

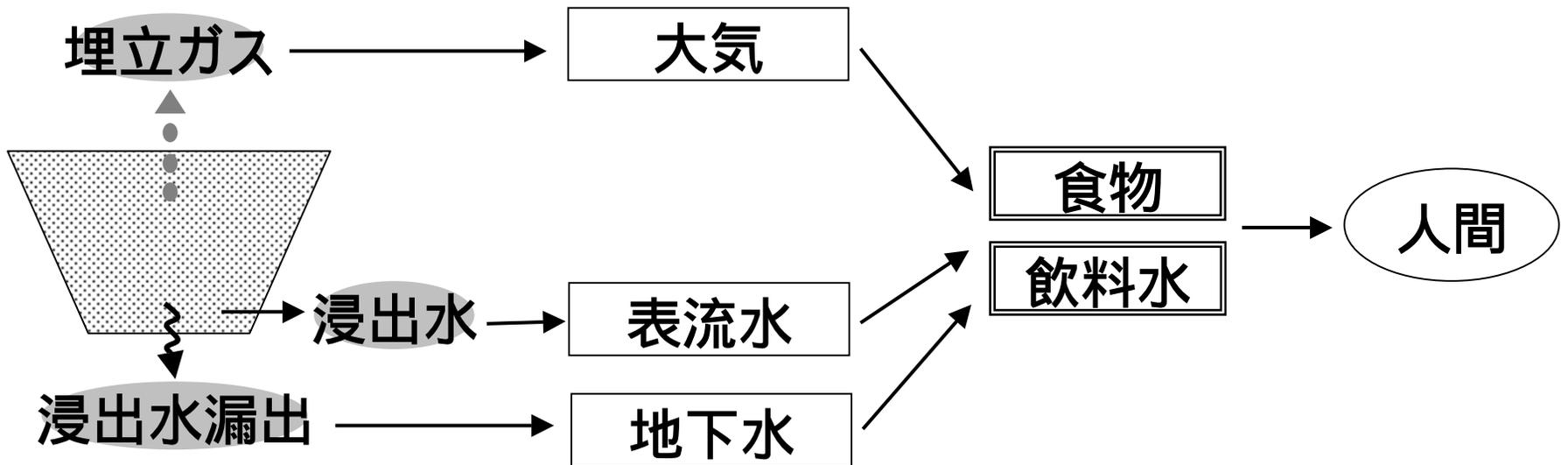
2004.12.27 COE 全体会議

**廃棄物埋立地の合理的な
設計のための
リスク評価ツールの開発**

環境資源工学専攻 COE研究員

花田 茂久

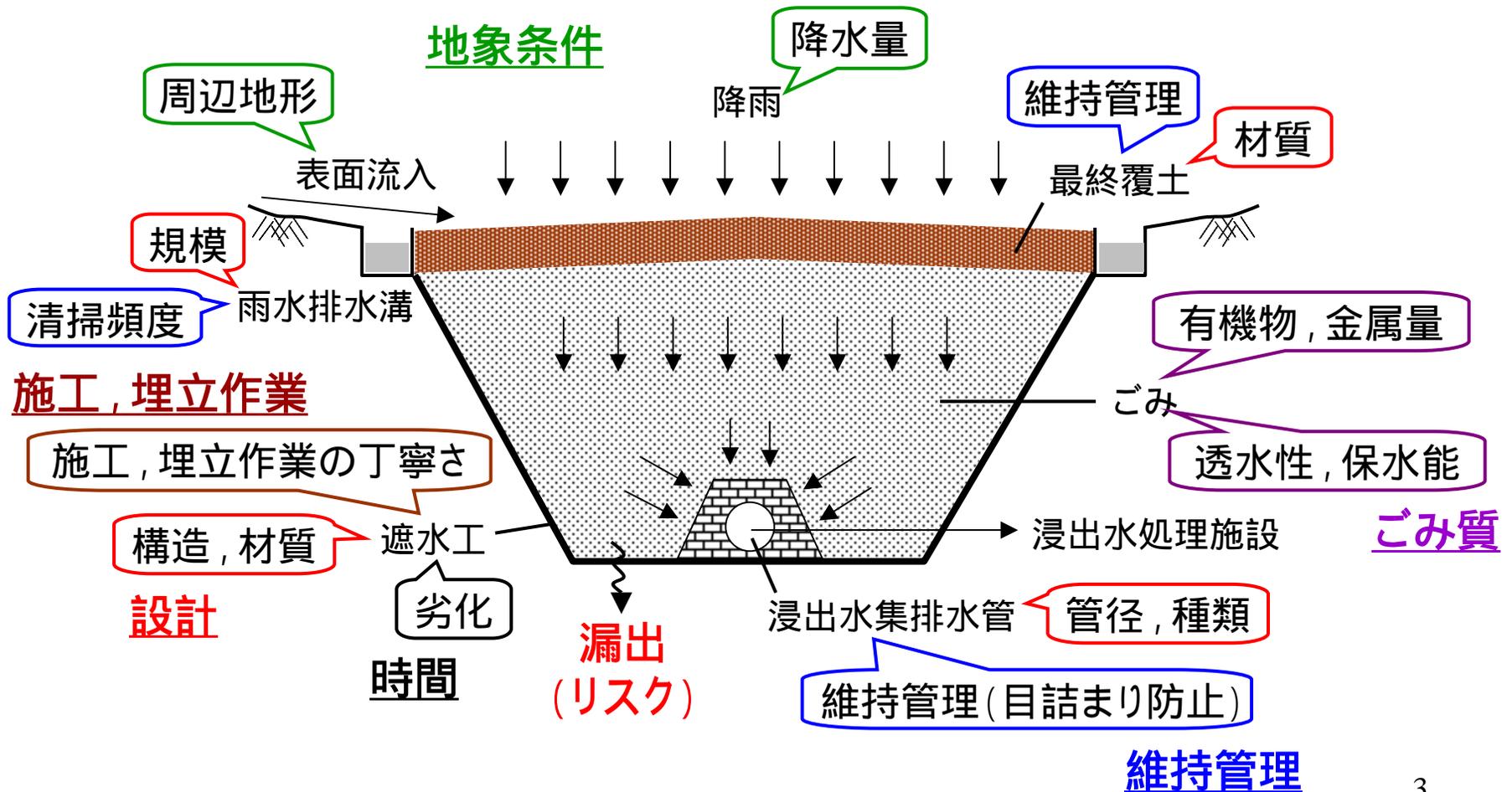
