

ラオス KM35 灌漑地区における CROPWAT を用いた灌漑水量推定 Irrigated Water Estimation by CROPWAT Model at KM35 Project Site, Laos

○戸田 修* 吉田 貢士** 樋口 克宏*** 宗村 広昭**** 丹治 肇***

Osamu TODA Koshi YOSHIDA Katsuhiko HIGUCHI Hiroaki SOMURA Hajime TANJI

1. はじめに

国連によると、2050年のラオスの人口が現在の約2倍になると予測されており、それに伴う食料需要量の増大は不可避である。需要量を満たすためには、農地を新たに開拓し耕作面積を増やす、あるいは、単位面積当り収量(単収)を上昇させる、という選択肢が考えられる。しかし、耕作適地が少なく農地拡大は困難である。一方、ラオス国内の灌漑率は総じて低く、灌漑導入による単収の増加は十分に期待できる。本格的な人口増加を前に、灌漑効果を評価する必要がある。

本研究ではラオス、サバナケット県にある KM35 灌漑地区(KM35)を研究対象とした。サバナケット県は稲栽培において耕地面積、収量とも国内最大であり食料生産を考える上で極めて重要である。サバナケット郊外にある KM35 は JICA によって建設された灌漑地区で、有効貯水量約 $14.54 \times 10^6 \text{ m}^3$ の貯水池を持ち、総受益面積は 950ha である。雨期は全域で補給灌漑の稲作が行われ、乾期は稲作 550ha、畑作 400ha が灌漑される。

2. 方法

ラオスの灌漑を評価するために、KM35 を 13 エリアに分け(図1)、2004年雨期におけるそれぞれ

のエリアでの灌漑水量を推定した。灌漑水量の推定には CROPWAT モデルを用い、実収量、畦畔高さ、耕盤深さを計測してモデルに組み込んだ。また、畦畔高さ、耕盤深さが収量に与える影響を調べた。

CROPWAT は FAO によって開発されたモデルで、気象データから可能蒸発散量、作物と土壌の状態を加えた作物蒸発散量、水分ストレスを考慮した実蒸発散量を順に求め、作物蒸発散量と実蒸発散量の比を減収率として、実収量を推定することが可能である。より現実の水田に即した推定が行うために、CROPWAT モデルに畦畔高さを組み込み、エリア毎に表面貯留水の上限を設けた。また、収量反応係数(K_y)は、実測の収量に合うようにキャリブレーションを行った(表1)。

表1 成長段階と K_y 値

Table 1 Growing stage and K_y value

Stage	Establishment	Vegetative	Flowering	Yield Formation	Ripening
Period (days)	15	65	15	35	20
K_y	2.3	↗	4	↘	1.4
K_y from FAO	1.3	↗	3	↘	0.4

CROPWAT を用いて、エリア毎に、まず、天水(非灌漑)状態での収量を求め、その収量から実収量を得るために必要な灌漑水量を推定した。気象データはサバナケット県内の2つの気象台で測定された2004年6月から10月の日データを用いた。

作物の減収は次の式によって計算される(式1,2)

$$Y_a = \frac{\sum X_i}{n} \cdot Y_p \quad (1)$$

$$X_i = 1 - K_y \left(1 - \frac{ET_{a,i}}{ET_{c,i}} \right) \quad (2)$$

ここに、 Y_a :実収量(ton/ha)、 Y_p :最大収量(4.5ton/ha)、 n :栽培日数($n=150$)、 K_y :収量反応係数、 $ET_{a,i}$ 、 $ET_{c,i}$: i 日目の実蒸発散量、作物蒸発散量(mm)。た

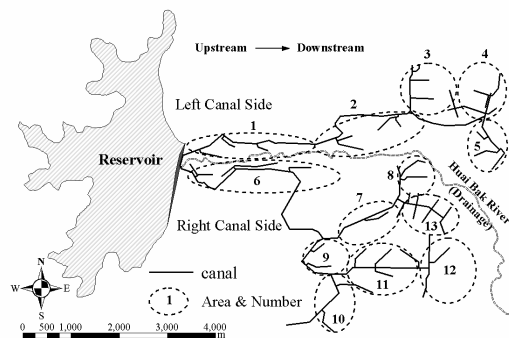


図1 KM35 の全体図
Fig.1 Map of KM35

*東京大学大学院 Graduate School of Tokyo University **科学技術振興機構 Japan Science and Technology Agency ***農業工学研究所 National Institute for Rural Engineering ****島根大学 Shimane University 土壤蒸発量 作物蒸散量

