

論文の内容の要旨

農業・資源経済学専攻
平成 29 年度博士課程進学

氏 名 高野 真広
指導教員名 中嶋 康博

論文題目 農業水利システムにおける半需要主導型水管理の効率性

担い手農家への農地の集積が進む一方で兼業又は高齢専業による小規模農家も依然多数存在するという日本農業の状況下で、農業水利に対しては、多様化する個々の経営の農業用水ニーズに対応し、水資源賦存量の時期的な偏在や地理的な制約を克服しながら適時適量の配水を行うことが求められている。この農業水利を取り巻く課題の中で、日本の大規模農業水利システムでは一般的に半需要主導型水管理方式が採用されることが指摘されている。これは供給者が水の供給量を定めるものの、その決定には需要者からの水需要に関する申込を基礎とする水管理方式である。半需要主導型水管理方式の中には、長年の管理経験等に基づき、受益者が数量化して表しにくい用水需要を供給側が勘案する形で管理を簡略化しているものもある。このことから半需要主導型水管理方式とは需要者の用水需要を詳細に反映させようとするところに本質があると考えられる。供給者が水の供給量を決定せねばならないのは需要者が自由に取水量を決定すると非効率が生じるためであること踏まえると、半需要主導型水管理は供給者が水の供給量を定めることで適時適量の配水を実現しようとするものであり、そして需要者の用水需要を詳細に反映させることで送配水の効率性を高めようとしているのだと考えられる。また農業水利システムとはその物理的な構造であるハード面と水管理方式や管理体制からなるソフト面によって特徴づけられるものであり、それぞれの水管理方式と親和的な水路形式の構造があることが指摘されている。

以上より、本研究では、半需要主導型水管理方式をとる大規模水利システムにおける水田灌漑を対象に、送配水管理の効率性に対して、農業水利システムのハード面が与える影響の検討と、ソフト面としての管理実態の評価を行うこととした。以上の課題設定に至るまでを第 1 章にお

いて詳述している。

第 2 章では実証分析に先駆けて水管理の効率性に関する既存の議論を踏まえながら本研究における「効率的な送配水管理」の指す内容を整理し、第 3～4 章における分析の枠組みを提示している。まず、送配水管理の効率性に関しては、生育段階および気象条件に応じて植物生理上決定される「純用水量」が各圃場・各時点において最も効率的な取水量であるとした。これは、純用水量以上の取水は水の限界生産力が極めて小さいと考えられることや、純用水量に相当する水量が得られるようにシステム全体の取水量の制約が設けられる側面があることを踏まえた設定であるが、純用水量は、圃場単位用水量（作目・品種・営農スタイル等をもとにおおよそ決定される想定用水量をもとに湛水状況の多寡等が用水量に与える影響を加味して決定される）から、降雨による用水需要充足分、つまり有効雨量を引いたものとして定義される。そして送配水管理上の目安として用いられる配水計画量は純用水量との間に想定用水量予測ギャップ（想定用水量の予測がずれることにより生じる）と、不確実性影響ギャップ（有効雨量や湛水状況影響要因等の不確実性を伴う要因による）の 2 種類のギャップが生じうるために配水計画通りの送配水では純用水量を満たすことが難しく、効率的な送配水の為には純用水量に関する情報を更新しながら配水量の調整を行う必要がある。このとき、実際の送配水（支線としての取水実績量）は配水計画量と純用水量の加重平均の形で書き表され、後者の重み μ ($0 \leq \mu \leq 1$) が $\mu = 1$ のときに最も効率的な送配水をあらわす効率性の指標として捉えることができる。純用水量に満たない取水量だけでなく、純用水量を超過した取水量もまた非効率を生じているが、これは別の支線の取水量を減らしうるのみならず総取水量の制約を通じて別の時点での取水に影響を及ぼしうるからである。総取水量の制約があることを考えると、需要を超過した取水のほかに、幹線で取水したものの圃場では取水されない施設管理用水量も後の時点における需要を満たすためになされるはずの取水を妨げる要因となりえる。以上が第 3～4 章における効率性評価の枠組の前提となる議論の整理である。

第 3 章では分析対象となる農業水利システムにおいて取り組まれた事業におけるハード面の変更（需要主導型水管理と親和的な水路形式への変更）により送配水管理の効率性が向上したかを検証した。具体的には当該事業前は幹線水路下流部の調整池等の不在により過剰に配水がなされたときにそれを異時点間で調整するためにストックしておくことができず、長大水利システムゆえに生じる調整のタイムラグを緩和のための余裕を持った送配水管理が行うのが難しい状況であったのが、当該事業によりこれらの水路構造の問題を解消したとみなされるものであった。支線ごとに当該事業に伴うパイプライン化の進行時期に差があることを利用し、DID 分析の考え方をを用いた固定効果モデルによるパネルデータ分析を実施したところ、水田灌漑期全体としては事業前後での面積当たり取水量の増減は見られないものの水田灌漑期後半でありかつ用水需給の逼迫が顕著である 8 月に焦点を絞ると、事業後に面積当たり取水量が有意に増加していることが示され、現に当該事業によって施設管理用水量等に伴う灌漑期後期の取水量圧迫が緩和され、純用水量に満たない取水となる確率が減少し、結果として効率性が向上したことを支持する結果が得られた。