埋立地由来の健康リスク



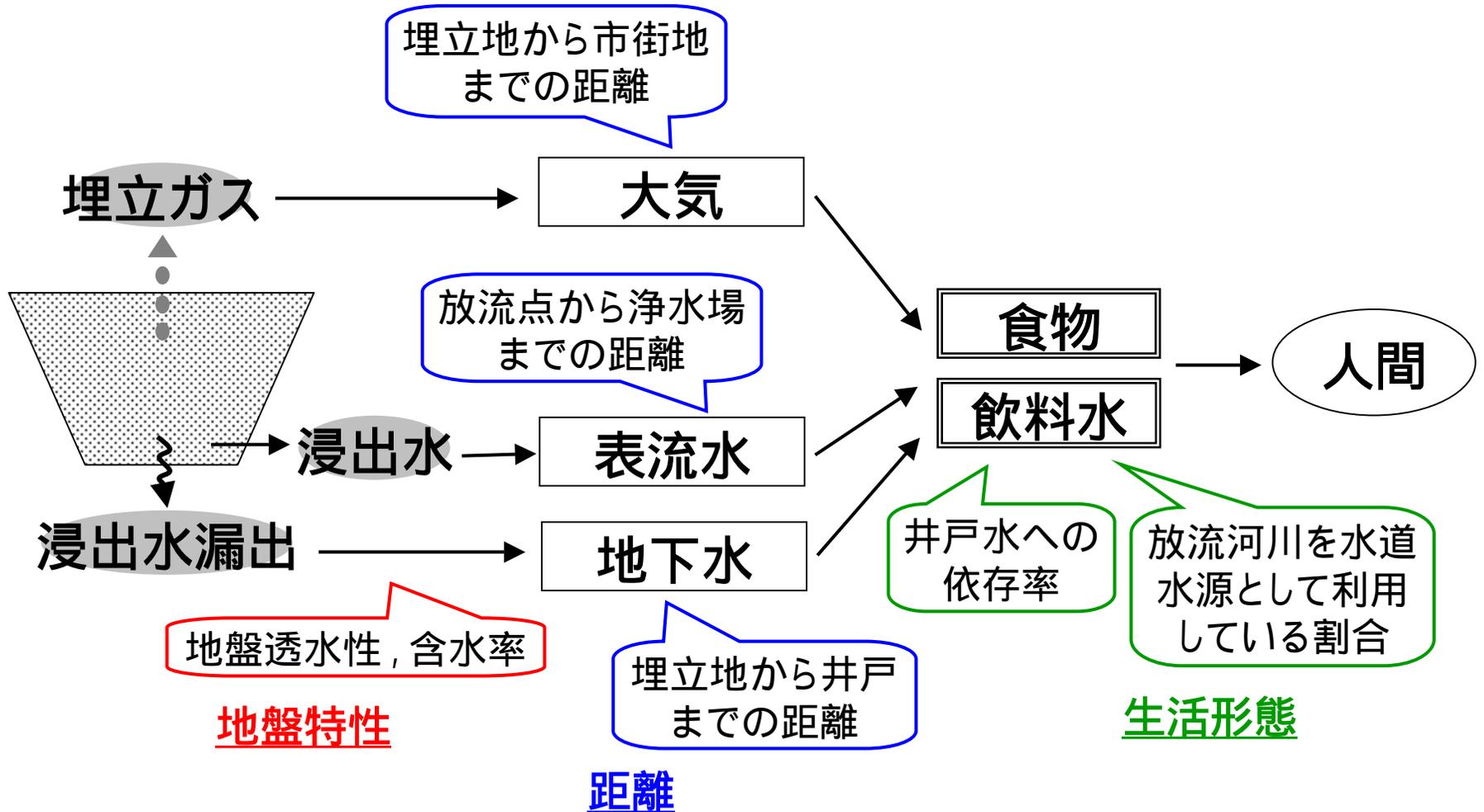
いったいどれぐらいか全く不明！

リスクに影響を与える因子(埋立地内)

例) 浸出水の地下への漏出



リスクに影響を与える因子(埋立地外)



