

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07936

研究課題名(和文) 国際競争力を持った低コスト大規模稲作実現のための水利システムの国際比較研究

研究課題名(英文) International comparative study on water management systems for realizing internationally competitive low-cost rice farming

研究代表者

石井 敦 (ISHII, Atsushi)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：90222926

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：豪州と日本の大規模稲作経営体・水田圃場・農業水利システムを比較分析し、日本において国際競争力を持った大規模経営を実現するための農業水利上の課題と対策について検討した。1)日本では大規模経営の進展によりムラレベルでの農家間の配水調整が困難化していること、2)豪州等で採用されている従量制の水利費賦課は農家の自主的節水を促し、ムラレベルの配水調整が容易になること、3)農区均平と小用排水路の撤廃により圃場水利施設を豪州とほぼ同レベルにまで削減でき、安上がりの圃場水利施設で少数の担い手による配水管理・維持管理が可能になることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在日本では、コメの生産コスト削減が農政上の課題となっており、その実現のため大規模稲作経営体の育成および大規模水田圃場の整備が推進されている。しかし、水田農業に必須の灌漑システムについては、いまだ少数の担い手が安価な水利施設で配水・維持管理できるシステムが提示されていない。本研究はこれを目指したもので、社会的に重要な意義を持つ。また、水利共同体としてのムラの農家間の配水調整の変容と、従量制水利費賦課方式の配水調整上の効果といった本研究の成果は、水資源の分配・管理制度に関わる有用な知見を与えるもので、学術的にも意義がある。

研究成果の概要(英文)：Comparative study on rice farming, rice paddy fields and irrigation systems in Australia and Japan was implemented for developing the irrigation system adapted to internationally competitive low-cost rice farming in Japan. The main findings are as follows; 1) water distribution between farmers in a local village has become more difficult as farmers living in different villages have extended their farmland in the village. 2) The volumetric water fee system induces farmers' spontaneous water-saving and makes water distribution between farmers easier. 3) Land consolidation project producing large scale paddy plots enables to decrease of irrigation canals and drains at the field level. That enables large-scale farmers to apply water and to maintain irrigation facilities in their large paddy areas easier with cheap and primitive irrigation facilities such as earth canals.

研究分野：農業農村工学

キーワード：低コスト稲作 灌漑システム 従量制 圃場整備 大区画水田

1. 研究開始当初の背景

現在日本では、農業の国際化に対応できる競争力をもった低コスト稲作農業が必要とされており、そのための稲作農業の大規模化が農政上の重要な課題となっている。その実現のため、高齢化等で離農する零細農家の経営水田群を、大規模化をめざす「担い手」経営体が借り受けて農地を「集積」し、経営規模の拡大をはかるという施策が推進されている。

こうした少数の大規模経営体による稲作農業の進展は、これまで多数の零細農民によって行われてきた水田灌漑管理に、大きな支障をもたらすことが懸念されている。すなわち、日本の平野部の典型的な水田農業水利システム（水利施設と水利組織）は、多数の零細自作農家がムラを基本とする重層的な水利組織（土地改良区等）を設立し、その組合員として水利組織の運営に参加して、水利施設の維持管理や改修、配水操作等に労務提供し、費用を負担して運営してきた。それが、大多数の農家が離農し灌漑管理から離脱することでムラや土地改良区の灌漑管理機能が低下して、残された少数の大規模経営体だけでは灌漑管理が困難になる、という懸念である。

こうした懸念に対し、現在、日本では、水利施設の維持管理作業に非農家の参加を促すことや、水利施設を高度化し（ICTで水田への配水管理を行うパイプラインシステム等）配水・維持管理労力の節減をはかるといった対策がとられている。一方、大規模稲作経営をすでに実現している米国・豪州の用水管理システムはこれと異なり、水田圃場を大規模化し、圃場水利システムも大規模経営に即した方式に適合させることで対応している。この方式は、耕作農民だけでできる用水管理、安価な施設投資という点で合理性があり、日本でもその適用の検討が望まれる。

2. 研究の目的

低コスト大規模稲作を実現している豪州の灌漑組織の用水配分方式と大規模農場の圃場水利施設および用水管理の分析を行い、日本にそれらを導入する際の難点・対策および導入の可能性を検討する。その上で、日本において、国際競争力を持った低コスト大規模経営体を成立させるために必要な、新たな農業水利システムを検討・提案することを目的とした。具体的には、以下の3点を目的とした。なお、(1)は研究の開始後、新たに目的に加えたものである。

