

アフリカの土壤水分データを用いた地下水涵養量推定の試み

22321889 NDIAYE SERIGNE ALIOU
長岡技術科学大学 陸 旻皎

1. はじめに

この研究は、アフリカの土壤水分データを活用し、地下水涵養量の推定を試む。地下水は農業、飲料水、工業など幅広い分野で必要とされ、持続可能な利用は将来の地下水供給を確保する鍵となる。

研究のコンセプトとして図-1、0~70 cmの層のある土の中に雨が入ってくるとある適当の高さの土のなかに雨量が入ってくるとすると土の微細な隙間や孔に水が入り込んでいて、時間が立つと太陽からの気温で土の中水にある部分は蒸発散で消え、観測したエリアは降水が地表面に到達した際に、地表面を流れる水と水や栄養分などが植物の根から土壤中に吸収される過程のアップテイク (uptake) と地表面から70cmまでの深さの土壤水分量の納得することによって浸透水分量つまり地下水面まで届く水の量が推定できる。

$$\text{浸透量} = P + UT - ET - \Delta S - Q \quad \text{①}$$

ここで P : 降水量 (雨量) (mm/year) ET : 実蒸発散 (mm/year) UT : uptake (mm/year) Q : 地表流出量 (mm/year) ΔS : 土壤中の水分変化 (mm/year)

70 cm以上の層では70cmの深さより下あるいはZgまで浸透して行く水量、太陽からの気温で土の中水にある部分は蒸発散でまた消え、時間が立てば立つほど地下水面まで届くことになり、そこで地下水涵養量を推定するとことでき、また地下水面の変化に間隙率をかけることによって人間が使う水の推定もできる。

$$n \cdot \Delta GW + WU = \text{浸透量} - UT \quad \text{②}$$

ここで: ΔGW : 地下水量の変化 (mm/year) WU : 人水利用 (mm/year) UT : uptake (mm/year) n: 間隙率

S : 土壤水分量

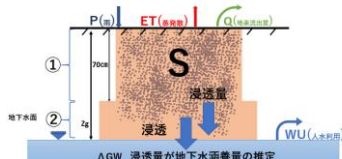


図-1 コンセプトの説明

2. 手法

2.1 取得データ

AMMA-CATCH (African Monsoon Multidisciplinary Analysis - Coupling the Tropical Atmosphere and the Hydrological Cycle) のウェブサイトに登録すると、Benin、Mali、Niger、Senegal の雨量データ、土壤水分データ、地下水面データを入手できる。

2.2 土壤水分量の計算方法とその結果

土壤水分量を計算するには、得られた土壤水分のデータの中で地表面から5cm、10cm、20cm、40cm、60cm、80cmまで土壤水分のデータがあって、それぞれの深さで次の土壤中の水分量の一般的な式写真3、ここで H_i がそれぞれの深さ5cm、10cm、20cm、40cm、60cm、80cm、 θ_i (mm)がそれぞれの深さの土壤水分を用いて次のようになる。

それぞれの年の雨量、地下水面、土壤水分量のグラフをプロットすると次の図になる。(写真4)

そこで Raining season: 4月01日から10月31日 土壤水分量、地下水面が上がって、10月ごろにピークに達する。

Dry season: 11月01日から次の年の3月 土壤水分量が減り、一定になる傾向がある その時、地下水面が蒸発や人水利用で減ることが分かる。

これから、70cmまでの水浸透量を推定するために Dry season の蒸発散量、土壤水分量が大事となる。または、すべての図を見た上で図3、雨のない時に11月から3月までの間で土壤水分量が一定であることがわかった。その期間を期間1として、地下水面がどんなに下がっても土壤水分量に影響がなく、一定である。その結果より、70cmの深さまでの水の浸透量が推定できる。