本研究の目的

- 埋立地の様々な設計・維持管理・地象条件などを反映した健康リスク評価モデルの開発

本研究の意義

- 技術面

重要な因子, 重要でない因子がわかる

- ・コストをかけすぎないでリスクを低減させる設計が可能
- ・合理的な埋立地の立地選定が可能

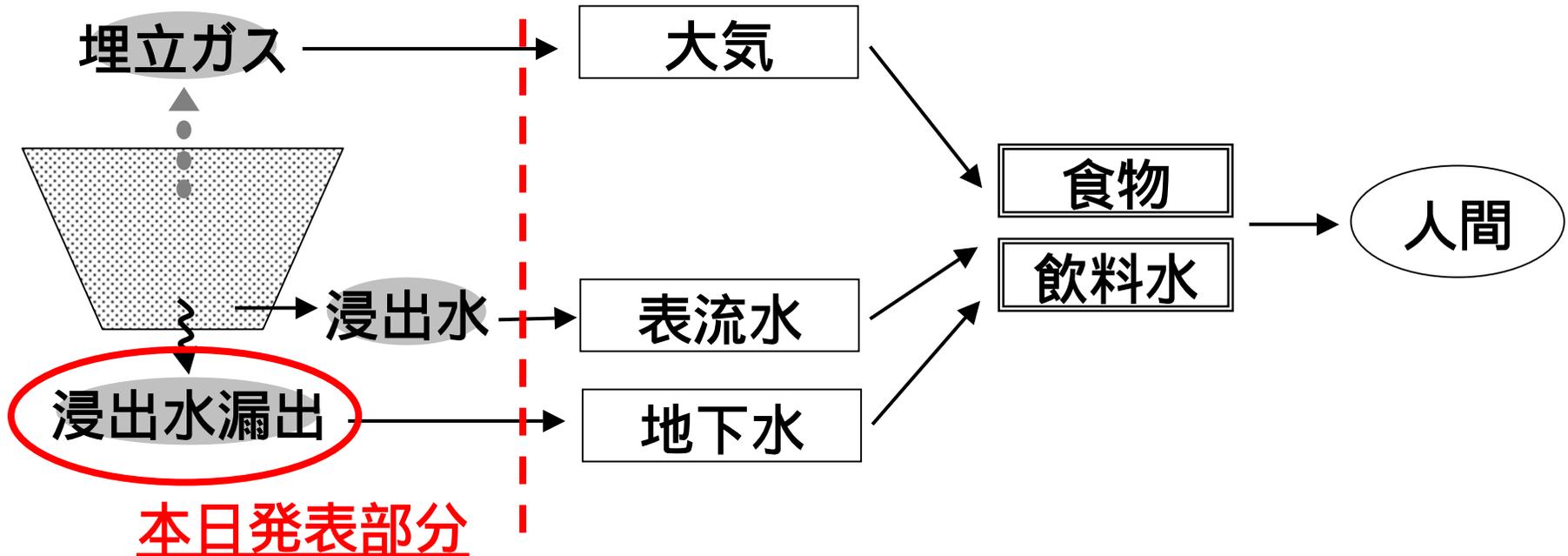
- 社会面

住民と行政とのリスクコミュニケーションにおいて定量的な情報を提供できる

モデルの全体構成

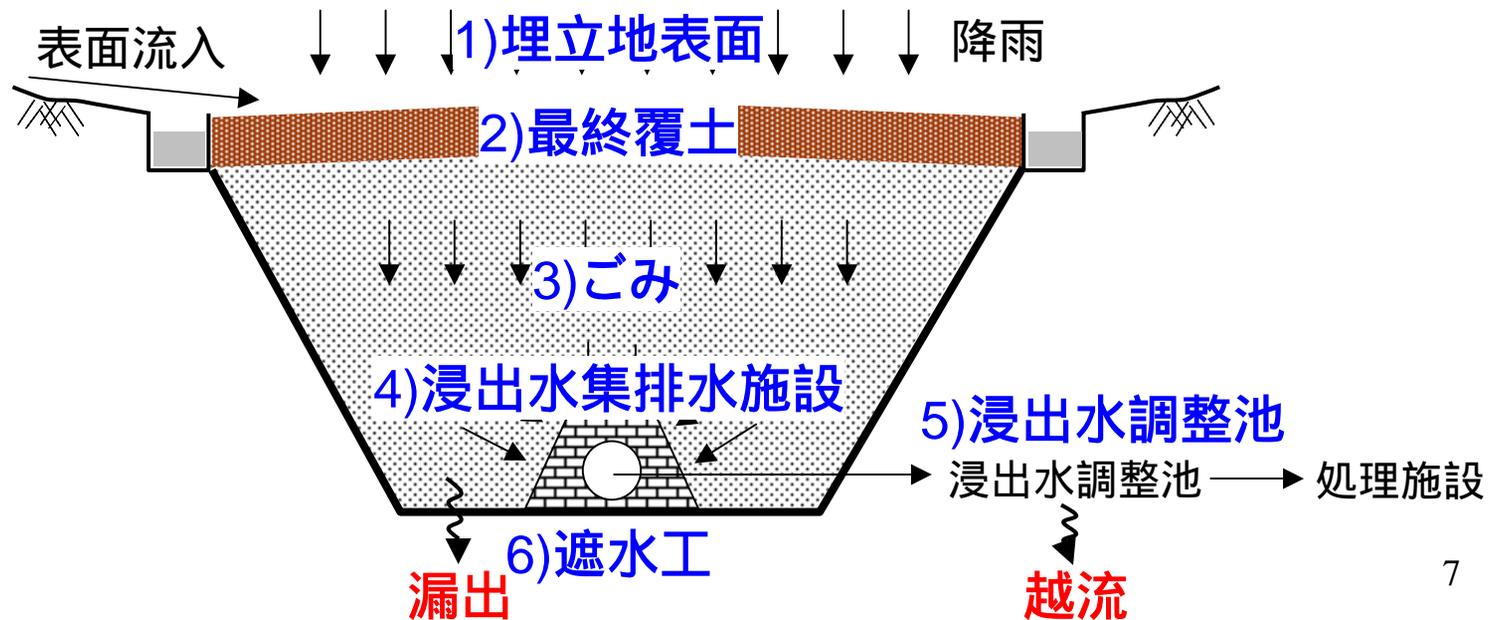
埋立地内モデル
(埋立地から外へ出る
浸出水, ガスの量, 質
を予測)

埋立地外モデル
(埋立地から出る浸出水,
ガスの健康リスクを計算)



浸出水漏出予測モデルの概要

- 入力値: 長期間(例: 100年間)の降雨データ(日降雨量)
- 出力値: **漏出浸出水**, **調整池越流水**の流量(, 水質)の経時変化
埋立時, 閉鎖後管理時, 廃止後の総漏出, 越流量(, 平均水質)
- 1) ~ 6)の埋立地構成要素における水分移動をモデル化(なるべく簡素に)
- 各影響因子をパラメータとして組み込む



1) 埋立地表面・2) 最終覆土中の流れモデル

➤ 1) 埋立地表面 (等流と仮定)

