

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
問題解決型サービス科学研究開発プログラム
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」

研究開発実施終了報告書

研究開発期間 平成23年10月～平成26年9月

研究代表者氏名 飯田俊彰

所属 役職 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授

目次

1. 研究開発プロジェクト	3
2. 研究開発実施の要約	4
2-1. 研究開発目標	4
2-2. 実施項目・内容	4
2-3. 主な結果・成果	4
2-4. 研究開発実施体制	6
3. 研究開発実施の具体的内容	7
3-1. 研究開発目標	7
3-1-1. 研究開発プロジェクトの対象とする問題	7
3-1-2. 研究開発プロジェクトの達成目標	10
3-1-3. サービス科学の基盤への貢献	11
3-1-4. 実施体制	11
3-2. 実施項目	13
3-2-1. 実施項目の概要	13
3-2-2. 観測・解析グループの研究開発内容	13
3-2-3. 社会・経済グループの研究開発内容	17
3-2-4. インターフェイス開発グループの研究開発内容	19
3-2-5. アウトリーチ活動	20
3-2-6. 研究開発のスケジュールの概要	21
3-3. 研究開発結果・成果	23
3-3-1. 水田圃場での水管理操作の行動観察とニーズ把握	23
3-3-2. 農業水利情報サービスシステムの開発	29
3-3-3. 開発したアプリケーションとインターフェイス	38
3-3-4. 農業水利情報サービスシステムの普及可能性の分析	46
3-3-5. 水管理アプリケーションの価値の想定ユーザーによる評価	57
3-3-6. 水質情報サービスの構築	68
3-3-7. 幹線水路から支線水路へのサービス向上方策の検討とその評価	73
3-3-8. 海外展開の可能性についての調査	82
3-3-9. 農林水産省農村振興局整備部水資源課との意見交換	87
3-3-10. 農林水産省への政策提言	88
3-4. 今後の成果の活用・展開に向けた状況	92
3-4-1. 農業水利情報サービスへのニーズの今後の展望	92
3-4-2. 農業水利情報サービスシステムの普及の可能性の検討	92
3-4-3. 水位センサーの低価格化	93
3-4-4. 水質情報サービスの展開	93
3-4-5. 政策提言	93
3-4-6. 土地改良区の活性化	94
3-4-7. 海外展開	94
3-4-8. 農業水利学へのサービス科学の導入	94
3-4-9. サービス科学の基盤への貢献	95

3-5. プロジェクトを終了して.....	96
3-5-1. 謝辞.....	96
3-5-2. 研究代表者としてのプロジェクト運営について.....	96
3-5-3. プロジェクト開始時と現在の社会状況の分析と得られた成果に対する自己評価	97
3-5-4. プログラムのマネジメントについて.....	97
3-5-5. 研究開発現場のスナップ写真.....	99
4. 研究開発実施体制	100
4-1. 体制	100
4-2. 研究開発実施者	100
4-3. 研究開発の協力者・関与者	102
5. 成果の発信やアウトリーチ活動など	103
5-1. 社会に向けた情報発信状況，アウトリーチ活動など	103
5-1-1. 意見交換会，研修会，ワークショップ	103
5-1-2. ウェブサイト構築	105
5-1-3. グループリーダー会議（GL 会議）の開催	105
5-1-4. その他の主な活動	106
5-2. 論文発表	108
5-3. 口頭発表	108
5-4. 新聞報道・投稿，受賞等.....	111
5-5. 特許出願	111
引用文献.....	111

1. 研究開発プロジェクト

- (1) 研究開発プログラム：問題解決型サービス科学研究開発プログラム
- (2) プログラム総括：土居 範久
- (3) 研究代表者：飯田 俊彰
- (4) 研究開発プロジェクト名：「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」
- (5) 研究開発期間： 平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月

2. 研究開発実施の要約

2-1. 研究開発目標

本研究開発プロジェクトでは、農村地域に居住する農民、市民に対して適切な農業水利サービスが提供され、サービス被提供者（受益者）が農業水利システムから正当な価値を享受できる状態が、究極的な望ましい状態とする。ひいては、農業水利施設の建設や維持・管理のための公共投資が有効に生かされることになる。研究開発期間終了時には、科学的な実測および解析結果に基づいた建設的な政策提言を行うことを第 1 の達成目標とする。また、農民や市民が手軽に農業水利サービスに関する情報を発信あるいは受信できるようなアプリケーションとユーザーフレンドリーなインターフェイスの開発を行うことを第 2 の達成目標とする。

2-2. 実施項目・内容

実施項目、実施内容を、以下に箇条書きする。

- ・水田圃場での用排水の流れの詳細な連続観測
- ・水田圃場での耕作者の水管理操作の行動観察とニーズ把握
- ・農業水利情報サービスシステムの開発
- ・農業水利情報サービスシステムの普及可能性の分析
- ・お問い合わせシステムと画像投稿システムの開発
- ・水管理アプリケーションとインターフェイスの開発
- ・水管理アプリケーションの価値の想定ユーザーによる評価
- ・水質情報サービスの構築
- ・幹線水路から支線水路へのサービス向上方策の検討とその評価
- ・海外展開の可能性についての調査
- ・農林水産省水資源課との意見交換（政策提言）

2-3. 主な結果・成果

まず、水田稲作農家をサービスの受益者として想定し、農家が農業水利に関してどのようなニーズを持っているかを探索した。そのために、対象地区として 2 カ所の土地改良区を選定し、それぞれの土地改良区職員と協議して、対象地区内で合計 7 軒の対象農家を選定した。対象農家には、高齢専業、若手専業、兼業、法人が含まれるように選定した。それぞれの対象農家の耕作圃場から 1 区画ずつを選定し、対象圃場とした。対象圃場での詳細な水収支の観測、耕作者の行動観察、聞き取り調査を行い、サービス受益者の具体的なニーズを把握した。その結果、灌漑期間中は、水田稲作農家は毎日、全区画の見回りをを行い、見回りのポイントは、湛水深と作物状況であることが把握された。また耕作圃場の見回りや水管理を負担に感じており、様々な労力削減行動をとることが明らかとなった。

把握されたニーズに基づき、湛水深と現地画像（作物状況）および気象情報を、スマートフォンやタブレット端末等へ提供する「農業水利情報サービスシステム」を開発した。このシステムにより、農家は手元で湛水と圃場の状況がわかり、見回りに行く回数を削減したり見回り優先順位を決めたりすることができる。

対象農家に農業水利情報サービスシステムを提示して行った聞き取り調査で、本システムの普及可能性は費用便益比（B/C）に大きく左右されることが把握された。そこで、本システムの低

価格化を目指し、安価な水位センサーの開発を行った。また本システムの普及に資するため、コスト構造を詳細に分析し、普及へ向けてのネックの検討を行った。

平行して、農業水利サービスの授受の要となっている土地改良区をサービスの受益者として想定し、土地改良区が農業水利に関してどのようなニーズを持っているかを、聞き取り調査を行って探索した。土地改良区の業務では、農家からの苦情処理に多くの時間が割かれていることが明らかとなった。また、苦情を電話で受け付ける際に、簡単に画像を送信できると、迅速な対応が可能であるというニーズが強かった。そこで、土地改良区の苦情処理業務をサポートする「お問い合わせシステム」、土地改良区の業務をサポートするとともに個々の農家の営農作業を客観的に記録できる「画像投稿システム」を開発した。

以上の「農業水利情報サービスシステム」、「お問い合わせシステム」、「画像投稿システム」を合わせて「水管理アプリケーション」としてパッケージ化し、Web上で公開した。本アプリケーションのマニュアルと紹介ビデオを作成し、想定ユーザーである農家や土地改良区職員等に対して使用説明会を開催した。本アプリケーションを想定ユーザーに試行して頂き、改善すべき点等のフィードバックを得るとともに、アンケートによる評価を得た。また、農家、非農家、土地改良区職員が参加するワークショップを開催し、ICTの利活用を前提として土地改良区が農民、市民に提供できる農業水利サービスについて議論した。

また、「農業水利情報サービスシステム」に水質センサーを付加することを想定し、コメ品質向上のために農家が用水の水質を選択できたり、水田からの栄養塩類の排水負荷量を低減したりできる、「水質情報サービス」の構築を行った。水質情報サービスの効果や導入可能性について仮想シミュレーションによる検討を行った。

一方、幹線水路から支線水路へのサービスについて、非定常シミュレーションモデルを用いて検討した。幹線水路から支線水路へのサービスを評価する指標として、分水充足率、超過時間率を考案し、幹線水路へ新型の水位調整ゲート（チェックゲート）である上下流水位自動制御ゲートを導入することによる支線水路へのサービス向上を、旧型のチェックゲート（上流水位一定制御ゲート）を用いた場合との比較シミュレーションによって評価した。

本研究開発プロジェクトの手法は、同じ稲作文化圏であるモンスーンアジア発展途上地域においても適用できる可能性が高い。そこで、水田灌漑用水管理を時代の要請に即した農業水利サービスとして捉えることについて、日本以外のモンスーンアジア発展途上地域において展開する可能性を、インドネシアを対象として、現地踏査および聞き取り調査により検討した。

研究開発期間の後半で、農林水産省農村振興局水資源課との意見交換会を行い、現在の日本の農業水利に関しての基本的な問題認識を共有するとともに、本研究開発プロジェクトの成果に基づいて、農業生産基盤としてのICTの導入、サービス概念の導入といった政策提言を行った。本研究開発プロジェクトからの政策提言は、農林水産省の平成27年度概算要求の中に反映された。

農業水利慣行は水利紛争と水利協定の繰り返しの歴史の中で伝統的に構築されてきたものであり、農村の社会システムにも強い影響を及ぼしている。また、農村には、単純な経済原理のみでは説明できない動きや、安定を志向して変化を嫌う体質が存在している。本研究開発プロジェクトは、このような、サービス概念を導入しにくい保守的なコンテキストの中で、サービスニーズを把握し新たなサービスの提案と社会実装を行うというプロセスの、最初の事例を示した。本研究開発プロジェクトで示された方法は、サービス概念が導入しにくい分野への、サービス科学の応用領域の拡大に貢献するものと考えられる。

また、本研究開発プロジェクトは、農村地域でのサービス科学を開拓する端緒を開くものである。さらに、本研究開発プロジェクトで得られた知見は、同じ水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域へ、容易に適用することができると考えられる。日本の農村地域でのサービス科学研究が契機となって、日本発のサービス科学の一分野が生まれる可能性があり、サービス科学の研究基盤のさらなる拡大がもたらされる可能性がある。

2-4. 研究開発実施体制

観測・解析グループ

（グループリーダー：飯田俊彰（東京大学大学院農学生命科学研究科，准教授））

農業用水の水量，水質の現地観測，農家の行動観察と，農村地域での農業用水および溶存物質の動態の物理化学的モデル解析を行い，農業水利サービスの実態の定量的把握を行った．

社会・経済グループ

（グループリーダー：丹治肇（北里大学獣医学部，教授））

農業水利サービスの社会的，経済的価値の定量的評価手法と，評価結果を提示し，農業水利サービスの価値評価を行った

インターフェイス開発グループ

（グループリーダー：溝口勝（東京大学大学院農学生命科学研究科，教授））

ICT を利用して，農民や市民へ農業水利サービスの効率的な提供を行えるアプリケーションやユーザーフレンドリーなインターフェイスを開発した．

上記の 3 グループに加え，研究代表者と各グループリーダーを中心として，観測・解析グループ，社会・経済グループが得た知見およびアプリケーションとインターフェイス開発の成果品を用いて，農業水利サービスの価値が最大化できるような農業水利システムの設計・管理手法について政策提言を行った．

3. 研究開発実施の具体的内容

3-1. 研究開発目標

3-1-1. 研究開発プロジェクトの対象とする問題

3-1-1-1. わが国の農業水利システムの現状

日本では米が主食であり、基幹作物であるため、水田稲作はわが国の農業の中心を占めている。わが国においては、食料安全保障、国土保全、生態系サービス提供等の観点から、水田農業を持続的に活性化した形で残すことが望ましいと考えられている。その一方で、水田農業の活性化を阻害している要因は枚挙に暇が無い。例えば、生産調整や高齢化ならびに都市経済の影響に伴う農家側の耕作意欲の減退、ブランド形成による付加価値向上に対する障壁、新しい水・土地利用管理技術の普及の困難さ、費用対効果が見えにくいインフラ投資に対する消極性といった、様々な要因が水田農業の活性化を阻害している。今後生じる人口減少や TPP 等による外圧の影響下において、持続的に水田農業を維持するため、ハードウェアの整備、付加価値の高い水田農業の技術開発、技術の普及による高付加価値を伴った産地の形成、経済的なメリットに主導された農家集団の持続的な水田農業体系の創出といったシナリオの創出が待たれている。

本研究開発プロジェクトでは、農業水利システムを対象とする。農業にとって水は不可欠な資源である。とりわけ大量の用水を必要とする水田稲作地域や、元来水資源の乏しい乾燥地・半乾燥地域においては、水資源を確保し、水源から末端の個々の農地区画まで配水し、個々の農地区画から余剰水を排水する農業水利システムが必要不可欠である。農業水利システムは、それぞれの地域における地理的条件、気候条件、歴史的な経緯に従って発展を遂げており、その形態と管理運営方法には地域によって大きなバラエティーがある。

わが国では、古来より主食の供給のための水田稲作が盛んであり、現代では平野部のすべての水田地帯で、近代的な農業水利システムによって用水が供給されている。現在のわが国の全国の農業用水路の総延長は約 40 万 km であり、うち基幹的水路だけでも約 47,000km の資産ストックがある。これは、一般国道の約 22,000km、鉄道（JR 旅客線のみ）の約 20,000km と比較しても格段に長い。ダム、頭首工、用排水機場等の、受益面積 100ha 以上の基幹的な農業水利施設は約 7,200 カ所あり、これらの農業水利施設のストックの資産価値は約 25 兆円と見積もられている。

（農林水産省農村振興局，2014a）。このような農業水利システムは、第 2 次大戦後の食糧増産政策と高度経済成長のもとで、土地改良法(1949 年)、農業基本法(1961 年)などの制定に沿って、整備されてきたものである。

3-1-1-2. 農業水利サービス

(1) 農業水利サービスの定義

本研究開発プロジェクトでは、農業水利に由来する、人間のための価値創造を目的とした機能の発現を「農業水利サービス」と定義する。農業水利サービスの具体的な内容を表 1 に示す。農業水利サービスには、農業生産資源としての用水の機能に加え、地域の微気象の調節、親水環境の提供、生態系保護、文化遺産継承などの機能を含む。サービスの最終的な被提供者（受益者）は農民および農村地域に居住する市民であり、水そのものと関連情報という形でサービスが提供される。

表 1 農業水利サービスの内容

		受益者（農民，農村地域内市民）にとっての農業水利サービスの価値	
		農業生産資源としての価値	環境，親水，景観，文化面での価値
農業水利サービスを受 益者へ運ぶ 媒体	水	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な時に，必要な量の灌漑用水が供給される ・末端圃場の実情に応じて，適切な水質，水温で供給される 	<ul style="list-style-type: none"> ・環境や景観を保全するのに最適な量の水が供給される ・水路網全体にわたって適切な水質が維持される ・親水施設等に，必要な時に，適切な量と質の水が供給される
	情報	<ul style="list-style-type: none"> ・近未来に末端圃場へ届く水量の情報が提供される（特に，渇水時，豪雨時） ・近未来に末端圃場へ届く水質の情報が提供される 	<ul style="list-style-type: none"> ・親水施設等へ届く用水の情報が提供される ・農業水利施設での，観光・レジャー情報が適切に提供される

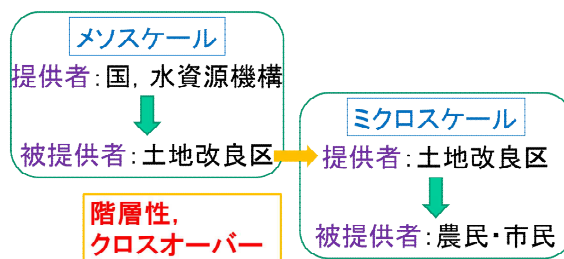


図 1 農業水利サービス授受の階層性

農業水利サービスには、図 1 に示すように、サービスの授受構造に階層性があることが特徴的である。上流側においては幹線水路から支線水路へのサービスがあり、これはメソスケールのサービスと位置づけられる。幹線水路から支線水路へのサービスは、パイプライン化、チェックゲートによる幹線水路の水位制御、幹線水路の複線化、選択取水などによって、そのサービスの質が向上するであろう。このレベルでは、サービスの提供者は河川等の農業用水の取水源を管理する国や水資源機構であり、被提供者（受益者）は支線水路、3 次水路を管理する土地改良区である。支線水路より下流側においては、支線から圃場（耕作者）へのサービスがあり、これはミクロスケールのサービスと位置づけられる。支線から圃場（耕作者）へのサービスは、個別の圃場（耕作者）のニーズに対応するきめ細かな配水によって、そのサービスの質が向上するであろう。このレベルでは、サービスの提供者は土地改良区であり、被提供者（受益者）は農民や農村地域に居住する非農家の市民である。メソスケールとミクロスケールの 2 つの階層でのサービスの授受は土地改良区においてクロスオーバーしており、土地改良区は農業水利サービスの授受構造において要となる重要な存在であると言える。また、農業水利サービスは農村社会で成立するものであり、そこには、多様な農家、非農家が低い密度で存在し、安定を志向し変化を好まない保守的な社会というコンテキストが存在している。

