

灌漑水路における水管理行動に関する分析

—理論分析および現地調査（フィリピンとラオス）分析を中心に—

吉 永 健 治*

1. はじめに

淡水は希少な資源である。さらに将来、気候変動の影響を受けることになると、多くの河川、湖、地下水などの水資源における利用可能な水量が減少し、あらゆる分野で水利用に制限を受けることになる。こうした想定される水不足問題について、過去の経験を踏まえてローカル・レベルからグローバル・レベルまでさまざまな機会を捉えて議論が行われてきた。しかし、過去の国際会議で合意された国際的な協調行動に関する提案が具体的な行動に移され成果をあげてきているとは言い難い。確かに、水不足に対するいくつかの実践や経験を取り上げて“よい実践事例 (good practice)”としてその普及を促進しているものの、国や地域によって水資源の賦存量や利用可能な水量、加えて降雨の分布や量が異なることから、その地域に適合した水利用や水管理の在り方が求められている。

こうしたなか、特に農業用水は支配的な水利用部門（淡水の約70%）として、その効率的な水利用が求められてきている。効率的な水利用の促進のためには“水への投資”は欠かせない。農業用水への主な投資は灌漑システムの構築にある。世界の農業生産の約40%は灌漑農業に依存しており、農業生産量で見れば約60%の生産に貢献している（吉永、2008）。2000年以降、多くの国際レベルの水会議においてこうした“水への投資”は幾度となく議論され勧告されてきた。しかし、現実的には農業用水への投資はむしろ減少気味で国際的なコミットメントと現実的な実績にはパラドックスが存在する¹⁾。また一方では、灌漑システムへの投資が行われても、その後の予算確保がなされることなく、灌漑施設の維持管理が不十分になり、施設の劣化や老朽化が進行し水管理に大きな支障をきたしているケースも少なくない。特に、国際社会の支援を受けて構築された途上国における灌漑システムの維持管理は食糧安全保障の確保と関連して深刻な問題となっている。

こうした背景を受けて、本稿では、まず灌漑水路における上・中・下流側農家間の民主的で公平な水配分の在り方について理論分析を行い、次にフィリピンとラオスにおける水管理と水管理組織の活動に関する現地での聞き取り調査をもとに、灌漑システムにおける上・中・下流側農家が水管理に関してどのような考えを持ち、行動しているのか、について分析と考察を行う。また、フィリピンおよびラオスにおける現地調査は異なる手法と内容を設定して実施した。

* 東洋大学国際地域学部：Faculty of Regional Development Studies, Toyo University

本稿を作成するにあたって、いくつかの文献を参考にした。まず、灌漑システムにおける水配分や水に関する経済学の側面に関しては、Ambec et al. (2007、2010)、吉永 (2009、2012)、Griffin.R.C (2006)などを参考にした。特に、Ambec et al. は国際河川を中心にした River (or Water) Sharing に関する研究実績がある。また、現地聞き取り調査のデータ分析には簡単な統計処理を行った。フィリピンにおける調査データ分析にはCS分析を適用した。CS分析には池田 (online)、菅 (2007)を参考にした。

最後に、本稿は以下のような構成からなる。第2章では、灌漑水路の上・中・下流側農家に対する公平な水配分に関して、水需給の変化に伴う水配分およびそのための水管理について言及する。第3章では、灌漑水路における上・中・下流側農家の最適な水配分とインセンティブに関して簡単な数式を用いて理論的な分析を行う。第4章では、民主的な交渉による上・中・下流側農家に対する最適な水配分に関して分析を行う。さらに、第5章では、フィリピンおよびラオスで実施した現地聞き取り調査の結果について分析と考察を行う。分析には簡単な統計処理を実施し、特に前者についてはCS分析を用いて考察する。最後に、第6章では上記の分析結果をもとに灌漑水路の水管理の在り方と今後の課題について言及する。

2. 公平な水配分のための水管理

2-1 水需給の変化と水配分

農業は適切な時期に十分な利用可能な水量が確保されなければ必要な生産量を確保することはできない。水資源は降雨量に依存し、降雨は地域的、季節的、気象条件などさまざまな要素によって左右される。降雨に恵まれ十分な利用可能な水資源を確保できる国や地域と、そうでない国や地域では水に対する価値や効率的な水利用に関する認識の違いは大きい。日本を含むアジア・モンスーン地域に属するアジア諸国では、歴史的に農業部門では水田農業を中心にした水利用が行われてきた。上述したように、農業部門は淡水利用の約70%を占める最大の水利用部門である²⁾。また、水資源が豊かな国や地域によって水は「コモン財」といった伝統的な水利用に関する慣行や行動様式によって支配され、水の価値が認識されることなく水利用が非効率的に行われているケースも少なくない。

ここで、図1を参照してもらいたい。同図は水資源に恵まれた水需給の変化を示している。まず、水資源が豊かで供給量が需要量を上回っているとき、すなわち需要曲線が D_0 、供給曲線が S_e, S_e' で示され、両曲線は交差することなく需要側は水の価値を認識することなく、いわゆる水は全ての人にとって無料という感覚で水を使用することが一般的な状況にある。しかし、次第に水需要が増大し需要曲線が D_1 に移行し、水供給曲線 S_e, S_e' と交わるようになれば水に価値(価格) p_0 が生じ、水利用者にとって水は無料でなくなる。すなわち、水にも市場が形成されることになる。さらに、旱魃の影響により水資源の利用可能水量が減少すれば供給曲線は S_e, S_e' に移行し、水の価値も p_1 へと変化する。これにより水利用者は効率的な水利用を求められることになる。こうした水需給の変化の過程は農業部門における水需要の拡大あるいは不適切な水管理により水不足が生じる状況でも同様である。

