

米須地下ダム貯留域における地下水中の溶存酸素濃度の時間変化 Temporal changes in dissolved oxygen of stored groundwater in Komesu subsurface dam

○吉本周平*・土原健雄*・白旗克志*・石田聡*

YOSHIMOTO Shuhei, TSUCHIHARA Takeo, SHIRAHATA Katsushi, and ISHIDA Satoshi

1. はじめに

南西諸島に設置された大規模地下ダムのうち沿岸部に設置された塩水侵入阻止型地下ダムでは、事業完了後から貯留域に塩水が残留しているため、取水井や観測施設で地下水の塩分濃度がモニタリングされている。今後、持続的に地下ダムを利用するためには、将来予測される気候変動や作種変更を考慮して塩水の影響を予測し、必要に応じて施設管理の方策を講じることが求められる。

沖縄県糸満市に設置された米須地下ダムの貯留域では、発達した空洞を通過する速い地下水流れ（パイプフロー）によって残留塩水の分布が変動していることが示唆されている（吉本ら, 2015）。このため、残留塩水の挙動を予測するためには、パイプフローを再現する数値予測モデルの構築が必要である。パイプフローのような非ダルシー流を再現する方法として、分布型シミュレーションモデルに組み込まれる管路流モジュールが既に開発されている（例えば、MODFLOW-CFP）。しかし、モデルの検証に必要な地下水の流動経路や滞留時間の把握がこれまで容易ではなかった。

地下水中の溶存酸素（DO）は供給源がなければ時間とともに減少するが、パイプフローの影響を受ける領域では降雨後に速やかに到達する浸透水によって DO が上昇すると考えられる（例えば、Mahler and Bourgeois, 2013）。このため、DO はパイプフローの影響を判別する指標となりうる。本研究では、地下ダム貯留域の DO の分布と変動を調査し、地下水流動状況との関係性を検討した。

2. 研究方法

米須地下ダムの貯留域では、第四紀更新世の琉球層群（琉球石灰岩）が帯水層を、その下位には新第三紀鮮新世の砂岩泥岩互層からなる島尻層群が水理地質基盤をそれぞれ形成している。

本研究の調査地点を図1に示す。地下ダム貯留域の地下水の DO の鉛直分布を、残留塩水が深部に残存している範囲内の観測用ボーリング孔（以下、観測孔）2箇所（Well A、Well B）で DO 計（Onset 社製 HOBO U26）を用いて測定した。これらの観測孔は事業時に掘削されたもので、オールストレーナ仕立てである。この測定は2014年12月、2015年7月（Well Aのみ）、2019年12月に実施した。

また、降水時の地下水位や電気伝導度（EC）の応答と DO の変化の関係性を把握するために、止水壁沿いの観測孔（Well A）で EC 計（Onset 社製 HOBO U24）と DO 計（Onset 社製 HOBO U26）を設置して2014年12月から2015年7月まで観測を実施した。

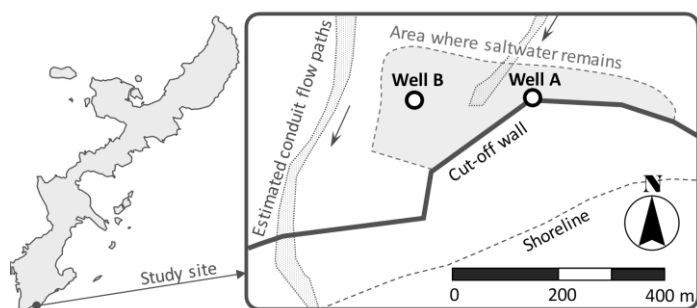


図1：調査地区および観測孔の位置
Location of the study site and monitoring wells

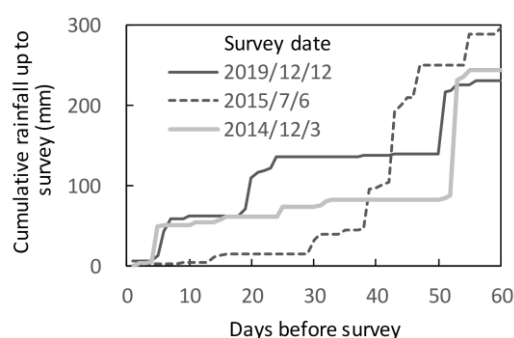


図2：調査日までの累積降水量
Cumulative rainfall up to surveys

* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO
キーワード：塩水侵入阻止型地下ダム，モニタリング，南西諸島，カルスト水文学，水文地球化学