(1)担い手への農地集積が進展している地域でのムラの用水管理の実態

担い手への農地（水田）集積が進んでいるムラを対象に、灌漑期間中のムラ内の用水需要の逼迫度を求め、各逼迫度に応じた農家間の配水調整の実態を求め、さらに担い手への農地集積が配水調整におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

(2)日本における従量料金制の水田灌漑用水管理システムの可能性と効果

米国・豪州では、灌漑水利組織が管理する用水路から個々の稲作経営体の農場に分水する地点に流量計を設置し、年間取水量をもとに水利費を徴収する方式（従量制水利費賦課）をとるケースが多い。これにより、個々の農業経営体の節水意欲が高まり、用水の逼迫度が緩和され、農業経営体間の配水調整が容易になることが考えられる。そこで、日本の稲作灌漑地区で、水田1枚ごとに量水計を設置して従量制水利費賦課を行っている地区を対象に、個々の農家の用水使用実態を明らかにし、その配水調整や節水に関する効果と課題を示すことを目的とした。

(3)大規模稲作経営体の用水管理の課題と大規模圃場・圃場水利施設の在り方

豪州・日本の大規模経営体が耕作する大規模水田圃場とそれに付帯する圃場水利施設を比較し、日本において、国際競争力をもった低コスト稲作経営を実現するための大規模水田圃場・圃場水利施設の課題を明らかにし、望ましい圃場水利施設のデザインを示すことを目的とした。また、日本において、そのような大規模圃場の整備を実現するための必要条件を明らかにし、実現するための課題と対策を示すことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 担い手への農地集積が進展している地域でのムラの用水管理の実態

標準的な 30 a 区画水田地帯で担い手への農地集積が進む宮川用水土地改良区のムラ(上地町集落)を対象に、用水需要および配水調整の実態分析を行った。用水需要の逼迫は、代かき・田植期や中干後、異常渇水期といった灌漑期間中の数日～数週間の時期だけでなく、日内でも朝昼に農家の引水が集中すれば時間単位で生じうる。そこで、①幹線水路からムラに供給されている用水の長期の時間流量データの分析から、ムラの日ごとの用水需要の逼迫レベルを評価・分類し、②各レベルでの配水調整方法の実態と、ムラの水利組織の構成・活動を、対象集落の農家および水利組織役員に聞き取り調査を行って求めた。

(2) 日本における従量料金制の水田灌漑用水管理システムの可能性と効果

個別従量制を導入している熊本市 T 地区(灌漑面積 53 ha。地下水をポンプでくみ上げている)を対象に、耕区(20 a)ごとに設置された流量計(積算流量計)の取水量データ(土地改良区所有)を入手し、代かき・田植期、普通期のそれぞれの期間について、各耕区の取水量を比較分析した。また、水田灌漑の「節水」は、降雨の有効利用の有無が大きく影響すると考えられることから、取水量と降雨量との関係を求め、農家の節水行動の有無を評価した。さらに、この地区と隣接する水田灌漑地区で面積割の水利費賦課を行っている地区とを対象に、配水調整に関するムラの労力についてムラの用水担当役員に聞き取り調査を行い、従量制の配水調整労力節減効果について検討した。

(3) 大規模稲作経営体の用水管理の課題と大規模圃場・圃場水利施設の在り方

豪州・日本の大規模圃場および大規模経営体の用水管理を比較分析することにより、目的を達成することとした。豪州の大規模圃場および大規模経営、用水管理の実態については、既往文献および WEB 上で公開されている水利組合および豪州のコメ販売組合「サンライス」等の資料より入手した。日本国内は大規模経営体および関係土地改良区等への現地での資料収集・聞き取り調査によって情報を収集した。調査を行ったのは、1 枚 5 ha 程度の大区画水田を整備した福井県福井市河合地区(農事生産法人ハーネス河合)、北海道士別市の国営農地再編事業上士別地区、千葉県佐倉市の印旛沼土地改良区管内臼井第一工区および鹿島工区等である。