(2) 農業水利サービスの成立過程

農業水利サービスは、水という財を利用者である農民に配分するサービスという一面を持っている。ところが、この水という財は、農民にとってかなり特殊な財であり、また時代によって、

その財の価値は大きく変化している。例えば、水稻栽培を行う農民にとって、水は極めて重要な生産要素であるが、灌漑期間中にのみ価値があり、非灌漑期には、来年のための溜め池への貯留量を越える水量は何の意味もない。また灌漑期間中であっても、水田での貯留量に応じて、価値が大きい場合もあればそうでない場合もある。満水状態の水田では、降雨による水供給は、負の価値を持つことすらある。これらの価値の調整を行う際に、農業水利サービスは、その存在価値を示すことができる。

図2に示すように、水田灌漑用水の全般的な価値は、時代と共に大きく変化している。明治時代以前、特に、江戸時代において米は貨幣の代わりであり、稲作に不可欠な水の価値は現在とは比べものにならないほど高いものであった。灌漑水の不足は文字通り死活に関わる問題であって、命懸けで水を獲得し守らなければならなかった。その過程で水利秩序が形成され、水利秩序こそが農民の命を守る手段であった。水利用者である農民には、自由な水利用の要求を差し挟む余地はなく、この様な状況の下では、現代的な意味での農業水利サービスは存在しなかった。水は水利秩序に従って厳格に配分されるのみであった。現代においても、灌漑用水は稲作にとって不可欠であることに変わりないが、その価値は相対的に大きく低下している。生存に不可欠であった米は供給過剰の状態、水が生死に関わる財から取引可能な財となってきた。別の言い方をすれば、普通の財に近づいてきたといえることができる。

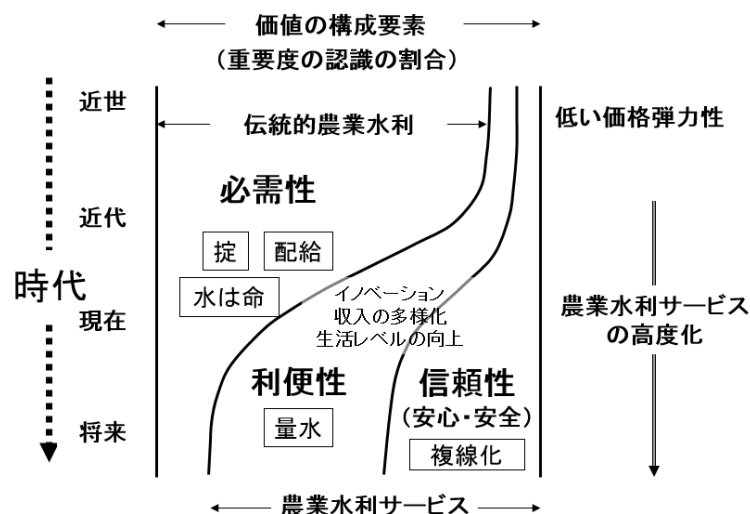


図2 農業水利サービスの成立過程

極めて貴重な財である水を水利秩序に従って配分する伝統的農業水利が、普通の財となった水を水利用者の利便性に重点を置いて配分する現代的農業水利に変貌した段階で、農業水利サービスは、通常物資を利用者の便に重点を置いて運搬する、運輸サービス業に近づいてきたと言えるかもしれない。ただし、水の価値が大きく低下し、普通の財に近づいたにもかかわらず、往時の水利秩序の一部は残存し、水の効率的な利用を妨げている。そのような残存する水利秩序は、普通の財に近づいた水という財を分配する際に、普通の財の分配に対するサービスとは異なるサービスを要求するが、その要求されるサービスには、水利用者側の歪んだインセンティブが含まれる。このために、水は非効率に利用されることになる。

現在に残存する水利秩序の中で、水を通常の財から最も遠ざけているものの一つは、利用した水に対する対価の決算方法である。農業用水は使用水量に応じて対価を支払うのではなく、水を利用できる権利を持つ水田面積に対して対価を支払う。このため、水利用者は、歪んだインセン

タイプを持つ可能性がある。これは、農業水利サービスの持つ外部不経済が、より広範な社会の利益を損なう可能性を持つことを意味する。

農業水利サービスが、社会の利益に即した形で実行されるためには、水が普通の財と同様、もしくは近い形で扱われる必要がある。そうなれば、他の普通財と同じ土俵において資源利用の最適化を図ることが可能になる。水が普通の財に近い形になった時、即ち、農業水利に未だ多く内在する特殊性が、施設整備とイノベーションを通じて克服できた時、農業水利サービスは、社会の利益に合致したインセンティブを持ったサービスとして発展することができるのである。

3-1-2. 研究開発プロジェクトの達成目標

本研究開発プロジェクトでは、現在の農業水利システムが、伝統的な上流有利型で供給主導型の用水供給システムであり、サービス受益者の立場に立った需要主導型のシステムになっていないばかりか、サービスの量の定量的な評価も行われておらず、農業水利サービスが効率的に提供されていない点に問題を設定する。

たとえば、発展途上国では、灌漑水量の不安定さのため、計画時に想定した灌漑面積と実際の灌漑面積とが大きく乖離している地区は珍しくない。わが国でも、渇水時に所定の水量が末端圃場へ届かなかったり、水温や水質が不適切であったりする事例は多い。また、現代のわが国では、水田稲作農家が水管理に費やす総労働時間は田植えや収穫に費やす労働時間よりも多く、農業経営の大規模化を進めるためには水管理労力の大幅な削減が必須となっている。さらには、農業水利施設が地域住民にとって危険個所となっていたり、騒音・振動、悪臭、景観劣化などを起こしていたりする場合もある。上記に挙げたような問題はすべて、農業水利サービスが効率的に提供されていないために起こっている問題であると考えられる。ひいては、農業水利施設の建設や維持・管理のための公共投資が有効に生かされない状況に陥っていると想定され、このような状況はサービス受益者である農民、市民だけでなく、一般国民に対しても弊害を及ぼす。

本研究開発プロジェクトで設定した問題が解決された姿のイメージは、農村地域に居住する農民、市民に対して適切な農業水利サービスが提供され、サービス受益者が農業水利システムから正当な価値を享受できる状態が、究極的な望ましい状態とする。それにより、農民や市民による農業水利施設の参加型維持管理へのモチベーションも高まると思われる。また、農業水利サービスの定量的な評価は、適正な水価の設定を可能とし、量水制を基本とした正当な水利費の設定が可能となるであろう。ひいては、農業水利施設の建設や維持・管理のための公共投資が有効に生かされると考えられる。

しかし、これらのイメージが現実となるためには相応の予算措置が必要であり、多くの地区で事業として採択されるためには国家予算レベルでの大きな財政的動きが必要であろう。そこで、本研究開発プロジェクトでは、国営事業の創出を目指して、研究開発期間終了時に科学的な実測および解析結果に基づいた建設的な政策提言を行うことを、第1の達成目標とする。政策提言の提示先として国の行政担当者の関与が必須であるが、農林水産省農村振興局整備部水資源課農業用水対策室から、研究を実施するに当たっての「意見照会先」となる了解を得た。農業用水対策室は国営事業の水利権関係の調整等を主たる業務としており、水資源課は農業水利関連の政策の企画立案を行なっている部署である。本研究開発プロジェクトでの成果の提示先として農林水産省の中でも最適な部署であると思われる。

また、上記のイメージを末端の個々の農民や市民のレベルで実装するために、本研究開発プロジェクトでは、農民や市民が手軽に農業水利サービスに関する情報を発信あるいは受信できるようなアプリケーションとユーザーフレンドリーなインターフェイスの開発を行うことを第2の達成目標とする。インターフェイスの開発により、サービス受益者からの多様なニーズのより詳細な把握が可能になり、多様な配水パターンや予約注文体系の設定が可能となるだろう。さらに、より多様な形態のサービスの創出が可能になると思われ、農業水利分野での新たなサービス産業

の創出も期待される。研究開発期間中に、開発されたインターフェイスを対象地域において想定ユーザーに公開して試験的に実装し、利用者からのフィードバックによりバージョンアップを図る。研究開発期間終了時には、実用的なインターフェイスの提供ができることを目標とする。

3-1-3. サービス科学の基盤への貢献

専ら農村地域を対象としたサービス科学の研究プロジェクトは、これまでに例が無い。本研究開発プロジェクトにより、都市とは異なるさまざまな特徴を持つ農村地域へサービス科学が適用され、これまでの都市型とは異なるサービス科学への展開の道が大きく開かれると思われる。本研究開発プロジェクトを遂行する中で示される、面的な広がり大きい対象での、サービスの価値の時間的変動や地域的な多様性を踏まえた研究手法や、安定を志向して変化を嫌う傾向が強い社会でのニーズ把握手法やサービス提供手法は、農村地域におけるサービス科学の研究基盤構築に貢献するものと思われる。

本研究開発プロジェクトでは農業水利サービスに焦点をあてるが、農村地域では、同じ様に気象条件や作物生育ステージなどによってサービスの価値が時間的に大きく変動し、サービスの受け手が面的に広く分布しているためサービスの価値が多様化するような事例は、枚挙に暇がない。たとえば、土壌情報提供サービス、営農情報提供サービス、市場情報提供サービスなどである。広義には、基本的に天気予報である農業気象情報サービスも同様である。これまでサービス科学は、主として人口が集中している都市で発展してきたが、本研究開発プロジェクトの成果は、これまでの都市型のサービス科学に加えて、農村地域でのサービス科学を開拓する端緒を開くものと思われる。

さらに、本研究開発プロジェクトで得られた日本の農村地域におけるサービス科学の知見は、同じ水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域へ、容易に適用することができると考えられる。日本の農村地域でのサービス科学研究が契機となり、欧米型とは異なる日本発のサービス科学の一分野が生まれる可能性を持っており、サービス科学の研究基盤の拡大に貢献するものと思われる。

3-1-4. 実施体制

本研究開発プロジェクトの実施体制を、図3に示す。本研究開発プロジェクトは、観測・解析グループ、社会・経済グループ、インターフェイス開発グループの3グループからなる体制で実施された。観測・解析グループは、農業用水の水量、水質についての現地観測、現地調査、モニタリング、農家の行動観察と、農村地域での農業用水および溶存物質の動態の物理化学的モデル解析を行う。農業水利サービスの実態の定量的把握が、観測・解析グループの具体的な目的である。社会・経済グループは、観測・解析グループから情報を得て、農業水利サービスの価値評価を行う。農業水利サービスの社会的、経済的価値の定量的評価手法の提示と、評価結果の提示が、社会・経済グループの具体的な目的である。インターフェイス開発グループは、観測・解析グループ、社会・経済グループが得た知見を踏まえて、農民や市民へ農業水利サービスを提供するアプリケーションの開発を行う。ICTを利用して、農業水利サービスの効率的な提供を行えるアプリケーションやユーザーフレンドリーなインターフェイスを開発することが、先に述べた通り、達成目標となる。さらに、観測・解析グループ、社会・経済グループが得た知見およびインターフェイス開発の成果品を用いて、農業水利サービスの価値が最大化できるような農業水利システムの設計・管理手法について政策提言を行うことが、先に述べた通り、本研究開発プロジェクトの達成目標である。

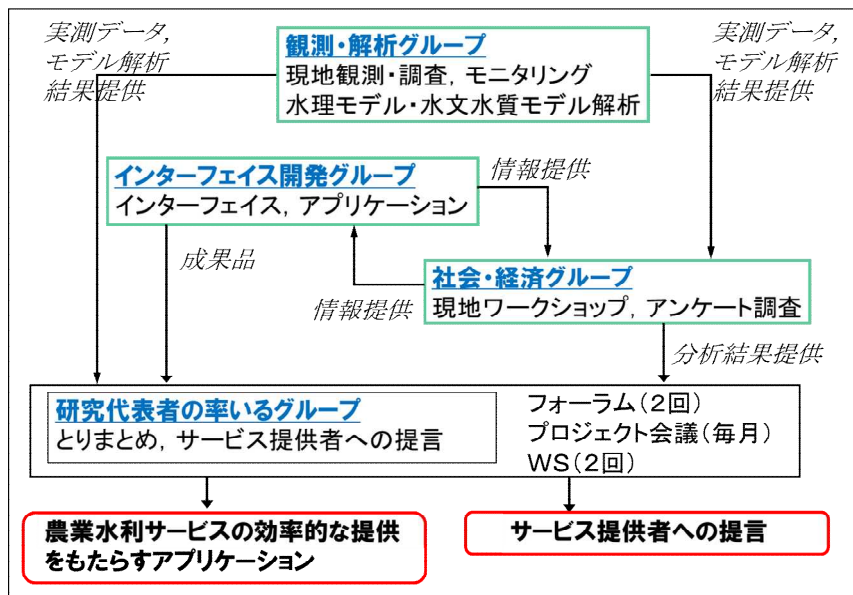


図 3 実施体制

3-2. 実施項目

3-2-1. 実施項目の概要

図4に、本研究開発プロジェクトの具体的な研究活動の全体像を、概略的に示す。本研究開発プロジェクトでは、まず、実際の水田稲作地域に設定した対象地域において、観測・解析グループによる現地観測、現地調査、モニタリング、農家の行動観察によって、農業水利サービスに対するニーズの探索を行った。本研究開発プロジェクトでの調査研究により、①農家や土地改良区の水管理労力の削減、②土地改良区の苦情処理業務のIT化、③農家への用水の水温や水質の情報提供、④農業用水の多面的機能の利活用、⑤土地改良区の活性化、といったニーズが明らかになった。これらのニーズに対し、インターフェイス開発グループによって、それぞれのニーズに対してICTを利用したサービスを提供するためのアプリケーションが開発された。

さらに、想定ユーザーによるアプリケーションの試行やワークショップの開催により、それぞれのニーズに対するサービスの価値を定量的に評価した。アプリケーションの試行では実際の想定ユーザーによる評価の分析がインターフェイス開発グループと社会・経済グループとの連携により行われ、ワークショップでは多面的機能の利活用についての分析が主に社会・経済グループによって行われた。

これらの成果を、農林水産省との意見交換会で提示し、政策提言が行われた。

以下では、まずそれぞれのグループごとに、研究開発の具体的な実施方法・実施内容を列举して述べる。次に次節3-3.において、図4中のそれぞれの部分ごとに、研究開発結果・成果について詳細に述べる。

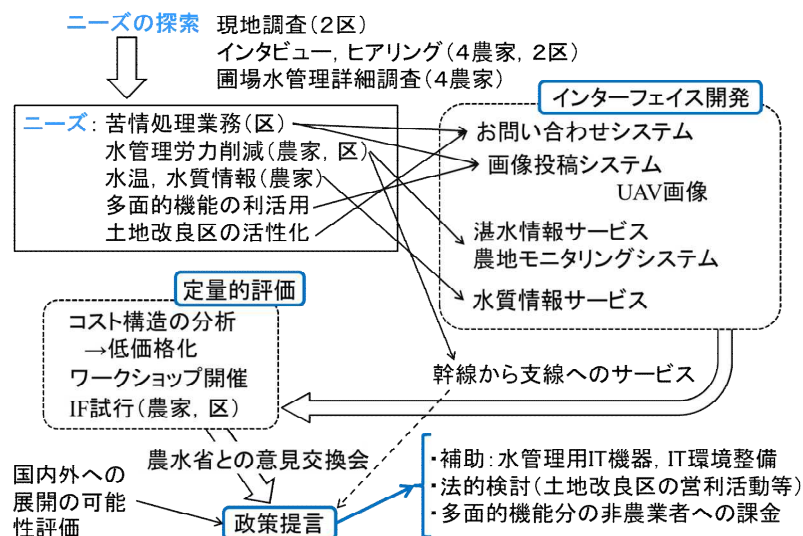


図4 研究活動の全体図

3-2-2. 観測・解析グループの研究開発内容

【H23年度】

- ・本研究開発プロジェクトで研究対象として選定した愛知用水土地改良区と印旛沼土地改良区において、それぞれの管内全体の土地利用や農業水利システムの全体像を把握した。
- ・両土地改良区管内から、本研究開発プロジェクトの遂行に最適な対象地区（農業水利ユニット）

を選定した。選定作業は、面積、土地利用の均一性（工場・宅地、森林等が無い）、水路網の接続状況、測定機器の設置し易さ、対象農家の研究プロジェクトに対する積極性、等を勘案し、土地改良区職員と協議して行った。

- ・選定された対象地区について、両土地改良区職員及び代表的な農家への聞き取り調査、文献調査により、水管理の問題点や、水温・水質についての現状を把握した。また、対象地区の農業水利システムについての詳細な情報収集を行った。

