

需要主導型農業水利サービスのための地域政策

立正大学経済学部

東京大学大学院新領域創成科学研究科

国際農林水産研究センター社会科学領域

農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所

櫻井 一宏^{*}

中村 中

小林 慎太郎

丹治 肇

Agricultural water services, which are mainly for rice cultivation, have considered to be supply-driven management system from water restriction or time constraint in Japan. The water supply system is managed by semi-public sector in each region for a long time without market mechanism and demand-side intention. However, agricultural water supply should be regarded as irrigation services and it is needed to consider requirements for providing desired services as well as efficient water distribution. In this study, we discuss a policy of demand-driven management for agricultural water use to analyze the information from the case study of a regional water works in Japan. First, we investigate the demand and potential needs of farmers about irrigation services, and grasp the agricultural conditions quantitatively from an economic viewpoint. Next, we evaluate the regional policy for the demand-driven management of agricultural water use by the model simulation in the target area.

Keywords: irrigation facilities, agricultural water use, demand-driven management

JEL classifications: Q25, O21

1. 研究の背景と目的

わが国の近代的農業用水は、稲作を主な対象として第二次世界大戦後の公共事業を中心に整備されてきた。2009年時点で水路としての総延長は約40万km、ダム等の基幹的施設は約7千ヶ所にのぼり、その他小規模なため池などを含め全農地の3分の2が灌漑対象地としてカバーされている（農林水産省，2010）。

今日に至るまで、これらの農業用水は供給者主導型のシステムによって水利サービスが構築されてきた。すなわち供給者側が規定した供給量・価格などの水利サービスに基づき、需要者側が受動的にこれを利用する形態である（白井，1998）。一方で近年になり、水資源問題に対する国際的関心の高まりやサービス科学的アプローチの発展に伴い、需要者主導型のシステム構築による農業用水の効率的な利用や農業従事者の多様なニーズ反映が期待されつつある（Diner *et al.*, 2003）。更に、親水環境の提供や野生生物の生息地としての役割など、単に農業生産資源に留まらない多面的機能も重要視されている（Faurès *et al.*, 2002）。

しかし、現状は理論的考察・提言が行われている段階にあり（Berck *et al.*, 1991; Morardet *et al.*, 2005）、実際の用水への適用について具体的に調査・分析した事例は殆ど報告されていない。従って、まず水利サービスの需要者である農業従事者を対象として、水利用の実態や顕在的・潜在的なニーズの把握を把握し、それに基づいた具体的な検証を行うことが喫緊の課題であると言えよう。

そこで本研究では、①水利用に係る稲作農家の現状及び意識を経済学的観点から定量的に把握すること、②それを基により望ましい農業用水のサービス形態について考察すること、を目的として、実サイトにおけるアンケート調査と、それを基にしたモデルの構築およびシミュレーション分析を行った。

2. アンケート調査の実施

2.1 調査の概要

1) 調査対象地

対象とする農業用水には、①水需要量に対し供給可能量が慢性的に不足しており、効率化による解決が望まれていること、②設備の老朽化に伴うリプレースが検討されていること、の2点から、愛知県の尾張丘陵部から知多半島にかけて上水・工業・農業の各用水を供給する、愛知用水を選定した。

愛知用水は、降水量が少なくかつ大河川のない知多半島における水不足の解消を目的として建設された水路である。1949年に農林省（当時）が調査を開始し1957年に着工、1961年に完成を見た。水源は木曾川水系に属する牧尾ダム・味噌川ダム・阿木川ダムの3つのダムである。愛知用水の受益農地は、約13,584ha（水田8,536ha、畑4,113ha、樹園地935ha）であり、幹線水路は112km、幹線水路から分岐して農業用の水を導く支線水路は1,012kmにおよぶ（大澤ら、2004）（図1）。中でも本研究においては、農地の開発・整備までを含め公共事業として計画・実施された供給者主導型システムの典型例である一工区を、アンケート調査の対象地区とした。

2) 調査手法

当該工区内の農業事業家数が限定的であり、かつ研究目的上、画一的な質問・回答が困難であることが想定されたため、ヒアリング調査の形態を採った。

質問内容は、大きく3項目—①基本属性、②農業経営規模（農業生産費・農業収入）、③水利用に関する現状と意識—から構成し、ヒアリング対象事業家の回答形式に応じて適宜質問方法を調整した。