4. 研究成果

(1) 担い手への農地集積が進展している地域でのムラの用水管理の実態

上地集落を含む灌漑ブロックが取水した日内の時間流量は、日によって取水ピークの長さが大きく異なっていた。そこで、灌漑期間の各日を、ピークが 1)朝 8～13 時頃に 3～6 時間程度形成されている日、2)6～12 時間の長時間形成されている日、3)24 時間連続して生じている日、4)ピーク流量に達する時間がなかった日に分類した。結果を表 1 に示す。これより、逼迫度 2 以上の日が全体の 40%を占め、ムラ内の配水調整が必要になる日が多いことが示唆された。また、逼迫度の高い日は 4～5 月の田植え期と 7 月の中干し以降に生じていること、逼迫度 2 の日が 31 日あり、1 日の平均用水量は低くとも朝昼に取水が集中して用水需要が逼迫する日が多数あることが明らかになった。

表 1 上地集落の用水逼迫度

逼迫度	ピーク時間	4月	5月	6月	7月	8月	合計
3以上	6時間以上	3	1	0	16	12	32
2	3～6時間	2	17	8	4	0	31
1	なし	12	10	18	6	4	50
1	降雨日	3	3	4	3	1	14
データなし		0	0	0	2	0	3
合計		20	31	30	31	17	130

上地集落のムラ内の配水管理は、在村の耕作者を構成員とする上地町農事組合が担っている。その際、農事組合は常に直接農家間の配水調整を行うのではなく、用水需要の逼迫度に応じて、個人間の配水調整(逼迫度 2)

2013～2018の平均値。逼迫度3以上に、逼迫度4の2013年7月17日～8月27日の渇水調整期間を含む。

→用水管理人による調整（逼迫度3）→農事組織としての番水の実施（逼迫度4）、というように、組織としての配水調整への関与を拡大していることが明らかになった。

こうした用水逼迫度に応じた配水調整への水利組織の関与は、水利組織の労力を節約できる合理的な方式で、そこにはムラの機能がプラスに寄与していること、すなわち、逼迫度2の調整は普段の生活で関係をもったムラ人同士という効果があり、逼迫度3以上の水利組織による取水規制の実現にも、在村耕作者に対するムラの統治力の寄与があることが示唆された。

一方、外部からムラへの入作者である担い手経営体の用水管理については、農事組合は用水逼迫度の低い段階から配水調整に関与しており、村外の大規模経営体にはムラの統治力がおよびにくいことが明らかになった。以上より、ムラの範囲を超えて耕作地を拡大する大規模経営体の進展により、30 a 標準区画での水田地帯では、ムラ内の配水調整にかかる労力が増加・困難化することが示唆された。

(2) 日本における従量料金制の水田灌漑用水管理システムの可能性と効果

T 地区全体の年間取水量は 400~800 mm (3~9 mm/d) で、有効雨量を含めても 9~14 mm/d と、通常の水田灌漑の計画用水量 20~30 mm/d を大きく下回る結果となった。また、降雨量が多い年で、取水量が減少する傾向がみられた。

現地での農家への聞き取り調査と取水量データの分析から、農家は①十分な降雨があるまで代掻き・田植を遅らせていること、②田植え以降の普通期では、水田の湛水はなるべくさけ、土を湿らせる程度に連続的に給水していること、③降雨前には給水バルブをしめていること、といった行動により取水量を抑えていることが明らかになった。こうした農家の節水行動の要因として、T 地区の従量制の用水単価は 1 m³ あたり 20 円と高く、これが農家の節水的行動を促しているものと考察した。

個々の農家ごとに取水量の分布 (1998~2012 年) を求めたところ (図1)、取水量の多い農家と少ない農家との間に大きなばらつきがみられた。ほぼ半数の農家は、降雨の多少にかかわらず、常に年間取水量は 900 mm (日平均取水量 10 mm/d) 以下で、節水的な農家である。一方、10% 弱の農家は取水量が 1500 mm で、また、降雨の大小によって取水量を大きく変動させていた。圃場の地形条件の違いが取水量に与える影響を確認したが、耕作地の分布に大きな違いはなく、取水量の違いは個々の農家の用水管理の違いによることが聞き取り調査により明らかになった。

隣接する水田灌漑地区 (T 地区同様、地下水をくみ上げて使用するが、灌漑面積あたりの水利費を定額で賦課している地区) では、ポンプの電気代を節約するため用水管理人が毎日地区を巡回し、過剰取水とみなせる水田の給水を止め、また、用水需要がピークになる時間帯は用水管理人が個々の水田への給水を担うといった措置がとられていた。一方、T 地区では、用水管理人は任命されているものの、実務としては年1回の流量計のデータ記録のみで、ほかには個々の農家にまかされている。農家間の配水調整もほとんど行われていない。このことから、従量制水利費賦課では個々の農家が自発的に節水するため、用水需要の逼迫が生じず、水利組織の配水調整が容易になることが示唆された。