- ・農業水利サービスの実態把握と、他グループの研究開発のために有効と考えられる実測データの観測体制について検討を行い、測定機器を購入して観測体制を整備した。

- ・両対象地区の直近の気象観測点を選定し、測定項目や測定頻度を把握した。

- ・愛知用水では、上位区間である幹線水路の開水路系での水管理を需要主導型で行うことが課題として抽出されたため、幹線水路での開水路の非定常水理解析を行う対象地区として、桜鐘チェックゲート（愛知県知多市の佐布里池近くにある水位調整ゲート）より下流側の農業用水専用区間を選定した。

- ・農業水利サービスとしての水温・水質情報に対するニーズ調査の結果を踏まえて、水質水文モデルの対象地区として印旛沼へ流入する鹿島川の中流部を選定した。

- ・モデル解析のために選定された愛知用水幹線水路および鹿島川中流部に対する、それぞれのモデル構造の検討を行ない、愛知用水幹線水路のモデルでは、他地区でのダミーデータを用いてテストランを行った。

【H24 年度】

- ・選定された対象地区（愛知用水土地改良区管内、印旛沼土地改良区管内）での、単一区画の水田と末端給水栓の分布状況や詳細な水路系統について、土地改良区で保有するデータを入手し、整理した。愛知用水土地改良区管内の対象地区については、水路網の GIS 化を行い、これは後述するインターフェイス開発グループによる「お問い合わせシステム」に用いられた。

- ・愛知用水土地改良区管内の対象地区において、土地改良区職員と協議して、80 歳前後の専業農家と 65 歳前後の兼業農家の 2 農家を対象農家として選定した。それぞれが耕作する水田から 1 区画ずつを対象圃場として選定した。

- ・愛知用水土地改良区管内の対象地区において、H24 年灌漑期に、対象地区へ供給される農業用水量と、対象圃場 2 区画での水利用量の連続観測を行った。また、対象農家の協力を得て、水管理操作（給水栓操作の時刻と開度）と水稻の栽培管理状況を記録した。さらに、耕作者の水管理労力の概算を行った。

- ・愛知用水土地改良区管内の対象地区において、対象圃場のうち 1 区画で、監視カメラによる定期的な自動撮影により、水田の湛水状況とイネの生育状況のモニタリングを行った。

- ・愛知用水土地改良区管内の対象地区において、日射量、気温、降水量、風速について、対象地区の直近の気象観測点でのデータを入手した。これらのデータからペンマン法により、圃場からの蒸発散量を推定した。

- ・印旛沼土地改良区管内の対象地区において、適時適切な水質の用水の供給などの水質面での農業水利サービスの可能性について検討するため、水田からの排水の水質の観測を行った。

- ・開水路系が採用されている追加の対象地として、末端まで開水路系が採用されている石川県の手取川七ヶ用水を選定した。手取川七ヶ用水土地改良区とコンタクトを取り、水路網等の基礎データを収集した。

- ・愛知用水幹線水路（開水路）の桜鐘チェックゲートより下流側の農業用水専用区間について、（独）水資源機構愛知用水総合管理所より、水路の勾配、通水断面、各種水利施設の位置と諸元についての情報を得た。また、同管理所では、無効放流削減と需要主導型配水を志向して採用された上下流水位自動制御ゲートの上下流水位が毎分 1cm 単位で、幹線水路の各地点での流量と主な支線への分水量が 1 時間単位で記録されていることを確認した。

・上下流水位自動制御ゲートの自動開閉状況をシミュレートするモデルのプロトタイプを作成した。流量を変化させた場合のゲートの自動開閉状況の仮想シミュレーションを行い、上下流水位自動制御ゲートの開閉状況がモデルにより良好に再現されていることを確認した。

・愛知用水幹線水路農業用水専用区間を対象として、チェックゲートを備えた幹線水路の1次元非定常水理モデルのプロトタイプを作成し、解析を行った。幹線から支線へのレベル（メソスケール）での配水サービスの評価指標の一つとして幹線水路での用水変動の到達時間を見たところ、上下流水位自動制御ゲートを導入した場合には、従来の上流水位一定制御ゲートの場合に比して、支線へのサービスが向上することが示された。

・印旛沼土地改良区管内の鹿島川中流部において、米の品質向上に向けた適時適切な水質の用水供給サービスを念頭に、河川水と水田からの排水の水量・水質の連続観測を行い、低濃度排水の賦存状況について水質水文解析を行った。窒素、リン汚濁の進んだ用水が水田により浄化されている状況が把握され、低濃度排水を用水として供給するサービスの可能性が確認された。

・一方、愛知用水半田支線八助谷分線での管水路流量の連続観測の結果、管水路が満流になっておらず開水路状態で流れている状況が頻繁に起こっていることが把握された。したがって、管水路系における水量、水圧をシミュレートする非定常水理モデルを構築する意義が低下したため、これを行わない方針とした。

【H25 年度】

・愛知用水土地改良区管内の対象圃場2区画においては、観測機器を追加してH24年度の観測を継続し、対象圃場での水利用量のモニタリングを行った。

・H25年灌漑期には、愛知用水土地改良区管内の対象圃場2区画に加え、印旛沼土地改良区管内で40歳代の専業農家と農業法人の2農家を対象農家として選定した。それぞれが耕作する水田から1区画ずつを対象圃場として選定し、計4区画の対象圃場で灌漑水量、排水量、湛水深を連続観測した。

・また、上記の4区画の対象圃場の耕作者の協力を得て、水稻の栽培管理状況を記録するとともに、生育状況を追跡した。

・対象圃場での監視カメラによる定期的な自動撮影により、水田の湛水状況と水稻の生育状況のモニタリングを行った。H25年灌漑期からは、愛知用水土地改良区管内の対象圃場1区画に加え、印旛沼土地改良区管内の対象圃場2区画の計3区画で監視カメラによるモニタリングを行った。

・両土地改良区管内の対象地区において、水管理労力の投入の評価を行い、両地区における末端圃場レベル（ミクロレベル）での農業水利サービスのニーズについての考察を行った。

・水質面での農業水利サービスの可能性について検討するため、印旛沼土地改良区管内の対象地区において、農家の水管理および肥培管理について聞き取り調査を行うと共に、詳細なモニタリングを行った。また、水源である印旛沼や鹿島川の水質変動を観測した。これらの観測データをもとに、米の品質向上、用水や肥料の節減、農村地域内の市民への水質情報提供等の価値につながる農業水利サービスの提供について検討を行った。

・愛知用水土地改良区管内の対象地区に加え、印旛沼土地改良区管内の対象地区でも、日射量、気温、降水量、風速について、直近の気象観測点でのデータを入手した。これらのデータからペンマン法により、圃場からの蒸発散量を推定した。

・愛知用水幹線水路農業用水専用区間を対象とした幹線から支線へのレベル（メソスケール）での配水サービスについては、H24年度に開発した1次元非定常水理モデルを用いて、引き続き解析を行った。H25年度には、（独）水資源機構から詳細な水位データの提供を受けるとともに現地調査を行って、モデル内の各種パラメータを同定し、幹線水路における水の流れを物理法則に基づいて再現する実用モデルを完成させた。

・作成した実用モデルを活用し、幹線から支線レベルへの配水を需要主導型で行う場合のコストを計測する指標を提案した。この指標を用いて、従来の「上流水位一定制御方式」から「上下流

水位自動制御方式」への技術革新の効果を、同程度のサービスを行うのに必要なコストの削減量によって定量化した。

- ・適時適切な水質の用水供給サービスへのボトルネックの同定に向け、印旛沼土地改良区管内の対象地区において、Agent Based Model による解析を行った。水質観測結果やその他の実測結果を基に、土地改良区と農家との間の情報交換の利便性向上度合い、低濃度用水導入による米の品質向上効果、ペナルティ関数としての追加コスト等を検討した。用水水質と米品質との関係については、既往の文献をレビューして関数化した。

【H26 年度】

①圃場レベルでの水管理労力削減サービス

- ・愛知用水土地改良区管内で H25 年灌漑期までに観測を行った 2 区画の圃場では、初期段階の観測の目的は達成され、特に H25 年灌漑期には詳細な水収支データを得た。また、この 2 区画の耕作者は IT 機器の利用にはかなりの抵抗感があることが判明した。そこで H26 年灌漑期には、土地改良区職員と協議し、新たに 60 歳代の専業農家、60 歳代の専業農家、50 歳代の兼業農家の 3 農家を対象農家として選定した。それぞれが耕作する水田から 1 区画ずつを対象圃場として選定した。田植え前に H25 年度までモニタリングを行った 2 区画から観測装置を撤去し、観測装置一式を追加して、新たに選定した 3 区画の対象圃場で灌漑水量、排水量、湛水深を連続観測した。

- ・印旛沼土地改良区管内で H25 年度まで観測を行った 2 区画の圃場では、継続して灌漑水量、排水量、湛水深を連続観測した。

- ・両対象地区での気象観測データを前年度までと同様に得て、ペンマン法により圃場からの蒸発散量を推定した。

- ・以上までで得られたデータから、5 区画の対象圃場での灌漑期（9 月上旬まで）における水収支を時間単位で把握した。H25 年度に観測を行った 2 区画と併せて、本研究開発プロジェクトとしては、合計 7 区画の対象圃場の灌漑期を通した水収支が時間単位で把握された。

- ・H25 年度と同様に、両土地改良区管内の計 3 区画の対象圃場で、監視カメラによる水田の湛水状況と水稻の生育状況のモニタリングを行った。また、対象農家の協力を得て水稻の栽培管理状況と水管理労働の状況を記録し、耕作者の水管理労力の計算を行った。

- ・これらの結果を用いて、インターフェイス開発グループで開発された「農業水利情報サービスシステム」を導入する場合のコスト構造の解析を行った。両土地改良区管内の対象農家について、サービス受益者の立場からの「農業水利情報サービスシステム」導入の可能性と導入へ向けてのコスト面でのネックを検討した。

②土地改良区へのサービス

- ・愛知用水土地改良区管内で、半田支線掛かりの池田工区を選定し、実際の地形や圃場分散状況を勘案しつつ農家の参加率を変数として、当該地区へ「農業水利情報サービスシステム」を導入する場合のコスト構造の解析を行った。また、愛知用水土地改良区の見回り業務等に対して「農業水利情報サービスシステム」を導入する場合のコスト構造の解析を行った。

③幹線から支線へのサービス

- ・H25 年度までに開発した愛知用水幹線水路農業用水専用区間の 1 次元非定常水理モデルを用いて、引き続き解析を行った。（独）水資源機構から提供を受けた水路諸元と水位データ、流量データを用い、必要に応じて現地調査を行って、モデルパラメータのさらなる同定を行った。

- ・用水の到達時間と分水充足率とを評価基準として、従来の「上流水位一定制御方式」から「上下流水位自動制御方式」への技術革新が支線の利便性へもたらす効果を定量的に示した。また、上下流水位自動制御ゲートの設定水位の決定方法について、科学的な根拠に基づいた提言を行った。

④水質面でのサービス

- ・印旛沼土地改良区管内の対象地区において、農家の水管理および肥培管理について聞き取り調

査を継続し、より多様な経営形態、世代の農家からの情報を得た。

- ・H25 年度に引き続き、用水の水源である鹿島川と、水田からの排水路での水量・水質の連続観測を継続した。

- ・H25 年度に引き続き、鹿島川中流部を対象として、米の品質向上および用水や肥料の節減につながる適時適切な水質の用水を供給するサービスの導入可能性について、Agent Based Model による解析を行った。また、農業水利情報サービスと自動給水栓とを併用した場合の、水田からの栄養塩類負荷流出の変動についてのモデル解析を行った。

【まとめ】

水田の圃場レベルでの、用水排水の動態の解析や農家の行動観察による実測データの蓄積により、農業用水のエンドユーザーである農家の潜在的ニーズを可視化した。農村地域の共同体での慣習的な水利用体制や保守的な傾向のため、農業水利サービスに関する農家のニーズは、これまで、科学的な観測対象となっていなかった。農家は、水利権上で可能な範囲で、長年の経験と勘に基づく工夫により、個別にニーズを満たしてきた。また、特に近年には、高温、低温障害対策や食味向上の観点から、農業用水の水温、水質にも関心を持つ農家が増えている。観測・解析グループでは、このようなニーズを科学的な観測と解析によって可視化し、サービス提供の阻害因子を明らかにすることにより、サービス提供者および被提供者（受益者）を覚醒する新たなサービス導入の可能性を提示した。

また、幹線水路から支線水路への分水における用水の動態の数値シミュレーションを行い、支線水路の利便性の変化を評価した。幹線水路から支線水路への分水も、これまで、ゲート操作者の経験と勘に頼って行われる部分が大きかった。幹線水路から支線水路への分水については、実スケールでの試行実験を行うことが出来ないため、これを数値シミュレーションによって可視化することにより、支線水路へのサービス向上をもたらすゲートの形式や操作法について、科学的なシミュレーション結果に基づいて提言を行った。

3-2-3. 社会・経済グループの研究開発内容

【H23 年度】

- ・農業水利サービスの価値の評価手法について、既往の関連研究をレビューし、評価手法を分類整理した。それぞれの手法について、既往の文献を収集した。レビューと並行して、需要主導型の立場から農業水利サービスの価値を評価するための、客観的な指標についての検討を行った。

- ・現場においては、愛知用水土地改良区と印旛沼土地改良区の土地改良区職員に対する聞き取り調査により、農民および市民の期待するサービスのニーズ調査を行った。両土地改良区管内で対象地区を選定し、それぞれの対象地区内の代表的な農家に対して、農業水利サービスに関連した便益についての第1次の聞き取り調査を行った。

- ・日本と同じ水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域へサービス科学の知見を適用する可能性を探るため、インドネシアのバリ島における農業水利の状況の現地視察および文献による検討を行った。

【H24 年度】

- ・愛知用水土地改良区と印旛沼土地改良区において、土地改良区職員に対する第2次の聞き取り調査を行い、機能面と費用面での農業水利サービス構成の確認を行なった。愛知用水における農業水利サービスの構成を、内部経済と外部経済に分類して機能面から整理した。

- ・水利費の変動による経済的効果を示すためのひとつの試行として、営農面積に対する利潤の変化（利潤関数）について検討した。愛知用水土地改良区管内の池田工区を対象とし、耕作者に対する個別聞き取り調査によって農業経営面での現状を把握することで利潤関数を導出し、限界利潤を分析した。

- ・農業水利サービス構成のうち、収穫物の価格が最も高い時期に収穫できるようにする機能を取

り上げ、田植え期の水利費を時期によって変化させた場合の仮想シミュレーション分析を行って検討した。

- ・愛知用土地改良区の関連資料および文献の分析を行い、経常賦課金、建設負担金（一期事業、二期事業）、農地転用賦課金からなる灌漑費用の構成の変遷を調査した。

- ・愛知用水において、農業水利施設の段階ごとに、サービスの提供者と受益者が重層的な構成を成している状況を把握した。

- ・愛知用水に関する文献調査、聞き取り調査により、当地では愛知用水からの給水以外に、溜め池自流、水田への降雨、水田への地下水からの補給によって水供給が行われている点が明らかとなった。特に、溜め池を水源とする水田の水管理の状況が土地改良区で把握されていないため、溜め池上下流の水管理者に対して聞き取り調査を行った。

- ・モンスーンアジア地域で今後望まれるであろう農業水利サービスのニーズを検討するため、インドネシアの中部ジャワ州ソロ近郊（ジャワ島）およびヌサ・テンガラ州（ロンボク島）で、農民水管理組織の組合員に対するアンケート調査を行った。

【H25 年度】

- ・愛知用土地改良区における農地転用負担金の位置付けが、人口減少と都市化の進展の減少に伴ってどのように変化するのかについて分析を行った。

- ・H24 年度に引き続き、農家および土地改良区職員等の関係者への聞き取り調査によるデータを用いて、水供給タイミングによる水利費の変動などのシステムを導入した場合の便益の変化の仮想シミュレーション分析を行った。

- ・愛知用土地改良区および印旛沼土地改良区において、兼業農家、農業法人、高齢者、若手などの属性の異なる農家に対する聞き取り調査により、農業水利サービスの各オプションの価値の属性による違いを調査した。

- ・愛知用土地改良区管内の半田市およびみよし市において、農家、非農家、土地改良区職員を対象として、2 回のワークショップを開催し、本研究開発プロジェクトで開発したアプリケーションの公表（想定ユーザーによる評価）と、農業用水の多面的機能を利用した土地改良区による新たなサービスの可能性についての議論を行った。

- ・日本と同様の水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域として、日本と同じ島嶼国であるインドネシア国のジャワ島、ロンボク島など数カ所で現地調査を行い、農業水利サービスの提供者でありかつ受益者でもある農民水管理組織の構成員に対するアンケート調査の分析を行った。

【H26 年度】

- ・本研究開発プロジェクトで開発した新たな農業水利サービスを提供するアプリケーションの評価と、農業用水の多面的機能を利用した土地改良区による新たなサービスの可能性について、愛知用土地改良区および印旛沼土地改良区の職員に対する聞き取り調査を行った。

- ・対象農家以外の、大規模稲作を行っている農業法人 5 法人に対し、本研究開発プロジェクトで開発したアプリケーションを紹介し、その評価についての聞き取り調査を、観測・解析グループとともにを行った。