3) ヒアリング調査の実施とデータの分析

2012年3月29日、当該工区内にて稲作を実施する農業事業家計6件に対しヒアリング調査を実施した。尚、ヒアリング対象農業事業家の総耕作面積は1,660aであり、当該工区全体（およそ2,500a）の66.4%に相当する。

収集したヒアリング結果は、政府・自治体等による各種統計資料（農林水産省、2012；愛知県、2012）や地元JAからの情報提供及び愛知用水土地改良区資料を基に換算・補正・補完して定量化し、それを基に各種分析を行った。

2.2 調査結果

ヒアリング結果の概要を基にした経営規模による農業生産費の関係を図2に、農業収入の関係を図3に示す。農業収入は一次式つまり線形的に近似した（図3、 $R^2=0.9672$ ）が、一方で農業生産費は経営規模に対して3次の多項式でよく近似した（図2、 $R^2=0.9859$ ）。即ち、①本工区における農業収入は耕作面積に正比例して増大する、②農業生産費は、当初生産規模が大きくなるにつれ対数的に増加するものの、耕作面積1,000~1,500a付近で一旦横ばいになり、それ以上になると累乗的に増加していく、との傾向がみられた。また、耕作規模と水利用支出との関係については、耕作面積の増大に従い単位面積あたり水利用支出は累乗的に減少する傾向がみられた。

農業及び水利用に関する定性的な意識として、回答の一例を下記に示す。



図1 愛知用水幹線・支線水路及び受益地

- 事業家A：「生産費やリスクを上昇させてでも、収益を最大化させたい」
- 事業家D：「本業の片手間で耕作しているので、一定の収量が得られればよい」
- 事業家E：「人手も資本も嵩むので、廃業も検討している」

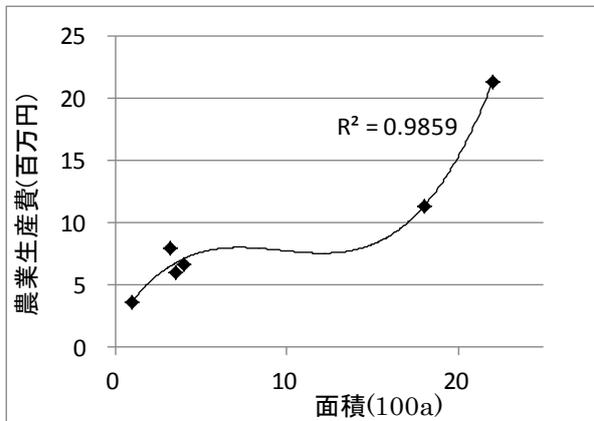


図2 耕作規模と農業生産費の関係

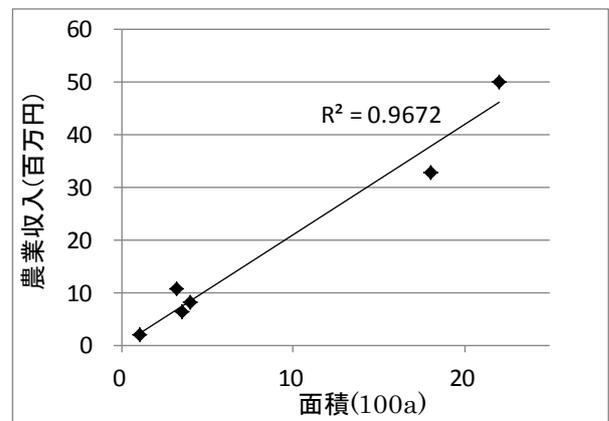


図3 耕作規模と農業収入の関係

3. モデル分析

3.1 モデルの概要

アンケート調査の対象地である愛知用水をはじめとした日本の稲作農家の現状を基に、仮想対象地として図4のような農業用水とその受益地を想定した。受益地は3つの区画からなり、上流側からそれぞれA, B, Cと呼ぶ。各区画には表2のように農家が属している。各農家は、次節に示すようなモデル式に従い、それぞれ各自の耕作規模や価値観に基づいて自己の効用を最大化するための行動を取る。また農地の耕作条件は一樣ではなく、時間的・空間的に偏差がある。具体的には、①田植え時期が早いほど米の取引価格は高くなる、②下流側の耕作地ほど単位面積当たり収量が多い、の2点が傾向として挙げられる。なお、どの農家の田圃も1枚あたりの面積は10aであり、これを耕作の最小単位とする。

