

ウェイングライシメータの再稼働による継続観測再開の取り組み

Recommissioning Weighing Lysimeter for Continuous Observation

萬和明

Kazuaki YOROZU

Synopsis

The weighing lysimeter was installed in Ujigawa Open Laboratory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, more than 20 years before. The status of the weighing lysimeter was investigated and it is confirmed the fundamental function of that is still enough good to recommission. This manuscript describes the current status of the weighing lysimeter and future plan to apply that to water-related issues such as impact analysis of green infrastructures.

キーワード: ウェイニングライシメータ, 再稼働, 蒸発散観測, グリーンインフラ, 雨庭

Keywords: weighing lysimeter, recommissioning, evapotranspiration measurement, green infrastructure, rain garden

1. はじめに

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーに、ウェイニングライシメータが設置されている。設置された当初より、水文環境の観測研究に使用されてきたが、近年の利用状況は記録がなく、観測機器の状態も不明であった。

こうした状況にあることを令和5年に著者らが認識することとなり、現況を把握するとともに、継続観測の再開に向けて整備を実施することになった。本稿ではそれらの取り組みを記録するとともに、執筆時点でのウェイニングライシメータの状況と今後の展望について記すものである。

2. ウェイニングライシメータ

2.1 ライシメータとは

ライシメータ (lysimeter) とは、土壌槽からの蒸発散量を測定する観測機器である。水文・水資源学会 (2022) によると、「器に砂や土などを詰めて野外に置き、その質量の時系列変化より、器からの蒸発量、あるいは蒸発散量を測定する」機器のことである。

ライシメータにはいくつかの分類があり、江崎 (2005) によれば、以下のように分類される。

- ・一般的方式：土壌槽への給排水を測定する。
- ・フローティング型：水に浮かべた土壌槽の浮き沈みを測定する。
- ・ウェイニング型：土壌槽の重量変化を測定する。

2.2 設置状況

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーには、ウェイニング型のライシメータが設置され、京都大学防災研究所の共同利用施設のひとつとして登録されている。以下、本節では東・岡 (2002) を参考に、設置当時の状況について述べる。

設置されているライシメータは、3連の土壌槽を有している。いずれも幅100cm四方、深さ150cmである。上部130cmには青谷砂質土、底部20cmには礫が充填されている。

土壌槽の総重量は、電子天秤を用いて0.1kg単位で測定される。また、表面流出量を100cm³の転倒桁型流量計で、基底流出量を50cm³の転倒桁型流量計で、それぞれ測定する。土壌槽内部の5cm, 15cm, 25cm 深さに熱流計と温度計が設置されている。また、10cm,

20cm, 30cm, 40cm, 60cm, 100cmの深さに土壌水分計が設置されている。

2.3 過去の活用事例

東・岡（2002）は、ウェイングライシメータの3連の土壌槽の植栽を東から順に、トウモロコシ植栽、裸地、トウモロコシ植栽として、蒸発散量と土壌水分流動の植栽による違いを分析した。また、裸地とトウモロコシ植栽による地表面水収支の違いを観測から明らかにした。

さらに東ら（2003）は、植物の栄養塩吸収量および植物の栄養塩吸収が土壌中物質移動に及ぼす影響を明らかにした。また、東・岡（2004）は、ウェイングライシメータによる水収支観測に基づいて蒸発散モデルを構築した。

以上のように、ウェイングライシメータが設置されて以後の数年間には、多くの研究が遂行されてきた。しかし、それ以降はウェイングライシメータの活用事例の報告はない。

2.4 確認時点の状況と再稼働状況

(1) 現況確認

著者らは令和5年6月にウェイングライシメータの現況確認を行った。本節では確認時点での状況と、本稿執筆時点での再稼働状況について述べる。

(2) 重量測定部

ウェイングライシメータの重量測定部をPhoto 1に示す。重量測定に係る構造は問題なく動作していることが確認できた。そこで、電子天秤を交換し記録用のパソコンと接続し、独自のソフトを用いて、常時、電子天秤の値をパソコン上に記録できるようにした。現時点では10分毎に土壌槽の総重量を記録している。

(3) 表面・基底流量測定部

土壌槽における重量変化には、降水による増加と蒸発散による損失以外に、表面流出と基底流出による損失が含まれる。そのため、それぞれの流出量を把握するために流量計が設置されている。

現況確認時点では、いずれの流量計も転倒柵の駆動が不安定であった。駆動部および受水部を掃除したところ、表面流出を計測する100cm³の流量計は適切に再稼働ができた。一方で、基底流出を計測する50cm³の流量計は適切な計測ができなかった。これは、基底流出はその流量が多く、そのため転倒回数が多くなり、転倒柵の駆動部が消耗しきってしまったためだと考えられる。基底流出の計測には流量計の更新が必要であったが、新規に流量計を購入するには



Photo 1 The weight measurement parts of weighing lysimeter.



Photo 2 The runoff measurement devises.