表2 エリア毎の畦畔・耕盤・実収量・灌漑水量
Table 2 Estimated irrigation water volume

Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Hard Pan Depth (cm)	13.9	14.8	10.2	10.9	10.6	11.7	11.0	11.9	10.0	9.5	10.5	10.6	11.8	11.3(avg)
Partition Height (cm)	16.1	17.7	21.9	18.9	18.3	16.1	20.4	20.0	22.3	30.3	22.6	24.1	20.9	20.7(avg)
Actual Yield (t/ha)	3.65	2.40	3.86	2.46	2.74	2.79	5.95	3.36	3.96	3.91	2.57	4.89	3.17	3.52(avg)
Area (ha)	39	62	71	109	87	47	18	83	89	50	99	144	52	950(total)
Irrigation (mm/day)	3.0	0.1	3.0	0.1	0.8	1.2	5.5	2.0	3.2	3.1	0.1	5.5	1.5	
Total Irrigation (mm/season)	131	4	90	4	30	50	172	69	96	86	3	144	48	71.3(avg)
Irrigation Days	43	42	30	37	39	43	31	35	30	28	29	26	32	34 (avg)
Area Irrigation (m ³ /day)	1,170	62	2,130	109	696	564	990	1,660	2,848	1,550	99	7,920	780	
Total Area Irrigation (10 ³ m ³ /season)	51.09	2.48	63.90	4.36	26.10	23.50	30.96	57.27	85.44	43.00	2.97	207.36	24.96	623.3(total)

だし、最大収量はサバナケットの統計資料から選択した。稲に水分ストレスが生じることで実蒸発散が抑制され、実収量は最大収量から減少していく。そこで、灌漑によって水分ストレスを緩和させ、計算上の実収量と実際に計測した各エリアの収量が等しくなるように、その灌漑水量を決定した。灌漑計画に関して、1) 灌漑は日毎の土壌水分が水分ストレスを与えるほど減少した場合のみ、その日の終わりに行う、2) 日灌漑水量はエリア毎に決定する、3) 日灌漑水量はエリア毎に作付け期間を通して一定とする、を条件とした。

3. 結果と考察

灌漑水量の推定結果は表2の通りである。一日当りの灌漑水量は、実収量が低かったエリア2、4、11ではほぼゼロ、実収量が最大収量を上回っていたエリア7、12は5.5mm必要であったとされた。2004年雨期を通しての灌漑水量は、平均して71.3mm必要であり、灌漑日数は26日から43日、平均で34日間であった。当雨期のKM35全体の灌漑水量は約623,000m³であったが、灌漑効率(計画)0.61を考慮すると、これは貯水池の有効貯水量の約7%を放水する必要があるということになる。一方、計画では雨期の補給灌漑の用水量は627,000m³であり、推定値はこれに極めて近いものとなった。また、乾期に必要な灌漑用取水量は有効貯水量の95%程度(計画)であり、雨期終了時に十分な貯水がなければ乾期灌漑の水管理は厳格さを要求される。しかし、近年、肥料が高い、水路の侵食・破壊、水不足などの理由で計画どおりの面積は灌漑されていない。今後、同灌漑地区の乾期灌漑を評価するとともに、肥料の効果や地下水を考慮したモデル造りが必要である。

図2は実収量と、図3は灌漑日数と、畦畔高さ、耕盤深さの関係をそれぞれ示している。図2より、実収量は畦畔高さに正の相関を持つことが明らかである。畦畔はその高さまで天水を貯留することができ、短期間であれば、無降雨期間にも稲に水分ストレスを与えないことによると考えられる。一方、実収量は、水分貯留に関して畦畔と同様の機能を持つ耕盤深さに対して負の相関を持つことが示された。また、灌漑日数は畦畔、耕盤に対して実収量とは反対の相関を示した。畦畔との関係においては上記と同様の水分貯留力によると考えられる。耕盤に対して正の相関を持つのは、耕盤が深いほど相対的に、土壌水分を保持しにくいからであると考えられる。

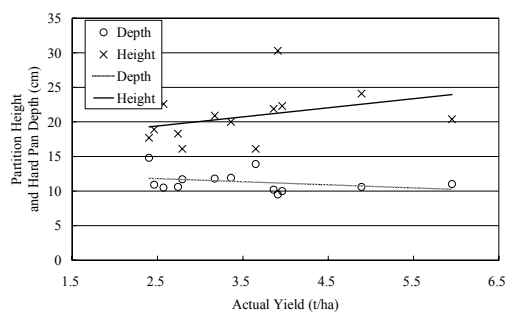


図2 実収量と畦畔・耕盤の関係
Fig.2 Relation between actual yield, partition and hardpan

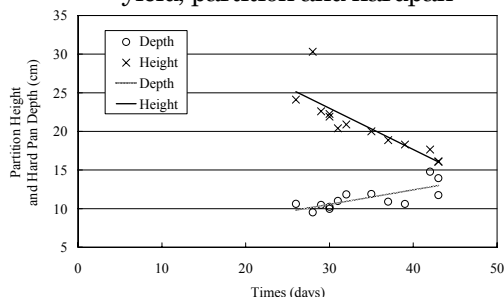


図3 灌漑日数と畦畔・耕盤の関係
Fig.3 Relation between irrigation days, partition and hardpan