3.2 モデル式

1) 利潤

農家の利潤は作物収入から総農業生産費を減じることで求まる。

$$\pi = R - TC \quad (1)$$

$$TC = WC + OC \quad (2)$$

π ; 利潤, R ; 作物収入, TC ; 総農業生産費,
 WC ; 水利費, OC ; 水利費以外の農業生産費

2) 農業生産費

水利費以外の農業生産費は、耕作面積に比例する

$$OC = \varphi \cdot L \quad (3)$$

φ ; 農業生産費係数, L ; 耕作面積

表2 農家の属性

区画	農家名	耕作面積 (10a)	価値観
A	A1	5	タイプ③
	A2	10	タイプ③
	A3	15	タイプ③
	A4	20	タイプ③
	A5	25	タイプ③
	A6	30	タイプ③
	A7	35	タイプ③
	A8	50	タイプ③
	A9	100	タイプ③
	A10	150	タイプ②
B	B1	50	タイプ③
	B2	60	タイプ③
	B3	100	タイプ②
	B4	150	タイプ②
	B5	200	タイプ①
C	C1	50	タイプ②
	C2	100	タイプ①
	C3	500	タイプ①



図4 仮想対象地の概要

水利費は、単位面積当たり水利費と耕作面積の積により決定される。ここで、単位面積当たり水利費は田植えを行った期に依存する。

$$WC = \gamma(t) \cdot L \quad (4)$$

$\gamma(t)$; 各期の単位面積当たり水利費

3) 作物収入

作物収入は、各期の販売価格、各期の単位面積当たり収量と、耕作面積の積により求まる。ここで、販売価格及び単位面積当たり収量は田植え時期に依存する。

$$R = p(t) \cdot Y(t) \cdot L \quad (5)$$

$p(t)$; 各期の販売価格, $Y(t)$; 各期の単位面積当たり収量

4) 用水の維持管理

用水は、管理組合によって各農家の水利費より維持管理され、その金額は一定であるものとする。

$$WC = TB \quad (6)$$

TB ; 管理組合の総維持管理費

5) 用水の供給水量と使用量

各期の水使用量は、単位面積当たり水使用量と耕作面積の積により求まる。その際、各農家は特に制限されない場合には、最適な単位面積当たり水使用量よりも1割多く取水するものとする (Belder *et al.*, 2004)。また、各期の水使用量は、用水の供給水量制限内でなくてはならない。

$$WU(t) = \epsilon(t) \cdot L \quad (7)$$

$$WU(t) \leq LWA(t) \quad (8)$$

$WU(t)$; 各期の水使用量, $\epsilon(t)$; 各期の単位面積当たり水使用量, $LWA(t)$; 各期の供給水量制限

6) 各農家の行動

各農家は、自己の効用を最大化するための行動を取る。農家の価値観は下記の三種類に大別される。但し、何れのタイプに属する場合も、利潤が得られないと見込まれる場合には耕作を行わない。また、最適解が複数存在する場合、タイプ①の農家はより田植えの早い選択肢を、タイプ②及び③の農家はより農業生産費の低い選択肢を好むものとする。

タイプ① 利潤追求型 : 当該農家は、利潤を最大化する。

$$\max \pi, \text{ s.t. (1)~(8), } \pi > 0$$

タイプ② バランス型 : 当該農家は、農業生産費に上限を設け、その範囲内で利潤を最大化する。

$$\max \pi, \text{ s.t. (1)~(8), } TC \leq LTC, \pi > 0$$

LTC ; 農業生産費の上限

タイプ③ 生産費抑制型 : 当該農家は、農業生産費を最小化する。

$$\min TC, \text{ s.t. (1)~(8), } \pi > 0$$

7) シナリオ

下記の3つのシナリオを設定した。

- I. **上流優先制** : 上流側の農家から優先的・独占的に取水する。そのため、より下流側の区画は、上流側の農家による取水量がその期の上限に達しなかった場合のみ、利用可能量の残余内で取水できる。
- II. **平等分配制** : 用水の管理組合が、全ての農家に対して耕作面積に比例した水利用権を平等に分配する。従って、ある期の単位耕作面積当たり取水可能量は、どの農家も同一である。
- III. **変動価格制** : 水需要の多寡に応じて水利費を変動させることにより、需要と供給をバランスさせる。具体的には、水量制限を需要が超過する期については水利費単価を値上げし、逆に需要が一定以下