- ・本研究開発プロジェクトで開発したアプリケーション導入の効果を定量的に評価するため、両土地改良区で、対象農家として選定した農家以外も含めて 20 軒程度の農家、農業法人、土地改良区職員、その他農業用水関係者に対してインターフェイス試作品を示し、支払い意志額を尋ねてインターフェイス導入のベネフィットを定量的に評価した。

- ・日本の農村地域におけるサービス科学の知見を、同じ水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域へ適用する可能性についての調査を、H25 年度に引き続き行った。特に最終年度には、インドネシア国の農業省高官にコンタクトを取り、農業政策の決定に影響力を持つ政府高官への聞き取り調査を行った。

【まとめ】

本研究開発プロジェクトで開発した新たな農業水利サービスを提供するインターフェイスが、実際のユーザーに対してどれくらいの価値があり、普及可能性があるかを、定量的に評価した。このような、科学的手法によって得られた、新しいシステムによるサービスの価値の定量的な評価は、本研究開発プロジェクトからの政策提言のきわめて重要な根拠となり、行政府による当該政策の推進の根拠ともなる。本研究開発プロジェクトで開発したシステムが、これまで潜在的に存在したニーズを充足する有効な手段であることを可視化することにより、本システムの広域的な導入を促進し、本研究開発プロジェクトで掲げた課題の解決を促進するきっかけを作ることができたと思われる。

また、東南アジアの水田稲作圏におけるアンケート調査、聞き取り調査によって、日本の農村地域におけるサービス科学の知見を同じ水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域へ適用することに対する期待が把握された。現在、東南アジア各国でもネットワーク環境が農村地域へ急速に拡大しており、これを利用して各国の農業担当省庁が政策を推進して行くことにより、本研究開発プロジェクトの成果の適用可能性は大きく広がるものと思われる。

3-2-4. インターフェイス開発グループの研究開発内容

【H23 年度】

- ・愛知用水土地改良区と印旛沼土地改良区において、地域や住民の属性に応じた農業水利サービスの理想的な提供手段について、土地改良区職員への聞き取り調査を行った。
- ・開発したアプリケーションを試行する対象地区を両土地改良区管内で選定し、それぞれの対象地区内の代表的な農家に対して、どのような農業水利サービスを期待するかについて聞き取り調査を行った。
- ・聞き取り調査の結果を基に、アプリケーションとインターフェイスのあり方について整理し、スマートフォン等の情報端末上で使えるアプリケーションを開発する基本方針を策定した。H23年度には、土地改良区の配水管理業務を支援するシステムのプロトタイプを試作した。

【H24 年度】

- ・農業水利情報をリアルタイムで授受するアプリケーションとして、「お問い合わせシステム」、「画像投稿システム」、の2つのツールのプロトタイプを開発した。
- ・愛知用水土地改良区管内の対象地区で選定した対象圃場1区画に、基本気象データ（降水量、気温、湿度、風速、日射量）、土壌水分量、イネ生育状況画像を一定時間間隔で取得してインターネット上へ配信する圃場モニタリングシステムを設置した。
- ・無人航空機（UAV）による広域水田モニタリングの手法に関する試験を実施した。
- ・農家にとって、基幹作物であるコメの収量の多寡は最大の関心事である。そこで農業水利サービス受益者である農家の価値創出を支援するツールとして、コメの収量予測サービスのプロトタイプを開発した。
- ・比較的安価に抑えられる農業用スマートセンサーの開発を行い、圃場での各種のモニタリングデータを無線経由で収集するシステムを開発した。

【H25 年度】

- ・愛知用水土地改良区管内の対象圃場1区画に加え、印旛沼土地改良区管内の対象圃場2区画に、基本気象データ（降水量、気温、湿度、風速、日射量）、土壌水分量、イネ生育状況画像を、一定時間間隔で取得してインターネット上へ配信する圃場モニタリングシステムを設置した。
- ・H24年度に開発した「お問い合わせシステム」、「画像投稿システム」のアプリケーションとそのインターフェイスを、愛知用水土地改良区管内の半田市およびみよし市で開催したワークショップで公開し、農家、非農家、土地改良区職員からの意見を収集して、バージョンアップした。
- ・「お問い合わせシステム」、「画像投稿システム」をワークショップ等で参加者へ公開するための説明ビデオを作成し、半田市およびみよし市で行ったワークショップで上映した。

- ・愛知用水土地改良区管内で無人航空機（UAV）による水田や水路の空撮試験を行い、可視域、赤外域とも、センチメートルレベルで判読可能な解像度の画像を取得することに成功した。
- ・圃場モニタリングシステムで得られたデータを、対象地区の農家が簡単に閲覧できるユーザーフレンドリーなインターフェイスを開発し、これを「農業水利情報サービスシステム」としてスマートフォンやタブレット端末で利用できるアプリケーションの形で提供した。
- ・農業用スマートセンサーについては、ソーラーパネルを利用したセルフ電源化、湛水深計測機能の実装のための安価な水位センサーの開発を行った。

【H26 年度】

- ・愛知用水土地改良区管内で前年度までに設置した圃場モニタリングシステムは、対象農家の IT 機器への不慣れのためあまり活用されなかった。そこで、これを H26 年灌漑期には、田植え前までに、同じ工区内で IT 機器により明るい農家の水田へ移設した。印旛沼土地改良区管内の対象水田 2 箇所に設置した圃場モニタリングシステムは、H26 年度も設置を継続した。これらの圃場モニタリングシステムを対象農家に試用して頂き、改良や追加が必要な点等のフィードバックを得た。
- ・圃場モニタリングシステムへ、田植え前までに、水位センサー、電気伝導度センサー、水温センサーを搭載した。実際の圃場で一定期間供用し、これらのセンサーの屋外環境での堅牢性を試験した。さらに、価格と測定精度の兼ね合いを考慮しつつ、実用的なセンサーの開発に取り組んだ。
- ・無人航空機（UAV）による水田の面的センシングデータを、地上モニタリングネットワークと組み合わせて、新たな農業水利サービスのオプションとして利用可能となる形とした。
- ・農業水利情報サービスシステム、お問い合わせシステム、画像投稿システムを 1 つのパッケージとし、インターフェイスとしてさらに実用化した。これを「水管理アプリケーション」とした。インターフェイスの価値を客観的に評価するデータを収集するため、パッケージ内に評価を入力するページを設けた。また、パッケージの簡易マニュアルを作成した。
- ・タブレット端末を 8 台購入し、開発したインターフェイスをインストールした。これを簡易マニュアルとともに実際の農家、土地改良区職員に貸与し、試行して頂いた。愛知用水土地改良区へ 4 台、印旛沼土地改良区へ 4 台のタブレット端末を貸与した。試行に先立ち、愛知用水土地改良区半田事務所および印旛沼土地改良区で、使用説明会を開催した。
- ・インターフェイスを試行した農家や土地改良区職員の意見を取り入れて改良すべき点を抽出するとともに、評価データを収集した。

【まとめ】

観測・解析グループの観測、調査結果、社会・経済グループの検討結果より明らかになった、農業水利に関するニーズに基づき、各ニーズに対するサービスを提供するアプリケーションを開発した。開発したアプリケーションを 1 つのパッケージとし、ユーザーが使いやすいインターフェイスと併せてさらに実用化した。これをインストールしたタブレット端末を実際の農家、土地改良区職員に試行して頂き、評価データを収集した。これにより、インターフェイス開発グループで開発したツールのユーザーによる客観的な評価や改善点の指摘を得た。

新しいツールを試行して頂くことによって、農村地域の共同体での慣習的な水利用体制や保守的な傾向のためこれまで潜在していた農業水利サービスに関する農家のニーズを覚醒することに貢献できたと考える。

3-2-5. アウトリーチ活動

【H23 年度】

- ・H23 年灌漑期終了時（H24 年 2 月 24 日（金））に、印旛沼土地改良区事務所にてフォーラムを開催した。本研究開発プロジェクトの方針を説明するとともに、この時点までの研究成果を公表

し、意見交換を行った。

【H24 年度】

・H24 年灌漑期終了時（H25 年 2 月 7 日（木））に、愛知用水土地改良区本所にてフォーラムを開催した。本研究開発プロジェクトの方針を説明するとともに、この時点までの研究成果を公表し、意見交換を行った。

・農林水産省農村振興局水資源課農業用水対策室および農林水産省関東農政局印旛沼二期農業水利事業所とのコンタクトを持ったが、フォーマルな意見交換会は時期尚早と判断された。

【H25 年度】

・H25 年 4 月 19 日（金）に、（独）水資源機構中部支社との意見交換会を開催した。愛知用水での幹線水路から支線水路へのサービスについての本研究開発プロジェクトでの研究成果を報告し、幹線水路に二期事業で導入された上下流水位自動制御ゲートの操作方法についての意見交換を行った。

・H25 年 6 月 15 日（土）にマロウドインターナショナルホテル成田にて開催された「印旛沼土地改良区設立 60 周年祝賀会並びに国営印旛沼 2 期着工報告会」で、本研究開発プロジェクトの概要と現時点までの成果のポスター発表を行った。

・H25 年 9 月 10 日（火）に研究代表者が受入れた JICA によるモンゴル人の研修において、本研究プロジェクトの内容と成果を説明した。

・社会・経済グループの項で前述したが、H26 年 2 月 13 日（木）、2 月 18 日（火）に、愛知用水土地改良区管内のみよし市および半田市において、農家、非農家、土地改良区職員を対象として、2 回のワークショップを開催し、本研究開発プロジェクトの成果を公開するとともに、幅広い意見を聴取した。

・H25 年灌漑期終了後（H26 年 2 月 28 日（金））に、農林水産省農村振興局水資源課との意見交換会を開催した。本研究開発プロジェクトの成果を有効な政策提言へ結び付けるために、本研究開発プロジェクトの推進方針への農水省側の意見を聴取した。

【H26 年度】

・インターフェイス開発グループの項で前述したが、H26 年 6 月 24 日（火）に愛知用水土地改良区半田事務所において、H26 年 7 月 6 日（日）に印旛沼土地改良区において、本研究開発プロジェクトで開発したインターフェイスをそれぞれ 4 台のタブレット端末にインストールし、実際にデモンストレーションを行いながら使用説明会を行った。

・H26 年 9 月 2 日（火）に、農林水産省農村振興局水資源課と 2 回目の意見交換会を開催した。本研究開発プロジェクトの成果を紹介し、政策提言を行った。

3-2-6. 研究開発のスケジュールの概要

図 5 に、研究開発のスケジュールの概要を示す。研究開発は、ほぼ当初計画したスケジュールどおりに進められた。

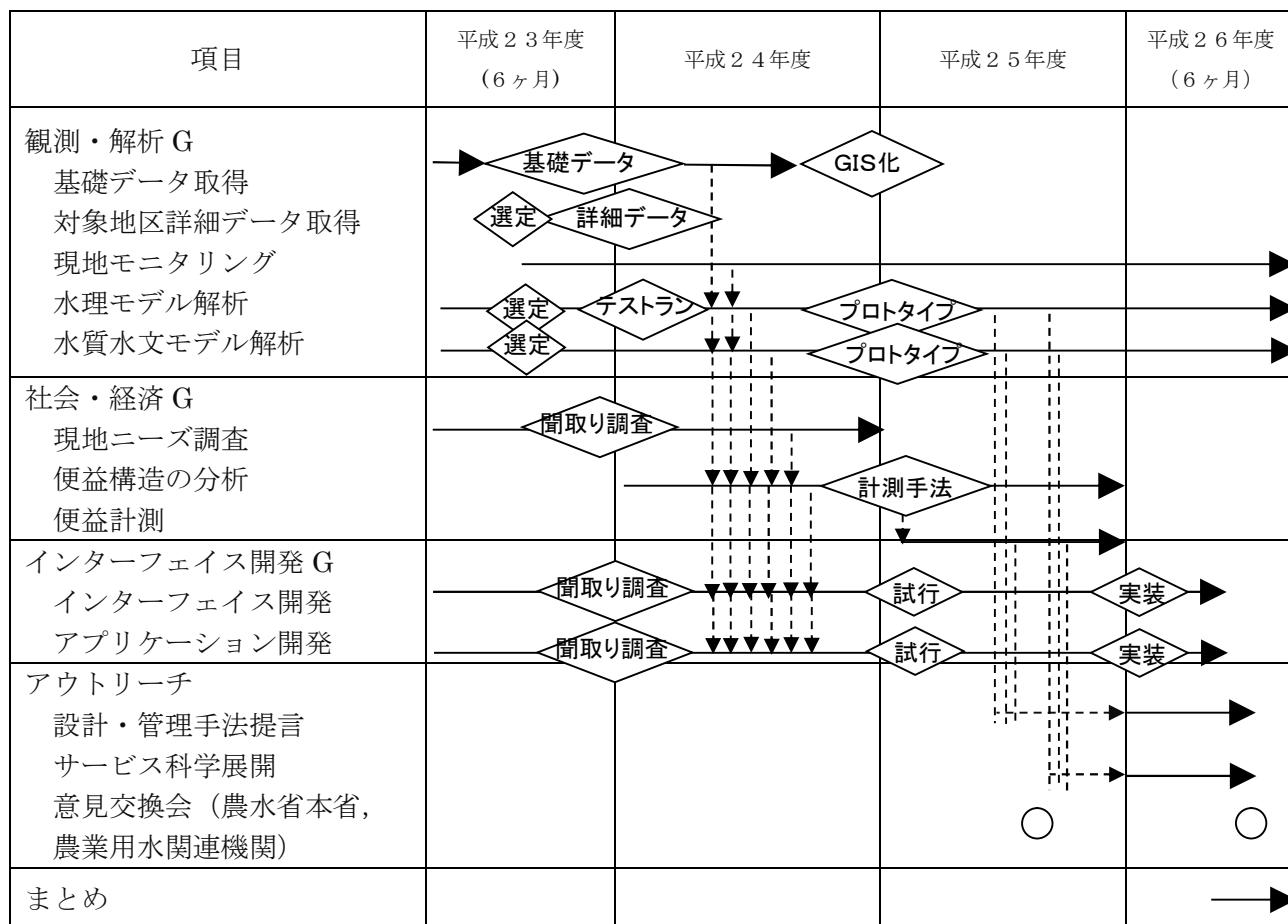


図5 研究開発のスケジュールの概要

3-3. 研究開発結果・成果

3-3-1. 水田圃場での水管理操作の行動観察とニーズ把握

(1) はじめに

一般に農業水利システムは、古来より供給主導型で設計、管理されてきており、末端での用水利用者のニーズを考慮した需要主導型のシステムにはなっていない。一方、近年、様々な分野で顧客ニーズを詳細に分析して適切なサービスが提供されており、農業水利システムにも、サービス概念を導入して、需要主導型の農業水利サービスを提供するシステムとしての機能が期待されている（横井ら，2013）。特に、農業分野においても ICT やセンシング技術が目覚ましい発展を遂げており、それに伴うサービスが確立されようとしている。農業水利システムに対しても、ICT とセンサー類を用いて、農家のニーズに動的に対応できるようなサービスシステムとしての期待が高まっている。

農業水利分野において、受益者である農家から見たサービスとしては、水が欲しい時に安定して得られることや、農作業の中でも負荷が大きい水管理作業が軽減されることが、まず第一に想定される。また、農業水利システムの管理者である土地改良区は、管轄地域内の農業水利施設の見回りや、農家からの水が出ない等の苦情対応に多くの時間を割いている。それらの業務が軽減されることは望ましく、これをサポートすることがサービスとなり得る。

しかし残念ながら、現在の日本では、そのようなサービスは実用化されていない。そもそも、サービスの品質向上には受益者のニーズの正確な把握が重要だが、農業水利サービスに関して、農家の正確なニーズ把握はこれまでにない。農家や土地改良区が現在の農業水利に関して何に問題を感じており、何を改善したいのかという細かなニーズを汲み取るための詳細な調査もこれまでにない。

末端水田での農業水利に関するニーズは、耕作者の実際の日々の水管理操作に潜在していると考えられる。そこで、圃場での耕作者の水管理操作を詳細に観測するとともに、営農状況を調査した。また、耕作期間終了後に耕作者に対して聞き取り調査を行った。

さらに、農業用水を末端圃場へ配水する農業水利システムを管理している土地改良区職員に対するサービスニーズを把握するため、土地改良区職員に対して聞き取り調査を行った。

(2) 方法

①対象圃場

現地調査にあたり、愛知用水土地改良区と印旛沼土地改良区を対象として選定した。

愛知用水は、木曽川から水を引き、岐阜県から愛知県尾張東部および知多半島一帯の田畑を潤す幹線水路全長 112km の用水路である。1981 年から 2004 年に行われた施設機能の拡充と若返りを図った「愛知用水二期事業」において、支線水路のパイプライン化など、需要主導型の農業水利システムの部分的導入が試みられた。愛知用水土地改良区管内では、農家→管理班→管理区という手順で使用水量の事前申込を行っており、(独)水資源機構愛知用水総合管理所で、都市用水を含めた利水者からの申込水量に応じて、関係機関と連絡、調整して、毎日の配水管理や施設の維持管理を行っている（亀山ら，2010）。

