

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21780220

研究課題名（和文）ハス田における水質汚濁負荷削減に向けた営農計画の構築

研究課題名（英文）The New Farming Program to Reduce the Outflow of the Muddy Water from the Lotus Root Fields

研究代表者

牧山 正男 (MAKIYAMA Masao)

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号：20302333

研究成果の概要（和文）：茨城県霞ヶ浦周辺におけるレンコン収穫の際の濁水について、作業を行う農地や作業時間の調整などによって抑制できるのではないかと仮説のもとで、各種の調査を行った。その結果、1)全国のレンコン収穫方法およびその変遷について整理した。また茨城県の水掘りの特異性について把握した。2)農作業の実態を踏まえて、作業を休憩している時間における節水や、洗浄水の扱いなどに一考の余地があることを提示した。

研究成果の概要（英文）：The outflow of muddy water from the lotus root fields in harvest time are problems around Kasumigaura in Ibaraki Prefecture. The author did various investigations under the hypothesis that the outflow of the muddy water be able to control with the new farming program, such as decentralization of work fields and distribution of working hours, etc. As a result, 1) The author arranged the method of harvesting the lotus root in Japan and considered the transition. Moreover, the uniqueness of water harvesting of the lotus root in Ibaraki Prefecture was understood. 2) Considering the actual condition of harvesting work, I proposed that saving water during recess, and setting up the washing machine have the possibility of decreasing the muddy waters.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：水田工学

科研費の分科・細目：農業土木学・農村計画学

キーワード：ハス田，水質汚濁，負荷削減，営農計画

1. 研究開始当初の背景

『霞ヶ浦に係る水質保全計画（第5期）』（2007年3月）では、「レンコン田については、施肥量の低減、かけ流しの防止や畦畔の保全・管理等による表面水の流出防止の指導を行うとともに、環境に配慮したレンコンのモデル実証的な取り組みを推進する」と記さ

れている。このように、ハス田の水質上の問題点は、施肥量の多さ、掛け流し灌漑であること、そして代かき作業や掘り取り作業に際して生じる濁水の流出の3点が注目される。ハス田に関する研究は、これまでわが国の生産量の3割以上を担っている霞ヶ浦流域を対象に主に行われてきた。筑波大学のグルー

プは、圃場整備を目的として、1980年代後半から1990年代半ばにかけて研究した（たとえば雷・多田，1988など）。土壌特性に関する把握はこれによっておおむね行われたと考えられる。だが、この10年ほどの間にジェット噴流による掘り取り技術が普及・定着したことや、土浦市手野地区に見られるような圃場整備が進展したことなどから、その後の変化に関する若干の追跡が必要であろう。一方、ハス田からの汚濁負荷に関する研究は、茨城県農試などによって1970年代以降に断続的に行われてきている。また、学会発表では、黒田ら（2003）や山本ら（2007）などの報告も見られる。しかし、これについても前述の水質保全計画（第5期）の策定にあたって原単位が見直された（大幅に増加した）ように、まだ確立されたものではない。

さて、水質保全計画（第5期）では、施肥量の削減や畦畔の保全・管理の需要が唱えられており、また掛け流し灌漑の改善が示唆されている。ところが、これらのうち施肥量の削減は比較的容易だが、そのほかを実施することは、ハス田農家の営農の事情を考えると、決して容易ではない。具体的には、

- ①ハス田は不整形の小区画が中心であるために、畦畔の総延長がきわめて長い。その一方で、ハス栽培にはイネと違って明確な農閑期がないために、農家自らが大がかりな畦畔整備作業を行う時間を取りづらい。
- ②水路整備されたハス田はほとんどなく、灌漑・排水はほとんどすべて田越しによって行われている。そのために水管理がほとんど行えない。
- ③かつては落水しての掘り取りを行っていたが、ジェット噴流の発達によって、落水がまったく行えないような湖岸の低湿地にまでハス田が進出した。逆に言えば、今日のハス田での営農において、ジェット噴流での掘り取りは不可欠の技術である。
- ④このジェット噴流について、申請者は水量や作業中の湛水深の増加について予備調査を行ったところ、1分当たり400リットル、収穫作業中に20cm以上の湛水深増という莫大なものであった。これは畦畔管理のみで制御できる流出量ではない。作期の分散や、排水計画の抜本的な見直しが求められる。
- ⑤ハスは少しでも白く、傷が少ないものの方が高額で売れるために、収穫直後に洗浄する人が多い。そのこともハス田地帯の排水路の流量の増加に影響している。
- ⑥イネに比べて機械化できる作業に限られるために、経営の大規模化は困難であり、また高齢者の営農継続が困難である。さらに兼業しづらい営農体系にあることなども関係して、イネ以上の後継者難に晒され