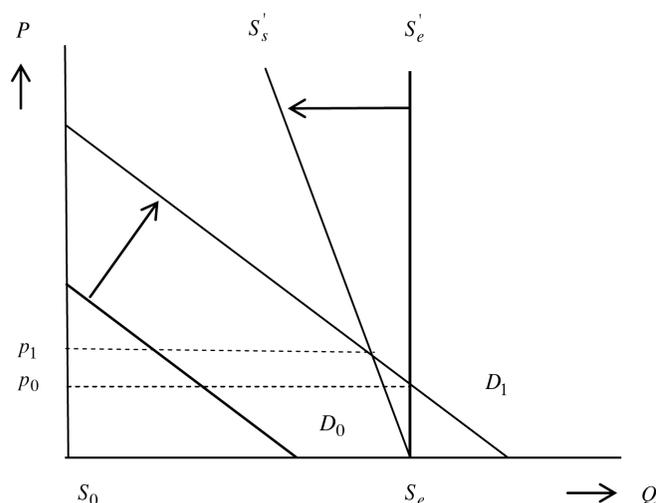


図1：水需給の変化曲線

2-2 水管理と公平な水配分

灌漑システムにおける利用可能な水量は、流域における降雨確率、ダム貯水能力、河川への区間流入量などに依存し、水配分に見合う可能な灌漑受益面積が決定される。灌漑水路は取水口から一定の取水量を取り入れ、上流側農家から順次下流側農家へと必要な水量を配水する機能を有する。仮に、上・中・下流側農家が適切な水管理を実施し効率的な水利用を行うならば、灌漑水路に依存する農家は平等な水配分を享受することが可能となる。特に、これは旱魃による水不足のとき農家にとって不可欠な行動で、水管理による成果が最も顕著に表れる。しかし現実的には、灌漑水路における上流側農家と下流側農家との間に水へのアクセスに優位性の相違が存在することも事実である。上流側農家が水管理を怠るならば、過剰な取水が行われ、中・下流側農家の利用可能水量に影響を与えることになる。こうした状況が続けば水配分をめぐって上・下流側農家の間で水紛争が生じることになる。例えば、上流側農家が水管理を怠る原因として、高い機会費用が存在する場合に農家は水管理に要する時間と労働力を他の収入源に適用することになる（吉永、2012）。同一灌漑水路に取水を依存する上・中・下流側農家の公平な水管理のためには、水管理組織を中心に農家による民主的な対話を促進すること、いわゆる Water Democracy (Shiva, 2000) の再構築を図ることが不可欠である（吉永、2012）。

図2は、灌漑水路の上・中・下流側農家に対する水供給を S_u, S_m, S_d 、需要曲線を D で示している。ここで、灌漑水路への取水量 Q_T は、 $Q_T = S_u + S_m + S_d$ である。今、灌漑水路からの取水において、上流側農家 S_u は水へのアクセスの優位性から水管理を怠り、過剰な水を使用している状況にあり、逆に中・下流側農家は水管理を実施しているとする。このとき上流側農家 S_u は安い水価格 p_u で水を使用していることになり、一方、中・下流側農家は水管理を行っているにもかかわらず高い水価格 p_m, p_d で水を使用している。このとき上流側農家の過剰な水利用に伴い、中・下流側農家が水不足に直面しており、 $Q_T < S_u + S_m + S_d$ の状況にある。

こうしたなか、上流側農家が適切な水管理を行えば ΔS_u に相当する節水が可能となり、この節水分を中・下流側農家に $\Delta S_u = \Delta S_m + \Delta S_d$ で配分することができる。すなわち、上流側農家による水管理に対する努力は利用水量を S'_u まで削減することができ中・下流側農家は、それぞれ S'_m, S'_d

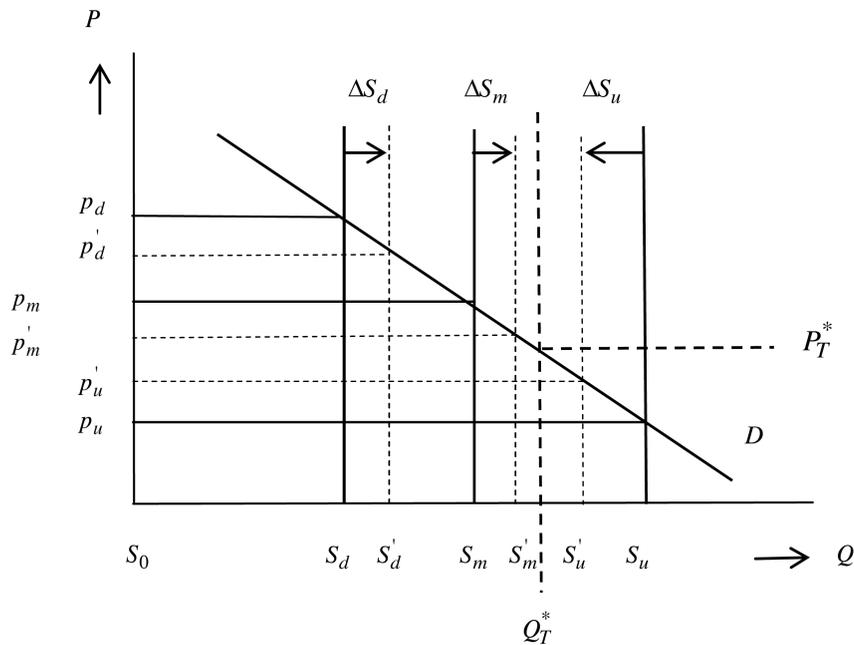


図2：灌漑水路の上・中・下流側の農家による水管理

まで利用水量を拡大することができる。このように水管理を適切に実施することにより、水利用に伴う価格もそれぞれ、 $p_u \rightarrow p'_u$ 、 $p_m \rightarrow p'_m$ 、 $p_d \rightarrow p'_d$ へと変化し、最終的に灌漑水路の最適な利用可能水量と価格は (Q_T^*, P_T^*) に収束することになる。このとき、 $Q_T^* = S'_u + S'_m + S'_d$ である。

3. 灌漑水路の上・中・下流側農家に対する水配分

3-1 最適な水配分とインセンティブ

灌漑システムは取水口から末端の農地まで作物栽培に必要な水量を適切な時期に配水するシステムである。灌漑システムの規模が大きくなれば、配水する灌漑水路も長距離に及びシステム自体が複雑になり運営・管理が困難になる。また、灌漑水路から取水する農家数も多くなり、農家の農地は大まかに上・中・下流側に位置し、取水する農地の位置により、上述した取水する水量と適切な配水時期も大きく左右されることになる。一般的に、図3に示すように、配水へのアクセスの優位性は農地の位置に依存し、それは上流側→中流側→下流側といったように取り入れ口に近い側から末端で排水する側の順に低くなるといえる。したがって、上・中・下流側に位置する農家が公平な水配分を享受できるか、が灌漑水路、ひいては灌漑システム全体の水管理を運営・管理するための最大の課題となる。上流側が必要以上に取水すれば、下流側は水不足に直面することになる。また、上流側が水管理に努力することで、中流側の農家は水管理をすることなく、上流側農家の努力にフリーライドし、結果として下流側の農家が水不足に苦しむ結果になることも多い。

こうした背景を受けて、以下では灌漑水路における上・中・下流側に位置する農家における最適な水配分をめぐる戦略とそのためのインセンティブについて分析を行う。まず、分析に必要な基本的な数値の定義を行う。取水口Aから灌漑水路に取水する全量を Q_T とし、それを上・中・下流に