• 収支式

$$(L_a \cdot L_b) \frac{dh}{dt} = (L_a \cdot L_b)(I_0 - k_s) + Q_s - (L_b \cdot h) \cdot v \quad L_b : \text{埋立地の奥行き}$$

• 流量

$$Q_s = A_s \cdot f_s \cdot \alpha_{s1} \cdot \alpha_{s2} \cdot \alpha_{s3}, \quad v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot T^{1/2} \quad R(\text{径深}) \cong h$$

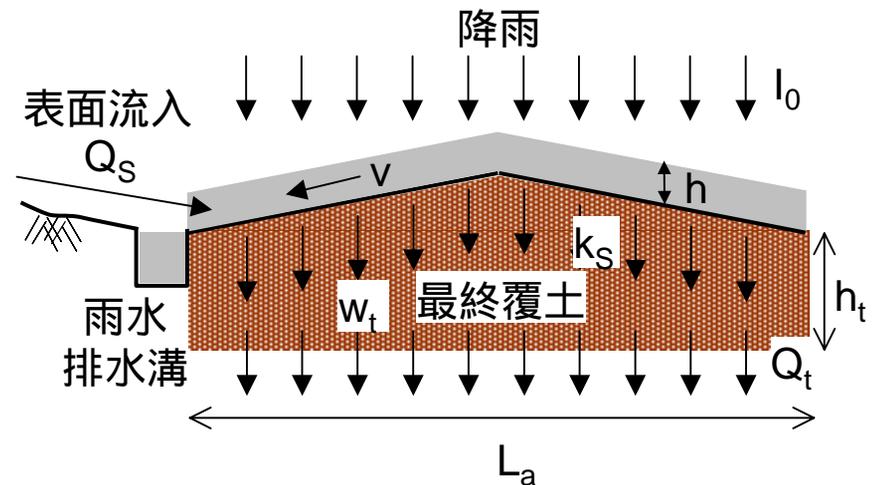
➤ 2) 最終覆土 (不飽和水分移動)

• 収支式

$$(L_a \cdot L_b \cdot h_t) \frac{dw_t}{dt} = (L_a \cdot L_b) \cdot k_s - Q_t$$

• 流量

$$Q_t = (L_a \cdot L_b) \cdot K_{ts} \cdot k_t [w_t]$$



パラメータ

状態量

h	埋立地表面水位	
Q_s	表面流入水量	
v	表面排除流速	
w_t	覆土含水率	
Q_t	覆土内浸透流量	
$k_t[w_t]$	覆土不飽和相対透水係数	Van Genuchten式

地象パラメータ

入力方法

I_0	降水量	対象地域の値入力
A_s	集水面積	対象地域の値入力

パラメータ(つづき)

地象パラメータ(つづき)

f_S 流出係数 それぞれ選択 → a)山地, b)平地...

α_{S1} 周辺条件に関わる特性値 → a)山地, b)平地...

設計パラメータ

入力方法

L_a 埋立地幅 設計値入力

L_b 埋立地奥行き ヒアリング必要! 設計値入力

k_S 覆土の表面浸入能 a)粘土, b)砂...

α_{S2} 雨水排除溝の規模に関わる特性値 a)十分な大きさ, b)小さい...

T 覆土勾配 設計値入力

h_t 覆土厚 設計値入力

K_{tS} 覆土飽和透水係数 a)粘土, b)砂...

維持管理パラメータ

入力方法

α_{S3} 雨水排除溝の清掃頻度に関わる特性値 a)月1回, b)年1回...

n マニングの粗度係数 a)不陸あり, b)不陸なし ¹⁰

3) ごみ中の流れモデル

中間覆土ごとに区切ったセルを基準に水収支をとる(1次元)

埋立地の不均一性を考え,

- (i): ごみ層に不飽和浸透する水
- (ii): ごみ層のマクロポア中を流れる水
- (iii): 中間覆土上を側方排除される水を考慮

●セル j についての収支式

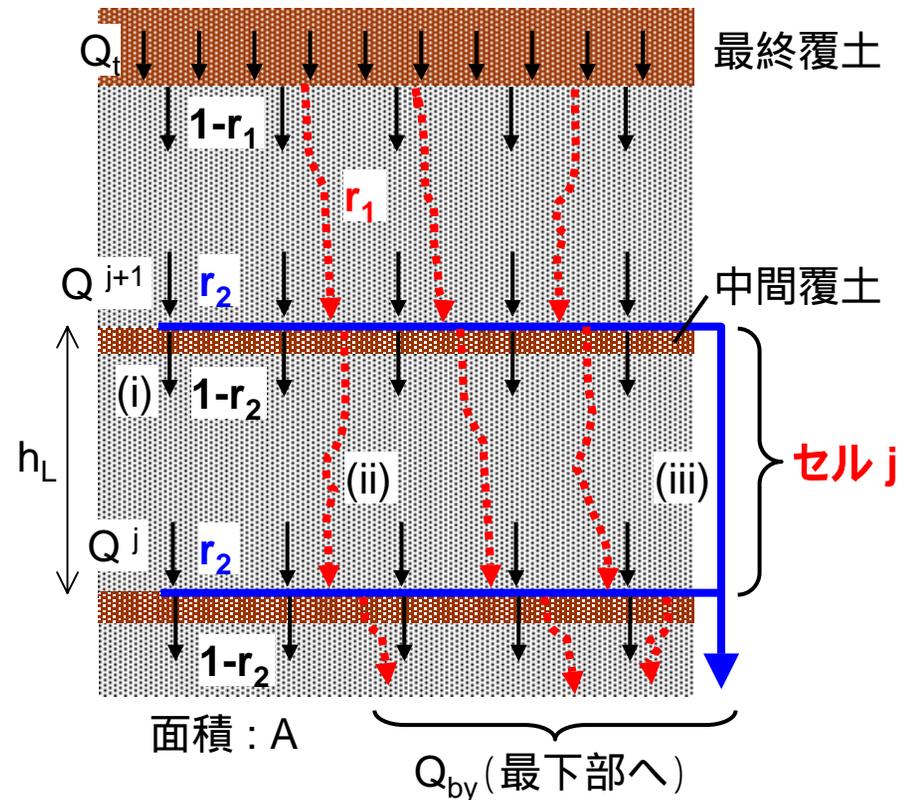
$$(A \cdot h_L) \frac{dw^j}{dt} = Q^{j+1} \cdot (1 - r_2) - Q^j$$