印旛沼は千葉県北西部に位置する湖沼で、北印旛沼と西印旛沼の 2 つの湖沼からなり、これらが捷水路で結ばれている。印旛沼の流域面積は約 541km² で千葉県の面積の約 10% を占め、流域内には佐倉市はじめ 15 の市町が存在する。印旛沼では第 2 次大戦直後の昭和 21 年から国営事業による干拓が行われ、広大な水田地帯が造成された。印旛沼土地改良区管内には、愛知用水土地改良区管内よりも大規模農家や法人農家が多い。北印旛沼、中央排水路、西印旛沼の周辺に広がる水田への用水は、沼の水をポンプで揚水して供給されている。印旛沼流域では、東京への交通

アクセスの便利さから市街化が進んでいる（印旛沼流域水循環健全化会議，2014）。現在の流域人口は約 76 万人で千葉県総人口の約 12%を占める。印旛沼および流域の諸元を表 2 に示す。近年は、都市化の影響や肥料成分の流出のため、印旛沼の栄養塩類濃度が上昇して水質悪化が進んでいる（環境省，2011）。

両土地改良区職員と協議し、愛知用水半田支線池田工区と印旛沼鹿島地区においてそれぞれ 2 農家、合計 4 農家を選定し、調査を行った。愛知用水土地改良区管内の対象農家を農家 A、農家 B と呼び、印旛沼土地改良区管内の対象農家を農家 C、農家 D と呼ぶ。それぞれの農家の耕作する水田区画から 1 区画を選定して対象圃場とし、それぞれ圃場 A、圃場 B、圃場 C、圃場 D とした。農家 A、農家 B については、2012 年灌漑期から調査を行ったが、ここでは 2013 年灌漑期の結果を報告する。また、愛知用水土地改良区管内では、2014 年灌漑期に農家 E（圃場 E）、農家 F（圃場 F）、農家 G（圃場 G）での観測を行っている。各農家の属性を表 3 に示す。表 3 中のポンプ稼働時間とは、支線に用水を供給するポンプが稼働する時間帯である。

②測定項目

各対象圃場において、水位計により落水口付近の湛水位を計測し、給水栓に備え付けた電磁流量計により圃場への灌漑水量を計測し、落水口付近の圃場を 30 分おきに撮影する自動撮影カメラにより得られた画像から表面排水の状況と稲の生育状況を読み取った。また、両土地改良区より対象圃場近傍の雨量データの提供を受けた。

表 2 印旛沼諸元

区分	天然湖
湖面積	11.55 km ² (北沼6.26km ² 西沼5.29km ²)
貯水量	1,970 万 m ³
周囲	26.4 km
水深	最大2.5m、平均1.7m
滞留時間	約22日
流域面積	541.1 km ²
流域人口	78.0 万人
下水道普及率	78%

表 3 対象農家の属性

		愛知用水土地改良区		印旛沼土地改良区	
観測期間		2013年5月～9月		2013年6月～10月	
ポンプ稼働時間		8:0～17:00		6:00～18:00	
農家属性		農家A	農家B	農家C	農家D
	経営形態	個人専業	個人兼業	個人専業	法人(3名)
	年齢	70代	60代	40代	
	観測圃場面積	15 a	23 a	29 a	144 a
	耕作水田面積 (水田以外)	10 a (なし)	1 ha (なし)	15 ha (1 ha)	33 ha (19 ha)

③圃場面の同定

水位計で測定した湛水位を圃場の湛水深へ変換する際には、圃場面（地表面）の高さを決定する必要がある。しかし、圃場面には凹凸があり、圃場面の代表的な高さを決めるのは難しい。今回は圃場面の高さの決定に、晴天日に給水栓から一定流量で給水している間の、湛水位の経時的増加の傾きの変曲点を利用した。湛水位の上昇は、平均圃場面付近で地下水面の上昇から自由水面の上昇へと変わるため、一定速度の灌水による水深の増加率が大きく減少するためである。これにより、各対象圃場における水位計のセンサー部分と平均圃場面との高さの差を求めた。

④聞き取り調査

現地観測に加え、各農家に対して聞き取り調査を行い、圃場訪問頻度や時刻、経営する圃場の見回り方法等、水管理方法の現況を調査した。また、圃場への訪問、灌漑期の給水栓操作、具体的な農作業を記すことのできる同一フォーマットの営農記録用紙を作成し、各対象農家に配布して記録を依頼した。

また、水管理業務に直接携わっている、土地改良区職員に対し、聞き取り調査を行った。

(3) 結果および考察

①稲の生育ステージ

各圃場での営農スケジュールを表4に示す。

表4 営農スケジュール (2013年)

	愛知用水		印旛沼	
	農家A	農家B	農家C	農家D
代かき	5月17日	5月3日	6月15日	5月29日
田植え	5月24日	5月5日	6月17日	6月1日
中干し開始	6月26日	6月16日	8月4日	7月22日
中干し終了	7月10日	7月11日	8月12日	7月26日
稲刈り	10月1日	9月1日	9月20日	9月20日

②灌漑水量、雨量、湛水深の変化および給水栓の開閉状況

各農家の代かき後から灌漑期最後の給水栓操作の日までの期間の、灌漑量、雨量、湛水深の経時変化を図6に示す。図7は、灌漑期の最初の給水栓操作から最後の給水栓操作までの間で、時間帯ごとの給水栓の開閉回数をヒストグラムに表したものである。図6、図7を詳細に分析することにより、下記のような、各農家の水管理行動の実態が明らかとなった（坂井ら、2014）。

a) 農家 A

給水栓を開けていないのに水位が上昇している場合があった、これは、聞き取りに調査によると、隣接上流側圃場からの浸透流入によるものであった。また、中干し前には浸透流入の補助として給水栓をあけていたが、給水栓開閉回数自体が少なかった。灌漑期を通して、給水栓を開けた場合には、当日中に閉めていた。毎日のポンプ稼働直後は大勢の農家が利用して水が出にくいために給水栓操作時間をずらす工夫をしていた。中干し前には、給水栓の試し開けを行っていた。

b) 農家 B

給水栓を開く開度に大きなばらつきはなかった。中干し前には湛水深が 60mm 程度になると圃場に水を補給していたが、中干し後には日によって給水する際の湛水深はばらついていった。中干し後には中干し前と一転して日をまたいでの給水栓開放をするようになった。そのため、総灌漑水量が非常に多かった。また、給水栓開閉操作をする時間帯は8時ごろ、及び16時ごろに偏っており、これは妻のパートの時間帯の都合上であった。

c) 農家 C

水の出し過ぎにより圃場から水が溢れることを防ぐために、降雨時を除いて堰板を超えて表面流出が出ないような水管理をしていた。経験的に圃場表面から水がなくならないように給水栓の開度を調節し、そのままにして労力を削減していた。したがって、給水栓操作回数の総数が少なかった。6月19日までの1週間には、降雨による水深の上昇を考慮して圃場に見回りに来ていなかった。

d)農家D

給水栓の開度を常に最大にして灌漑を行っていた。ポンプが稼動し始める6時台から9時までに給水栓を開き、18時ごろに閉めるといった水管理を行っていた。給水栓を開くのは湛水深30 mm以下であることが多かった。降雨と灌漑が重なることはなかった。

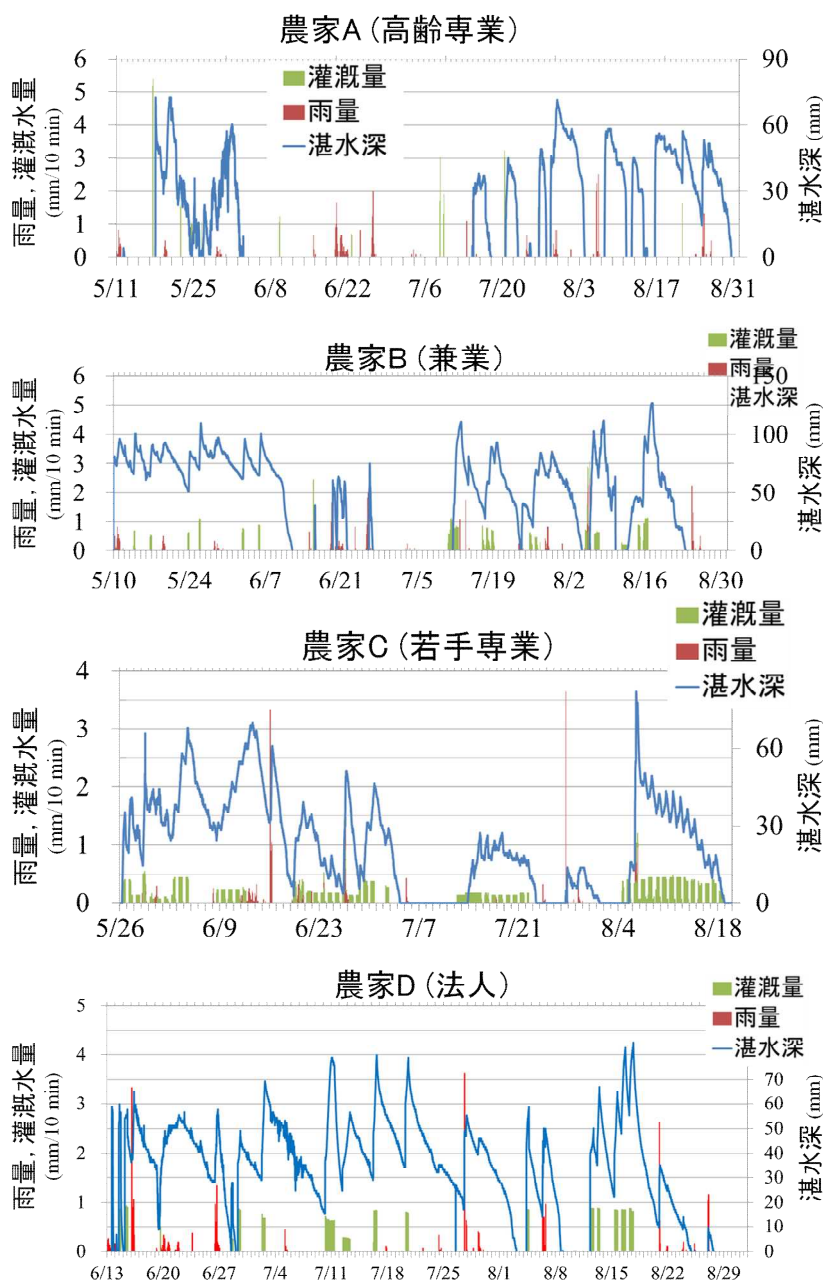


図6 灌漑水量、雨量、湛水深の経時変化

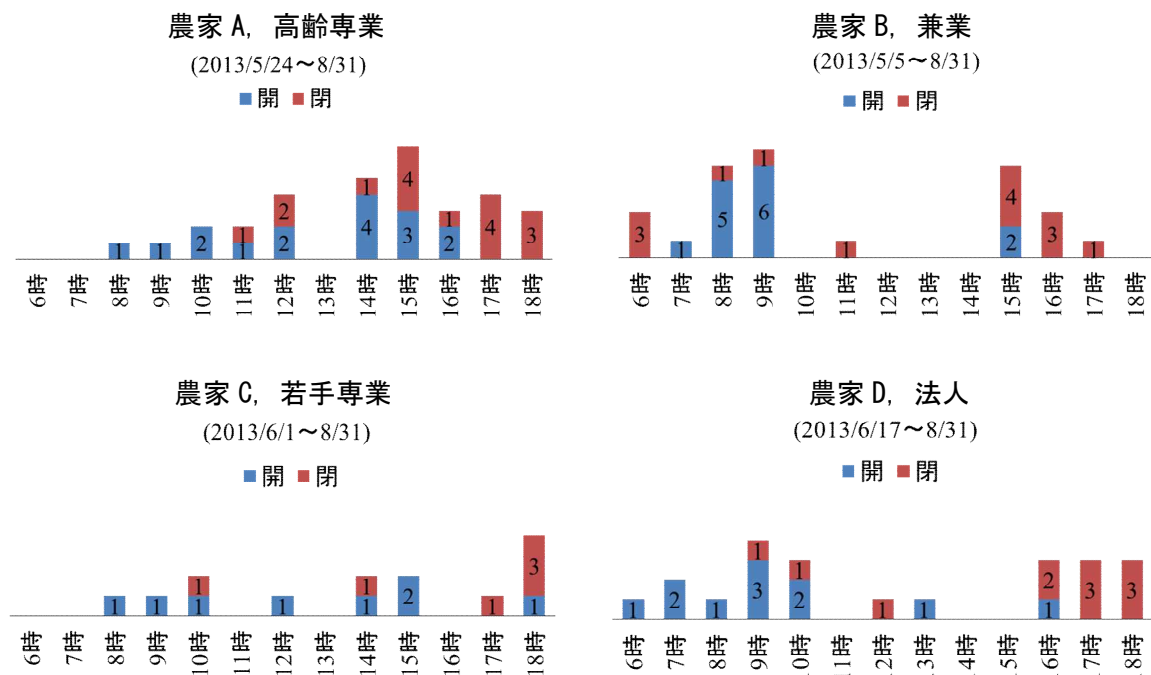


図 7 給水栓の開閉時間帯

③聞き取り調査

まず、対象農家 4 人に共通した水管理行動の実態および水管理に関する意識を、以下に記す。

- ・意図的な排水時を除いて、圃場に常に水が湛水している状態を望む。
- ・湛水深や給水栓開度など、さまざまな情報を元に水管理労力を削減する行動をとる。
- ・降雨の際には新たに給水栓開栓操作をしない。
- ・水資源は有限であることを理解しておりむやみに使用してはいけないという意識がある。

また、土地改良区の指導としては、

- ・節水のため、開度にかかわらず、給水栓の開栓時間はなるべく短くすることを推奨している。
- ・愛知用水では無効放流を減らすために、印旛沼では電気代を減らすために、農家全体に水資源の節約をアナウンスしている

ことが把握された。

次に、それぞれの農家で個別に把握された、水管理行動の実態および水管理に関する意識を、以下に記す。

a)農家 A

農作業は健康や楽しみのために行っており、農薬の散布など、部分的には負担に感じている点もあるが、労力を大きく削減しようという考えはない。水管理は夫婦で分担して行っており、1, 2 時間ほどをかけて圃場すべてを見て回って圃場の給水栓を開け、当日に閉めて回る。少雨の時や水利用が集中する時期などは、わざと給水栓開閉時間帯を他農家と異なる時間帯にすることで水利用の競合を防ぐといった行動をとる。また、天気予報が水管理作業に影響している。

b)農家 B

水管理は妻が担当しているため、妻のパートの時間帯が変わると水管理の時間帯も変わる。パートの行き帰りに毎日寄るのではなく、大量の灌漑をした次の日や降雨時等、諸条件を考慮して

見回り回数を節減し、労力を削減している。天気予報は基本的に気にしていない。圃場 B は 3 次水路の下流部にあるため、給水栓から水が出にくいときがある。

c) 農家 C

年齢は 40 代前半であるが、この地区で耕作している中では最も若く、立場上水利用に関して他農家へ多分に配慮している。労力節減のため、給水栓を僅かに開放しておくことで、圃場の見回りを 2, 3 日に一度、長い時で 1 週間に 1 度の回数にまで落としている。給水栓を閉じるのは、基本的に当該圃場で農作業を行う時である。畦畔の管理不足による水漏れを放置したり、水が圃場から溢れているのに灌漑を止めなかったり等、水資源を無駄に使っている農家に不満を持っている。天気予報は気にしていない。

d) 農家 D

朝に見回りをし、圃場での作業を踏まえて午後に給水栓の閉作業を行う。保水性の悪い圃場の見回り回数がかさむことを負担に思っているが、水管理以外にも様々な作業を行うために水管理行動に労力を多量にかけざるわけにはいかない。天気予報を利用しており、その結果に応じて作業の変更を行うことがある。経営者はポンプ場の電気代の観点から水使用量を抑えたいと感じている。平成 24 年に法人が経営する直営店を新規開店しており、更なる規模拡大を考えている。そのため、水管理に割く労力を極力減らしたいと考えており、最終的には管理操作をしなくてもよいような状況を望んでいる。

④土地改良区職員に対する聞き取り調査

土地改良区職員に対する聞き取り調査では、下記のような問題点が把握された。

- ・土地改良区職員の業務の中で、組合員（耕作者、地権者）からの苦情の処理に、多くの時間が費やされている。
- ・苦情で多いのは、水が出ない、水が濁っている、水路が破損して水が溢れている、などであり、これらが基本的に電話で組合員から土地改良区へ伝えられる。
- ・電話で苦情を受けた際の、地図上での迅速な位置の同定ができると良い。
- ・電話での会話では迅速な状況の把握が困難であり、同時に画像を送ってくれると非常に効率的である。
- ・現在は苦情に対応して処理した記録を紙媒体で記録しており、これを電子化したい。
- ・管内の溜め池の水深をチェックする見回りに、多くの時間が費やされている。
- ・管内に居住する非農家が増えており、豪雨時の溢水や転落などへの懸念、騒音や振動等、農業用水との間での軋轢が生じる場合がある。土地改良区の業務や農業用水の存在価値についての理解を、非農家へも広め、地域に貢献したいと感じている。