ている。
などの理由が挙げられる。

すなわち、整備が困難な立地条件、労働ピークを分散しづらい農作業体系や、年齢構成や経営構造に由来する後継者難などを考慮し、さらにジェット噴流の特異性にも対応できるような汚濁負荷軽減対策でなければ、ハス田には技術導入しても定着しないだろうと考えられる。このことについて考えるためには、ハス田農家の今日的な営農体系について把握する必要があるが、改良普及センターによる栽培技術指導書の類は存在するものの、経営や労働の面から追跡した研究は過去に例がない。

以上のように、ハス田の汚濁負荷軽減技術の確立および導入については、近年の栽培技術における実態把握はもとより、ハス田およびハス田農家の営農上の特異性を鑑みた上で検討すべきだとの発想のもとで、本研究を着想した。

2. 研究の目的

本研究は、霞ヶ浦周辺のハス田を対象として、水質汚濁負荷の削減に向けた営農計画を構築することを目的とする。具体的には、耕地ごとの作期および作業の分散による排水量の調整や、排水権の設定といった農家レベルでの対応・実施が可能な営農上の工夫による負荷抑制対策の現実性および実効性について検討することを主な研究課題に設定した。

3. 研究の方法

本研究では、以下の仮説を立てた。

- ①『霞ヶ浦に係る水質保全計画（第5期）』に記述されている対策のうち、畦畔管理はハス田の農地条件から抜本的に対策するのは困難であり、またジェット噴流（水温などの事情から、地下水が主に用いられる）による掘り取りを行う以上、収穫時の流出を抑えることは不可能である。
- ②むしろ、収穫作業の時間をずらすことや、作業を同時間に行わざるを得ないのであれば、隣接したハス田ではなく、離れたハス田で作業する（ジェット噴流が周辺のハス田に流出することから、水位上昇が緩やかになる）ことなど、作業体系ごとに見直す方が現実的である。
- ③ただし、その実施計画を立案するためには、ハス田農家の営農や作業の流れについて十分に把握することと同時に、畦畔からの越流の実態についても把握する必要がある。

これらの仮説に対し、本研究では以下の2点を具体的な作業として行った。

1)我が国の各地におけるレンコン収穫方法について整理し、またそれをもとに収穫方法の

表1 各主要産地におけるレンコン収穫方法

*単位：kg/人時

	山口県 岩国市	岡山県 倉敷市連島	愛知県 愛西市	茨城県 霞ヶ浦沿岸	岡山県 児島湾干拓 南	岡山県 児島湾干拓 北	佐賀県 白石町
収穫方法	クワ掘り	クワ掘り	クワ掘り	ホース式	ホース式	自走式	自走式
土壌	砂質	砂質	砂質	粘土質	粘土質	粘土質	粘土質
冬期利水	独自に導水	可能	不可能	可能	可能	可能	可能
主な品種	白花種	おおしろ種	備中種	金澄	金澄など	金澄など	ダルマ種
作業効率*	40~50	35	—	75	75	60	60~65
出荷	洗わずに泥付きで出荷.	三原市以東は洗い、以西は泥付き.	泥付き出荷. 省力目的のこと.	出荷先によるが、主に洗って出荷.	生産組合が共同で洗って出荷.	農家個々が洗って出荷.	慣習的に「泥塗り」で出荷.
備考	落水直後の含水率が高い圃場で掘り獲るためか、高効率.	干拓地. 塩分に強い作物としてレンコンが選択された経緯.	木曾川輪中. 戦後、産地が粘土質地区から砂質地区へ移動.	排水不良地帯で未整備圃場. 霞ヶ浦への濁水流出が指摘.	干拓地のため用水豊富. 水路から揚水. 干拓北も同様.	大区画化整備済みの水田. 一部で「残し掘り」を実施.	干拓地で重粘質地帯. クリークからポンプで揚水.

