

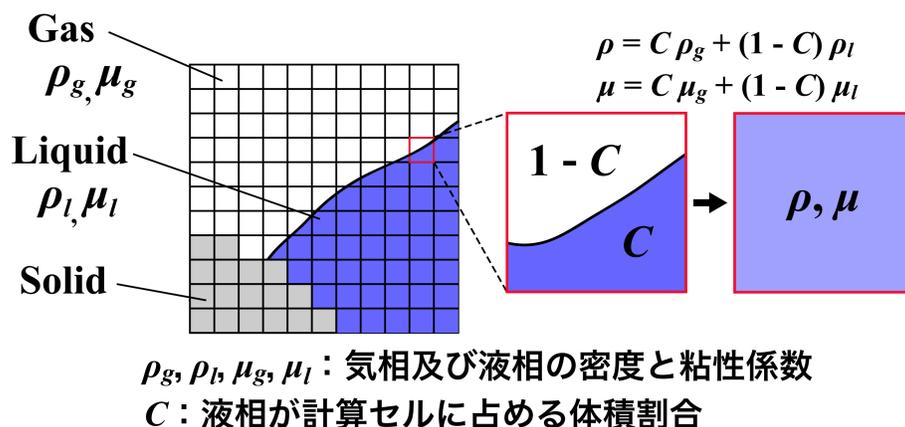
# 吸水性粒子の間隙における自由液面流れの数値解析

永野 浩大 (京大院・工), 鳥生 大祐 (京大・ACCMS), 牛島 省 (京大・ACCMS)

## 数値解析手法の概要

- 吸水性粒子 (高吸水性ポリマー など) の間隙に侵入する自由液面流れをコロケート格子上で**有限体積法**により計算
- 解法の基本的な特性に着目するため, 計算は**2次元**とし, **粒子形状は円形**で, **粒子の重心位置は固定**
- **Sunitha ら (2015) の式**で吸水量を推定した後, MAC 系の非圧縮性流体解法 (牛島ら, 2006) で流体計算を行う (吸水・膨張の具体的な計算手法は後述)
- **相平均された気液相の基礎方程式** (牛島ら, 2006) を空間に固定されたオイラー格子上で解く

- 固体は複数の**固体セル**により表現される
- 固体セルで流体計算は行われず, 固体セル境界に**流速や圧力の境界条件**が与えられる



## 吸水・膨張の計算手法

Stage 1

- 以下の式から各粒子が吸水する水の質量を推定

$$\frac{dm}{dt} = k(m_e - m) \frac{S_w}{S}$$

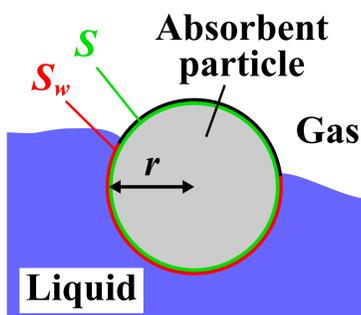
Sunitha ら (2015) の式

$$\frac{m}{m_e} = 1 - e^{-kt}$$

両辺を時間  $t$  で微分し, 右辺に  $S_w/S$  を乗じる

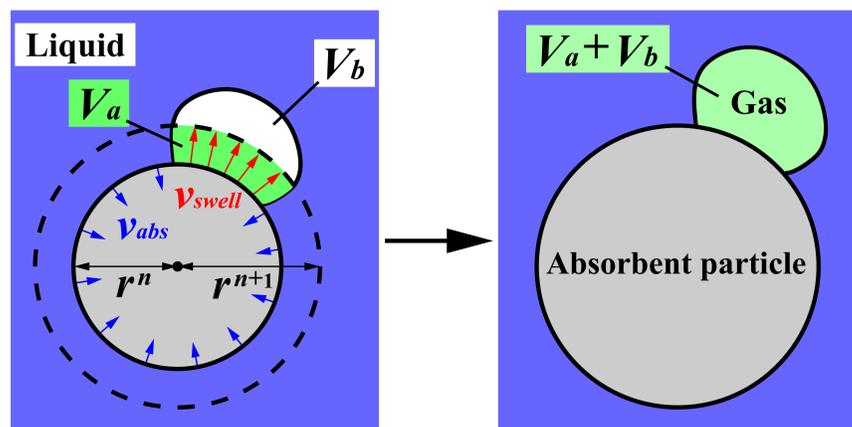
- 粒子表面の膨張速度  $v_r$  ( $= dr/dt$ ) を計算 (ある時刻の粒子体積は, 「初期の粒子体積」と「それまでに吸水した水の体積」の和であると仮定)

