 井戸半径 (井戸径は 300mm で計画)

北西側境界

$$\begin{aligned} Q &= \frac{k \cdot 60}{100} \frac{(H^2 - h^2)}{\ln(R/r_0)} \\ &= \frac{3.14 \times 60 \times 1 \times 10^{-3}}{100} \frac{(12^2 - 6^2)}{\ln(56.9/0.15)} \\ &= 0.034 \quad (\text{m}^3/\text{min}) \\ &= 49.2 \quad (\text{m}^3/\text{day}) \end{aligned}$$

井戸損失 (スクリーンやフィルタ-の損失) を 40%見込む

$$49.2 \times 0.4 = 19.6 \quad (\text{m}^3/\text{day}/\text{本}) \quad \text{-----} \quad 5 \text{ 本計画}$$

南西側境界

$$\begin{aligned} Q &= \frac{k \cdot 60}{100} \frac{(H^2 - h^2)}{\ln(R/r_0)} \\ &= \frac{3.14 \times 60 \times 1 \times 10^{-3}}{100} \frac{(8^2 - 4^2)}{\ln(37.9/0.15)} \\ &= 0.016 \quad (\text{m}^3/\text{min}) \\ &= 23.5 \quad (\text{m}^3/\text{day}) \end{aligned}$$

井戸損失 (スクリーンやフィルタ-の損失) を 40%見込む

$$23.5 \times 0.4 = 9.4 \quad (\text{m}^3/\text{day}/\text{本}) \quad \text{-----} \quad 7 \text{ 本計画}$$