変遷について新技術導入の観点から考察する。

2)霞ヶ浦周辺におけるレンコンの水掘りの特殊性について、1)の他の産地との比較を行いながら改めて整理し、その上で水掘り時の濁水流出を削減できるか否かについて検討する。

なお、2011年には、ハス田には風評被害など、震災の影響が相次いだ。その点についても若干の見聞および論考を行ったので、科研課題の趣旨とは異なるが、補遺として記録しておきたい。

4. 研究成果

(1) レンコンの収穫方法とその変遷

①レンコンの収穫方法とその作業効率

1) クワ掘り

落水後、表層15~30cm程度の土を油圧ショベルで剥ぎ、クワなどにより手作業で土を掘りながらレンコンを掘り獲る。砂質の地区でないとは作業は困難である。また田面を乾かすとレンコンに腐敗病が発生しやすくなる。

作業は長辺方向に列状に行う。種バスの植え付けを省略するために、一定間隔で収穫しない列を作り(4m収穫したら1m残すなど)、それを翌年の種バスにするという方法をとる(「残し掘り」などと呼ばれる)。ただし何年おきで種バスを更新するかは、地区ごとに異なる。

2) 水掘り

湛水したままのハス田に作業者が入り、ジェットポンプからの噴出水で土を動かしながら手探りでレンコンを掘り獲る。粘土質な土壌の地区に適する。逆に土壌に砂が多く含まれる地区では、レンコンに傷が付きやすいことや、作業を繰り返すうちに粘土層と砂層とが分離し、レンコンの生育に支障を来すことから、この方法は適さない。また、この方法を行うためには、レンコン収穫の繁期に相当する12月に利水できる地区であることが条件になる。

作業者がホースを持ち歩く方法(以下、ホ

ース式)と、水を噴出しながら自走する作業機を用い、作業者がその後ろを歩きながら掘り獲る方法(以下、自走式)の2通りがある。自走式の方が省力的だと見られるが、小区画なハス田では行いづらい。特にホース式では残し掘りは行えず(自走式では行う場合もある)、必ず「全面掘り」を行う(自走式では残し掘りを行う場合もある)。そのため種バスの植え付けを毎年4~5月ごろに行わなければならない。

なお、霞ヶ浦においてはこの収穫方法が水質汚濁の一因であると報告されているが、同地区においても改良普及員などはそれほど意識しておらず、また他地区では必ずしも問題視されていない。

②各主要産地におけるレンコン収穫方法

調査の結果を表1に示す。水掘りは霞ヶ浦近傍のほか、岡山県児島湾干拓や干拓地や湖岸などの粘土質な地域で行われており、クワ掘りは愛知県愛西市や山口県岩国市、岡山県連島地区のような砂質な地域で行われていた。また水掘りの作業効率は60~65kg/人時(自走式)、75kg/人時(ホース式)、クワ掘りだと35~50kg/人時であった。ここで作業効率(kg/人時)とは、調査対象農家の収穫繁期における1日あたりの作業時間、作業人数、収穫量を聞き取り、その結果から作業員1人の1時間あたりの収穫量を算出したものである。

③新技術導入論から見た収穫方法の変遷

1970年代に開発された水圧掘りは、伝統的なクワ掘りに対して新技術であり、なおかつ作業効率を鑑みても明らかに上位技術である。一般に技術は、効率化を目的として上位技術へと変遷するものである。しかし多くの地区で未だにクワ掘りを行っている。

著者はかつて、農家が新技術導入を判断する過程について、現行の技術に課題があることを前提に、新技術導入の発想、可能性の判断、経済性の評価の3段階で判断されることを、直播稲作を題材に考察した(牧山ら、2000)。その観点からは、レンコン収穫方法