また、T 地区のようにポンプで用水を供給する地区では、地区の取水量が増えるにつれて水利費 (電気代) が増加するため、面積割の水利費では農家間の不公平感がつる。特にムラ外の担い手経営体が入り作するようになると、その傾向が増すことが考えられる。従量制の水利費賦課は、こうした問題を解消する方策の一つにもなりうることを考察した。

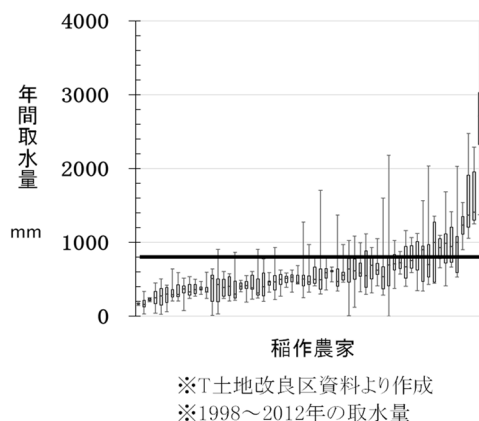


図1 従量制水利費賦課での稲作農家の取水量

(3) 大規模稲作経営体の用水管理の課題と大規模圃場・圃場水利施設の在り方

豪州の典型的な水田(5 ha 畦区)に比べて、日本の 30 a標準区画、1 ha 区画の水田は、区画規模が小さいだけでなく付帯する圃場水利施設が極めて多いことを明らかにした(表 2)。水田面積 100 ha 当たりに換算して比べると、日本の水田の給水口・配水口数は 10 倍、用排水路(小用排水路、支線用排水路)の延長も 6 倍以上におよぶことを示した。

そのため、少数の担い手専従者が大面積を経営・耕作するようになると、専従者当たりの圃場水利施設の維持管理や用排水の水管理の労力が膨大になる。また、その補修や更新にかかる費用が担い手経営体の経営を圧迫する。さらに、圃場整備の建設事業費が高くつく。以上の実態および考察から、日本においても、国際競争力をもった低コスト稲作を実現するためには、水田圃場を 5 ha 以上に拡大するとともに、圃場水利施設を極力削減することが重要であることを指摘した。

その上で、現在日本の主要な平野部水田地帯は 30 a標準区画で整備されており、こうした地域では農区均平と畦抜きによって技術的には容易に 6 ha の巨大区画水田を連坦的に創出できること、その際、小用排水路を省略し、給水口・配水口を支線用排水路に 1 か所ずつ設置すれば(表2の「省略形」)、圃場水利施設の数・延長は豪州と遜色なくなることから、この方式を今後日本で国際競争力をもった低コスト稲作を目指す場合の水田圃場および圃場水利施設のモデルとして提案した。

その際、畦畔を取り払って農区均平しただけの巨大区画水田を並べると、支線用水路下流部の巨大区画では十分な初期用水が確保できないことを論証し(図2)、巨大区画水田に付帯する支線用水路は下流まで同一断面とし、初期用水を下流まで配水できるように計画する必要があることを指摘した。

また、豪州の大規模経営が、5 ha 以上の大区画水田、250馬力以上のトラクター等の大型農業機械によって専従者 1 人当たり 80 ha の経営規模を実現していることから、これらを日本における国際競争力を持った低コスト稲作の必要条件とし、経営規模・区画規模・機械規模をパッケージとし、これらを同時に拡大する圃場整備実施の必要性を論じた。

表 2 豪州と日本の水田畦区と圃場水利施設

	施設	単位	豪州	日本			
				30 a 区画	1 ha 区画	農区均平	省略形
	区画	ha	5	0.3	1	6	6
畦区	給水口	箇所	1	1	2	12	1
	排水口	箇所	1	1	2	12	1
	用水路	m	63	25	83	500	200
	排水路	m	63	25	83	500	200
/100 ha	給水口	箇所	20	330	200	200	17
	排水口	箇所	20	330	200	200	17
	用水路	m	1260	8333	8333	8333	3333
	排水路	m	1260	8333	8333	8333	3333

