

# ネパールカトマンズ盆地における農業用水需要量の推計と将来予測

株式会社ニュージェック 小園 智皓

## 1. はじめに

世界人口が増加傾向にある現在の状況下で、食料の安定的な供給を図っていくためには、適切な利用・管理下での農業用水確保が不可欠である。本研究対象国であるネパールは、国民経済の大部分を農業に依存している。首都を含むカトマンズ盆地内の河川は地形条件から小河川であるため、年間を通じて安定的な取水が困難な状況であり、降水のみ利用した天水農業を行っている。今後の水循環の変化や水資源の枯渇のリスクに関して、農業用水利用・確保の課題を抱えている国の一つである。

## 2. 研究目的

本研究は、ネパールカトマンズ盆地を対象に、GISを用い、現在気候・将来気候下での農業用水需要量と利用可能水量の空間的収支計算を行い、水利用逼迫度(需要量に対する利用可能水量の割合)が高い時期・地域を特定することを目的としている。

はじめに、植生指標NDVIを用いて農事歴(作物種・育成環境などの違いを考慮した成長段階・栽培期間)の空間分布を特定する。灌漑用水量推計モデル:CROPWATを用いて現在気候下での農業用水需要量を推計し、地理情報システム(GIS)により空間的に把握する。さらに、IPCCの気候変動予測シナリオに基づく将来気候データを収集し、CROPWATの入力値として用いることで将来の農業用水需要量予測を行う。以上の推計結果と将来気候下での農地分布変化予測の結果を組み合わせることで、農業用水需要量の空間分布を示す。

## 3. 解析結果

### 3.1. NDVIによる農事歴分布の特定

カトマンズ盆地内の主要4作物であるRICE、MAIZE、WHEAT、POTATOの農事歴分布を特定するために、人工衛星Terraにより16日周期で観測された2008年-2012年の5年分の衛星解析情報植生指標:NDVIを使用する。NDVIは、植物による光の反射の特徴を生かし、計算式(式1)を用い、植物の量や活力を示したものである。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (式1) \quad \begin{matrix} IR: \text{近赤外域の反射率} \\ R: \text{可視域赤反射率} \end{matrix}$$

現地調査から得た15地点の農地座標・作物種データと各座標の年間NDVI波形より作成した教師データを基に、対象地を分類した。対象としたカトマンズ盆地の位置関係及び15パターンの農事歴の分布と各パターンの農事歴(栽培作物種、二毛作の有無、栽培期間)を示す。(図1)

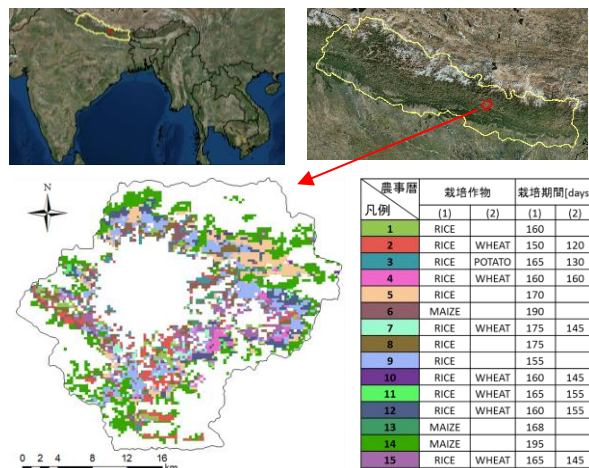


図1 カトマンズ盆地、主要農作物分布及び農事歴の詳細

### 3.2. 将来予測気候下での農事歴変化予測

#### 3.2.1. 将来気温の予測

気温変化に伴う農事歴の変化を予測する。気候変化予測モデルとして、解像度の細かいRCM、将来気候予測シナリオとして、温室効果ガスの将来濃度推移により将来気候予測結果が異なるRCP4.5・RCP8.5を使用した。対象年代は、実際に観測される可能性が高い推計値である2030'(2021-40年)とシナリオ間の数値の差が大きく表れ始める2050'(2041-60年)の各気候要素の平均値を使用した。

本検討で用いるRCMは、空間解像度が粗いため(50km矩形メッシュ)、農事歴の分布変化を予測する上で、対象地に適応するサイズにダウンスケールする必要がある。手法として、RCMでの過去から将来にかけての昇温量を空間的に算出し、現地気温観測点の気温に加算する。さらに、標高と気温遞減率による空間補間法を用い、気温観測点での将来気温を、標高分布解像度(50m矩形メッシュ)でダウンスケールした。

#### 3.2.2. 農事歴の変化

当該地内の主要栽培作物であるRICEを対象とした将来気候下での農事歴変化の予測を行った。上記で解析した左農事歴分布及び気温分布より、現在気候下での農事歴別平均気温、気温差を算出し、気温差マトリクスを作成する。各メッシュで昇温量と気温差マトリクスを比較し、最も数値の近い農事歴へ遷移すると仮定し、将来の農事歴分布を推定した。作成した農事歴将来分布に加え、阿部(2015)による人口増加等による将来の土地利用変化予測結果<sup>2)</sup>を加えることで、気温変化、土地利用変化の影響を考慮した農事歴分布の予測が可能となった。(図2)