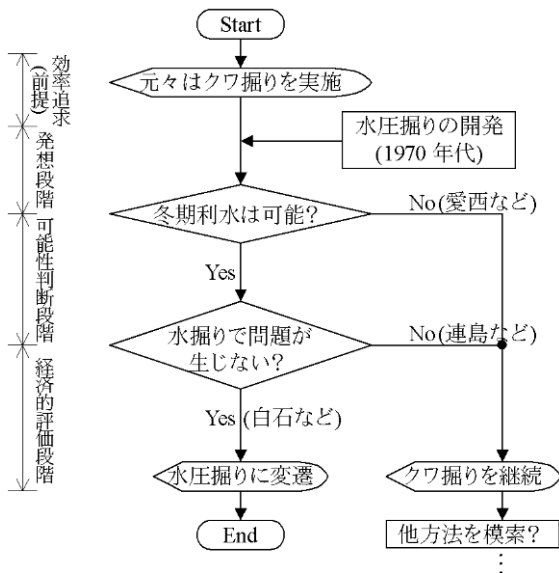


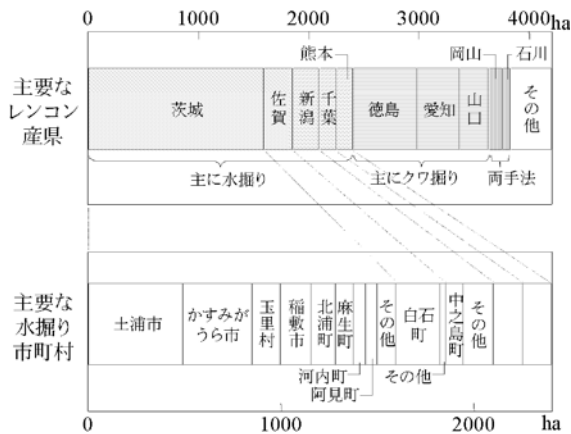
図1 レンコン収穫方法の変遷

の変遷について図1のように整理できる。すなわち、同様にクワ掘りを継続している地区でも事情が異なり、愛知県愛西市は冬期の利水ができないために水掘りを行えないのに対し、佐賀県白石町や岡山県連島は水掘り導入が可能ではあるものの、水圧掘りだとレンコンの品質やその後の生育に影響するために経営的に難があり、結果的にクワ掘りが選択されている。

(2) ハス田からの濁水流出の削減可能性

①我が国のレンコン栽培における掘り取り時の濁水流出の位置づけ

我が国の主要なレンコン産地（2004年産）（これは市町村別データが記載された最新のものを）を図2（農林水産省・野菜生産出荷統計（平成16年度）より作成）に示す。ここでは水掘りとクワ掘りとで県を区分し、さ



注) 市町村名の一部は平成の大合併以前のもの

図2 主要なレンコン産県と水掘り市町村 (2004年産)

らに濁水流出が生じる水掘りについては、市町村単位で詳細に示した。

茨城県では、河内町を除くほとんどの市町村（計1500ha以上）において、水掘りによる濁水が霞ヶ浦（西浦および北浦）に流出する。一方、その他の県で注目される大きな産地は佐賀県白石町（230ha）のみだが、その流出先は有明海である。有明海も閉鎖性水域ではあるが、霞ヶ浦に比べれば面積、水深ともに大きいことから、ハス田からの濁水流出の影響は明らかに小さい。

こうしたことから、レンコン収穫における濁水流出の問題は、霞ヶ浦という個別事例において特異的に生じている問題だと捉えることができる。しかしながら、我が国のレンコンの約4割が霞ヶ浦周辺で栽培されていることも事実であり、水掘りによる濁水流出は我が国におけるレンコン栽培の根幹に関わる問題として捉えるべきことでもある。

②水掘りでの濁水流出の削減可能性

1) 濁水流出削減の考え方

レンコンの収穫繁期は12月中～下旬であり、濁水流出もこの時期にピークを迎える。また、先述のとおり水掘りはクワ掘りに比べて約3倍の高効率である。よって水掘りが可能な地区において収穫方法をクワ掘りに戻すことは農家にとって合理的ではない。

そして、濁水流出の負荷を削減するためには、湖沼に到達する前に懸濁態を沈降などにより除去するか、湖沼への排水量そのものを削減するかのいずれかが必要である。それぞれについて検討する。

2) 懸濁態の沈降促進は可能か？

これを行うためには、沈砂池を設けるか、収穫繁期に作業を行うハス田を排水路の上流側でなおかつ分散的に配置することによって、流路を長くするかの方法が考えられる。

このうち前者については、現行の水掘りでは先述のとおり、約400L/分のジェット噴流を用いて、0.25a/時間の作業効率で掘り取る。これは約100トン/a、水深1mに相当する。それだけの深さの沈砂池を設け、しかも収穫繁期にそれを管理し続けることは容易ではないが、一考の余地があろう。

後者に関連して、収穫繁期における単位出荷量あたりの農家の延べ作業時間に関する事例（土浦市沖宿地区、両親と長男、アルバイト数名で従事）の調査結果を図3に示す。レンコンは掘り取ったその日のうちに出荷する必要があり、そのため掘り取りの他に、レンコンに付着した泥の洗浄、節間のヒゲ根を取る「ひげ取り」、出荷用の箱に詰める作業などに多くの時間を費やす。そのほかに出荷準備作業のためにハス田と自宅（作業場）とを往復する時間が軽視できない。すなわち農家は収穫繁期においてはなるべく自宅近

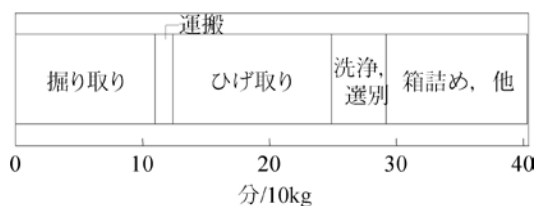


図3 レンコン 10kg あたりの収穫・出荷作業時間 (土浦市, S 農園の農繁期の事例)

隣のハス田で収穫を行いたいと考えるはずであり、利害が強く絡むことから、農地を計画的に分散させることは困難である。

これと類似して、作業時間を分散させる (一定時間の流速を低下させることから、沈降促進に有効) も考えられるが、収穫繁期には日の出前 (6時半頃) から日没直前 (16時頃) まで掘り取りを行っている農家も少なくない。作業時間を分散させるためには、例えば深夜までの労働を強いることになり、実際には不可能である。

3) 水量の減少は可能か?

