

氏 名 薛 鎔

授与した学位 博士

専攻分野の名称 環境学

学位授与番号 博甲第4438号

学位授与の日付 平成23年 9月30日

学位授与の要件 環境学研究科 社会基盤環境学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 Estimation of Evaporation from Large Area using Land Surface Temperature and Satellite Image

(地表面温度と衛星画像を用いた広域地表面蒸発量の推定)

論文審査委員 教授 赤江 剛夫 教授 沖 陽子 教授 諸泉 利嗣

学位論文内容の要旨

Evaporation is one of the important components of terrestrial hydrological cycle since it is an important link for mass and energy transfer between land surface and atmosphere. To achieve the high water use efficiency in irrigated agriculture, unnecessary water loss mainly by the evaporation should be reduced. Therefore, reliable estimation of evaporation is keenly required. Generally, the evaporation on a small field scale can be quantified based on many available meteorological data. However, regional evaporation is difficult to be estimated directly because the full meteorological data covering large scale regions are often unavailable. Recently there has been a rapid progress in using remote sensing technique to obtain land surface information. However, few reports addressed methods to estimate regional evaporation using only the ground surface information data (land surface temperature) in the past.

In this study, we selected Hetao Irrigation District (HID) as a study area, and developed a simple Maximum Surface Temperature (MST) model based on surface energy balance equation combining a periodic sinusoidal function of surface temperature. The MST model requires only minimum and maximum surface temperatures of dry (reference) and drying soils after assigning a constant to an effective exchange coefficient c_h (40 m/h in this study). In addition, the reference dry soil was difficult to set on natural land surface in large areas. But it was found that almost all of the surface temperatures of sand dune showed the highest values because of no evaporation. Thereby, the surface temperature of sand dune in the district was supposed as that of the reference dry soil.

Finally, the regional evaporation over this district from April to October for 2003-2010 was estimated by the MST model combining Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) daytime (maximum value time) and nighttime (minimum value time) land surface temperatures with 8-day temporal resolution and 1-km spatial resolution. The estimated regional evaporation varied in the range of 1.3 to 4.2 mm/d. The estimated evaporation has also been compared with yearly water balance in the middle and western parts of the district. The comparative result indicated that total income (irrigation water and rainfall) of 585.8 mm was almost equal to total outcome (evaporation and drainage discharge) of 530.0 mm. And the 83.0 % of total water incomes have been lost by evaporation (486.0 mm) and the rest 9.5 % (55.8 mm) is supposed to have been stored in the district; the 91.7 % of total water outcomes were lost by evaporation. Therefore, the estimated evaporation by the MST model was considered reliable in the district. Furthermore, the spatial distribution maps of MODIS daytime land surface temperature and evaporation indicated that the areas from 4th to 6th branch drainage canals appeared high temperature and low evaporation. So, the areas were considered to be highly salinized in the district.

論文審査結果の要旨

乾燥地灌漑農業における水利用効率を高め、塩類化を防いで持続的に管理するには、蒸発量を広域的に連続して推定する技術の確立が必要である。本論文は、中国内モンゴル河套灌区を対象に衛星画像から得られる連続的な広域地表面温度を用いて、広域蒸発量を推定したものである。まず、塩類化度の異なるシルト質土壌でポット試験を行い、土壌水分量がヒマワリの生育に大きく作用することを確認した。ついで、5つのポテンシャル蒸発量推定モデルを比較した。最も適合するPenman式は多数の気象データを要するので衛星画像に適合しない。そこで、地表面温度が正弦関数で変化するものと仮定し、地表面でのエネルギー収支式に基づく蒸発量推定モデルを考案した。この際、地表面温度として最低温度と最高温度だけを用いるよう工夫している。カラム実験により、輸送係数を観測結果に合うよう決定することで、比較的高い水分量で本モデルにより蒸発量が精度良く推定できることを示した。ついで、河套灌区での圃場蒸発実験で、乾燥カラムと圃場からの推定蒸発量の一致を確かめた。さらに、最低地表面温度と最高地表面温度が毎日、入手可能なMODIS衛星画像を用いて、2005～2009年灌漑期の河套灌区全域の蒸発量を推定した。対照温度として砂丘地の地温を用いた。灌区全体では、1.3mm/日～4.2mm/日、平均2.7mm/日となり、地域的な分布の特徴も把握できた。推定値の精度を評価するために灌区中西部の水収支を算定した。流入は降水量120.0mm、灌漑水量465.9mm、計585.8mmに対し、流出は排水量44.0mm、推定した蒸発量486.0mmの計530.0mmとなり、両者がほぼ一致した。加えて、水面からの蒸発量の推定値が実測値に近い値を示したことからも、本方法による推定値の妥当性を確かめている。

以上のように、本論文で提案した衛星画像を用いた広域蒸発量推定法は、最高最低地表面温度のみを用いることで、衛星画像による広域蒸発量推定を可能にした点で独創性がある。理論展開は妥当であり、満足な推定精度を持っていることも確かめられているので、乾燥地灌漑農業における水資源利用の効率化に資するものと期待される。したがって、博士の学位を授与するに値するものとする。