

地下水位の変化による蒸発への影響に関する実験の検討

長岡技術科学大学 非会員 早津諒介
一般財団法人東北電気保安協会 非会員 西脇和樹
長岡技術科学大学 正会員 陸旻皎

1. 背景

水は地球の表面付近に最も豊富に存在する物質であり、また地球上のあらゆる生命に欠かすことのできない物質である。水循環における蒸発散の役割を理解することは重要である。蒸発散の要因は様々であるが、多用されているものとして計測当日の気温や湿度、日照時間等がある。しかしながら十分に土壤が湿っている土地に対して、砂漠のような土壤が乾燥した土地は土壤蒸発が少ないと予想するのは容易い。つまり計測対象地域の土壤水分も考慮するべきである。

本研究の目的は、常温環境（恒温室）条件下における地表面と地下水位の関係で、蒸発にどの程度の変化がみられるか実験を行い得られたデータから考察する。

2. 原理

土壤面からの蒸発量も植生からの蒸散量も土壤水分に強く依存する事がわかっている。土壤中に浸透した降水は土壤水分として土壤に蓄えられる。蒸発に必要な熱が放射などによって地表面に供給されると、表層土壤中の間隙水が気化し大気に放出される。蒸発した分の土壤水分はより深い土壤からの水分移動によって補われる。このような降雨直後の表層土壤水分が豊富な時の土壤面蒸発を、蒸発の第1段階とよぶ。この段階の蒸発量は、主に正味放射量が主要な制限要因である。

蒸発の第1段階が続くと、地表面からの蒸発量に深い土壤から表層への土壤水の補給が追いつかず、表層の土壤水分が乾燥していく。そのため土壤水が気化する深度が、表層から少しずつ深くなっていく。地中で気化した水蒸気は、乾燥した表層内の土壤間隙中を、分子拡散によって輸送される。無降雨期間が続き表層土壤が乾燥すると、表層に乾燥した乾砂層が形成され、これによって蒸発量が抑制される。このような土壤水分の減少に伴う蒸発抑制の段階を土壤面蒸発の第2段階とよぶ。

上記より地下水位が低下することで地表面からの蒸発量も低下し、ある地点を境に地表面から蒸発が遅くなることが考えられる。

3. 実験方法

3.1. 実験装置

実際の蒸発過程を再現するため、透明パイプに土壤代用のガラスビーズを充填した、ポリ容器に電気ポンプを入れ給水することで地下水面を一定に保った。

可動部を動かすことで地下水面を上下させることができる。土壤再現装置の構造を図1に示す。

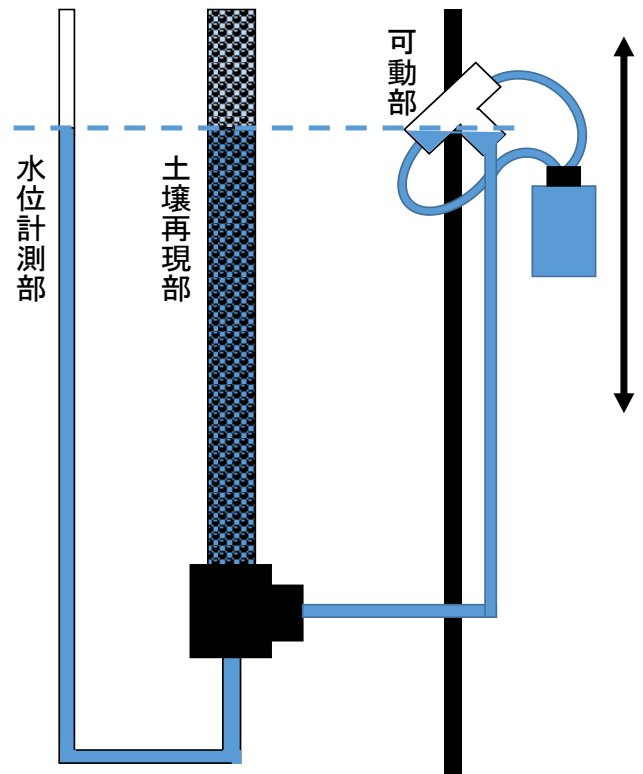


図1 土壤再現装置

3.2. 実験条件

表1 実験条件

恒温室の温度	15[°C]
透明ホースの内径	10.0[mm]
透明パイプの内径	20.3[mm]
ガラスビーズの粒径	1.7~2.4[mm]
ポリ容器の重量	350.0[g]
測定間隔	24[h]

実験条件を表1に示す。室温15°Cを選択した要因として、使用する恒温室で再現できる温度の幅が-5°C~15°Cであることに起因する。

3.3. 実験手順

- 1) 実験装置の給水部を動かし地下水面をガラスビーズの地表面と同じ位置になるよう調節する.
- 2) 地下水位を動かした事による土中水の動きがなくなるのを待つ.
- 3) ポリ容器の重量が 350.0g になるように注水する.
- 4) 一定時間放置した後, ポリ容器の重量を測定する.
- 5) 3), 4) を繰り返す.