収穫繁期は農家にとって身体的な負担が大きい。そのため、中には複数のポンプによる多量のジェット噴流を用いて少しでも楽に掘り取るとうとする農家もいる。このような作業中の水量を制限することは、従事者の高齢化を考えると現実的なことではない。

一方、ほとんどの農家が、休憩中や掘り取ったレンコンを軽トラックに積み込む時間などにもポンプを止めず、水を流しっぱなしにしている。これは規制が可能な点だと思われる。

また、洗浄をハス田近傍に設けたプールで行い、その水を排水路に流出させている農家も多い。図3で洗浄に要している時間を考えると、この水量も軽視できない。こうした中、一部の農家は既に自宅 (作業場) に専用の洗浄機を用意している。これは洗浄に用いる水量も節水的であり、また洗浄後の濁水は下水へと流している。このような専用の洗浄機の購入に助成金を用意することが有効であろう。

なお、以上は濁水にのみ注目して論じてきたが、レンコンには収穫したものの出荷できない箇所 (種ハス部分やヒゲ根など) がかなりの分量あり、それらは一般に収穫後のハス田に投棄されている。農家は施肥代わりと捉えているようだが、そこから発生する COD・BOD の湖沼への流出も大いに危惧される。これの正しい廃棄方法について検討する必要がある。

(3) 補遺～茨城ハス田への震災被害

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震と、それに続く福島第一原発の事故などの影響により、茨城県内のハス田にも様々な被害

が生じた。今後の参考として記録しておきたい。

①この地区の農家の多くが、中国からの研修生 (2年程度の任期の場合が多い) を受け入れ、農作業を請け負わせている。原発事故の直後、彼らが独自に連絡しあい、その大半が放射能への危機感により国外に逃亡した。その結果、4月～5月はハスの植え付けを一斉に行う繁忙期だが、その時期に作業の手が足りないという事態が発生した。

②茨城県内の低平地 (利根川沿いなど) では液状化現象による農地被害が多発したが、霞ヶ浦近傍のハス田地帯にはそのようなことは見られなかった。

③3月から5月ごろまでは風評被害による売れ行き難も一部で見られたが、新年度となる夏以降は、市場出荷に限れば例年並みの出荷状況に戻った。風評被害が減ったことに加えて、JAによれば他県での収穫量の減少の影響によるものだと指摘されている。

④一方、インターネット通販などによる個人出荷・直売のレンコン農家は、それ以降も売れ行きが大幅に減ったとのことである。通販ものは贈答品として使用される場合が多いのだが、消費者は自らが食する上では茨城県産を嫌わないものの、他者に贈り物として与えるとなると、贈られる側の感情を過剰に想像してか、茨城県産の使用を避けるという現象がわずかに見られた結果だと推察している。

(4) まとめ

研究の背景、目的に記述したとおり、レンコンの水掘りにおいて、農繁期に収穫作業を行う農地の配置や時間配分に配慮することや、流出量を減じるられれば、確かに濁水の流出は抑制されると考えられる。

本研究ではその仮説のもと、農家の実際の作業に密着し、これらが現実的に行えるか否かについて検討した。まず本研究の第一の成果として、これまであまり知られてこなかったレンコンの収穫作業について、全国の分布や、特に水掘りの実態について、詳細に把握したことにある。そうした経験に照らし合わせると、農地の分散や時間の分散が現実的ではないこと、その一方で、休憩中や運搬中の水の節約や、洗浄場所の再検討などは現実的な策であり、一考の余地があること、残渣の処理について新たに検討する必要があることなどが得られた。

末筆となりましたが、本研究の調査にご便宜いただいた、土浦市沖宿地区の鈴木農園 (<http://www5d.biglobe.ne.jp/~okijuku/>) をはじめとする農家の皆さま、県や市町村、JAの方々、学生諸氏に、感謝の意を表します。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計2件）

- ① 牧山正男, 福島香織, 『ハス田からの濁水流出は削減できるのか?』, 平成 23 年度農業農村工学会, 2011.09.08, 福岡
- ② 牧山正男, 『レンコン主要産地における収穫方法とその変遷』, 平成 22 年度農業農村工学会, 2010.09.02, 神戸

6. 研究組織

(1)研究代表者

牧山 正男 (MAKIYAMA Masao)

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号：20302333