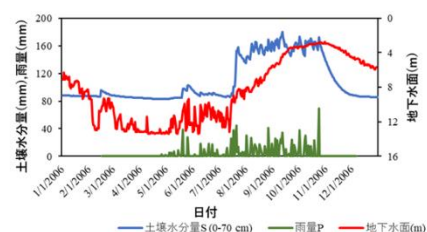


図-2 雨量、土壤水分量、地下水面の関係

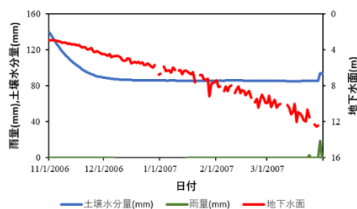


図3-土壌水分量、雨量、地下水面

3. 期間11月から3月までの式①と②の解説

3.1 式①での浸透量

毎年、70cmの土があるけど、Sが安定していつまで蒸発は起こっているには地下水面から上げてきた水が地表面まで郵送されて、地表面に蒸発する。P≐0, Sがほぼ一定の期間を選び、期間1と呼ぶ。Dry seasonでは、大きい雨がなくて観測エリアが平らかであるため、Q≐0にちかい、Sが安定した期間1を選べば、 $\Delta S \approx 0$ 。またDry seasonでは地表面を流れる水と水や栄養分などが植物の根から土壌中に吸収される過程のアップテイク UT は実蒸発散 ET とだいたい同じであるため、従って、式①より浸透量はほとんどないと言うとわかる。(図-4)

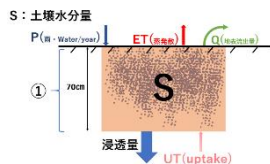


図-4 システム式①

3.2 式②での地下水涵養量推定計算

期間1(11月から3月)の70cm ~Zgまでの層のシステムではSが変わらない期間では、 $UT \approx ET$ 、また式①で推定した浸透量はほぼ0であるため、図-5と式②より

$$WU = -UT + n \cdot \Delta GW$$

$$WU \cdot d * 120 = -UT + n \cdot \Delta GW$$

ここで： ΔGW ：地下水量の変化(mm/year) WU：人水利用(mm/year) UT：uptake(mm/year) n：間隙率
その期間1の日平均WUをWUd = WU/期間1の日数となる。

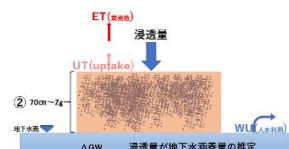


図-5.システム式②

4.1 地下水涵養量推定の結果

AMMA-CATCH で得られた気温のデータをもとにし、11月から3月までの蒸発散や地下水面変化量を計算計算した上で、次の表-1と図-6の結果が得られた。

表-110年間の11月から3月まで地下水涵養量

date	$\Delta GW * n$ (mm)	UT (uptake (mm))	WU(mm)	WUd
2006-2007	225.673	133.03	92.64	0.77
2007-2008	269.18	133.03	136.15	1.13
2008-2009	201.572	133.03	68.54	0.57
2009-2010	211.176	133.03	78.14	0.65
2010-2011	272.15	133.03	139.12	1.16
2011-2012	212.367	133.03	79.33	0.66
2012-2013	259.63	133.03	126.60	1.05
2013-2014	281.074	133.03	148.04	1.23
2014-2015	230.055	133.03	97.02	0.81
2015-2016	204.389	133.03	71.36	0.59

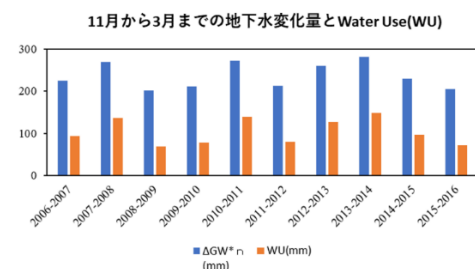


図-6. 10年間の11月から3月まで地下水涵養量

4.2 考察

観測した地域では、地下水が十分に再充填されていることが明らかになる。しかし、人間による地下水の利用が多いことが指摘されている。特に、地下水を利用した水の使用量が比較的短期間であることが示されている。平均水使用量は1日あたり2mm以下であることが明らかになった。使用される水の量は、生活に必要な水の摂取、社会インフラの構築、および農業での使用に関連していると考えられる。これらの要素が地下水の利用に反映されている。この結果は、地下水の持続可能な利用に関する考察を提供し、将来の水資源管理に影響を与える可能性がある。

地下水の持続可能な利用では地下水が再充填されている一方で、人間の地下水利用が過剰であることが指摘されている。この状況下で、地下水の持続可能な利用方法を検討する必要があると考えらる。