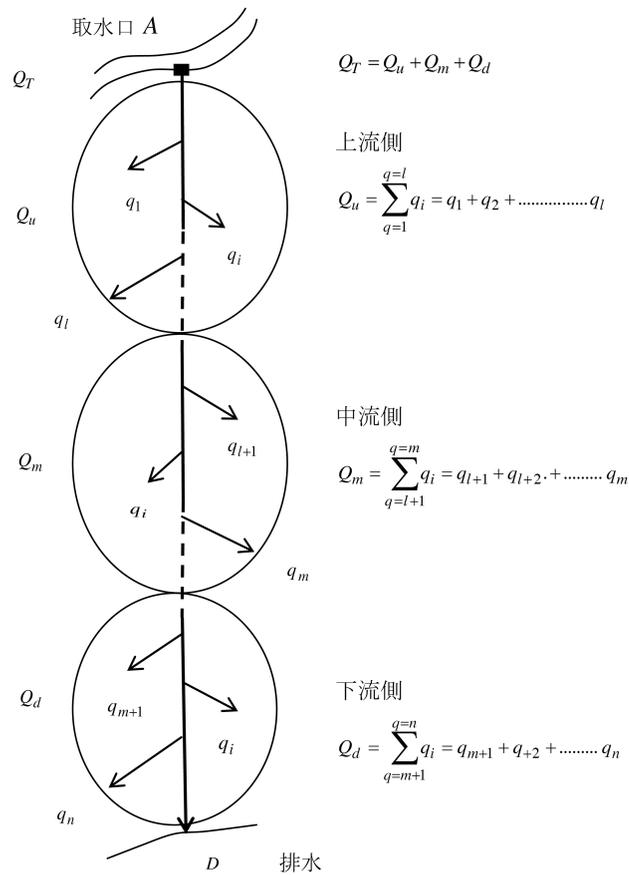


図3：灌漑システムにおける取水と水配分モデル

配分すると、それぞれ $Q_T = Q_u + Q_m + Q_d$ となる。すなわち、取水量 Q_T が上・中・下流側農家に公平に配水され農家が水管理の努力を行うことで、最適な水配分、 Q_u^* 、 Q_m^* 、 Q_d^* が達成されるならば、水配分上におけるナッシュ均衡は $Q_T \geq Q_u^* + Q_m^* + Q_d^*$ となる³⁾。ここで、取水口Aで取水された取水量 Q_T が灌漑水路の上・中・下流側における各地点で農家に配水され、そのときの各地点での取水量を、

$$Q_u = \sum_{q=1}^{q=l} q_i = q_1 + q_2 + \dots + q_l \quad (1)$$

$$Q_m = \sum_{q=l+1}^{q=m} q_i = q_{l+1} + q_{l+2} + \dots + q_m \quad (2)$$

$$Q_d = \sum_{q=m+1}^{q=n} q_i = q_{m+1} + q_{m+2} + \dots + q_n \quad (3)$$

で表す。

ここで、灌漑水量は消費水量ではなく還元水として利用されることから、上・中・下流域における水量は上流側からの還元水量を加味した水量として考慮されなければならないが、還元水は排水路に流出し河川に排水 (D) されるとする。したがって、ナッシュ均衡の場合には $D \geq Q_T - Q_u^* - Q_m^* - Q_d^*$

となる。また、上・中・下流側に位置する農家数を N_u ($u=1, 2, \dots, l$), N_m ($m=1, 2, \dots, m$), N_d ($d=1, 2, \dots, n$) で、 $N_u \cap N_m \cap N_d \in N_f$ (ただし、 N_f は灌漑水路から取水する全農家数) とする。さらに、上・中・下流側における農家の水管理に対する努力による節水後の水量を、それぞれ Q_u^s , Q_m^s , Q_d^s とおけば、利用可能水量との差、すなわち、水管理による節水量は、それぞれ $\delta_u = Q_u - Q_u^s$, $\delta_m = Q_m - Q_m^s$, $\delta_d = Q_d - Q_d^s$ となる。このとき水管理に要するコスト⁴⁾の大きさを $\delta_u > \delta_m > \delta_d$ とする⁵⁾。一方、農家が灌漑用水を利用することで得られる利得を、それぞれ B_u , B_m , B_d とし、水利用に伴う便益を x_i 、水管理コストに見合う補償額(支払額)を t_i とすれば利得関数は $B_u(x_i, t_i)$, $B_m(x_i, t_i)$, $B_d(x_i, t_i)$ で表される。逆に、上・中・下流側の各農家が水管理を怠り過剰な取水を行うときの使用水量を Q_u^w , Q_m^w , Q_d^w で表すと、各流域における過剰な取水による損失量は $\gamma_u = Q_u^w - Q_u$, $\gamma_m = Q_m^w - Q_m$, $\gamma_d = Q_d^w - Q_d$ 、いわゆるコストであり、その大きさを $\gamma_u > \gamma_m > \gamma_d$ とする。ここで、このコストに見合う罰則額を p_i とし、農家の利得関数を $B_u(x_i, p_i)$, $B_m(x_i, p_i)$, $B_d(x_i, p_i)$ で表す。

以上の条件のもとで、下流側農家が水不足に直面するケースを考える。上・中・下流における農家が水管理に対する努力をするか、努力を怠るか、の組み合わせによって下流側農家が水利用が可能か、あるいは水不足に直面するか、が決まることになる。すなわち、 Q_u , Q_m , Q_d が >0 or $=0$ or <0 のときの組み合わせ 27 通りについて、下流側農家が水不足になるケース ($Q_d < 0$) について選定すれば、表1に示すように9通りになる。このうち、ケース①においては上・中流側農家が水管理に努力しているにもかかわらず、下流側農家が努力していない場合の組み合わせを示しており、ここでは除外して考える⁶⁾。したがって、以下ではケース②～⑥の5ケースについて検討する。

(1) ケース②: $Q_u < 0$, $Q_m < 0$, $Q_d < 0$ のとき、すなわち $Q_d = \gamma_u + \gamma_m + \gamma_d$ となり ($Q_d < 0$) で、上・中流側農家が水管理を行わないことから、下流側農家において絶対的に水不足が生じる。

(2) ケース③: $Q_u < 0$, $Q_m = 0$, $Q_d < 0$ のとき、 $Q_d = \gamma_u + \gamma_d$ となり $Q_d < 0$ で、上流側農家は水管理を怠り中流側農家は割り当てられた水量を利用する場合で、下流側農家が適切な水管理を行っているにもかかわらず水不足が生じる。このケースにおいて $Q_d > 0$ であれば、上流側の損失水量 $\gamma_u = Q_u^w - Q_u$ と下流側の節水量 $\delta_d = Q_d - Q_d^s$ との関係から $\delta_d > \gamma_u$, $Q_u + Q_d > Q_u^s + Q_d^w$ となり $Q_d > Q_d^s + \gamma_u$ である。これは下流側への水配分が下流側農家による節水量に上流側農家の過剰水量を加えた水量より大きくなければならないことを意味している。

(3) ケース④: $Q_u > 0$, $Q_m < 0$, $Q_d < 0$ のとき、 $Q_d = \delta_u + \gamma_m + \gamma_d$ となり、上流側農家の水管理による節水量に中流側農家がフリーライドして水管理を怠っていることが想定され、結果として下流側農家が水不足に直面している。このとき、 $\delta_u < \gamma_m + \gamma_d$ の関係にある。