第 4 章では支線ごとに実際の送配水管理の効率性に差があることを示す分析を行った。配水計画をもとに純用水量に関する情報を反映させて送配水管理を行う中で、純用水量に関する情報の反映度を表す μ が効率性の指標であることから、取水実績量と配水計画量の差が、想定用水量予測ギャップと不確実性影響ギャップの和に μ を掛けたものとして表れる。このことから、取水実績量と配水計画量の差を、不確実性影響ギャップを構成する諸要因を説明変数として回帰を行うと得られた係数に μ の影響が現れるという分析方針が得られる。分析対象の農業水利システム内の各支線においてこれを推定し、支線ごとに得られた係数の差により効率性の差を示す分析を行った。分析においては灌漑期における旬（10 日間）の日平均を分析単位として、また階差をとることで想定用水量予測ギャップのうち年・支線固有の効果について対処をしたうえで、主に不確実性影響ギャップに焦点を当てて、有効雨量に影響を与える要因である降水量と、旬の間で傾向的に表れる湛水状況影響要因の構成要素として日照時間や気温の、それぞれ平年値との差を説明変数に用いて支線ごとに OLS 推定を行った。例えば降水量について得られた係数は μ そのものではなく、真の降雨の有効化率（最も効率的な送配水の実現時に降雨量のうちどれくらいが有効雨量として用いられるか）と μ の影響が合わさって推定されているものであり、この係数の大小に μ の大小が反映されていると考えられることから、 μ の相対的な大小の比較に用いることができる。これをもとに支線間の効率性の影響を加味した実質の降雨の有効化率を支線間で比べると、多くの支線で有意に 0 と異なり、つまり μ の値としても少なくとも 0 とは異なるという意味である程度効率性を考慮した管理がなされていることを示す支線が多かった一方で、0 との有意差が見られない、つまり μ の値が小さいかまたは 0 である可能性を否定できない支線も一部で見られるなど、支線間の効率性の差が示唆された。そして得られた推定結果はまた、降水量や日照時間・気温の推定値の間で両者に共通して影響する μ が推定値の大きさや 0 との有意差に影響を与えていることと整合的であった。さらに支線間の効率性の差をその支線の農業構造により説明しようとするパネルデータを用いた追加の分析から、比較的大規模な経営が経営する農地の率が高い支線や、販売農家経営者が比較的若い支線において効率性が低いこと示す推定結果が得られた。

以上の分析から今回の分析対象を一例とした、半需要主導型水管理方式における送配水管理の効率性を巡る実態が明らかになった。半需要主導型水管理方式はそのままに物理的な構造をより需要主導型水管理と親和的な水路形式にすることで、ハード面から効率的な送配水管理の実現に実際に寄与する効果が見られることが確認された。そして、ソフト面における管理としては、多くの支線で配水計画をもとに純用水量、つまり水需要をある程度反映した調整がなされていることが示された。これは送配水管理における半需要主導型水管理の特徴ともいうべき効率的な送配水実現のためのプロセスであり、また一方で支線間に効率性に差があることから、送配水の効率性をさらに高めるため余地があることも示された。特に第 3 章において対象とした事業についてなど、分析対象固有の事情を含む部分も在るが、この事業については効果の発現のもとにあるのは「需要主導型水管理と親和的な水路形式への変更」であり、そして支線ごとの効率性の分析を成立させていたのは「配水計画にもとづき純用水量に関する情報を反映して調節を

行う送配水管理」である。これらの特徴を有するハード面の変更，そして送配水管理の実態があれば今回の分析対象と同様にして送配水管理の効率性が十分観察される可能性があると考えられる。このような分析枠組みを提示できたことも本論文の到達点の一つである。

ただし、今後の研究上の課題も残された。本論文で注目をした効率的な送配水管理だけでなく、それを行う目的である農業生産（生産量や生産額）上の影響について考慮がなされることで効率的な送配水管理を行う意義が明確になり、効率的な送配水を行う価値がより明らかになるだろう。また同様に、事業や管理にかかるコスト、他の生産要素の代替等も含めた効率性指標、公平性との関係など、植物生理上決定される他の要素から独立した効率性だけではない、複合的な観点から分析を深めることで効率的な送配水管理の実態と課題がより明らかに描き出されると考えられる。