(4) 現地での詳細観測および聞き取り調査のまとめ

以上に示した、対象圃場での水管理操作の詳細観測、耕作者の行動観察、耕作者への聞き取り調査により、水田稲作農家の水管理に関して、下記の点が明らかとなった。

- ・農家は灌漑期間中は毎日、全区画の見回りを行う。
- ・見回り時に見ているポイントは、湛水深と作物状況である。最大の懸念は、畦畔の崩れや小動物の穴による、急激な湛水の消失であり、そのために頻繁な湛水深のチェックが必要となる。また、作物状況としては、病気が発生していないか、虫害が発生していないか、稲と競合する雑草が繁茂していないか、区画内での稲の生長にバラつきがないか、等をチェックしている。
- ・いずれの農家も、耕作圃場の見回りや水管理を負担に感じている。
- ・面積割課金のため節水のモチベーションは少なく、耕作者はもっぱら水管理労力の節減に関心がある。
- ・水管理に関して、経営形態（専業か兼業か）や圃場状況（区画の浸透量、複数の区画の分散状況など）に応じて様々な労力削減行動をとる。

・経営規模の大規模化が進むと、水管理労力は増大する。

また、土地改良区職員に対する聞き取り調査により、土地改良区では、組合員による苦情処理業務が大きな負担となっていることが明らかとなった。土地改良区は、土地改良区の業務や農業用水の存在価値についての、非農家を含めた市民の理解を、強く望んでいることが把握された。

3-3-2. 農業水利情報サービスシステムの開発

3-3-2-1. 農業水利情報サービスの着想

3-3-1. で述べた現地調査および聞き取り調査により、水田耕作者は、日々、全区画の湛水深をチェックしており、この水管理行動を稲作労働の中で最も負担に感じていることが把握された。図8に、わが国の米作の作業別労働時間を示すが、管理に費やす時間が最も長いことがわかる。また、作業別労働時間の経年的な変化では、管理に費やす時間の全労働時間に対する比率は、年々上昇している。以上の状況より、耕作者が給水栓操作に行くかどうかの判断材料を提供するサービスに対するニーズが大きいと考えられる。これにより、水管理労力の大幅な軽減がもたらされるため、水田稲作農家にとってのメリットは大きいと思われる。

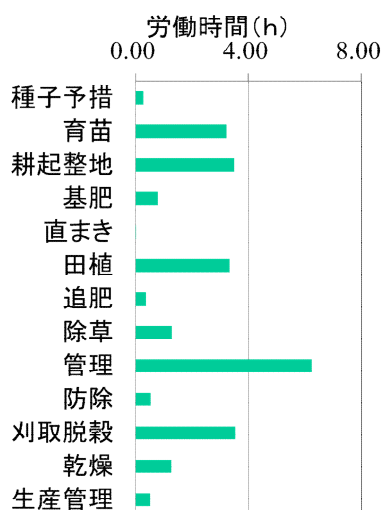


図8 米作の作業別労働時間
農林水産省農業経営統計調査(2014)に
示された 10a あたりの労働時間データ
(H24 年産米, 全国平均値) より作成
した。

3-3-1. で述べた現地調査および聞き取り調査の結果、通常時の見回りのポイントであり耕作者にとっての最も重要な情報は、湛水深と圃場状況であることが把握された。また、気象データに対するニーズも高かった。そこで、本研究開発プロジェクトでは、水位センサーにより測定された湛水深、カメラで撮影された圃場状況、気象データを、公衆回線を通してサーバーへ送り、農家の手元のモバイル端末へ提供するシステムの開発に取り組んだ(図9)。

3-3-2-2. 開発した農業水利情報サービスシステム

(1) 目的

農業水利サービスとして水田の湛水深とイネの生育状況を同時にモニタリングするためのシステムの開発に取り組んだ。具体的には、研究対象の土地改良区内の対象水田にこのようなシステムを設置し、スマートフォンやタブレット端末用のアプリケーションで利用可能なデータを簡単に取得できるようにすることを、開発の目標とした。



図 9 農業水利情報サービス

(2) 方法

①アウトライン

インターフェイス開発グループリーダー（溝口）の研究室で開発したフィールドルーター（FR）を改良し、電力や通信インフラが不十分な地域でも設置可能なコンパクトな農業水利情報サービスシステムを開発した。モニタリング項目をイネの生育環境に重要な気象要素（気温、湿度、降水量、日射量、風向風速）と水田湛水深、そしてイネの生育状況画像とした。開発した農業水利情報サービスシステムを愛知用水土地改良区と印旛沼土地改良区の管内の対象水田に設置し、スマートフォンやタブレット端末用のアプリケーションで利用可能なイネの生育環境データを提供できるようにした。

②フィールドルーター（FR）の改良

FR は、インターフェイス開発グループリーダー（溝口）の研究室が開発した、現地データをインターネット経由でサーバーへ転送する機器である（図 10）。FR は Micro-PC、USB モデム、USB Bluetooth ドングル、小型バッテリー、チャージコントローラー、太陽パネル、タイマー、ステータスランプ、Web カメラで構成される。これらの部品が、防水・防塵加工された箱に収納されている。携帯電話電波の届くほとんどの地域で利用できるのが特徴である。FR はタイマーにより 1 日に 30 分間だけ電源が ON になるため電力消費量が抑えられ、6W の太陽電池で稼動する。FR の電源が ON になると、Web カメラによる現地の画像と各データロガーのデータがインターネット経由でサーバーへ送信される（図 11）

③農業水利情報サービスシステム

本研究開発プロジェクトでは、気象データに加えて湛水深データを取得できるようにした。通常、研究目的で現場での水位を観測する場合には圧力式水位計が用いられるが、その価格が高いため一般の農家で使われることはない。そのため農家や土地改良区職員から水田湛水深を測定できる低価格のセンサ開発が求められている。そこで、アメリカで最近開発された液面レベルセンサー“eTape™ Continuous Fluid Level Sensor”を改良して、現場型水位計を開発した（図 12）。この水位計は水深（cm）を電圧（mV）で出力するので通常のデータロガーで使えるのが特徴である。図 13 は室内実験で確認した水深と出力電圧の関係である。水深と出力電圧はほぼ線形関係にあり、このセンサが簡易水位計として使えることが確認された。

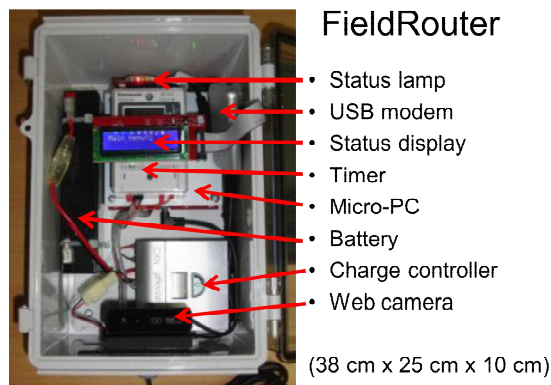


図 10 フィールドルーター (FR) の構成

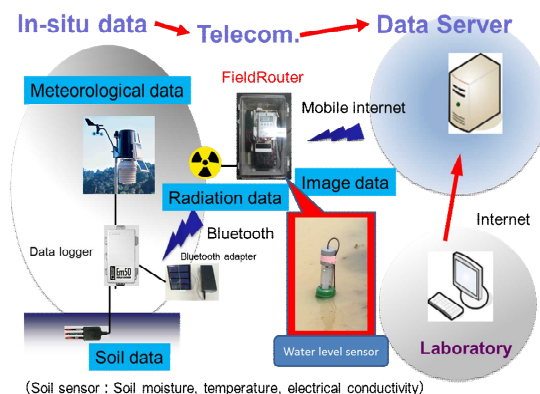


図 11 モニタリングシステムの構成

水田の湛水深は水田の水口付近と水尻付近とで異なる．そこで，水口付近と水尻付近の離れた 2 か所での水位を同時に測定することにした．そのために，インターフェイス開発グループリーダー（溝口）の研究室が開発した NABT (Network Adapter with Bluetooth)を水位計のデータロガーに繋いでデータを FR へ転送できるようにした．ちなみに NABT は Bluetooth 通信を基本としているので，スマートフォンからデータを回収することも可能である（図 14）．

④モニタリング装置の設置

農業水利情報サービスシステムのハードウェアを，愛知用水土地改良区管内の池田工区と印旛沼土地改良区管内の鹿島地区に設置した．FR を，池田工区に 1 ヶ所と，鹿島地区に 2 カ所の，計 3 カ所に設置した．水位計については，鹿島地区では 3-3-1. で述べた圃場 C および圃場 D の水口付近と水尻付近にそれぞれ 1 台ずつ計 4 台を設置した．池田工区では，図 15 に示すように，3-3-1. で述べた圃場 E およびその隣接圃場から，浸透による排水が「良好」，「普通」，「不良」の 3 区画の水田を選び，それぞれの水尻付近に 1 台ずつ計 3 台の水位計を設置した．

図 16 に水位計の設置作業状況を，図 17 に農業水利情報サービスシステムの写真を示す．



図 12 開発した水位計（左）と現場設置状況（右）

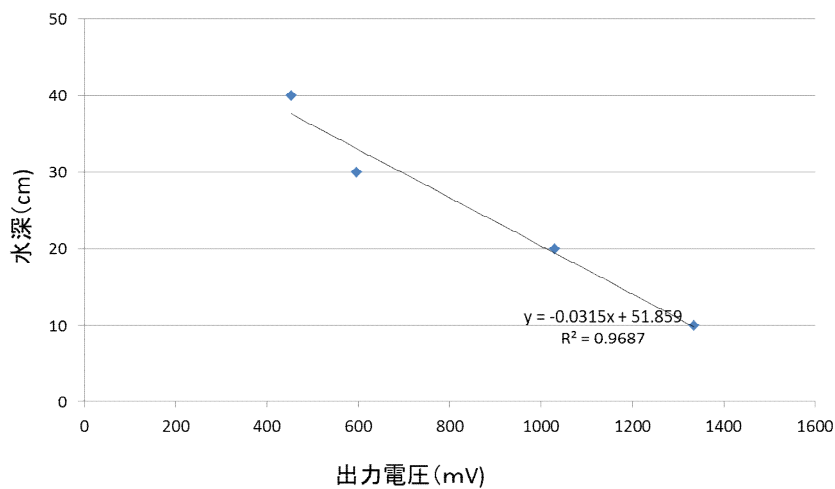


図 13 開発した水位計の水深と出力電圧の関係

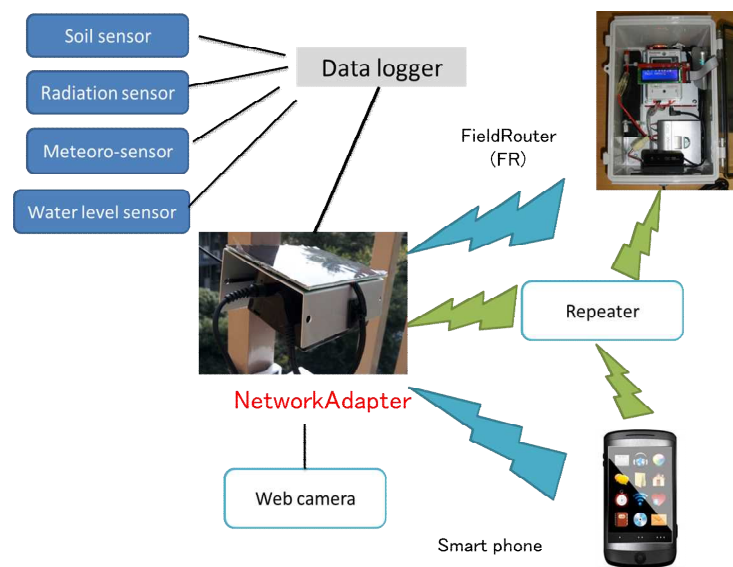


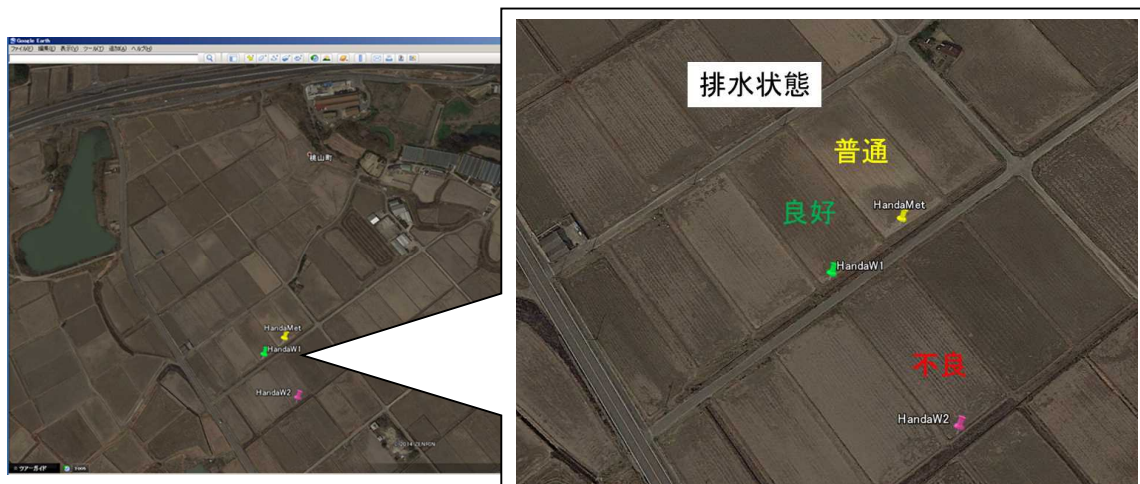
図 14 水位データを転送する通信機 (NABT)

(3) 結果および考察

①水田モニタリング結果

図 18 は愛知用水土地改良区管内の池田工区での水田モニタリング結果の一例である。モニタリング項目は定点カメラによる現地画像、1 時間ごとの気象（気温、湿度、降水量、日射量、風向風速）および水田湛水深である。気象と湛水深のデータは 1 時間ごとにデータロガーに記録される。このサイトでは農家から事前に情報を得て、毎日 8:00-8:30 に FR が稼働するようした。これにより、ポンプ場が稼働を始め、農業用水がパイプラインへ供給される 8:30 の直前に、農家は自分の水田のイネの状況と水田湛水深を確認できるようになった。このように FR は利用者（農家）

の要求に応じてモニタリング時刻を変更できるのが特徴である。一旦取得したデータはクラウドサーバーにアップされているので、農家や土地改良区職員は Web 上から、例えば「定点画像カレンダー」や、過去の気象や水位をグラフ形式でデータ閲覧できる。



出典：Google Earth

図 15 農業水利情報サービスシステム設置場所（愛知用水土地改良区管内池田工区）



図 16 水位計の設置作業状況



図 17 農業水利情報サービスシステムの設置

②水田の湛水深（水位）の変化

図 19 は排水状態が「普通」の水田の湛水深の変化および現地画像である。H26 年 6 月には雨が少なかったため、現地では 2 日に 1 回の頻度で水田に水を供給していた。湛水深データはその頻度を見事に捉えていた。また湛水深データは 6 月 13 日から 22 日まで農家が中干しを実施したことも捉えていた。この中干しの実施は定点カメラによる現地画像からも確認できた。

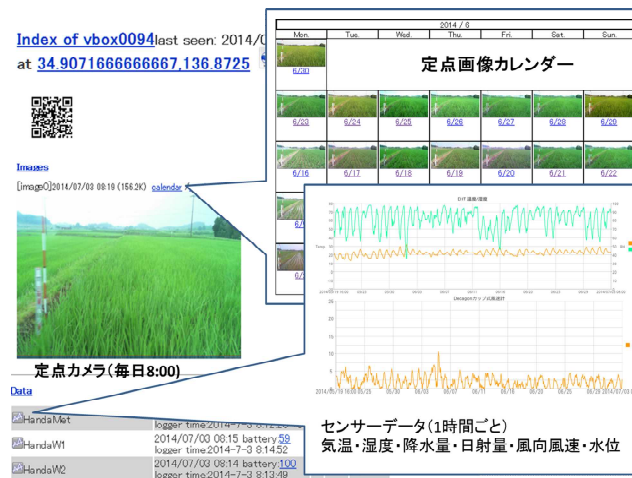


図 18 水田モニタリング結果の一例（池田工区）



図 19 排水状態「普通」の水田の湛水深の変化（上図）および現地画像（下図）（池田工区）

③減水深の評価

図 20 は異なる排水状態の水田の湛水深の変化である。この図から、減水深が、排水良好水田（カゴ田）では 50 mm/d（2 日で 10cm の水位低下）、排水不良田では 11 mm/d（9 日で 10cm の水位低下）であることがわかる。このように、水田区画ごとにその時点での減水深を把握することができれば、土地改良区にとって非常に有用な情報となり、よりきめ細かな農業用水の配水計画を立てることが可能となる。



図 20 異なる排水状態の水田における水位変化（愛知用水土地改良区半田地区）

(4) 今後の発展方向，改善点等

本研究により，水田の湛水深とイネの生育環境を同時にモニタリングすることが可能になり，水管理サービスアプリケーションにデータを引き渡す基盤ができた．しかし，水位センサーと NABT をセットで利用するのは農家にとってまだまだ高価である．今後はデータロギングと通信機能を兼ね備えたより安価な水位センサーを大量に開発することが課題である．