- $m$ : 吸水した水の質量  $M_w$  と乾燥状態の粒子質量  $M_p$  の比 ( $m = M_w / M_p$ )
- $m_e$ : 吸水量に関するパラメータ (定数)
- $k$ : 吸水速度に関するパラメータ (定数)
- $S_w$ : 水と接している粒子表面の面積
- $S$ : 粒子の表面積,  $r$ : 粒子の半径



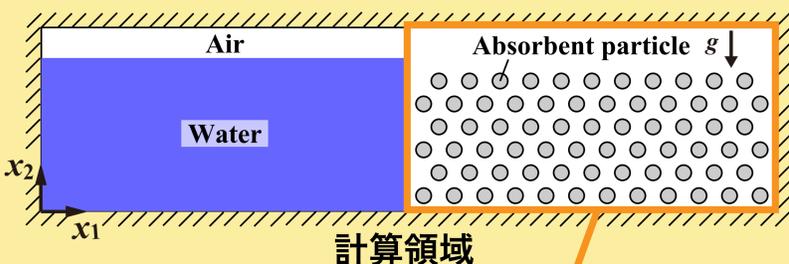
Stage 2

- $r$  の更新によって粒子内に取り込まれる空気を粒子外へ押し出すための流速  $v_{swell}$  を  $v_r$  より計算
- 非圧縮条件式  $v_{swell}(1 - S_w) + v_{abs}S_w = 0$  より, 水に接する粒子表面における吸水流速  $v_{abs}$  を計算
- 流体計算段階では,  $v_{swell}$  と  $v_{abs}$  を粒子表面における**流速の境界条件**として設定



$V_a$ :  $r$  の更新によって粒子内に取り込まれる空気の体積,  $n$ : 時間ステップ

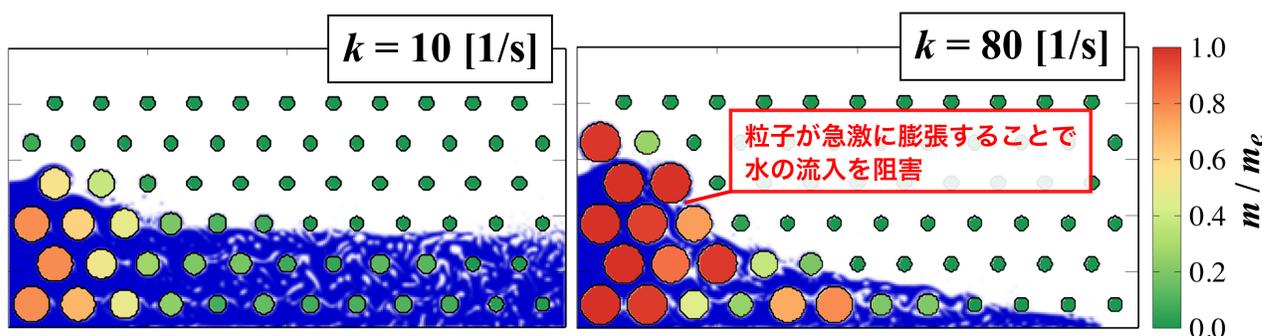
## 吸水性粒子から構成される多孔質体へ浸入するダムブレイク流れの数値実験



- 吸水速度に関するパラメータ  $k$  を変えた 4 ケースの数値実験
- フローパターンや粒子層全体での  $m$  の総和  $m_{total}$  を比較

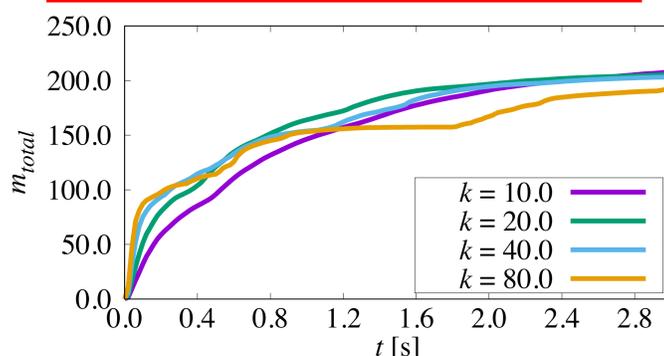
吸水性粒子層による吸水量は, 各粒子の吸水速度や**粒子の膨張による流路及びフローパターン**の変化に影響を受けることを確認

$t = 0.2$  [s] における  $C$  (水の体積割合) と  $m/m_e$  の分布



粒子の吸水速度が大きな場合, ダムブレイク流れが多孔質体に到達した直後に吸水によって**流路が急激に狭まり水の浸入が阻害される**

各ケースにおける  $m_{total}$  の時間変化



$t = 1.2$  [s] 以降では,  $k = 80$  [1/s] のケースで吸水量が最も少ない