

多深度自記温度観測による淡水レンズ地下水への降雨浸入深度把握の試み

An attempt to measure depths of rainwater entry to freshwater lens by auto-logging temperature observations at multiple depths

○白旗克志*, 吉本周平**, 土原健雄*, 石田 聡*

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

1. はじめに

南西諸島の多くの地域では透水性の地層が広く分布し、農業用水源を地下水に求めざるを得ない。特に島全域で難透水性基盤が深い位置にある場合には、その上位の透水性の地層中に浸入した海水の上に淡水が薄いレンズ形状となって浮かぶ「淡水レンズ」と呼ばれる地下水の開発・利用が期待される。

降雨により涵養される淡水レンズ内部の水の流動は、既往の実験的研究では概ね次のように考えられている。地表から浸透して淡水レンズに付加した水は、水面直下では下方に向かい、淡水レンズ下部の塩淡水境界付近では島の中央部から周囲に向かって塩淡水界面に沿って広がるように流れ、海岸線付近で流出する。この場合付加した水は淡水レンズを通り抜けていくような流動状況となるが、このとき降雨は比較的緩やかに連続的に浸透して淡水レンズに付加することが想定されている。しかし、短時間の降雨に伴い淡水レンズに付加した水は、必ずしも上記のような流動状況によらず、例えば水面直下のみを流れて短時間で流出する可能性も考えられる。淡水レンズの水源としての利用を検討するためには、長期的な水収支に関する分析だけでなく、新たに付加した水が淡水レンズのどの部分を占めて流れるのかを明らかにすることも一助となると考えられる。

本研究は、地表水（降雨）の温度が大きく変動するのに対して地下水の温度はほぼ一定であることに着目し、小型の自記温度計を地下水観測孔内の多深度に密に配置して連続的に水温を観測することにより、地表から浸透し地下水に付加して間もない水を元々地下水であった部分と区別して把握することを試みるものである。本発表では、これまでの観測状況と課題を報告する。

2. 観測手法

観測対象は、農業用水源の一部として利用が期待される沖縄県多良間島の淡水レンズである。多良間島は面積約20 km²の楕円形の島で、ほぼ全域に透水性の石灰岩が厚く分布する。用いた自記温度計は、市販されている直径3 cm・厚さ2 cmのもので、小型であるため一般的な内径5 cmの地下水観測孔でも深度方向に密に設置して観測でき、本研究の目的に適している。温度の分解能は0.024°Cである。島内の1箇所を観測孔に設置した。

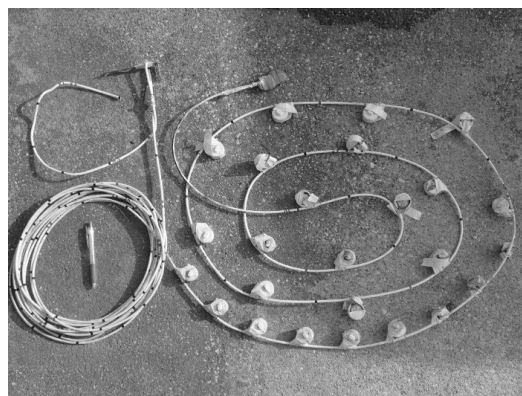


図1 用いた多深度自記温度計
Fig. 1 Multiple-depth auto-logging temperature meters

* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

**国際水管理研究所 International Water Management Institute (IWMI), Sri Lanka

キーワード：地下水温，降雨応答，多深度連続観測

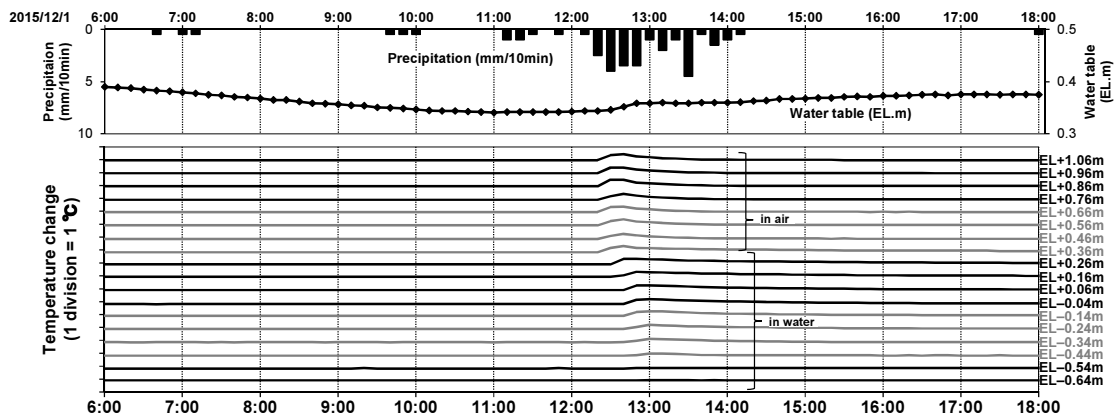


図2 降雨に伴う地下水観測孔内の温度変化の例 (2015年12月1日)

Fig. 2 Example of temperature changes in an observation hole associated with precipitation (December 1st, 2015)

自記温度計の設置には10cm間隔で目盛が付いた採水ロープを利用し、多数の温度計を10cmまたは20cm間隔で取り付けしたもの(図1)を、内径7.6cmの観測孔内に吊り下げた(2015年7月時点)。深度方向の設置位置は、既往の水位観測結果を参照して年間の水位が高い時期にも水面直下から淡水レンズ上部の温度が観測できるような位置にした。なお対象淡水レンズの地下水面の高さは島の周囲の潮位の平均より10cm~30cm程度高く、観測地点の地盤標高は約12.4mであるから地表面から地下水面まで(不飽和帯の厚さ)は12m前後である。また電気伝導度200mS/m以下で定義される淡水レンズの下面の位置は、観測地点では標高-5m前後である。

自動記録の時間間隔は、10分間隔とした。降雨時に期待される観測データは、一時的に水位が上昇するとともに水面直下からある深度までの温度が深いほど遅れて上昇または低下し、その後次第に解消していくというものである。

3. これまでの観測結果と課題

図2に、降雨に伴う温度変化が観測された事例を示す。降水量は島内のアメダス(「仲筋」地点)のものである。この例を含め一部の降水時に、淡水レンズ上部を含むある深度より上位(図2の例では概ねEL-0.5mより上位)の範囲の自記計で温度が一時的に上昇または低下しその後解消する現象が確認された。観測期間中に温度変化が認められた例は数回程度であり、多くの小さな降水に対しては変化が確認できなかった。降水との時間の関係を詳しくみると、降雨開始後ただちに温度や水位の変化が生じるとは限らず遅れて生じる傾向があった。これらは不飽和帯の貯留効果によるものと考えられることができる。

観測された温度変化は、水面直下の温度も深部の温度も、ほぼ同時に変化しているようにみえる場合もあった。また、あわせて観測した地下水位を考慮すると、水面下にある自記温度計で温度が変化する時には水面より上にある自記温度計でも温度変化が生じていた。図2の例でもEL+0.36mより上位の温度計は孔内の空中にあるものである。温度変化が地表からの降雨浸透によるものであることをより明確に確認するためには、深度ごとの温度変化の時間差を確実にとらえる必要がある。そのための方法として、自記観測の時間間隔を短くする、あるいは観測孔内の地表に近い位置にも自記温度計を設置する、などの工夫が考えられ、改良を検討している。

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)及びJSPS科研費26660194の支援を受けて実施した。沖縄総合事務局農林水産部、同土地改良総合事務所および多良間村役場の関係各位、また地元の方々の御協力に謝意を表す。