4. 実験結果

以下の図 2, 図 3 に地下水面と蒸発量の関係を示す.

図 3 の図は, 各地下水面の蒸発量の平均をとり, 最も蒸発するであろう地下水面 0cm で各蒸発量平均を除算することで作成した.

地下水面が 0cm 時のデータのばらつきが大きく見える. 地下水面-20, -30cm においても突出した点が見られる.

表 2 各地下水位の実験データ

地下水面-地表											
0			-10			-20			-30		
測定値	蒸発量		測定値	蒸発量		測定値	蒸発量		測定値	蒸発量	
[g]	[g]	[mm]	[g]	[g]	[mm]	[g]	[g]	[mm]	[g]	[g]	[mm]
344.7	5.3	16.4	347.5	2.5	7.7	349.7	0.3	0.9	349.0	1.0	3.1
347.9	2.1	6.5	349.0	1.0	3.1	347.3	2.7	8.3	349.5	0.5	1.5
345.0	5.0	15.4	347.2	2.8	8.7	348.8	1.2	3.7	349.8	0.2	0.6
345.9	4.1	12.7	348.2	1.8	5.6	349.6	0.4	1.2	347.3	2.7	8.3
348.1	1.9	5.9	347.6	2.4	7.4	349.6	0.4	1.2	348.5	1.5	4.6
342.8	7.2	22.2	347.5	2.5	7.7	349.5	0.5	1.5	349.0	1.0	3.1
348.3	1.7	5.3	348.0	2.0	6.2	349.0	1.0	3.1	349.5	0.5	1.5

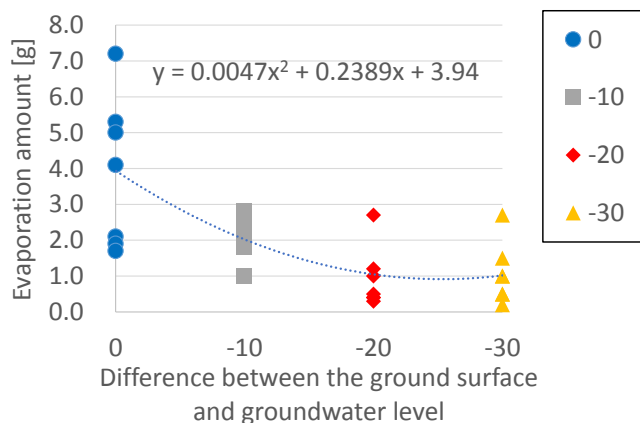


図 2 地下水面と蒸発量の関係

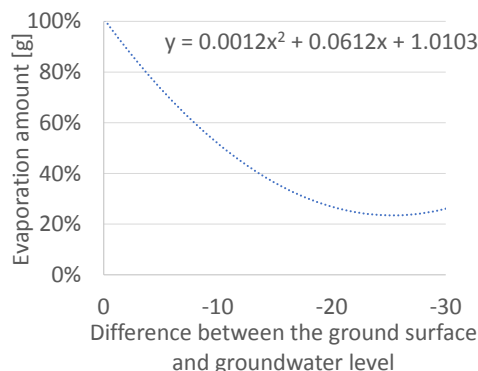


図 3 地下水面と蒸発量の関係 (百分率)

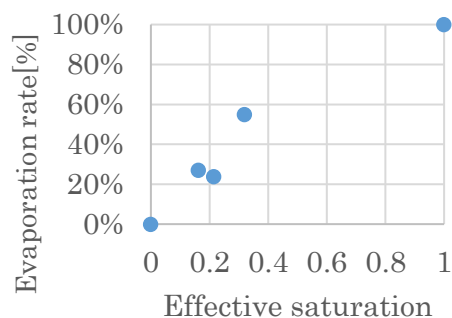


図 4 蒸発と飽和度の関係

5. おわりに

本実験では想定していた通り, 地下水面が下がるにつれ蒸発量が減少していく傾向が見られた. 地下水面の位置を 10cm ずつ下げて計測を行ったが 0~-10cm に関しては変化が急であるため, より細かく計測する必要がある. 恒温室における温度設定で室温 15°C を使用したが, 室温がマイナスまで低下させることでどのような変化があるのか, さらにガラスビーズの粒径についても使用したのは比較的大きいものであり, 粒径を小さくすることによる毛管力, 水分保持率の向上から異なる結果が得られると予想できる.

今後の展望としてより小さい粒径における蒸発量の変化, 室内温度をマイナスまで低下させた場合の蒸発量の変化, 地下水位と蒸発量の理論に基づいた関係式の考案が挙げられる.

6. 参考文献

- 1) 杉田倫明・田中正 編著 (2009) 「水文科学」 筑波大学水文科学研究室 著
- 2) ウィリアム・ジェリー, ロバート・ホートン 著 (2006) 「土壌物理学」 井上光弘・他訳