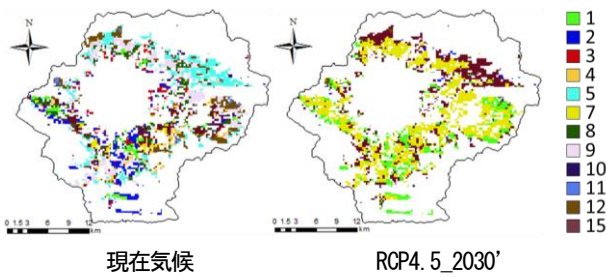


図 2 RICE の農事歴分布変化

### 3.3. 農業用水需要量の推計と将来予測

#### 3.3.1. 農業用水需要量推計方法と推計結果の検証

カトマンズ盆地の気象観測統計データ(平均気温・風速・日照時間・湿度)、現地調査により取得した座標位置の作物別 NDVI の年変化から算出した各成長段階における成長期間、土壌の状態を示す土壌データ、各農作物の蒸発散の効率を示す作物係数を入力値とし、下式の各要素を算出し、農事歴別に農業用水需要量を推計した。

$$CWR = ET_0 \times K_C \quad (式2)$$

CWR:農業用水需要量  
ET<sub>0</sub>:基準蒸発散量  
K<sub>C</sub>:作物係数

本手法の妥当性を検証するために、需要量推計結果と RICE の農業用水需要量の実測値との比較を行った。実測値<sup>1)</sup>は、ネパール・トリブバン大学において 2005 年 6 月 23 日から 9 月 30 日までの 100 日間の米の蒸発散量として測定され、711.45mm である。一方、本研究の推計結果は、実測条件から判断した成長日数は 112 日、平均需要量は 681.45mm であった。実験値と推計値の差は 30mm (誤差 4.2%) であり、推計値の方がやや過少評価となっている。しかし、蒸発散量は、成長過程における湿度や日射量など様々な気候変化の影響を受けやすいため、実験値は実際の需要量(蒸発散量)よりも高い値となることも考慮すると、本研究での CROPWAT を用いた農業用水需要量の推計値の結果は概ね妥当であると判断した。

#### 3.3.2. CROPWAT による農業用水需要量の将来予測

気候・土地利用<sup>2)</sup>・農事歴の要素の将来変化を考慮し、CROPWAT を駆動することで農業用水需要量の将来予測を行った。(図 3)

CROPWAT の性質上、気温増加により需要量は増加するため、将来気候下では需要量が増加する傾向である。また、RICE に関しては、気温変化に加え農事歴の変化を考慮するため、栽培期間の変化が生じ、現在気候下で 5-10 月を主栽培期間としていた種類が、将来気候下では 6-11 月を主栽培期間とする種類に変化したため 5 月の減少量・11 月の需要量増加が著しい結果となった。

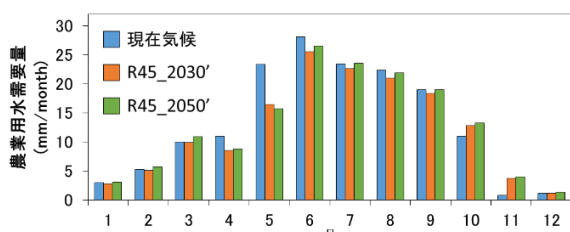


図 3 気候変化シナリオ別、農業用水需要量 (RCP4.5)

### 3.4. 利用可能水量との収支解析

算出した各農事歴の月別農業用水需要量を将来気候下での農事歴分布と組み合わせることにより、将来気候下での農業用水需要量を分布に示すことができる。また、RCM より概算した降水量、灌漑用水量の将来予測値と農業用水需要量との収支解析を行った。図 4 は、盆地単位での収支解析結果を示し、折れ線は利用可能水量に対する需要量の割合を示す。11-4 月にかけての乾季に現在気候下(赤破線)よりも農業用水が逼迫する時期があり、収支解析結果に基づく分布(図 5)から逼迫する地域を特定できる。

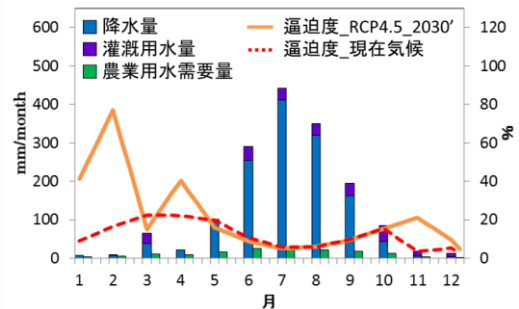


図 4 水収支解析結果 (RCP4.5\_2030')

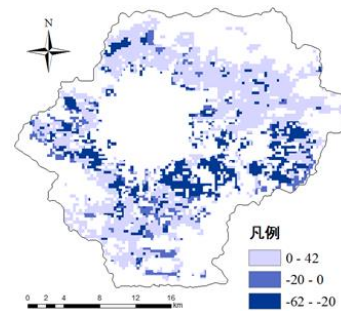


図 5 4 月の水収支 (RCP4.5\_2030') (mm)

## 4. 結論

本研究では、需要量の将来予測に対して影響を及ぼす要素として気温・土地利用・農事歴の変化を考慮した。気温変化による農事歴の変化は年単位での需要量増減への影響は小さい。しかし、月単位の解析結果は、現在、将来の気候変化を考慮した栽培期間の変化が影響し、RICE の農事歴の現在気候下での平均栽培期間は、5-10 月に対して、将来気候下では、6-11 月にずれ、乾季に該当する 11 月の農業用水逼迫度が上昇することにつながることがわかった。また、将来気候下での利用可能水量との収支解析から、水利用逼迫度は、雨季では変化せず、乾季では現在気候下よりも高い割合となり、農業用水が不足する地域がさらに増加することが予想される。これを踏まえ、今後、適切な水利用・管理を行う必要があると考えられる。

## 5. 参考文献

- (1)Suman Aryal(2012),“RAINFALL AND WATER REQUIREMENT OF RICE DURING GROWING PERIOD”.The Journal of Agriculture and Environment Vol:13,pp.1-3
- (2)阿部さとし(2016),“カトマンズにおける土地利用変化の将来予測とその水循環への影響の評価”,山梨大学生命環境学部環境科学科,pp.13-29