

塩水阻止型地下ダムの水位変動に応じた塩水塊の挙動 Saltwater behavior in subsurface dam

○ 稲口 知花*・鈴木 麻里子*・井上 一哉*
Tomoka Inaguchi, Mariko Suzuki and Kazuya Inoue

1. 緒論

南西諸島における地下水資源開発を目的として建設される地下ダムは、貯留型と塩水阻止型に大別され、後者では建設後の貯留域に塩水塊が残存することが懸念される。そのため、観測孔内の塩分濃度の鉛直分布や数値解析を踏まえて除塩対策等の必要性について検討がなされる¹⁾。本研究では地下ダムの水質管理に資する知見の獲得を目的として、喜界島をモデルとした塩水浸入実験を実施し、水位変動に応じた塩水塊の挙動について検討した。

2. 塩水浸入実験

本実験で使用した実験装置の概略と試料の透水係数 k を図1に示す。基盤を試料 S1、帯水層を S2、ダム壁を S3 で構成した均質な帯水層を Case U と称す。貯留域の地質構成によって塩水塊の挙動は異なると報告されているため²⁾、喜界島の地質構成¹⁾を参考として図2に示すように帯水層深部に高透水層を層厚 7.5 cm, 15.0 cm で充填した Case H, HT ならびに低透水層を層厚 7.5 cm で充填した Case L を作成した。

装置両端の定水頭タンクにそれぞれ淡水と赤系水溶性色素 New Coccin で着色した濃度 3.5% の塩水を供給し、塩水塊の挙動を定点撮影した。Case U の画像とともに、解析対象領域を破線にて図3に示す。対象領域に塩水が浸入した時を $t = 0$ (min) とする。上下流端の水位 h_f , h_s をともに天端から 2 cm 低い 51 cm として動水勾配 0.00 を与えると、下流側から塩水域が拡大し、止水壁を通り抜けて貯留域へ浸入する。塩水くさびが更に伸展し、点 P に達した時に上流端水位 h_f を 2 cm 上げ(動水勾配 0.01)、塩水くさびを後退させた。撮影された画像をグレイスケール化し、対象領域中の塩水域のピクセル数を計算して面積に変換した。

3. 結果と考察

塩水くさび先端から止水壁に下ろした垂線の長さを図4に示す。図中の破線は点 P から下ろした

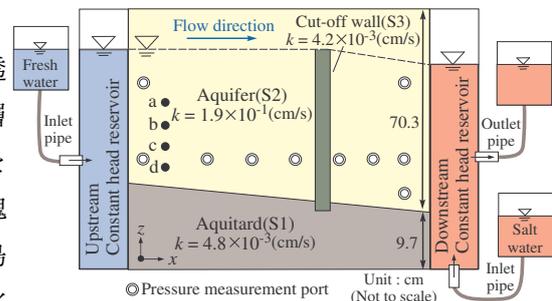


図1：実験装置の概略図 (Case U)

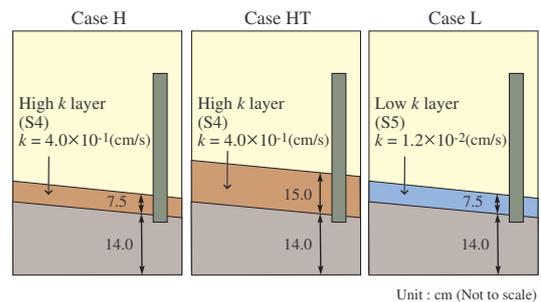


図2：地盤構成の概略図

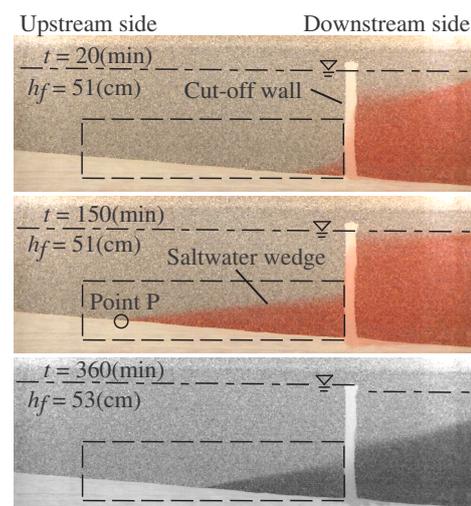


図3：塩水浸入の様子 (Case U)

* 神戸大学大学院農学研究科：Graduate School of Agricultural Science, Kobe University.