(4) ケース⑤: $Q_u < 0$, $Q_m > 0$, $Q_d < 0$ のときで、 $Q_d = \gamma_u + \delta_m + \gamma_d$ となり、上流側農家が水管理を行わないことに対して中流側農家は水管理を実施しているにもかかわらず、下流側農家が水不足を経験している場合である。このとき、 $\delta_m < \gamma_u + \gamma_d$ の関係にあり、中流側農家が水管理に対する努力を行っているにもかかわらず、下流側農家に水不足が生じている。この場合、仮に $\delta_m - \gamma_u > \gamma_d$ であれば、下流側農家にとって水不足は解消される。

(5) ケース⑥: $Q_u = 0$, $Q_m > 0$, $Q_d < 0$ のときで $Q_d = \gamma_m + \gamma_d$, $Q_d < 0$ となり、上流側農家は割り当てられた水量を利用し、中流側農家が水管理を怠る場合で、下流側農家が適切な水管理を行って

表1： $Q_d < 0$ となる Q_u 、 Q_m 、 Q_d の組合せ

ケース	Q_u の符号	Q_m の符号	Q_d^* の符号	組合 せ数	$Q_d < 0$ となる Q_u 、 Q_m 、 Q_d の組合せ	
					Q_d 関数	水不足の順位
①	≥ 0	≥ 0	< 0	4	—	—
②	< 0	< 0	< 0	1	$Q_d = \gamma_u + \gamma_m + \gamma_d$	1
③	< 0	$= 0$	< 0	1	$Q_d = \gamma_u + \gamma_d$	2
④	> 0	< 0	< 0	1	$Q_d = \delta_u + \gamma_m + \gamma_d$	5
⑤	< 0	> 0	< 0	1	$Q_d = \gamma_u + \delta_m + \gamma_d$	4
⑥	$= 0$	< 0	< 0	1	$Q_d = \gamma_m + \gamma_d$	3

(注) * Q_d は下流農家が水管理を徹底したにもかかわらず、水不足が生じている状況である。

いるにもかかわらず水不足が生じる。このケースにおいて $Q_d > 0$ であれば、中流側農家による損失水量 $\gamma_m = Q_m^w - Q_m$ と下流側農家の節水量 $\delta_d = Q_d - Q_d^s$ との関係から $\delta_d > \gamma_m$ 、 $Q_m + Q_d > Q_m^s + Q_d^w$ となり $Q_d > Q_d^s + \gamma_m$ となる。

以上の結果から、5つのケースにおいて水不足の深刻さを比較する。まず水不足が最も深刻なのはケース②で、 $\delta_u > \delta_m > \delta_d$ および $\gamma_u > \gamma_m > \gamma_d$ より、② > ④ > ⑤ > ③ > ⑥の順で水不足が深刻になる。表1にこれらの結果を整理して示す。

3-2 利得関数による分析

次に、以上の結果をもとに、各流域における農家の水管理による水利用から得られる便益とコストを考慮した利得について分析を行う。上述したように農家が灌漑用水を水管理のもとで効率的に利用することにより得られる便益とコストを利得関数で表すと、 $B_u(x_i, t_i)$ 、 $B_m(x_i, t_i)$ 、 $B_d(x_i, t_i)$ となる。また、非効率的な水利用による利得関数を $B'_u(x_i, p_i)$ 、 $B'_m(x_i, p_i)$ 、 $B'_d(x_i, p_i)$ で表す。ここで、 t_i は水管理に必要なコストに見合う補償額で、 p_i は水管理を怠ることによるコストで罰則額である。利得関数の考え方として、上・中流側の農家が水管理を行い効率的な水利用を行う場合には、下流側農家はそのコストに見合う補償額を支払い、一方、水管理を実施せず非効率的な水利用を行う農家に対しては、水管理組織が罰則額を課すこととする。これは各流域における農家が水管理を行い効率的な水利用を促進するためのインセンティブの問題である。このためには下流側農家と上・中流側農家が水管理の実施をめぐる交渉を行うことになる。すなわち、水管理組織を単位に上・中・下流側農家が水管理をめぐる提携 (coalition) を模索する。

今、上・中流側における農家のうち水管理を怠る農家を Q_i^u 、 Q_i^m 、 Q_i^d とすれば、水管理を実施する農家は $N \setminus Q_i^u$ 、 $N \setminus Q_i^m$ 、 $N \setminus Q_i^d$ で表せる。さらに、水管理の実施による農家の福祉厚生 (便益) を $w_u(N \setminus Q_i^u, Q_u)$ 、 $w_m(N \setminus Q_i^m, Q_m)$ 、 $w_d(N \setminus Q_i^d, Q_d)$ 、以下それぞれ W_u 、 W_m 、 W_d 、で表す。一方、水管理を怠ることによる福祉厚生 (コスト) をそれぞれ $v_u(Q_i^u, Q_u)$ 、 $v_m(Q_i^m, Q_m)$ 、 $v_d(Q_i^d, Q_d)$ 、以下それぞれ、 V_u 、 V_m 、 V_d 、で表す。なお、灌漑システム全体の福祉厚生を N_T とする。次に、表1に示した5つのケースに関して利得関数による分析を行う。ここでは例示的に、ケース②およびケース⑤における利得について分析する⁷⁾。まずケース②における上・中・下流側農家の利得は、

$$B_u^i(x_i, p_i) = B_u(x_i) - p_i < \{V(W_u \cap W_m \cap W_d), Q_T\} - (V_u + V_m + V_d) \quad (4)$$

$$B_m^i(x_i, p_i) = B_m(x_i) - p_i < \{V(W_u \cap W_m \cap W_d), Q_T\} - (V_u + V_m + V_d) \quad (5)$$

$$p_i < B_u(x_i) + B_m(x_i) - (V_u + V_m) \quad (6)$$

$$B_d(x_i) > V_d \quad (7)$$

で表せる。一方、ケース⑤の利得は、

$$B_u^i(x_i, p_i) = B_u(x_i) - p_i > \{v(N_T \setminus W_u \cap W_d), Q_T\} - (V_u + V_d) \quad (8)$$

$$B_m(x_i, p_i) = B_m(x_i) + t_i > \{v(W_u \cap W_d), Q_T\} - (V_u + V_d) \quad (9)$$

$$p_i < B_u(x_i) - V_u \quad (10)$$

$$t_i > V_m - B_m(x_i) \quad (11)$$

$$B_d(x_i) > V_d \quad (12)$$

で表せる。

ケース②およびケース⑤における上式は次のような含意を含んでいる。ケース②は $Q_u < 0$, $Q_m < 0$, $Q_d < 0$ のときで、上・中流側農家が水管理を怠ることで下流側農家が水不足に直面しているケースを表している。式(4)の左辺は上流側農家が水管理を行わないことから、水利用による便益 $B_u(x_i)$ から罰則額 p_i を差し引いた額を示しており、右辺は各流域において水管理を行う農家による福祉厚生から水管理を怠る農家の福祉厚生を差し引いた額で、結果として右辺が大きいことを示している。すなわち、上流側農家が水管理を行わないことに対して罰則を課すことで水管理による効率的な水利用を促すインセンティブを与えている。これは水管理を実施することによる福祉厚生の方が大きいことを意味している。式(5)は中流側農家が水管理を実施していないケースで、同様な考え方を適用できる。また、式(6)の罰則額 p_i は、上・中流域側農家の水利用による便益から水管理を行わないときの福祉厚生を差し引いた額より小さくしなければならないことを示しており、その結果、式(7)は下流側農家の便益が水管理を行わない福祉厚生より大きくなることを意味する。