3-3-2-3. 水位センサーの開発

(1) 安価な水位センサー開発の目的

農業法人や担い手への農地の集積と経営の大規模化が促進されており，水管理業務の省力化，簡素化は急務である．その一方で，水資源同様に供給と需要が広範囲に存在する電力システムでは，特に福島第一原発事故以降，自然エネルギー等の再生可能エネルギーを効率よく取り込む分散供給化に対応するため，スマートグリッドの構築が進められている．丹治ら(2010)は，スマートグリッドの概念を水田灌漑に適用し，その実現には水田スマートメーターが必要であると指摘している．

水田スマートメーターには，ネットワークインフラが不十分な農地環境において水位計測，画像モニタリング等のデータを自動転送する機能が要求される．また，実際に農業者に利用してもらうには安価なことも重要である．また，3-3-2-2. で示したとおり，本研究開発プロジェクトでの農業水利情報サービスシステムの開発に当たり，安価な水位センサーの開発が重要課題となっていた．

そこで，水田スマートメーターのプロトタイプとして，センシングとデータ通信機能に特化した農業用スマートセンサーを開発し，安価な水位センサーと組み合わせたシステムを開発した．

(2) 農業用スマートセンサーの設計と通信テスト

農業用スマートセンサーのエンジンには，フィジカルコンピューティングの代表的なマイコンボードである Arduino を用いた．フィジカルコンピューティングとは，ニューヨーク大学から始まった教育プログラムである．現代の複雑になりすぎて特別な知識を持った技術者しかプログラミングできないコンピュータ・エレクトロニクスに対して，センサ・アクチュエータ・マイコンなど単純な部品を組み合わせることにより，プログラミングの経験がない人でも楽しみながらおもしろいシステムを構築できるようにする仕組みである．このコンセプトは，Make, Fabrication 等のプロジェクトを支えるバックボーンとなっている．

①設計

丹治ら(2010)は，水田スマートメーターが備えるべき機能として，取水量，排水量，水田の湛

水深、水温、水質、気温、日照、風速、降水量等のモニタリングを挙げている一方で、データ通信系については全く言及していない。電力系と異なり農地では有線系の通信インフラはほとんど整備されていないし、農作業の邪魔になるので、農業用スマートセンサーには無線機能が必須である。また、流量メータなどはまだ高価なため、今回は接続用インターフェイスを用意するにとどめ、とりあえずカメラ画像による監視機能を持たせることにした。

表 5 にシステムの構成機器の一覧を示す。Arduino はマイコン(Atmel AVR)と少量の部品で構成される安価な組み込みボードである。Arduino ブートローダの採用により、プログラミングの経験が少ない人でも容易にプログラムを作成できる。また各種ライブラリを用いることにより、リアルタイムクロックや JPEG カメラなど様々なモジュールを付与することも特徴である。

XBee は、無線通信規格 IEEE 802.15.4 の通信プロトコルの一種である ZigBee のモジュールであり、消費電力が少なく、理論上 500m～1.5km の通信距離が見込める。

表5 農業用スマートセンサーのシステム構成

種類	機器名	規格	値段
デジタルIOボード	Arduino UNO R3	Atmel AVR マイコン 実装済み	2500円
Zigbee	Xbee Pro ZB	250kbps	2800円
Arduino用シールド	Wireless SD Shield	Xbee & SDスロット 搭載	2500円
リアルタイムクロック	RTC8564	I2Cインターフェース	500円
シリアルJPEGカメラ	LS-Y201	解像度 QVCA(320×240)	4800円

表 5 より、本システム一式の総費用は 1 万 5 千円以下となることがわかる。XBee を用いたことで、データ収集に必要な通信コストを削減できた。今回は組み立て済みの Arduino 基板を用いたが、AVR マイコンとわずかな部品で同等の機能を実現できるので、さらなるコストの削減が可能である。

②通信テスト

次に、XBee のデータ通信性能について調べた。見通しの良い野外にてループバックテストを実施し、画像データ転送に十分な受信強度を測定した。安定して画像が取得できる受信強度は -85dBm 程度とされているが、今回の実験では距離 300m ほどになった(図 21)。実際の画像転送試験では、それ以上離れると通信時間の増加や転送エラーによる再送が発生したが、440m 付近までは何とか画像転送が可能であった。

(3) センサーネットワーク型水田水位計の開発

開発した農業用スマートセンサーに安価な水位センサーを接続する実験を行った。水位計測には、Milone Technologies 社の eTape を用いた。この水位センサーは、水位に応じて抵抗値が変化するもので、価格も 5 千円程度と安価なのが特徴である。

①水位センサーの性能評価

水位センサーと Arduino を接続し、水を入れたペットボトルに水位センサーを固定した。マニュアルによれば、eTape には下方に約 1 インチの不感帯があるので、水位が 2.83～17.58cm の範囲となるよう水の量を増減し、水位をデジタルポイントゲージで読み取った。同時に Arduino で電圧値を 1 秒間隔で 100 回計測した。実測結果を図 22 に示す。図 22 より、実測値はほぼ直線上にあり、決定係数も 0.9551 と高かった。また、分解能は約 1.4mm であった。

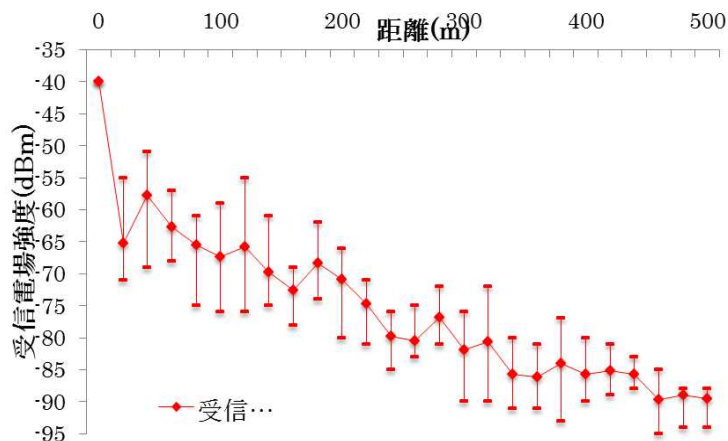


図21 ループバックテスト結果

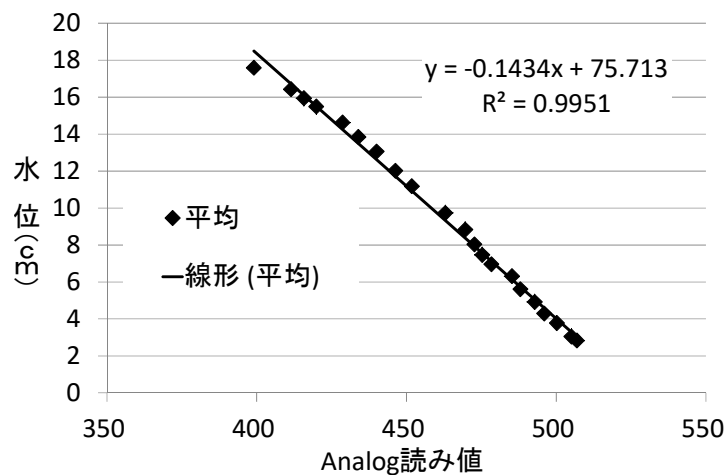


図22 直線性の評価実験結果

次に、温度依存性について実験した。同様に Arduino に接続した水位センサーを発泡スチロールで断熱した水槽に入れ、サーキュレータで水温を 10～50℃まで 10℃おきに変化させた。サーキュレータからの流入により水面が微妙に振動したため、水槽の一部をメッシュフィルターで区切り、さらに穴をあけた塩ビ管に水位センサーを入れることにより水位変動の影響を抑えた。結果を図 23 に示す。図 23 から分かるように、水温の上昇に伴い出力電圧が低下した。10℃と 50℃では Analog 読み値で 6 程度の低下が見られた。これは水深換算で 8mm 程度となり、温度補正の必要性があることが分かった。

(4) 水位センサーの開発のまとめ

Arduino を採用することにより、センサーも含めて 1 万 5 千円程度とかなり安価な農業用スマートセンサーを構築できた。XBee を用いた通信テストより、400m 程度の距離まで画像転送が可能であった。安価な水位センサーとして Milone Technologies 社の eTape を用いた実験では、水位と出力電圧との間に良好な直線関係が得られた。また、温度依存性について調べた実験では、水温上昇に伴い出力電圧が低下し、40℃の温度差で水深換算で約 8mm の変化となるため、温度補正の必要性があることが分かった。

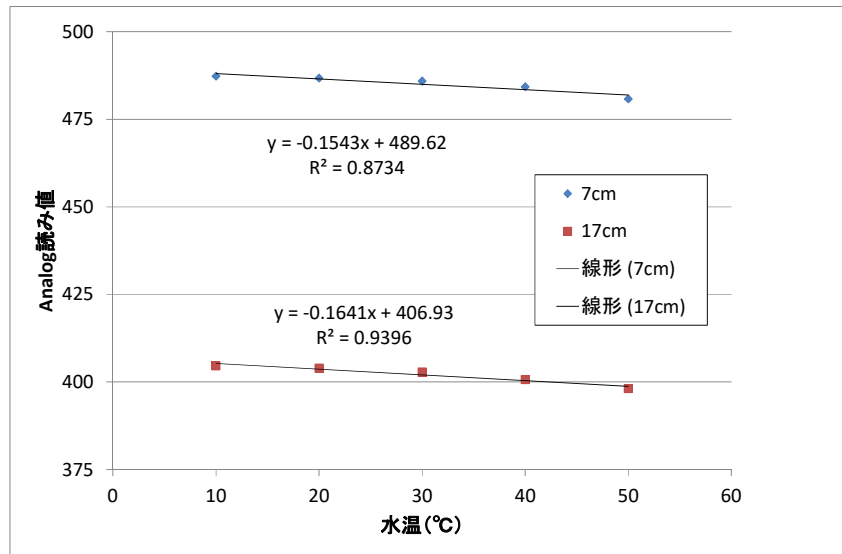


図23 温度依存性の評価実験結果

3-3-3. 開発したアプリケーションとインターフェイス

3-3-3-1. お問い合わせシステムと画像投稿システムの着想

3-3-1. で述べた土地改良区職員に対する聞き取り調査により、土地改良区職員は組合員からの苦情の処理に多くの時間が費やされていること、苦情処理業務での画像データの利用や手続きの電子化を望んでいることが把握された。3-1-1-2. で述べた通り、土地改良区は農業水利サービスの授受構造の2つの階層がクロスオーバーする位置を占めており、土地改良区の負担を軽減するサービスは、農業水利サービス提供の一連のスムーズな流れを生み出すのに効果的である。

そこで、本研究開発プロジェクトにおいて、ユーザーがモバイル端末等を用いて現場から土地改良区へ手軽に事故状況の報告等ができる「お問合せシステム」と、画像データを手軽に送信できる「画像投稿システム」を開発した。

「お問い合わせシステム」は、農民や市民からの苦情や問い合わせに対する土地改良区の対応をサポートするシステムであり、さらに「画像投稿システム」を併用することにより苦情や問い合わせ対応に画像データを利用することが可能となる。また、「画像投稿システム」は、これまで経験と記憶に頼ったり、紙媒体で記録されたりしてきた各圃場での営農記録を、電子記録として保存するためにも利用できる。

3-3-3-2. お問い合わせシステム

(1) はじめに

愛知用土地改良区、印旛沼土地改良区での、現地調査と、農家および土地改良区職員に対する聞き取り調査での課題を整理した結果、以下の4つの問題点が把握された。

- ・管理記録作成業務の労力削減が望まれている
- ・半田ポンプ場の運転に関する相談への対応業務の効率化が望まれている
- ・水稻生育状況の簡易なモニタリングシステムが望まれている
- ・繁忙期の水予約に関する業務の効率化が望まれている

ここでは、以上の問題点のうち技術的に解決が見込まれる事項が「管理記録作成業務の労力削減」であるため、管理記録作成業務の削減を目的としたソフトウェア（お問い合わせシステム）の開発を行った。

（2）管理記録作成業務の現状

まず、土地改良区の水管理の現状を把握するため、土地改良区事務所で保存されている現行の水管理記録簿の分析を行い、どのような業務が最重要課題となっているかを検討した。愛知用水半田事務所の管理記録簿（2010、2011 年）の分析を行った結果、図 24 に示すように、月毎により要望は多少異なるが、「水が出ない」、「漏水」、「溢水」に対する対応が主な要望であった。

（3）目的

大きく以下の 2 つのことが行えることを目標として、お問い合わせシステムの開発を行った。

- 1) お問い合わせを受け、お問い合わせを行った人の記録と問い合わせの内容の記録を行う。
- 2) お問い合わせの対応状況を追跡する

利用者は、支線水路以下に関わる土地改良区職員と農家、非農家住民とし、開発目標を、従来電話で通報されている要望の伝達方法に以下の機能を持つオンラインシステムを導入し、業務管理記録作成を支援することとした。

- 1) 重複する要望を減らすこと
 - ・いままでの要望を周知すること（水の課題をユーザーと共有する。ユーザーで解決できることがある.）.
 - ・リアルタイムに対応状況を報せること（関連する要望通報者が減少する.）.
- 2) 処理能力を上げること
 - ・要望の対応策を検討するための基礎資料の検索能力を上げること.

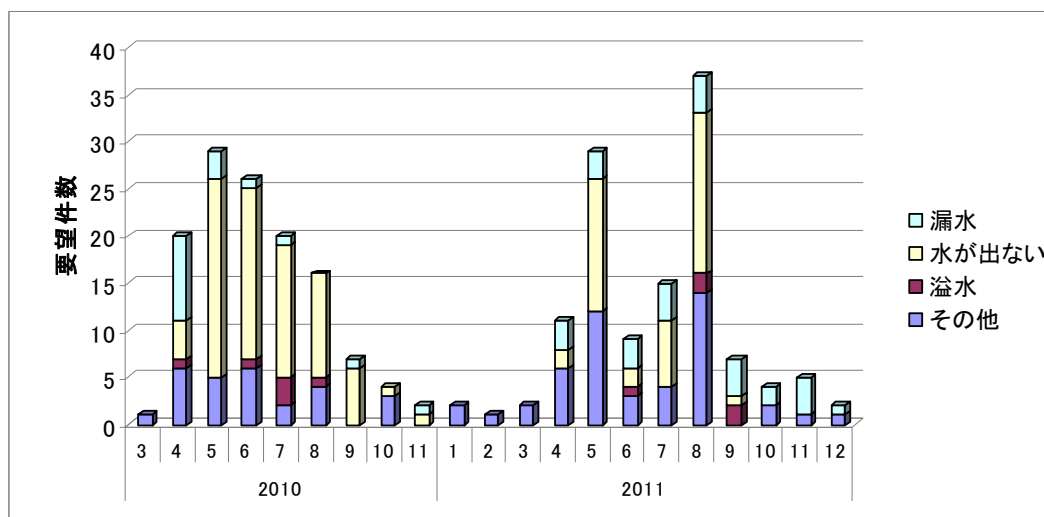


図 24 月別の土地改良区への要望

（4）お問い合わせシステムの設計

以下の条件でシステムを作成した。

①要求項目

システムには、以下のような要求項目が必要とされる。

- ・データベースが扱え、オンラインで情報の入出力ができること
- ・アクセス内容は個人情報保護して取り扱うこと

②作成環境

本システムは、上記の要求項目が達成されており、開発環境として利用実績の高いフレームワーク上での Web アプリケーションとする。Web アプリケーションでは以下の利点が挙げられる。

- 1) 特別なアプリケーションをインストールしなくても、PC、スマートフォンまたは OS を問わず様々な機器から使用できる
- 2) インターネットを利用できる環境ならば、屋外でも使用できる
- 3) 他の Web サービス、Web アプリケーションとの連携をとりやすい
- 4) 入力されたデータがサーバーに集約されるので個人情報等の管理が行いやすい

利用可能な組み合わせには、Ruby on Rails - Ruby, Django - Python, Seaside - Smalltalk, Apache Wicket - Java, scala+Lift などがある。ここでは、開発者の作成実績の多い以下の技術を用いてシステム開発を行った。

- ・プログラミング言語：scala 2.9.1
- ・Web フレームワーク：Lift 2.1
- ・データベース：MySQL 5.1

③作成結果

PC 版、スマートフォン版を作成した。その状態遷移図を図 25 に示す。システムは大きく 5 つの要素で構成されている。初期画面は、アクセスしたときに最初に表示される画面である。ログイン画面では、登録者の本人確認を行う。お問い合わせ受付画面（図 26）は、要望者から土地改良区に要望を発信する受付画面である。一覧画面（図 27）は、要望者からの要望一覧を表示する。お問い合わせ対応画面は、土地改良区職員が行った対応を登録する画面である（図 28）。なお、データベースに格納する内容は、要望者の発信情報（時刻、場所、登録番号）、要望概要、要望の詳細、対応状況等（表 6）である。図 29 には、スマートフォン版のお問い合わせ受付画面を示した。