豪州は、引用文系 1)の典型的な畦区より算定。用水路、排水路は、圃場に付帯する末端水路で「小用排水路」と「支線用排水路」の合計

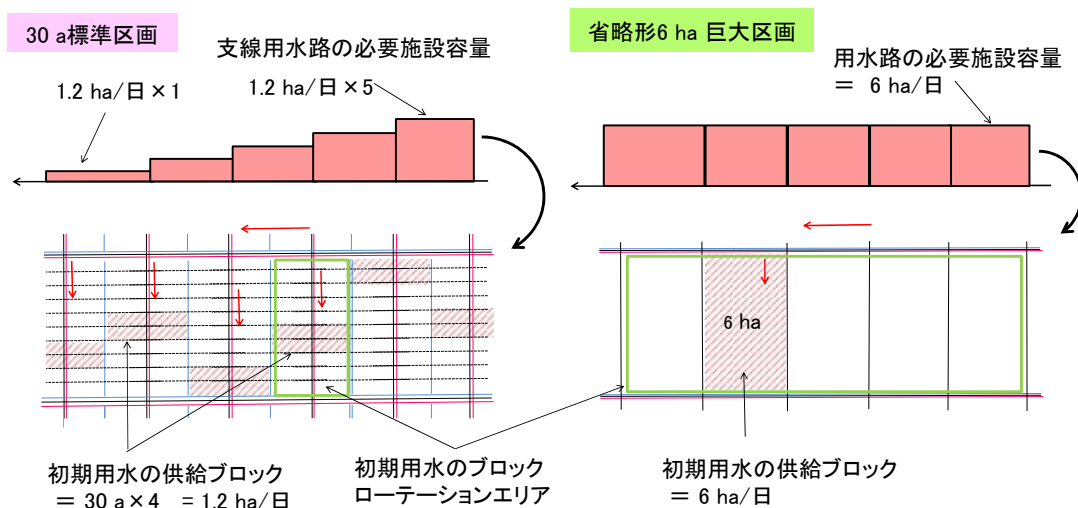


図 2 巨大区画水田に求められる末端用水路の必要施設容量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 石井敦	4. 巻 85(9)
2. 論文標題 改正土地改良法による新たな農地集積と圃場整備への提言	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井敦	4. 巻 48
2. 論文標題 真の低コスト稲作のための農地の利用集積・圃場整備と土地改良法の改正	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土地と農業	6. 最初と最後の頁 26-42
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井敦	4. 巻 84(11)
2. 論文標題 平野部水田地帯のジグソーパズル方式の「都市農業」の提言	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 31-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井敦	4. 巻 87(9)
2. 論文標題 平野部水田地帯における真の低コスト稲作の実現方策と課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 3-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井敦	4. 巻 2020(2)
2. 論文標題 巨大区画水田の整備方策と効果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 機械化農業	6. 最初と最後の頁 5-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Paul Ayella, Atsushi Ishii, Masayoshi Satoh	4. 巻 17
2. 論文標題 A comparative analysis of two paddy irrigation schemes under contrasting water management of participatory and top-down systems in Uganda	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 paddy and water environment	6. 最初と最後の頁 497-505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-019-00745-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Atsushi Ishii
2. 発表標題 Block rotation methods for paddy irrigation projects under extraordinary drought conditions in Japan
3. 学会等名 PAWEES-INWEP International Conference Nara 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 敦
2. 発表標題 真の低コスト稲作のための巨大区画水田整備の実現策
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Paul Ayella, Atsushi Ishii, Masayoshi Satoh
2. 発表標題 A comparative analysis of two paddy irrigation schemes under contrasting water management of participatory and top-down systems in Uganda
3. 学会等名 PAWEES-INWEP International Conference Nara 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ポール・アレイ, 石井 敦, 佐藤政良
2. 発表標題 ウガンダ国大規模水田灌漑地区における高生産性のための灌漑管理の分析
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井敦
2. 発表標題 真の低コスト稲作のための巨大区画水田の圃場水利施設と水管理
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井敦
2. 発表標題 真の低コスト稲作実現のための巨大区画水田整備
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石井敦
2. 発表標題 巨大区画水田に付帯する圃場水利施設整備の考え方
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北原 陽光, 石井 敦
2. 発表標題 「個別従量制」水利費賦課地区における農家の水田灌漑用水使用の実態分析
3. 学会等名 農業農村工学会関東支部大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丹野ちぐさ、石井敦
2. 発表標題 大規模水田灌漑地区におけるムラの用水需要と配水調整
3. 学会等名 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----