一方、ケース⑤は $Q_u < 0$, $Q_m > 0$, $Q_d < 0$ のときで、上流側農家は水管理を行っていないが中流側農家は水管理を実施しているのに、下流側農家が水不足に直面しているケースを表している。式(8)については、同様に上記の式(4)の考え方を適用できる。式(9)の左辺は中流側農家が水管理を実施しているのに対して、そのコストに見合う補償額 t_i を水利用による便益 $B_m(x_i)$ に加えた額を示しており、右辺は上・下流域において水管理を行う農家による福祉厚生から水管理を怠る農家の福祉厚生を差し引いた額で、結果として左辺が大きいことを示している。これは水管理を行う中流側農家は水管理に必要なコストを補償されることにより、便益が福祉厚生より大きくなることを意味する。また、式(10)、(12)についても式(6)、(7)の考え方を適用できる。式(11)については中流側農家による水管理に対して支払われる補償額 t_i が水管理を怠るときの福祉厚生から水利用による便益を差し引いた額より大きくなることを意味する。ただし、この場合 $t_i > 0$ より $V_m > B_m(x_i)$ でなければならない。

4. 効率的な水利用をめぐる交渉

一般的に、上流側農家は灌漑水路の上流部に位置することから、灌漑用水へのアクセスが下流側の農家より優位にあることに疑問の余地はない。上流側農家が水管理を適切に行えば、下流側の農家は水不足を回避できる。逆に、水管理を怠れば下流側の農家は水不足に直面する可能性が高い。特に、早魃期における利用可能水量が減少すれば一層この傾向は顕著になる。上流側農家にとって水管理に必要な時間や労働力の機会費用が高くなれば、農家は高い収入源を求め農業外の雇用機会を追求する。こうした、上・下流側農家の水管理による公平な水配分は灌漑システムの運営・管理上において重要な課題である。例えば、不公平な水配分は灌漑料金の徴収率の低下をもたらすことにもなる。多くの灌漑システムには水管理組織が存在し、上・下流側農家間における水配分をめぐるコンフリクトの解消に深くかかわってきている。水管理組織を仲介して、上・下流側農家が水管理による公平な水配分に関して交渉を行うことも少なくない。この交渉においては民主的な手段や対話を取り入れて行われることが重要で、事実多くのアジア諸国の水管理上の問題は民主的な方法（言い換えれば、Water Democracy を適用して）で解決されてきた。

ここでは、上・下流側農家による水管理をめぐる交渉による解決策、特に経済的手段について分析する。一般的に、負の外部性を伴うような環境問題については、コースの定理を適用して議論することが可能であり、外部性を発生する側か、外部性を受ける側か、のいずれかに対して所有権を与えることで問題の解決が可能となる。灌漑システムにおける上流側農家が水管理を怠り、その結果が下流側農家に水不足をもたらすことも負の外部性による影響であり、コースの定理が適用可能である。すなわち、下流側農家に所有権（ここでは水利権）が付与されるなら、下流側農家は上流側農家と交渉を行い水管理の実施を求め、水管理コストを下流側農家が負担することで両者の水配分とコストに関してパレート改善を図ることが可能である⁸⁾ (Yoshinaga, 2012)。

こうした議論を考慮して、以下では図4をもとに上・中・下流側農家における水配分について分析する。同図は上・中・下流側農家の水管理の状況を示している。ここでは、一般性を失うことなく上・中流側農家を同じグループとして扱うことにする。いま、 R をレファレンス・ポイント(Reference Point)とし、 $R = \sum_{i=1}^n Q_i = 0$ で、この点(B)より左側は水管理を実施しないレベル(W_L)を示し、右側は水管理を実施するレベル(W_H)を示している。上・中流側農家 $Q_{u(L)}$ 、 $Q_{m(L)}$ は水管理を実施すること

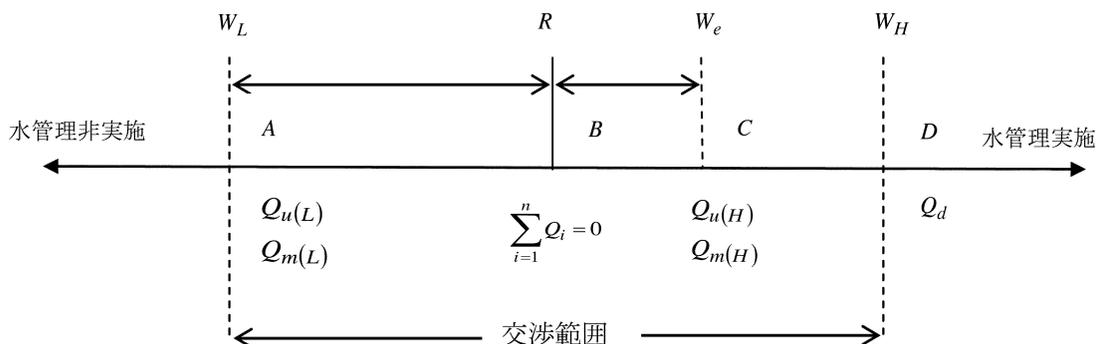


図4：水管理の実施に関する交渉範囲

なく A 点に位置している。一方、下流側農家は水管理を行うことが必要であるとして D 点に位置する。このとき、上・中流側農家と下流側農家の交渉範囲は $[A, D]$ となる。上・中流側農家が水管理を実施しないことで、灌漑システム全体としては $[A, B]$ の福祉厚生⁹⁾の損失を生じることになる。言い換えれば、上・中流側農家は水管理を実施しないことによる時間と労働力を高い機会費用に適用することで収入源(利得)を確保することができる。一方、上・中流側農家と下流側農家が交渉を行い、上・中流側農家が水管理を行うために努力する (w_e) ことに合意し、 C 点に見合う水管理を行うとする。これにより、下流側農家は $[B, C]$ に相当する水利用の効率化による便益を得ることができる。これに対して、上・下流側農家は $[A, B] > [B, C]$ であれば水管理の実施に合意することはないが、 $[A, B] < [B, C]$ であれば合意する。

こうした状況において、水管理組織が、上・中流側農家が水管理を行わず、利用水量に損失を生じる場合には罰則を課し、一方水管理により余剰水を生む場合には補償する制度を確立したとする。そうすれば上・中流側農家は $[A, B]$ に見合う罰則額を課され、 $[B, C]$ に相当する補償額を受け取ることになる。この制度のもとでは、明らかに $[A, B] < [B, C]$ であることから、上・中流側農家は水管理を実施することになる。こうした灌漑システムにおける水管理に関する経済的手段の制度整備は効率的な水利用を促進するインセンティブとして機能する。