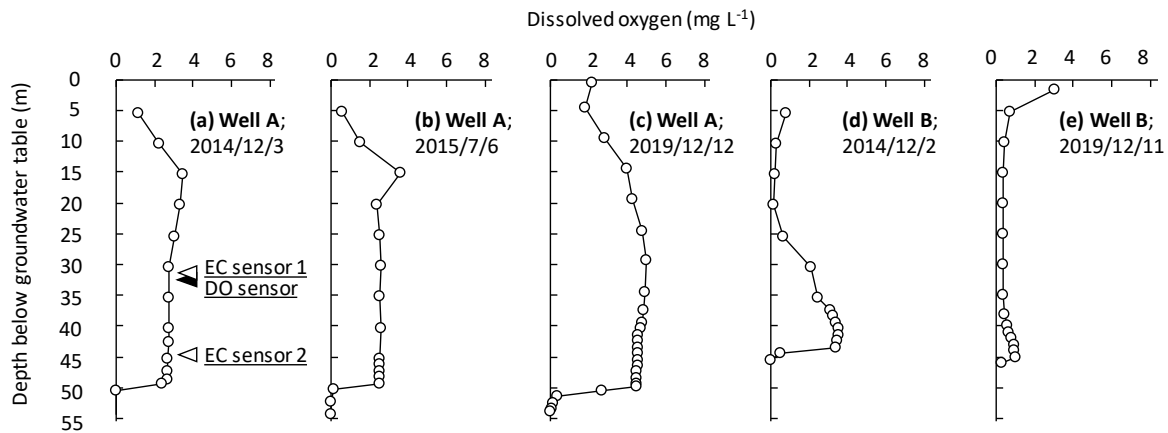


図3：観測孔におけるDOプロファイル。(a)にはWell Aでの自記センサーの設置深度を示す。
DO profiles at the wells. Depths of sensor installation at Well A are shown in (a)

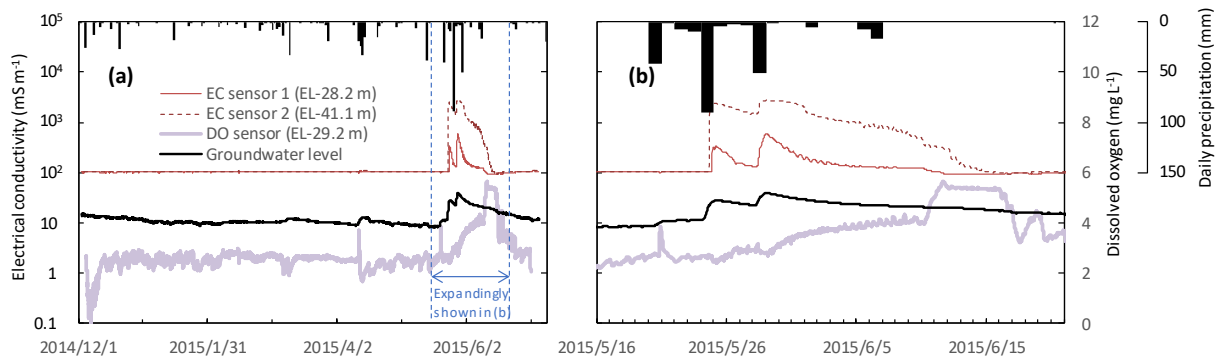


図4：Well Aにおける地下水位、ECおよびDOの変化：(a) 観測期間全体、(b) まとまった降水時の詳細
Changes in water level, EC and DO of groundwater at Well A (a) in the whole period and (b) as detailed display for rainy days

3. 結果と考察

観測孔2箇所でDOの鉛直分布を測定した日までの累積降水量を図2に示す。また、鉛直分布の測定結果を図3に示す。Well Aについては2019年調査時(図3(c))に全ての深度で比較的DOが高かった。一方、Well Bは、2014年調査時(図3(d))に地下水面からおよそ30–45 mでDOの高まりがみられたが、2019年の調査時(図3(e))には全体的にDOが低下していた。しかし、これらのDOの差異をもたらす降水量の閾値は、累積降水量(図2)からは判然としなかった。

自記計によって観測されたWell Aの地下水位、ECおよびDOの変化を図4に示す。2015年5月後半の降水後に地下水位が上昇し、これに伴ってECが上昇している。この現象は、貯留域の地下水が止水壁を越流するときに塩水塊を押し上げるためと推定される(吉本ら, 2015)。DOは、この地下水位のピークまで2–3 mg L⁻¹であったが、ピーク後は約4 mg L⁻¹まで緩やかに上昇し、10日あまり後に不連続に上昇して約5.5 mg L⁻¹で5日程度高止まりした後に低下した。

観測孔の近傍には既知の大きな空洞があり(図1)、まとまった降水時の地下水位の上昇とそれに伴う残留塩水の移動は空洞のパイプフローからの圧力伝播で早いレスポンスを示すが、図4によれば新たに涵養された高DOの地下水が到達するまでには相当の日数の遅れがあると推察される。

今後は、観測の継続によってDOの時空間的な変化と地下水流動状況に関するデータを蓄積して整理することで、パイプフローが地下水の動きに与える影響の範囲と様態を明らかにしたい。

謝辞 本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「極端現象の増加に係る農業水資源、土地資源及び森林の脆弱性の影響評価」(課題番号91150)、日本学術振興会科学研究費助成事業(助成番号JP15K07657)、クリタ水・環境科学振興財団 国内研究助成(登録番号19E065)の支援を受けた。調査にあたって、沖縄本島南部土地改良区の協力を得た。記して感謝申し上げます。

引用文献 1) 吉本ら(2015): 土壌の物理性, **131**, 37–43, 2) Mahler and Bourgeais (2013): *J. Hydrol.*, **505**, 291–298