適切な製品がなかった。そこで、基底流出の計測は、雨量計で代用することにした。本稿執筆時点の流量計測機器の状況をPhoto 2に示す。

3. 気象水文観測

3.1 降水量

ウェイングライシメータの土壌槽へ入力する降水量を把握するため、隣接する圃場に転倒柵式雨量計を設置していた。基底流出の流量計と同じく、適切な観測が不可能な状況であったため、雨量計を交換した。

3.2 放射量

熱収支を把握するために、全天日射計と放射収支計が設置されていた。放射収支計は経年劣化していたため、取り外している。本稿執筆時点では代替の測器は設置していない。全天日射計も外観からは経年劣化が認められるが、暫定的に既存の測器を用いた観測を継続している。

3.3 温湿度と風速

温湿度の計測には、通風管付き乾湿球温度計を用いている。白金抵抗体を用いているため劣化に強く、

温度計測部分は継続して使用している。湿球温度計測のためのガーゼは新しく取り替えた。また、給水タンクは既存のものよりも大きなものに取り換えた。これにより、給水頻度は夏場においても2週間に1度程度となり、継続的な観測を可能にしている。通風管はファンが故障していたため、新しいものに交換した。

風速観測には三杯風速計を使用していたが、経年劣化により適切な観測ができなくなっていた。そこで、2次元の超音波風速計を新たに導入した。

温湿度と風速の計測は、現況確認時点では、地表面から50cm, 90cm, 180cmの3高度で実施していた。前述の通り測器類を更新した後に、観測記録を確認し、低高度と中高度の2高度での観測値には大きな差異が認められなかった。そこで、温湿度と風速のいずれに対しても中高度での観測を取りやめ、低高度と高高度の2高度で観測を継続することにした。本稿執筆時点での温湿度計と風速計の設置状況をPhoto 3に示す。



Photo 3 The dry and wet bulb temperature sensors and 2-D ultra sonic anemometers.

3.4 パン蒸発量

直径120cmの蒸発計が設置されており、フロート式水位検出器でその水位変化を計測している。観測自体に問題は確認できなかったため、蒸発計を清掃した後に、既存の設備をそのまま用いて観測を継続している。

3.5 土壌水分量

各土壌槽には、ADR (Amplitude Domain Reflectometry) 土壌水分計が6深度で設置されていたが、いずれも経年劣化で正しく観測ができなかった。そこで、TDR (Time Domain Reflectometry) 土壌水分計CS-616を購入し、設置準備しているところである。

3.6 熱流計と地中温度計

現況確認時点では、熱流計と地中温度計が複数設置されていたが、いずれも経年劣化で適切な観測が不可能であった。そのため、いずれの測器も撤去した。原稿執筆時点では代替の観測は実施していない。

4. 今後の活用見込み

ライシメータは、本来蒸発散量を観測する測器である。しかし現在は、応用活用事例を確認することができる。例えばGreen et al. (2022) は、ライシメータを用いてグリーンインフラによる洪水抑制効果を検証している。これは、ライシメータを用いることによって、土壌槽に充填される土壌の種類や密度、地表面の植生被覆を各土壌槽毎に変化させることが

できるため、それらの条件によって流出がどのように変化するか比較実験を行うことができることを応用した事例である。同種の取り組みは、本稿で紹介したウェイングラシメータにおいても実施できる。

前述の参考文献の著者であるGreen Daniel 博士は、日本学術振興会の外国人特別研究員として、著者らの研究室に滞在していたため、ウェイングラシメータの活用方法について議論を実施し、様々な示唆を得た。同氏との共同調査によって、京都市において雨庭が普及しつつあることが認識できた。現状では洪水抑制効果よりも、景観等のアメニティ効果が期待されているようである。洪水抑制効果も含めた、周辺の水・熱環境に対する雨庭の効果は未解明なことが多く、新たな研究課題となり得ると考えている。

雨庭に関しては、令和7年6月に、宇治川オープンラボラトリーに雨庭が設置された (<https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/23385/>)。内水氾濫対策としての機能がどの程度であるかを屋外実験によって明らかにすることが期待される。本稿で述べてきたウェイングラシメータも宇治川オープンラボラトリーに設置されていることから、同雨庭との連携によって、雨水の貯留効果を発揮させるには、土壌や植生がどのような状態であればよいのか、野外実験によって明らかにできる可能性がある。

5. おわりに

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリー

に20年以上も前に設置されたウェイングライシメータについて、現況確認を実施した。観測の再開が可能であることが確認できたため、必要な測器類を更新することで、ライシメータの観測を再開することができた。本稿は、その過程について記録として記すものである。また、ウェイングライシメータの今後の活用見込みについても記載した。ライシメータは貴重な観測機器であり、今後も有効に活用していくために、適切に維持管理を実施しながら、観測を継続していく計画である。

謝 辞

本稿の内容を実施するにあたり、令和5年度防災研究所所長裁量経費（新任教員スタートアップ事業）と、防災研究所令和6年度研究環境整備に関する特別配当により、ウェイングライシメータの再稼働に関する予算援助を得た。湿球温度計の給水タンクに対する給水は、京都大学防災研究所技術室の支援を得ている。また、科学研究費基盤研究(B)「気候変動時代を生き抜くための氾濫リスクとその軽減効果の高精度予測技術開発」（課題代表：川池健司教授）課題番号：25K01479の援助を得た。ここに記して、謝意を示す。

参考文献

- 江崎要（2005）：ライシメータ施設の計画・設計上の考え方と特徴，明治大学農学部研究報告，第142号，pp. 13-34.
- 水文・水資源学会（2022）：水文・水資源ハンドブック第二版，朝倉書店，p.670.
- 東博紀・岡太郎（2002）：植物の成長と茎内流量を考慮した蒸発散特性と土壤水分流動に関する研究，水工学論文集，第46巻，pp. 55-60.
- 東博紀・岡太郎・城戸由能（2003）：植物の栄養塩吸収と土壤中物質移動，水工学論文集，第47巻，pp. 331-336.
- 東博紀・岡太郎（2004）：ウェイングライシメータにおけるトウモロコシの蒸発散－植物の成長と水文素過程に関する研究－，土木学会論文集，No. 768/II-68，pp. 13-22.
- Green, D., Goddard, A., and Stirling, R. (2022): Stratified hydraulic conductivity testing of green infrastructure: A lysimeter bioretention cell study, EGU General Assembly 2022, EGU22-13418, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-13418>.

（論文受理日：2025年8月29日）