(w_j : セル j の含水率)

●流量

$$Q^j = A \cdot K_S \cdot k[w^j]$$

$$Q_{by} = Q_t \cdot r_1 + \sum (Q^j \cdot r_2)$$



埋立時

1年ごとにセルが積み上がると仮定

パラメータ

状態量

w^j	セル j の含水率	
Q^j	セル j の不飽和浸透流量	
Q_{by}	マクロポア内を流れる流量 + 側方排除流量	
$K [w]$	ごみの不飽和相対透水係数	Van Genuchten式

設計パラメータ

入力方法

A	埋立地面積	設計値入力
h_L	ごみセル厚	設計値入力
r_1	マクロポア内を流れる割合	a)焼却灰主体, b)粗大ごみ主体...
r_2	側方排除される割合	a)粘土, b)砂...

ごみ質パラメータ

K_S	ごみの飽和透水係数	a)焼却灰主体, b)粗大ごみ主体...
-------	-----------	----------------------

4) 浸出水集排水施設の流れモデル

• 収支式

$$w_S \cdot A \cdot \frac{dH_P}{dt} = Q^p + Q_{by} - Q_d$$

• 流量

$$Q^p = A \cdot K_S \cdot k[w^p]$$

• 集排水管が満管の場合

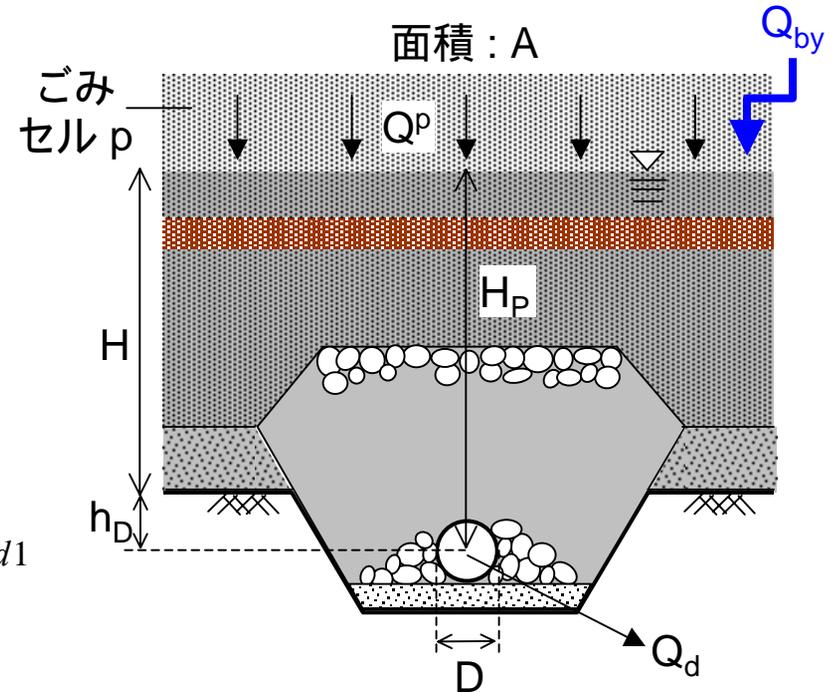
$$Q_d = C_B \cdot \left(\frac{(D \cdot \beta_1)^2}{4} \pi \right) \cdot \sqrt{2gH_P} \Rightarrow Q_{d1}$$

• 集排水管が満管でない場合

$$Q_d = C_B \cdot (A_h \cdot \beta_1) \cdot \sqrt{2gH_P} \Rightarrow Q_{d2}$$

両者のうち小さい方が実際の集排水量。よって

$$Q_d = \text{MIN}\{Q_{d1}, Q_{d2}\}$$



パラメータ

状態量

H_p	集排水管を基準とした貯留水位
H	内部貯留水位
p	内部貯留水面があるごみセル
Q^p	ごみセル p の不飽和浸透流量
Q_d	集排水量

設計パラメータ

入力方法

D	集排水管の管径	設計値入力
A_h	集排水管の孔の面積	a)有孔管, b)透水管, c)蛇籠

パラメータ(つづき)

維持管理パラメータ		入力方法
β_1	目詰まり補正係数	a) 目詰まり対策あり, b) 目詰まり対策なし
ごみ質パラメータ		入力方法
w_S	ごみの飽和含水率	a) 焼却灰主体, b) 粗大ごみ主体...
その他		入力方法
C_B	流量係数	0.6