塩水阻止型地下ダム，塩水浸入，画像解析

垂線の長さを示し，凡例の i は動水勾配を表す．Case U を基準として，塩水くさびが点 P に到達するまでの時間を比較すると，塩水くさびの伸展は Case H, HT にて早く，Case L にて遅くなると言える．帯水層深部の高透水層は塩水くさびの単位時間あたりの伸展を助長する一方，低透水層は塩水くさびの単位時間あたりの伸展を遅れさせることが示された．

動水勾配を変えた後の塗りつぶしプロットに着目すると，Case H, HT の塩水くさびは動水勾配の変化に応じて大きく後退する一方，Case L の塩水くさびは緩やかに後退することがわかる．ダルシー則より，同一の動水勾配と断面積の下では透水係数の大小と流速，流量の大小は対応関係にある．これに伴い，塩水くさびの後退の程度に差が生じると推測される．

解析対象領域内の塩水域の面積の経時変化を図 5 に示す．点 P 到達時の面積を見ると，Case U と比較して，Case H, HT の面積は小さく，Case H, HT の面積は大きいことから，帯水層深部の透水性に応じて塩水域の規模は変動すると言える．塩水くさび先端が点 P に到達した時の淡塩境界を図 6 に示す．図中の点線は帯水層の境界を表す．Case H, HT の塩水くさびと比較して，Case U, L の塩水くさびは鉛直方向に広く分布する．Case L にて塩水くさびの伸展は他のケースより遅く，点 P 到達に要する時間は長くなるため，相対的に透水性の高い帯水層 S2 における塩水域は拡大すると思われる．Case L の塩水くさびは全体として鉛直方向に広く分布することから，地下ダムサイトにて揚水する際は，地質構成を考慮することが望ましい．

4. 結論

地下ダム帯水層にて，塩水くさびは帯水層深部の透水性に依存して進退する．帯水層に占める塩水域の割合は，高透水層によって小さくなる一方，低透水層によって大きくなり，塩水の分布は透水性に応じて鉛直方向に変化する．ダム壁建造後は，地質構成と動水勾配の変化に応じて塩水域が変化することを考慮して，水質管理を行うことが求められる．

参考文献：1) 令和 4 年度喜界島農業水利事業地下ダム技術検討委員会委託事業報告書, 2023.

2) Antoifi, A. & Ashraf, A. A.: How does layered heterogeneity affect the ability of subsurface dams to clean up coastal aquifers contaminated with seawater intrusion?, *Journal of Hydrology*, 553, pp.708-721, 2017.

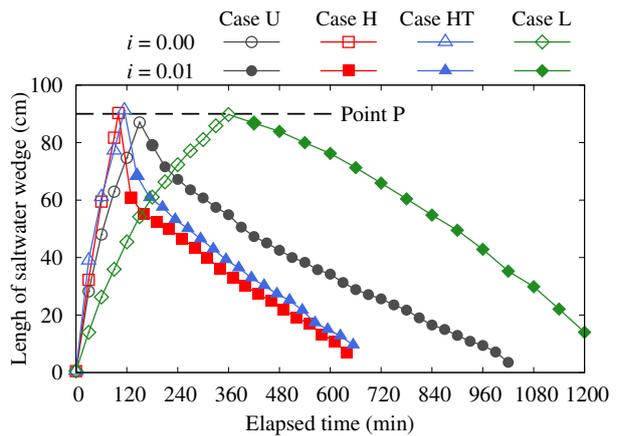


図 4：塩水くさび先端位置の経時変化

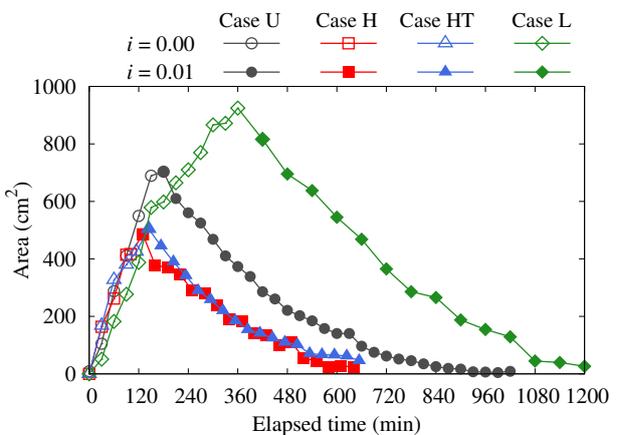


図 5：塩水域の面積の経時変化

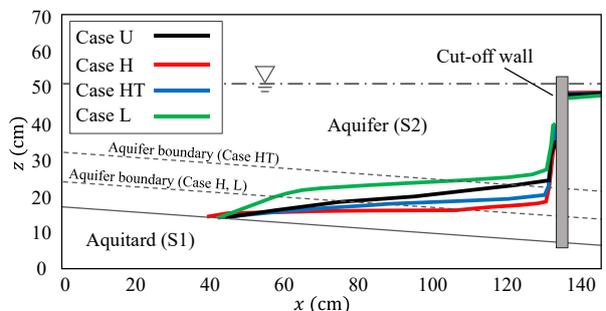


図 6：点 P 到達時の淡塩境界