5. 現地調査による水管理と水管理組織の活動の評価と分析

5-1 調査の対象地区、方法および内容

この章では、① フィリピンにおける UPRIIS (Upper Pantabangan River Integrated Irrigation System) 灌漑地区 (2011年9月20～21日にかけて実施) および② ラオスにおける NSIP (Nam Suwag Irrigation Project) 灌漑地区および TIP (ThaNgone Irrigation Project) 灌漑地区 (2012年8月7～8日にかけて実施) において水管理と水管理組織⁹⁾に関するアンケート調査を実施した¹⁰⁾。調査で得られた結果をもとに灌漑水路の上・中・下流側に位置する農家が水管理の実施や水管理組織の活動に関して、どのような考えや意見を持っているか考察する。フィリピンの UPRIIS 灌漑地区は中部ルソンの穀倉地帯に位置し、1980年代に世界銀行(一部日本)の援助を受けて完成した受益面積10万ヘクタールを超える大規模な灌漑地区である。灌漑地区は4つの地区(District)に分割され、国家灌漑庁(NIA: National Irrigation Administration)が直轄管理している。今回の調査は灌漑地区の最も北部にある第1地区における Cristmarkita 灌漑者組合および Ubbog Ti Biag 灌漑者組合に属する農家を対象に実施した。対象とした農家は受益農家57戸(上流側農家20戸、中流側農家15戸、下流側農家22戸)¹¹⁾である。

一方、ラオスでは調査地区として NSIP および TIP 灌漑地区を対象とした。前者の NSIP は Vientiane Province および Vientiane Capital の2県にまたがる受益面積約1,500ヘクタールおよび受益農家約1,200戸規模の灌漑地区で水利用者グループに属する農家28戸を対象とした。また、後者の TIP 灌漑地区は受益面積約660ヘクタール規模の灌漑地区で、1970年代に日本による水田農業に関する技術協力の支援を受けており営農能力や水管理に対する認識も高い。両地区とも県レベルで管理されている。調査対象農家は Khen Khai および ThaSano 水利用者グループに属する受

益農家 22 名の協力を得た。したがって、全体で両灌漑地区の水利用者グループに属する農家 50 戸（上流側農家 11 戸、中流側農家 21 戸、下流側農家 18 戸）を対象にアンケート調査を実施した¹²⁾。

いずれの灌漑地区における聞き取り調査の対象農家は現地の水管理組織を通じて無差別に選定してもらい、調査票は両地区で異なる質問内容を事前に用意して実施した。UPRIIS 灌漑地区に対しては CS (Customer Satisfaction) による調査法を応用した。調査においては上・中・下流における水管理および灌漑者組合の活動に関する各質問に 10 項目の選択肢を設定して各質問を通して改善点および各評価に対する相関係数を求めることを目的とした。本灌漑地区で使用した聞き取り調査票は添付資料 1 に示してある。一方、NSIP および TIP 灌漑地区については、各質問項目に対する選択肢を設定して複数回答方式で実施した。本調査においても水管理および水利用者グループの活動に関する各質問に対して 10 項目を設定し複数項目を選択してもらい、各項目に対する対象者の意見を集約し、灌漑水路の上・中・下流側農家における水管理および水利用者グループの活動に関する問題点を把握することを目的とした。本灌漑地区で使用した聞き取り調査票は添付資料 2 に示してある¹³⁾。分析と考察にあたって、前者の UPRIIS 灌漑地区に関しては質問の目的から上・中・下流側農家に区別して分析した。また、後者の NSIP および TIP 灌漑地区については、質問が水管理および水利用者グループに関する一般的な質問であることから、対象農家の総合的な意見を集約する観点から回答農家全体について分析した¹⁴⁾。以下では UPRIIS 灌漑地区と NSIP および TIP 灌漑地区に分けて分析と考察を行う。

5-2 UPRIIS 灌漑地区の調査結果の分析と考察

本灌漑地区に対する聞き取り調査票（添付資料 1 参照）は CS 分析を応用できる内容として作成した¹⁵⁾。CS 分析の適用にあたっては灌漑地区における受益農民が水管理組織による水配分にかかわるサービスおよびそのための組織の維持管理などに関する点を考慮した。質問は、① 灌漑者組合の活動に関する項目（質問 1-1）と ② 水管理の評価に関する項目（質問 2-1）に分けられる。また両質問には相関係数と改善点を判断するために総合評価を設定した。分析は質問に回答した全農家と灌漑水路の上・中・下流側に位置する農家を 4 区分して行った。付属表 1 に、CS 分析のアウト・プット（質問 1-1 に対する下流側農家および質問 2-1 に対する中流側農家）を例示してある。同表には、満足（1）の選択数、満足率、総合評価との相関係数、総合評価との決定係数、満足率の順位、決定係数の順位、順位の和、が計算されている。ここで順位の和が小さい項目は“改善の余地が大きく、総合評価との相関が強い”ことを示している。このアウト・プットをもとにさまざまな分析が可能であるが、ここでは付属図 1-1 および 1-2 に、質問 1-1 および質問 2-1 に関して 4 区分毎に 10 の質問項目に対する 5 段階の評価の割合を示してある。

まず、質問 1-1 について、ほとんどの項目について 50% を超す満足率を示す結果が得られた一方で、上・中流側農家は項目「灌漑者組合員数の減少」、「灌漑者組合員の老齢化」、「過去に大きな問題に直面」に対して 50% 前後で「全く・ある程度そう思う」と答えた農家が多く、いずれも灌漑者組合が抱える共通の問題について認識している。下流側農家も後者の 2 項目については同様な意見である。「灌漑料金が割高」という項目に対して、下流側農家は上・中流側農家に比べて 23% が「そうは思わない」と答えた割合が高いのは水不足への認識が高いことによる。また、付属図 2-1 に示す順位の和（満足率に総合評価との決定率を加えたもの）を見ても同様に、上流側農家においては

「灌漑者組合員の老齢化」、中流側農家においては「灌漑者組合員の老齢化」、「過去に大きな問題に直面」、下流側農家においては「過去に大きな問題に直面」が最も改善すべき項目として挙げられている。これは灌漑者組合の組合員の老齢化が進み、灌漑者組合が過去に水配分や水利用をめぐるさまざまな問題を抱えてきたことに対する改善が必要であることを意味している。しかし、全農家における順位のをみると、「灌漑者組合の活動が縮小」、「灌漑者組合の役割や活動が効果的でない」が最も改善を必要とする項目となっている。