5) 浸出水調整池の流れモデル

▶ 集水ピット

・ピット水位が集排水管より下

$$A_{Pit} \frac{dh_{Pit}}{dt} = Q_d - Q_{Pit} \cdot \beta_2$$

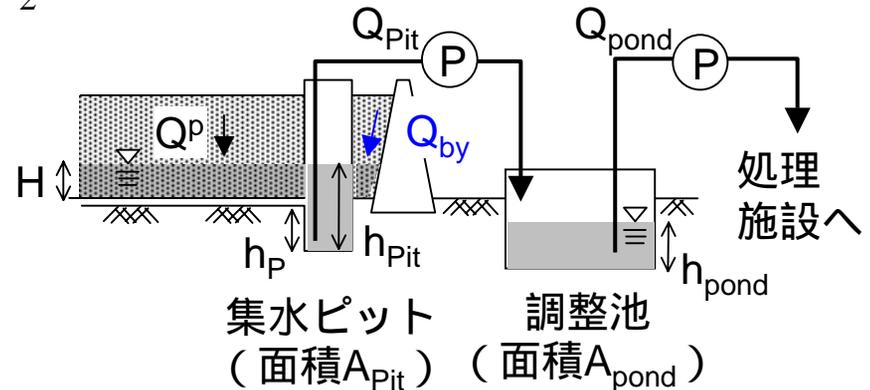
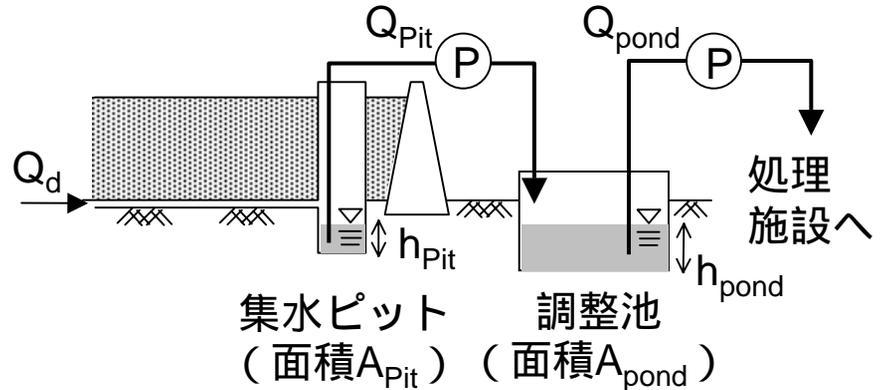
・ピット水位が集排水管より上

$$\{w_S \cdot A + A_{Pit}\} \cdot \frac{dH}{dt} = Q_p + Q_{by} - Q_{Pit} \cdot \beta_2$$

$$h_{Pit} = H + h_p$$

▶ 浸出水調整池

$$A_{pond} \frac{dh_{pond}}{dt} = Q_{Pit} \cdot \beta_2 - Q_{pond} \cdot \beta_2$$



パラメータ

状態量

h_{Pit} 集水ピットの水位

h_{pond} 浸出水調整池水位

設計パラメータ

入力方法

A_{Pit} 集水ピットの底面積

設計値入力

Q_{Pit} 集水ピットのポンプ流量

設計値入力

h_p ピット底部から集排水管
までの長さ

設計値入力

A_{pond} 調整池の底面積

設計値入力

Q_{pond} 調整池のポンプ流量

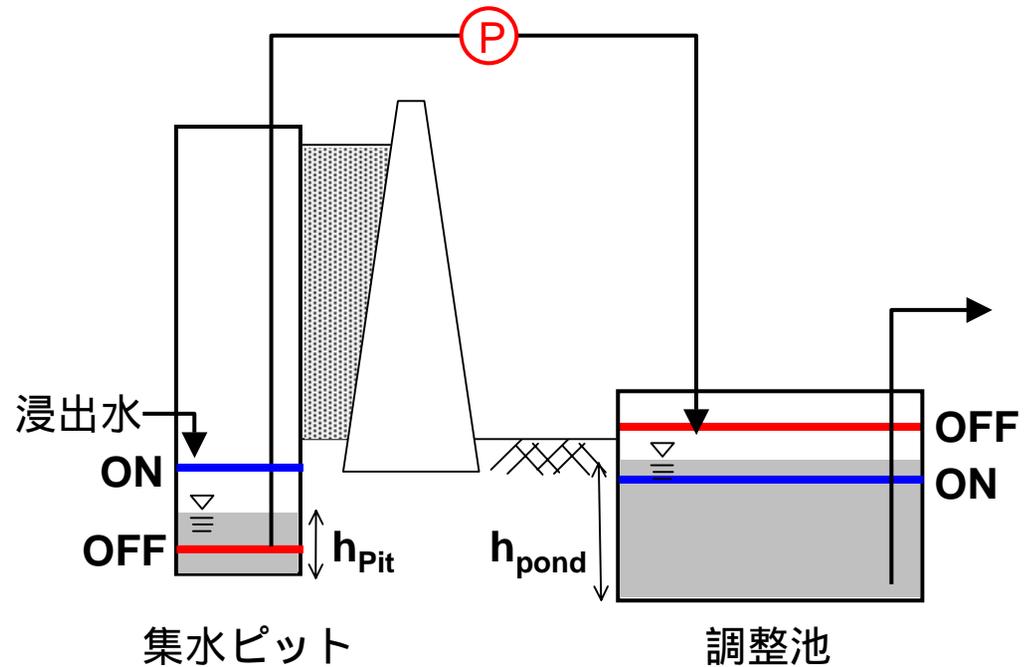
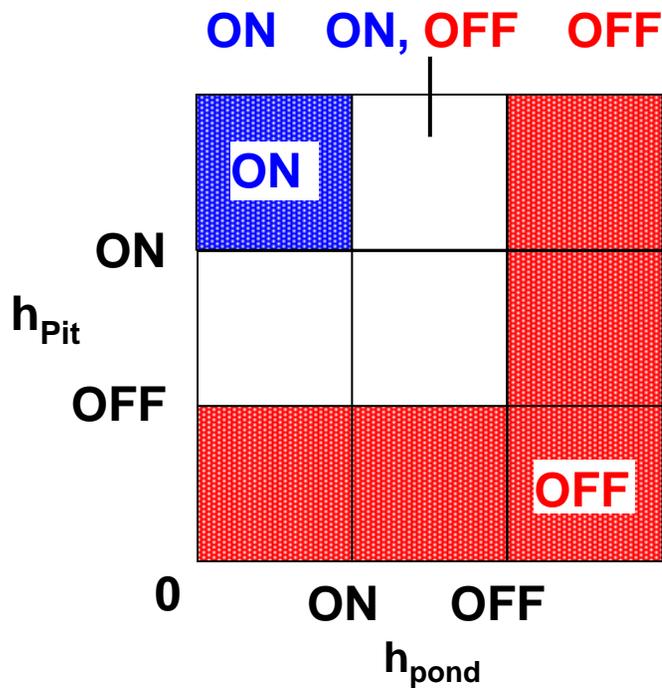
設計値入力