の期については単価を値下げする。最終的には、各期における農家の合計水需要は水量制限内に収束し、かつ合計の水利費はシナリオⅠ・Ⅱと同額となる。また、各期・各農家の取水量は、期待収量を確保する最適値（最小値）に制御される。

3.3 モデル分析結果

モデルの各シナリオにおける農家の作物収入、農業生産費、利潤を価値観のタイプ毎に示す（図5）。地区全体の値としては、農業生産費・利潤共に、変動価格制・平等分配制・上流優先制の順に高い値を取った。また、各タイプ別にみると、全タイプの農家にとって変動価格制は上流優先制よりも利潤の高いシナリオであり、利潤を62～380%上昇させていた。

また耕作面積と水利費の関係（図6）をみると、上流優先制及び平等分配制では耕作面積の小さな農家ほど水利費負担の割合が高かったのに対し、変動価格制では耕作面積に比して単位面積当たり水利費が高くなる傾向を示した。

4. 考察

アンケート調査の結果から、対象工区の特徴として下記の3点が示された：①同一工区内でも、耕作規模には大きな差がある、②制度上、耕作規模が小さいほど、水利費などの負担割合が大きくなる、③これらに伴って、農家による価値観（経営方針やニーズ）は様々である、特に大規模農家が利潤を追求する傾向にある一方で、小規模農家の多くは農業生産費やそれに伴うリスクを減少させたいと考えている。本工区の一事例ではあるが、本結果は、全ての農家に対して一様の水利サービスを提供する既存のシステムには課題がある、との理論的考察や提言に整合するものと言える。

また、それを踏まえたモデル分析の結果からは、変動価格制の導入により、異なった価値観を持つ農家それぞれに対して、そのニーズを満足することが示された。即ち、変動価格制のシナリオにおいては、①利潤追求型の農家に対する利潤の増大、②バランス型や生産費抑制型の農家の農業生産費の減少、を同時に満足し、結果的には後者の利潤も増大させた。更に、そのような需要者主導型の直接的な利点に加え、地域全体の農業生産費・利潤をも増大させていることが注目される。その要因として、従来型の制度に比べ価格変動