次に、質問2-1の水管理の在り方に関して言及する。上流側農家は「水管理による気候変動に対する適応策」、「気候変動による水利用・水不足への影響」を心配する回答は80%前後を占め、中・下流側農家は上流側農家の2項目に加えて、それぞれ「灌漑料金の未払い」、「旱魃のとき平等な水配分の未実施」に対して「全く・ある程度そう思う」と答えた農家が多い。中流側農家における「灌漑料金の未払い」(54%)に対する意見は他の灌漑水路では異なるかもしれないが、水利用へのアクセス、上流側農家の水管理に対する「タダ乗り」の可能性を考慮すれば灌漑料金の支払いに対する認識が低いことも考えられる。さらに、下流側農家の「旱魃のとき平等な水配分の未実施」(54%)に対する不満は適切な水管理が行われていなければ当然のことと言えよう。また、付属図2-2に示す順位のをみると、上流側農家は上記と同様の傾向を示し、中流側農家は「気候変動による水利用・水不足への影響」に加えて「水管理をめぐるコンフリクトの増加」を指摘しており、下流側農家は「灌漑者組合員の水管理に関する認識の低下」、「灌漑料金の未払い」を改善項目として取り上げている。さらに、全農家における順位のをみると、「水管理をめぐるコンフリクトの増加」、「灌漑者組合員の水管理に関する認識の低下」、「灌漑者組合員の間で水管理の討論の減少」、「灌漑者組合員の中に水の希少性を未認識」の項目の順で改善への優先度が高い。いずれの項目も多くの水管理組織にとって共通した課題であると言ってよい。

ここで適用したCS分析の結果を評価するにあたって、満足率と総合評価との相関係数は付属表1に示すように必ずしも高くない。また、設定した質問10項目に対する上・中・下流側農家の意見は農家の実態調査や灌漑水路と農家の圃場の位置関係を考慮していないこと、調査対象農家数が十分ではないことなどを指摘しておく必要がある。

5-3 NSIP および TIP 灌漑地区の調査結果の分析と考察

両灌漑地区における聞き取り調査は、添付資料2に示すように各質問に対する選択項目を設定して複数回答(3回答以内)を求めた。聞き取り調査として5つの質問を設定した。すなわち、①水利用者グループの活動の評価(質問6-2)、②水利用者グループの改善すべき点(質問6-3)、③水管理の実施に関する評価(質問7-1)、④水管理の行動は民主的であるべき(質問7-3)および⑤灌漑料金の徴収の必要性(質問8-2)、である。これらの質問項目に関して、回答した全農家と灌漑水路の上・中・下流側に位置する農家に4区分して分析を行った。分析結果は付属図3-1、3-2および3-3に縦棒グラフを用いて示している。この分析をもとに回答数の多い項目順(30%以上)に整理すると表2に示すようになる。

まず、水利用者グループに関して、質問6-2(水利用者グループの活動の評価)において、上・中・下流側農家とも「水の価値についての認識」、「生産量の増加」、「農民同士のコミュニケーションの改善」を指摘しており、中・下流側農家は「水の価値についての認識」に最も高い関心(70%)を

表2：上・中・下流側農家の選択項目

質問	選択項目			
	対象農家全体	上流側農家	中流側農家	下流側農家
6-2	2→6→7→1	7→2→6→1,3	2→4→6→8	2→6→7, 10
6-3	6→4→2, 3	6→4→3	2→3→6→4, 8	6→4→3
7-1	4→6→2	4→3→2, 9	4→2	4→6→8
7-3	2→8→7→4	8→2→4→9	7→8	2→7→8→3, 4
8-2	3→4→8→9	3→8→4→9	3→4→9	3→4

(注) 項目に対する回答の割合の大きさは矢印の方向（左から右に向けて）小さくなる。また、矢印がない表示は同率の割合であることを示す。

示している。水利用者グループの役割として受益農家に対する水の価値に関する認識向上が求められる。質問6-3（水利用者グループの改善すべき点）についてはいずれの農家も「規則・ルールが弱く拘束力がない」、「水管理のための予算の不足」、「農民の要求に対して行動しない」が指摘されており、中流側農家は「水配分に関する活動が不十分」が70%を占めている。全農家で見ると「規則・ルールが弱く拘束力がない」が過半数（54%）を占めており、水利用者グループの権限が小さいことを示している。

次に、水管理に関して、質問7-1（水管理の実施に関する評価）については、上・中・下流側農家に共通する項目として、ここでも「水の価値に対する認識」が指摘されており、他に上・中流側農家は「上・下流間の公平な水配分」、下流側農家は「水紛争の減少」をあげている。これらの項目はいずれも水利用者グループとしての基本的な活動である。質問7-3（水管理の行動は民主的であるべき）について、共通項目としては「農民と水利用者グループの関係維持のため」、「水利用の効率性を高めるため」で、下流側農家は「対話は最良の問題解決手段」に高いウエイト（55%）をおいており、結果として全農家の回答においても同項目が44%を占めている。水管理におけるWater Democracyの実践のためには対話による問題解決は不可欠である。

最後に、灌漑料金の徴収に関して、質問8-2（灌漑料金の徴収の必要性）において、「灌漑システムの維持管理のために必要」、「水管理の改善のために有効」が共通項目として取り上げられ、前者については70%前後に達する。全農家の回答ではこれらの項目に続いて「農家および水利用者グループの義務」、「水利用者グループの水管理にとって不可欠」が30%を超えている。いずれも灌漑料金の徴収にとって不可欠な項目が指摘されていることに留意したい。

6. 結論と今後の課題

本稿においては、灌漑システムにおける公平な水配分のための水管理と水管理組織の活動や役割に関して、理論的な分析とフィリピンとラオスにおける現地アンケート調査を通じて分析と考察を行ってきた。まず、理論分析では、灌漑水路の上・中・下流側農家が水管理を実施するか、怠るか、によって下流側農家が水不足の影響を受ける各ケースについて、水管理を促進するための経済的な

インセンティブを加味して下流側農家の水不足の解決策について検討した。すなわち、インセンティブとして下流側農家による上流側農家の水管理の実施に要するコストに対する補償あるいは水管理を実施しない上流側農家に対する罰則を考慮した。特に、上流側農家は水管理に要する時間と労働力を機会費用の高い収入源に振り向けることにより、水管理を怠りがちである。上流側農家の水管理を促進するための下流側農家が提供するインセンティブを有効なものにするためには両者が提携を組むことが必要である。今後の課題として、この提携の在り方に関してゲーム理論を用いた分析についても考慮すべきであろう。さらに、公平な水配分に関して上・下流側農家による交渉による解決策についても議論した。この場合も同様に、経済的なインセンティブを考慮することが解決策の一つにつながることを示した。

こうした理論分析をうけて、フィリピンとラオスにおける調査対象灌漑システムで実施した水管理と水管理組織に関する現地アンケート調査で得られたデータを簡単な統計的処理により分析した。また、両灌漑システムにおける調査では異なる調査票を使用した。前者のフィリピンにおける調査ではCS分析を適用して、受益者である農家が水管理組織による水管理サービスに対してどのような評価をしているか、について明らかにした。例えば、水の価値に対する認識の欠如、旱魃時における不公平な水配分、気候変動による水不足への影響、灌漑者組合員の高齢化など、水管理を実施するうえで基本的な要素に対する指摘が多く見られた。また後者のラオスにおける調査では、①水管理組織、②水管理および③灌漑料金の徴収の3つの側面について関連項目を選択する方法で実施した。分析は調査対象農家全体、上・中・下流側農家に分けて分析した。特に、灌漑水路の上・下流側農家の間では水配分や灌漑料金の徴収に関して相違が見られた。今回実施した現地アンケート調査の標本数は灌漑サービスの規模（受益面積や農家数など）からみて必ずしも十分ではないが、灌漑水路の上・中・下流側農家が上記の3つの側面に対してどのような考えや意見をもっているか、についてその一端を理解することは可能である。水管理や水管理組織の活動に関する決定や運営は民主的な方法、いわゆる Water Democracy にもとづいた灌漑システムの維持管理が求められる。この点で、今後灌漑システムで Water Democracy が機能しているか、仮に機能していないとすれば、その再構築に向けてどのような合意と政策的支援が必要とされるか、について調査と議論を展開していくことが求められる。