維持管理パラメータ

β_2 目詰まり補正係数

a) 目詰まり対策あり,
b) 目詰まり対策なし

集水ピットのON, OFF制御モデル



制御部故障 調整池 or ピットから越流？

6) 遮水工中の流れモデル

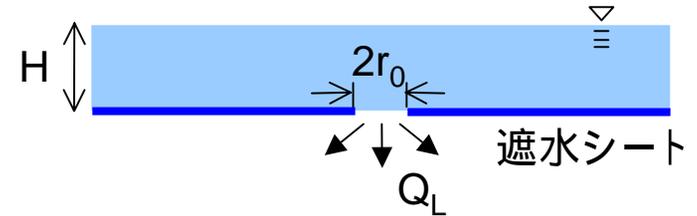
遮水工の種類ごとにモデル化

1重シート

$$Q_L = C_B \cdot (r_0^2 \cdot \pi) \cdot \sqrt{2gH}$$

$$Q_{L_total} = A \cdot n_h \cdot Q_L$$

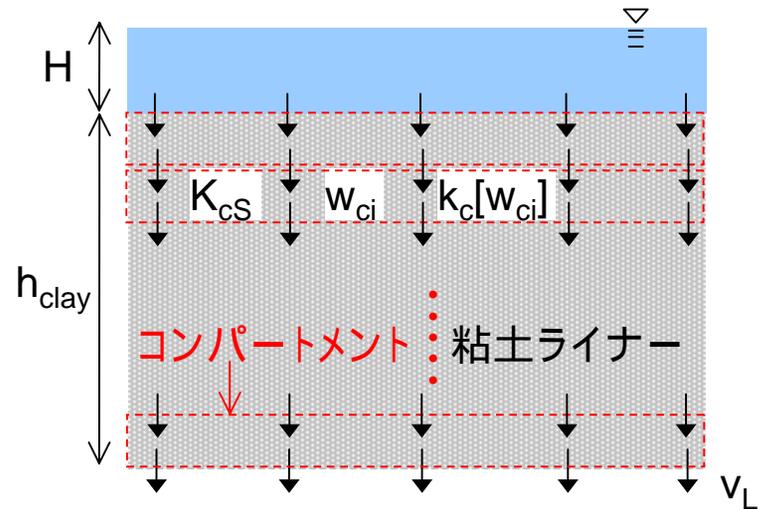
n_h : 単位面積あたりの孔の数



粘土ライナー

1次元鉛直不飽和水分移動
で表現

$$Q_{L_total} = A \cdot v_L$$



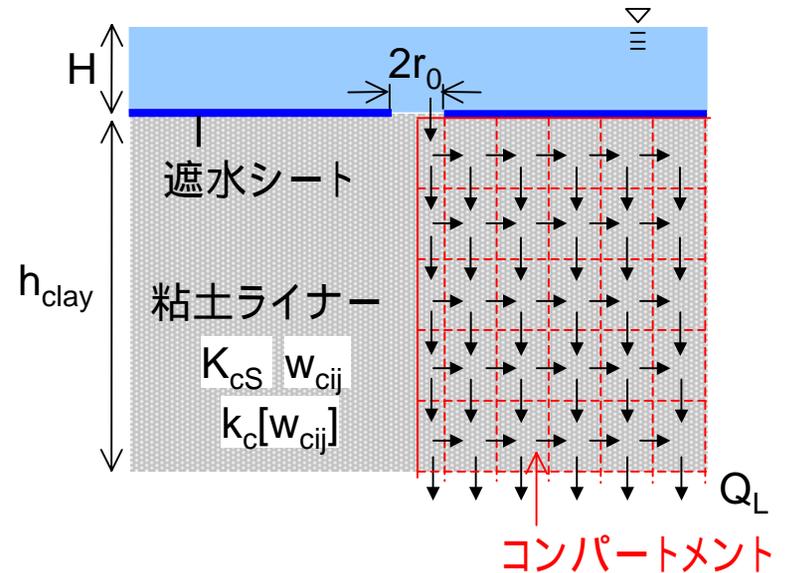
6) 遮水工中の流れモデル

複合ライナー
(シート+粘土ライナー)

2次元円筒不飽和水分移動
で表現

$$Q_{L_total} = A \cdot n_h \cdot Q_L$$

n_h : 単位面積あたりの孔の数



2重シート (and 3重, 4重)

要検討

パラメータ

状態量

Q_L	1つの孔あたりの漏出流量
Q_{L_total}	全漏出流量
v_L	漏出速度
w_c	各コンパートメントの含水率
$k_c[w_c]$	各コンパートメントの 不飽和相対透水係数

設計パラメータ

入力方法

n_h	単位面積あたりの孔の数
K_{cS}	粘土ライナーの飽和透水係数

その他

r_0	孔の半径
-------	------

n_h (シートの孔の数) の計算

「孔の数を減らす努力を怠ると孔の数が増えていく」

$$n_h = n_{h_min} \cdot f(1 \text{ 品質管理}) \cdot f(2 \text{ 施工}) \cdot f(3 \text{ 埋立作業}) \\ \cdot f(4 \text{ 維持管理}) \cdot f(5 \text{ ごみ質}) \cdot f(6 \text{ 時間})$$

n_{h_min} : 全てが完ぺきな場合の孔の数

1. 品質管理: 良, 悪?

2. 施工: シート接合状態, 地盤整地状態...

3. 埋立作業: 作業員熟練度, マニュアルの有無...

4. 維持管理: シート点検・補修を行うか?, 頻度...