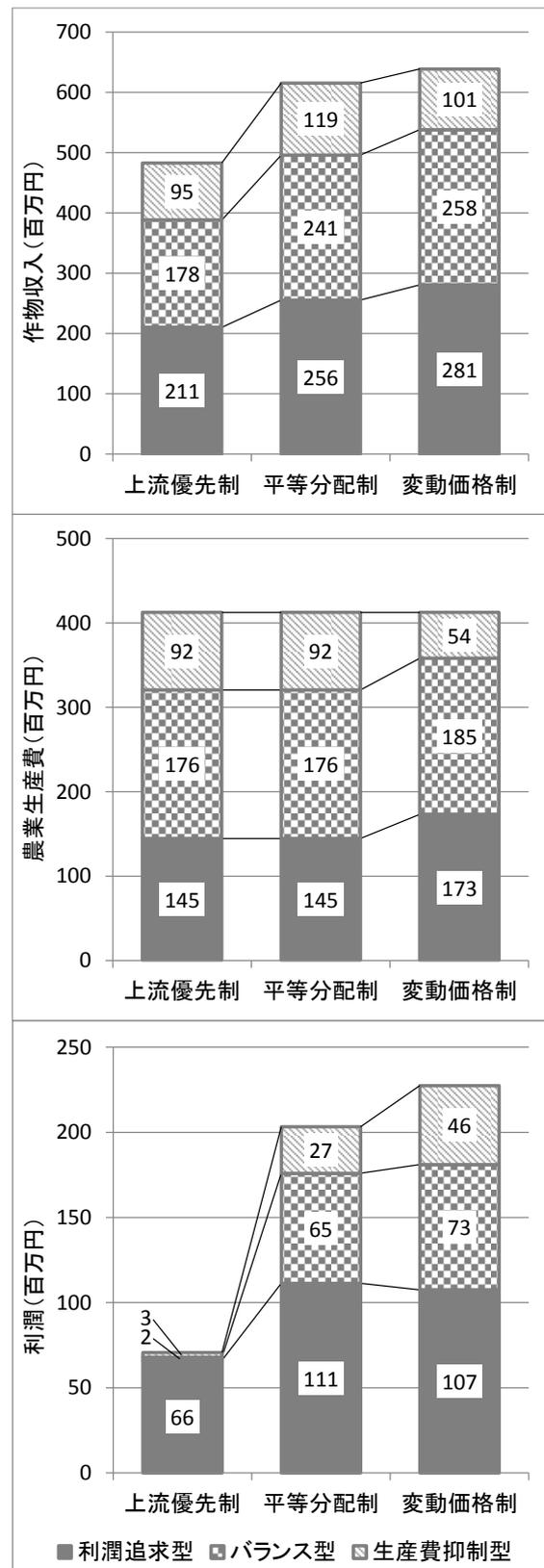


図5 各シナリオにおけるタイプ別農家の作物収入、農業生産費、利潤

制が市場原理に基づいた施策である為、その土地・農家にとって最も効率的な田植え時期が選択されたことが挙げられよう。また、ヒアリング調査では、複数の小規模農家が人材や資本の制約から廃業を含めた検討をしていることが明らかになったが、変動価格制はこうした小規模農家が持続可能に営農活動を行う一助としての役割も期待される。

5. 結論と今後の課題

我が国の稲作農家は、多様な経営形態・価値観を持っていることがアンケート調査より確認された。そうした中であって需要者主導型の水利サービスは各農家のニーズにきめ細かく対応可能であり、同時に地域全体の生産性をも上昇させることが期待できることがモデル分析から示唆された。

今後、現地調査の継続によって農業用水における水利サービスの現状や課題を明らかにすると共に、Multi Agent System などのより詳細で現実に即した分析が可能となるアプローチに基づいたシミュレーションを行い、具体的な施策やその効果について検討することが重要であろう。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業における研究開発プロジェクト「農業水利サービスの定量的評価と需要主導型提供手法の開発」の一環として実施された。関係各所のご協力に深謝します。しかしながら、本稿における研究内容等に関してはその全てが筆者の責任によるものであることを付記しておく。

引用文献

- 農林水産省農村振興局 (2010) 農業基盤情報基礎調査. デジタルデータ
- 白井義彦 (1998) 近代日本における農業水利費の量水制賦課方式の成立に関する歴史の実験. 愛知学院大学教養部紀要, 46(2), 3-33.
- Dinar, A., Tiwari, D. (2003) Prospects for irrigated agriculture: whether irrigated area and irrigation water must increase to meet food needs in the future. 111p, World Bank
- Faurès, J.M., Hoogeveen, J., Bruinsma, J. (2002) *The FAO Irrigated Area Forecast for 2030*. Food and Agriculture Organization
- Berck, P., Robinson, S., Goldman, G. (1991) The Use of Computable General Equilibrium Models to Assess Water Policies, *The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture*, 489-509.
- Sylvie, M., Douglas, M., Jetrick, S., Hilmy, S. (2005) Improving Irrigation Project Planning And Implementation Process: Diagnosis And Recommendations, *International Water Management Institute*, H038124.
- 大澤賢修・立松功 (2004) 愛知用水の生い立ちと特色. 農業土木学会誌, 第73巻第2号, pp.87-90
- 農林水産省大臣官房 (2012) 農業経営統計調査. 平成22年, デジタルデータ
- 愛知県農林水産部 (2012) 動向調査資料 No.151 農業の動き 2012, デジタルデータ
- Belder, P., Bouman, B.A.M., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E.J.P., Yuanhua, L., Tuong, T.P. (2004) Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia, *Agricultural Water Management*, 65(3), 193-210.

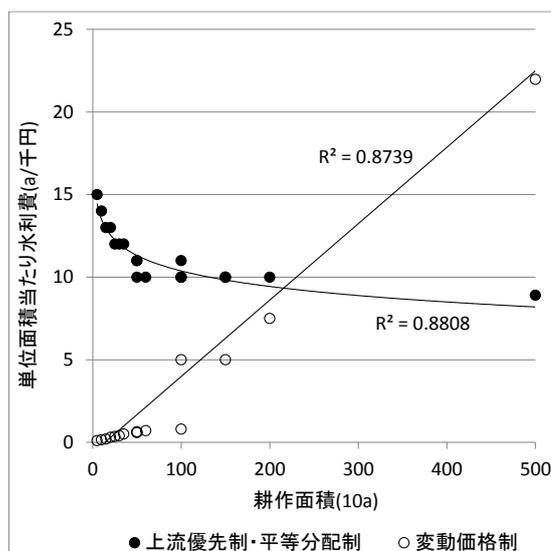


図6 各シナリオにおける単位耕作面積当たり水利費