「謝意」

本稿を作成するにあたっては、文部科学省科学研究費「気候変動に対する適応策としての Water Democracy の再構築に関する研究」（研究課題番号：21405029）による支援を受けた。また、現地調査においてはフィリピンの国家灌漑庁およびラオスの農業省灌漑局の支援を受けた。ここに感謝の意を表したい。

注釈

- 1) 2009年に日本で開催された洞爺湖 G8 サミットにおいて、2008年におけるオーストラリアや米国における旱魃による穀物生産量の減少により国際価格が上昇し途上国の貧困者への影響が憂慮された。こうした事態を受けて数十年ぶりにサミットの議題に農業への投資（灌漑用水を含む）が取り上げられたが、その後における国際社会による農業への投資は思うように進んでいない。

- 2) 農業用水の多くは消費水量ではなく、水質が確保されるならば大半は還元水として排水路を通して河川へ流出し、下流側で再利用が可能である。
- 3) ここでのナッシュ均衡は各農家が割り当てられた水量を適切に利用した場合を想定している。しかし、農家が効率的な水利用を行うことで、 $Q_T > Q_U^* + Q_M^* + Q_D^*$ となることも可能で、この場合ナッシュ均衡はさらに最適な水配分へと変化する。
- 4) 水管理に要するコストとして時間や労働力が考えられる。また、そうしたコストを機会費用として捉えることが可能である。
- 5) 上流側農家は灌漑用水へのアクセスの優位性から、水管理に要する時間や労働力を機会費用に費やす確率が下流農家に比べて高いといえる。
- 6) 一般的に考えて、水不足に苦しむ下流側農家が上・中流側農家による水管理の努力に“タダ乗り”することは想定し難い。
- 7) その他のケース（③、④、⑥）についても同様な考え方が適用できる。
- 8) 詳細な分析については Yoshinaga (2012), pp.157-158 を参照して下さい。
- 9) 水管理組織の名称に関して、フィリピンでは灌漑者組合 (Irrigator's Association)、ラオスでは水利用者グループ (Water User's Group) が用いられている。
- 10) 現地調査は NIA (国家灌漑庁) の協力を得て実施した。
- 11) 結果的に聞き取りを行った農家は下流側農家、上流側農家、中流側農家の順となり、上・下流側農家にウエイトをおいた結果となった。
- 12) 現地調査は農業省灌漑局の協力を得て実施した。
- 13) 現地で使用した調査票は事前にラオス語に翻訳したものを使用した。
- 14) 両灌漑地における調査対象農家数は灌漑システム全体から見ると十分とは言えないが、灌漑水路の上・中・下流側の農家数としてはある程度の回答者数を確保できたと判断する。
- 15) CS 分析については池田 (online) および菅 (2007) を参照した。本稿においては、特に前者を参考とした。

参考文献

- (1) Ambec, S and Dinar, A (2010) : Hot Stuff: Would Climate Change Alter Transboundary Water Sharing Treaties, Working Paper 01-0810, Water Science and Policy Center, University of California
- (2) Ambec, S and Ehlers, L (2007) : Cooperation and Equity in the River Sharing Problem, Working Paper GAEL ; 2007-06, INRA
- (3) Griflin, R.C (2006) : Water Resource Economics, The Analysis of Scarcity, Policies, and Project, The MIT Press
- (4) Shiva, V. (2000) : Water Wars, Spouth End Press
- (5) Yoshinaga, K (2011) : Sustainable Water Management for Food Security—Theoretical Considerations—, Vol.15, Journal of Regional Development Studies, Toyo University, pp.151-176
- (6) 菅民朗 (2007) : 「Excel で学ぶ多変量解析入門」第2版、オーム社、79—96 ページ
- (7) 三池克明 (online) : CS 分析の基礎、<http://www.k-miike.net/educator/kyozai/cs.pdf> (2012年7月現在)
- (8) 吉永健治 (2009) : 灌漑システムにおける最適な水配分のための誘因策と罰則に関する分析—フィリピン Balanac River Irrigation System を事例にして—, Vol.12, 国際地域学研究、東洋大学、1-20 ページ
- (9) 吉永健治 (2012) : 灌漑システムにおける水管理の進化と制度設計に関する考察—公平な水配分のための水管理組織の行動と役割—, Vol.16, 国際地域学研究、東洋大学、(近刊予定)

Analysis on Water Sharing Practice in Irrigation Canal — Analysis based on Theory and Field Survey in Philippines and Lao PDR —

Kenji YOSHINAGA

The paper analyzes roles of water management by water user's association for a fair water sharing in irrigation system based on theory and field questionnaire survey in Philippines and Lao PDR. It argues theoretically economic measures as an incentive against uncertainty of water management among farmers upstream and midstream by which the farmers downstream will have positive or negative effect through availability of water sharing. As economic measures, it focuses on the compensation by farmers downstream for the cost of water management by farmers upstream and penalty imposed to the farmers upstream who neglect the water management. The farmers upstream in particular are used to employ their time and labor for a high opportunity cost by neglecting water management. Against these situations, the coalition between farmers and downstream should be established for making these incentives active in its actual application. An application of Game Theory could help to analysis on this subject.

Having the theoretical analysis in mind, the paper also carries out simple statistical analyses on water management by water user's association in irrigation system based on data collected in Philippines and Lao PDR. In case of irrigation system (UPRIIS) in Philippines, the CS (Customer Satisfaction) analysis is applied for evaluating water management services by water user's association. It clarifies basic elements required in water management such as; a lack of recognizing water value, unfair water allocation during a period of drought and an increase of aged member in water user's association. The survey in irrigation systems (NSIP and TIP) in Lao PDR applied questionnaire survey method for three subjects which are related to; water user's association, water management practice, and irrigation fee collection. Farmers upstream, midstream and downstream along the same irrigation canal are targeted for the survey in a random way. The outcome, for example, on water user's association points out its contribution to increased recognition of water scarcity and value, increment of production and improving dialogue among farmers. In a short, the better water management requires the democratic approach for solving water conflict and enhancing efficient water use among farmers. To this end, it requires rethink of significance of "water democracy".

Key Words : *Water sharing practice, Water management, Water user's association, Theoretical analysis, UPRIIS, NSIP and TIP, CS analysis, Water democracy*