5. ごみ質: ごみ未破碎か, 破碎済か

6. 時間: シート劣化

項目, 具体的な値不明

ヒアリング必要

K_{cS} (粘土ライナー透水性係数) の計算

「透水性を減らす努力を怠ると透水性係数が増えていく」

$$K_{cS} = K_{cS_min} \cdot f(\text{施工})$$

K_{cS_min} : 施工が完ぺきな場合の透水性係数

・施工: 試験施工の有無, マニュアルの有無...



項目, 具体的な値不明

ヒアリング必要

計算例

遮水工の違いによる漏水量の比較

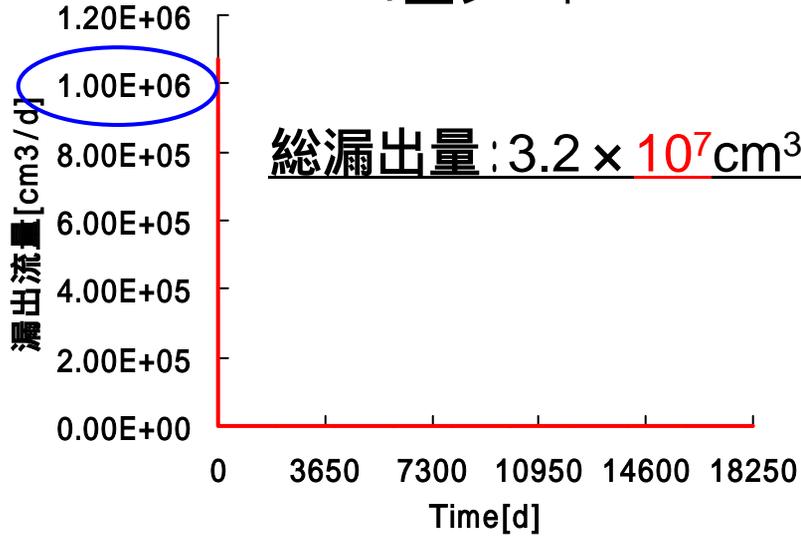
→ 1重シート, 粘土ライナー, 複合ライナー

～ 計算条件 ～

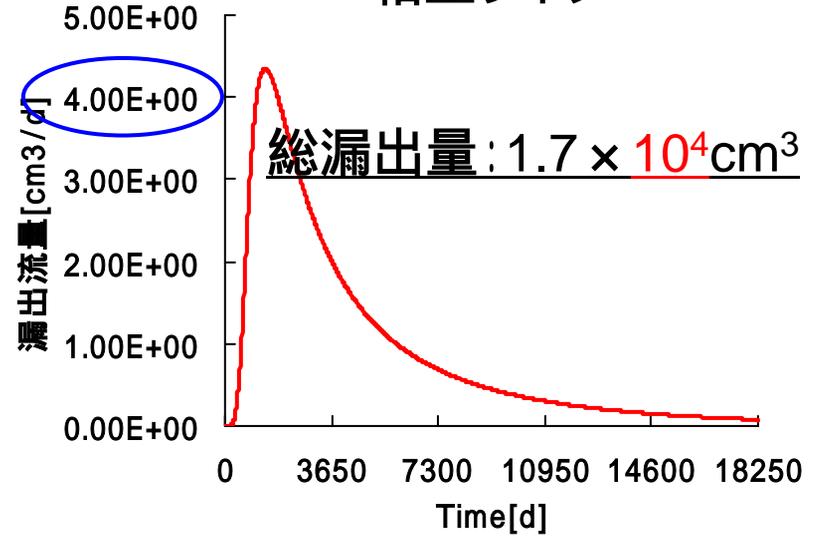
- ・ **シート**: 4,000m²あたり1個の孔, 孔の直径2mm, (Giroud & Bonaparte, 1989), 厚さ1.5mm
- ・ **粘土ライナー**: 飽和透水係数 1×10^{-7} cm/s, 厚さ50cm
- ・ **0-30日まで**遮水工上に**30cmの水位が生じた**と仮定
50年間 (=18,250日)の漏水量を計算, 比較
- ・ **埋立地面積**: 10,000m²

計算結果

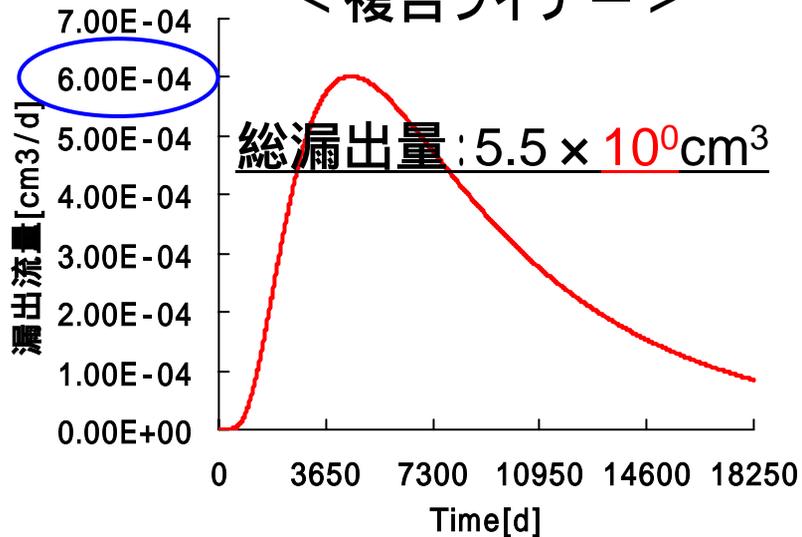
< 1重シート >



< 粘土ライナー >



< 複合ライナー >



粘土ライナーを入れることにより

- ・ 漏出が遅れる
- ・ 総漏出量は激減

今後の予定

- ・実際のデータ(浸出水量, 集水ピット水位など)を再現できるかチェック
- ・ヒアリングによるパラメータの項目, 値の決定
- ・水質予測のモデル化
- ・埋立地外モデルとの統合
- ・感度解析 リスクを低減するための重要な因子を特定