

# シルダリア川下流域における消費水量の推定

## Estimation of consumptive use in the Lower Syr Darya River Basin

猪迫耕二\*, 北村義信\*, 山本定博\*, 田熊勝利\*

Koji Inosako, Yoshinobu Kitamura, Sadahiro Yamamoto, and Katsutoshi Takuma

### 1. はじめに

縮小を続けるアラル海の水面積の回復はもはや絶望的であり、現在では、小アラル海の水位維持を目的としたコカラクダムが建設されるに至っている。このことは、小アラル海に流入するシルダリア川の水管理指針の変更を意味しており、今後、農業用水計画の再設定が必要になるとと思われる。

乾燥気候に属するシルダリア川下流域における用水量の算定では、農地で発生する水ストレスや塩ストレスをどのように捉えるかが重要と言える。そこで、本研究では、用水量算出のための基本量である消費水量(CU)に着目し、本流域の土壌・気象条件下における水ストレス、塩ストレスの発生がCUに及ぼす影響について検討した。

### 2. 消費水量の推定

#### (1) 対象流域と作物, 土壌

図1に調査対象流域を示した。本流域では、Kzyl-Ordaを境に上流側が綿花地帯、下流側が水田を中心とした輪作地帯となっている。主要作物はrice, cotton, alfalfa, wheat, maizeである。土壌データには、Kzyl-Ordaの水田(Soil1), アルファルファ畑(Soil2), およびTurkestanの綿花畑(Soil3)で採取した土壌の実測値を用いた(表1)。

#### (2) 作物蒸発散量の推定

Penman-Monteith法を用いて基準蒸発散量(ET<sub>0</sub>)を算出し、作物係数(K<sub>c</sub>)を乗じて作物蒸発散量(ET<sub>c</sub>)を求めた<sup>1)</sup>。

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \left( \frac{900}{T + 273} \right) u (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u)} \quad (1)$$

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad (2)$$

ここで、R<sub>n</sub>, G: 純放射量, 地中熱伝達量(ただし、今回はG=0), T: 日平均気温, u: 風速, e<sub>s</sub>, e<sub>a</sub>: 気温Tにおける飽和水蒸気圧ならびに水蒸気圧, Δ: 気温 - 飽和水蒸気圧曲線の勾配, γ: 乾湿計定数である。各都市の気象データには(財)気象業務支援センターが発行している世界気象資料のうち、1999年4月~2004年6月までの月平均値を用いた。

#### (3) SMDモデル

ET<sub>c</sub>は好適な条件下における蒸発散量であり、ストレス発生が危惧される地域では、ET<sub>c</sub>

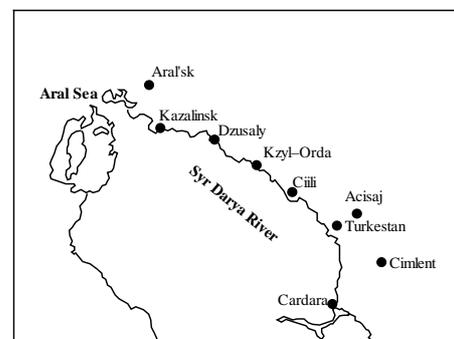


図1 調査対象流域

表1 土壌データ

	Soil 1	Soil 2	Soil 3
飽和透水係数 (cm/s)	7.4x10 <sup>-6</sup>	2.0x10 <sup>-5</sup>	4.2x10 <sup>-4</sup>
有効水分量	0.132	0.133	0.236
ECe (dS/m)	2.44	6.61	1.39

\* 鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, キーワード 用水管理, 蒸発散

が直ちに  $CU$  とはならない。そこで、土壌水分欠損量 (SMD) モデル<sup>2)</sup> による水収支シミュレーションを行い、水ストレスと塩ストレスの影響を加味した日単位の  $CU$  を推定した。なお、各作物の栽培期間中の合計を総消費水量 ( $GCU$ ) とした。

$$SMD_{i+1} = SMD_i + CU_i - I_i + G_i \quad (3)$$

ここで、 $I$ : 灌漑水量、 $G$ : 降下浸透水量である。なお、乾燥地であることから降雨は 0 とした。 $SMD_{i+1}$  がある閾値 ( $SMD_i$ ) を超えると水ストレスが発生するものとし、抑制関数  $R(SMD)$  を用いて  $CU$  を推定した<sup>2)</sup>。

$$CU = R(SMD)K_s ET_c \quad (4)$$

ここで、 $K_s$  は塩ストレス係数であり、次式で決定した<sup>1)</sup>。

$$K_s = 1 - \frac{b}{100K_y}(EC_e - EC_i) \quad (5)$$

ここで、 $EC_e$ : 飽和抽出水の  $EC$ 、 $EC_i$ : 作物の収量減が発生する閾値、 $b$ :  $EC$  の増加量当りの収量の減少率、 $K_y$ : 収量反応係数 (ここでは  $K_y=1.0$ ) である。

水収支シミュレーションでは、TRAM を畑地における 1 回の灌水量とし、水田では飽和水分量の 20% (水田 TRAM と称する) に湛水深 30cm を加えた量を灌水量とした。また、畑地は定時定量灌漑、水田は水田 TRAM と湛水深が消費された段階で灌漑する随時定量灌漑とした。なお、間断日数の計算には全生育期間の平均蒸発散量を使用した。

### 3. 結果と考察

表 2 に栽培期間の総作物蒸発散量 ( $GET_c$ ) を示した。rice, cotton, alfalfa の  $GET_c$  は非常に大きくなった。

一方、消費水量 (表 3) についてみると、Soil1, Soil3 では  $GET_c$  とほぼ同じ値であり、適切な灌漑計画で水ストレスの影響は回避可能と思われる。一方、Soil2 における cotton 以外の作物の  $GCU$  は  $GET_c$  の 60% まで低下した。耐塩性の高い cotton では低下していないことから、塩ストレスの影響は大きいといえる。

### 5. おわりに

シルダリア川下流域の農地では塩ストレスが消費水量に与える影響は大きく、水ストレスは適切な灌漑計画で回避できることが明らかとなった。今後、さらに詳細な検討を行う予定である。

本研究の一部は科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業の補助を受けて行った。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) Allen et al.: Crop Evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, 1999
- 2) 猪迫ら, 畑地における土壌水分欠損状況の推定モデル, 農土論集 165, 55-64, 1993

表 2 総作物蒸発散量 (mm)

	Rice	Cotton	Alfalfa	Wheat	Maize
Aral'sk	1229	1084	930	648	664
Kzyl-Orda	1364	1194	1037	712	740
Turkstan	1358	1188	1038	701	721
Cardara	1449	1258	1086	752	764

表 3 総消費水量 (mm)

Soil 1	Rice	Cotton	Alfalfa	Wheat	Maize
Aral'sk	1229	1084	903	647	608
Kzyl-Orda	1364	1194	1007	712	677
Turkstan	1358	1188	1007	701	660
Cardara	1449	1258	1055	751	700
Soil 2	Rice	Cotton	Alfalfa	Wheat	Maize
Aral'sk	698	1084	617	619	274
Kzyl-Orda	775	1194	688	681	305
Turkstan	771	1188	689	670	297
Cardara	823	1258	721	720	315
Soil 3	Rice	Cotton	Alfalfa	Wheat	Maize
Aral'sk	1112	1026	930	613	606
Kzyl-Orda	1335	1130	1037	654	697
Turkstan	1288	1118	1017	642	672
Cardara	1384	1205	1086	712	709