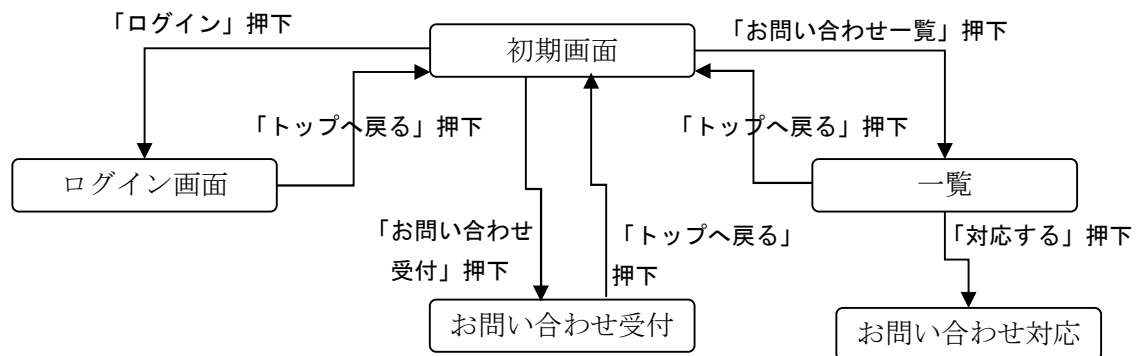


図 25 状態遷移図

表 6 データベース機能の仕様

項目	入力条件	サンプル
ユーザー	ユーザー/パスワード制	test:test 管理者レベル iwahashi:test 職員レベル
要望	依頼者電話番号	
	要望概要	「漏水」 「水が出ない」 「溢水」
	要望詳細（500 文字以上）	
	受付時間	2012/3/1 12:00
	対応状況	「未担当」 「対応中」 「差し戻し」 「解決（確認待ち）」 「終了」
基礎データ	圃場・分線・ポンプ位置	別途 KML で指定.
保管サーバー	<ul style="list-style-type: none"> ・Web アプリケーションが愛知用水からアクセス可能. ・サイトからの攻撃に対して防御実績のあるサーバー 	中部大学内 http://de24.digitalasia.chubu.ac.jp/

お問い合わせ受付

農家の方の名前、電話番号、農家番号のいずれかを入力して、キーボードの下Key「I」を押してください。

姓: 田中太郎
 農家: 田中太郎
 電話: tel:09011112202

農地

半田支線
 大谷分水
 鹿野分水
 八幡谷分水
 大坂源線

経度: 136.87884584168398 緯度: 34.9091663044901

地図 航空写真

何が起きたか? 漏水

詳細

受付時間: 2012/04/16 12:19

記入者: 竹下 雅晃

受付

図26 お問い合わせ受付画面

お問い合わせシステム

(Proto1)

ログイン者情報

ID:3

名前:竹下 義晃

[ログイン](#)

[お問い合わせ受付](#)

[お問い合わせ一覧](#)

[トップへ戻る](#)

お問い合わせID	お問い合わせ	ステータス	場所	受付日時	担当者
2(対応する)	鈴木三郎	未担当	不明	2012/04/16 01:33	担当者無し
1(対応する)	能美鈴	対応中		2012/04/15 21:28	花井 太郎

図27 一覧画面

お問い合わせID:1

お問い合わせ情報

氏名: 能美鈴(のうみ りん)

電話番号: 232323

電話番号: 09045678912

住所: 未知

経度:130.891057589 緯度:34.86718188099

お問い合わせ日時: 2012/04/15 21:28

記入者: 岩崎 太郎

状況: 水が出ない

詳細: 前日から、水がでなくなった。バリブが詰まっているようなので対応してほしい

ステータス: 対応中

担当者: 花井 太郎

[更新](#)

コメント

[書き込み](#)

- 記入者: 岩崎 太郎

更新日: 2012/04/15 21:31

バリブ清掃を依頼。2日後に清掃予定
- 記入者: 岩崎 太郎

更新日: 2012/04/15 21:30

ステータスを対応中に変更。担当を花井 太郎に変更

図28 お問い合わせ対応画面

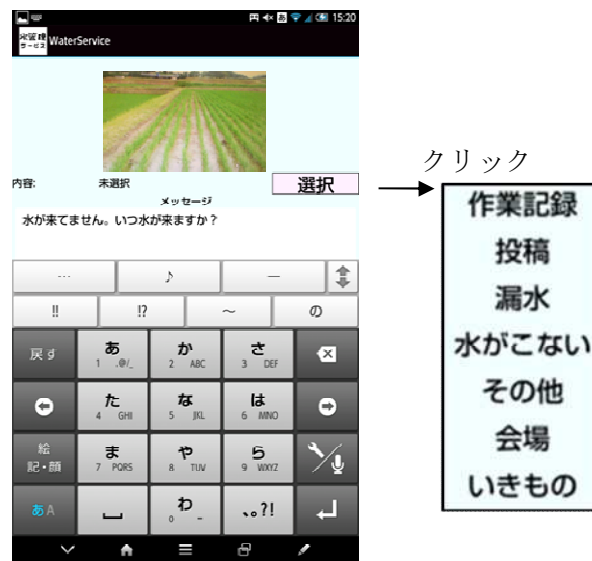


図29 お問い合わせ受付画面（スマートフォン版）

(5) 結論と今後の課題

以下の情報が検索できる Web アプリケーションを PC 版ならびにスマートフォン版で作成し、このアプリケーションにより以下の項目が可能となった。

1) 重複する要望を減らすこと

- ・いままでの要望を周知すること
- ・リアルタイムに対応状況を報せること

⇒登録ユーザーに対して、要望のリストを提示できるようになった。

2) 処理能力を上げること

- ・要望の対応策を検討するための基礎資料の検索能力を上げること

⇒ポンプ場、水路が地図上で確認できるようになり、プルダウンメニューでも選択できるとで施設情報の検索能力が向上した。

今後、水管理対応のための作業時間が短縮することで、別の業務へ時間を回すことができることが期待される。また、要望記録を集計することにより、農業水利施設の中で壊れやすいところやしばしば補修をしていないところを客観的にリストアップし、予防保全対策に生かすことなどが可能となる。

3-3-3-3. 画像投稿システム

(1) はじめに

3-3-1. で述べた現地調査および聞き取り調査により、土地改良区職員の業務の中で、組合員（耕作者、地権者）からの苦情の処理に、多くの時間が費やされていることが把握された。苦情で多いのは、水が出ない、水が濁っている、水路が破損して水が溢れている、などであり、土地改良区はこれらの苦情を基本的に電話で受けている。電話での会話では、状況や位置の迅速な把握が困難であり、画像を送れるシステムや地図上での迅速な位置の同定ができるシステムに対するニーズが強いことが明らかとなった。

そこで、農家が、現地で携帯電話やスマートフォンなどで撮影した画像を、簡単に土地改良区職員が閲覧できることを目的として、iPhone、Android アプリでの写真の投稿を可能にする「画

像投稿システム」を開発した。「画像投稿システム」により苦情や問い合わせ対応に、画像データを利用することが可能となる。

また、本研究開発プロジェクトでの調査で把握されたニーズではないが、近年、各々の圃場における播種、移植、施肥、防除、収穫といった営農作業の場所、日時や、播種量、施肥量、農薬散布量、投入時間、機械稼働時間、機械移動距離等のデータを、電子的に記録するシステムの普及が進んでいる。「画像投稿システム」により、このような営農記録システムに画像データを導入することができ、このようなシステムとの統合により農家のニーズが増大することも想定される。

(2) 画像投稿システムの機能

「画像投稿システム」には、次のような機能がある。

- ・携帯電話、スマートフォン等で撮影した写真を、簡単な操作でサーバーへ投稿できる。投稿の際には、スライダーで良い悪いの状態を設定することができる（図 30）。
- ・UAV で撮影された面的情報の投稿ができる。
- ・投稿された写真を Google Map 上に表示することができる。逆に、Google Map 上で、ある地点の周辺で投稿された全ての写真を閲覧することができる。
- ・自分が投稿した写真をカレンダー上に表示し、過去の投稿履歴を見ることができる（図 31）。

以上の機能により、土地改良区は、投稿された情報とデジタルマップを元に、問題発生地点をすぐに同定できる。また、農家は過去の投稿履歴を見る機能を、画像での営農記録として利用することができる。

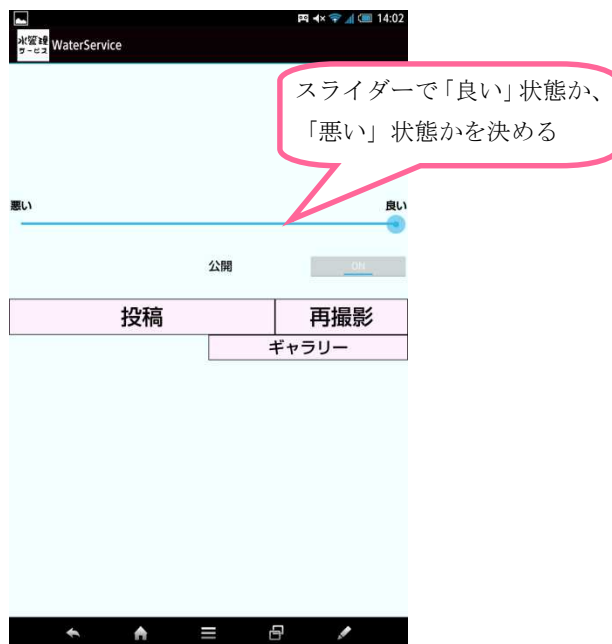


図 30 「作業記録を投稿」画面

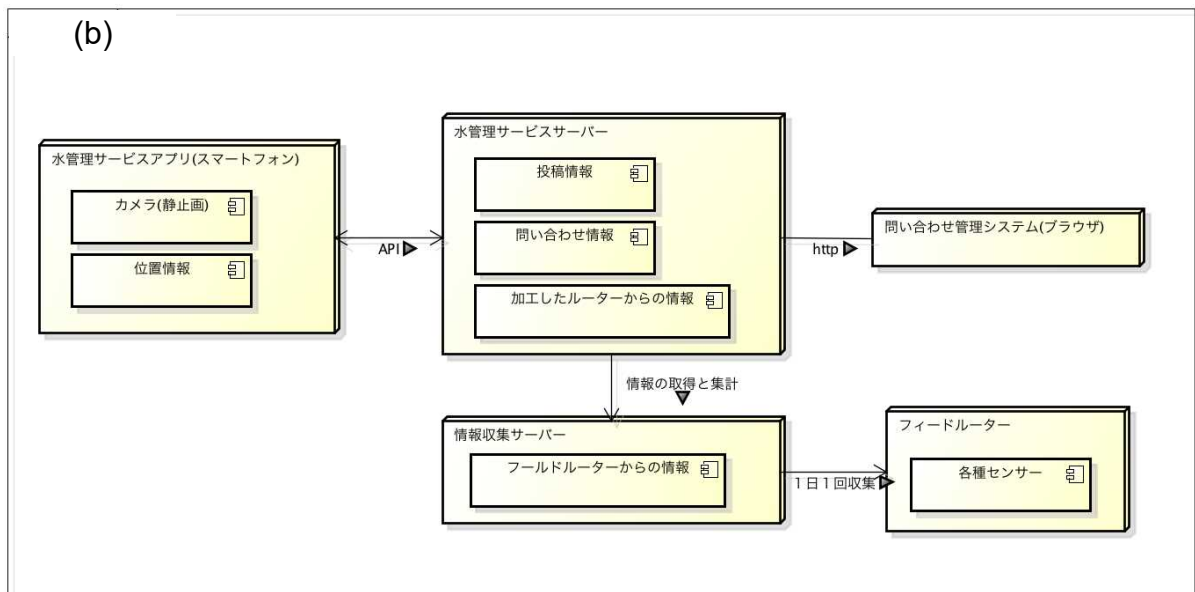


図 31 「自分の投稿を見る」画面

3-3-3-4. 開発したパッケージとインターフェースの全体像

以上に述べた、農業水利情報サービスシステム（3-3-2-2）、お問い合わせシステム（3-3-3-2）画像投稿システム（3-3-3-3）を、1つのアプリケーションとしてパッケージ化し「水管理アプリケーション」とした。パッケージの全体像を表した UML のユースケース図を図 32(a)に、コミュ

さらに、このパッケージ内に、図 33 に示す「アンケートに答える」ページを組み込み、実際に試行して頂いたユーザーからのフィードバックが得られるようにした。アンケートでは、Q2、Q3 で択一式の評価をするのに加え、Q4・2 で、もしこのサービスを利用した場合にどれくらいの利用料金なら支払ってもよいかを問い、定量的な評価を得ることを目指した。



45

WaterService

年齢 40 歳

Q1.使用頻度 週に5日

Q2.操作性 あまりわからなかった

Q3.利便性に関して

Q3-1.画像投稿サービス とても役にたった

Q3-2.苦情サービス あまり役に立たなかった

Q3-3.圃場モニタリング あまり役に立たなかった

Q4.サービスの利用に関して

Q4-1.継続利用 使いたい

Q4-2.利用料金 年額1000円以下

Q5.ご意見、ご感想 周りの水不足状況がわかり、参考になった。

送信

図 33 「アンケートに答える」画面

3-3-4. 農業水利情報サービスシステムの普及可能性の分析

3-3-4-1. コスト分析に基づいた費用試算

(1) はじめに

3-3-1. で述べたように、農業水利情報サービスシステムが農家へ普及するかどうかは、必要なコストと得られるベネフィット（B/C）に大きく依存している。すなわち、本研究開発プロジェクトで開発したサービス提供システムの幅広い普及のためには、言うまでも無く、費用を低減し便益を上昇させることが肝要である。費用の低減と便益の上昇のためには、まず、農家や土地改良区が農業水利情報サービスシステムを導入した場合の費用や便益が、どのような要素によってどのようなウエイトで構成されているのかを明らかにすることが重要である。

しかし、便益項目については、経済的に一意的に算出することが非常に困難なものが多い。例えば、環境項目や、新たなサービスシステムを用いることで水管理が楽になったという心理的項目の経済的評価は難しい。そのため、ここでは、便益項目は考察の対象から外し、農業水利情報サービスシステム導入の費用構造の検討を行った。また、費用項目として想定される中で、一意的には求めることが困難な要素も考察の対象から外した。例えば、システム設置による景観の悪化などの環境リスク等はこれに当たる。

(2) 方法

①費用項目の洗い出しと費用計算

最初に、費用の対象となる要素を洗い出し整理した。費用項目の中には、農業水利情報サービスシステムの導入により費用が増大する項目と、費用が減少する項目が存在するため、両者を区

別して算出した。

検討を行った具体的な費用項目は、設備費、人件費、ガソリン代、通信費、設備修理費、各種経費である。設備とは、FR、水位計、カメラを指している。各種経費はカメラ等の機材を固定するための支柱やネジ等の資材や事務諸経費である。設備や資材に関しては、それぞれの資材のライフサイクルを考えてその資材の各生産工程での費用を勘案するべきであるが、それらの工程がどこでどのように行われているのかが不明確であるため、それらの費用は全て各設備や資材の市場価格に盛り込まれているとし、設置、維持、管理する場合に発生する費用のみを考えた。事務諸経費については、事務所は現在の場所をそのまま使用するため、事務所賃料等はサービスを導入しても変化しないとした。人件費については、個人農家が想定ユーザーの場合には、サービス利用による余剰時間は他の農作業に回されて総作業時間は変化しないため、人件費は変動しないとした。土地改良区が想定ユーザーの場合には、土地改良区職員を人件費の対象とし、サービスの利用により費用の減少が見込まれる費用減少項目として取り扱った。ガソリン代も人件費と同様に費用減少項目として取り扱った。

②必要となる設備数の概算

本サービスを導入する際に必要となる設備は、サービスの規模により異なる。その設備規模を簡易的に求めるために、次のようなモデルを想定した。

・圃場条件

基盤整備された標準区画（30m×100m）が整列しているとし、畦畔幅を 1m とした。

・性能係数

FR の受信距離を半径 1km とした。メーカーが発表している FR 性能はあくまで理論値であり、現実的には損失を想定する必要がある。そのため理論値に対して、実際の性能を 0.5 倍と見積もった。

・土地条件

もしサービス対象地内に電波に悪影響を及ぼすような地形的障害がなければ、性能損失は少ないが、建物や森林等の障害があれば、性能が下がることになる。そこで地形条件や土地利用による補正係数 p （土地利用補正係数）を表 7 のように設定した。

表 7 土地利用補正係数： p

見通しが非常に良い	1.0
建物・丘陵等がまばらに広がっている	0.7
建物・丘陵等が多く広がっている	0.5

また、対象地における水田面積割合を q 、その水田のうち利用率を α とした。

FR を効率的に配置した方が、設置台数が減り、コストを下げるができる。ここでは仮に、以下の四方配置と三方配置の 2 種類を検討した。

a) FR を図 34(a)に示す四方形状に配置した場合（四方配置）

理論的に、広域な $M\text{km} \times N\text{km}$ の区域面積あたり

$$\left\lceil \frac{M}{2} \right\rceil \times \left\lceil \frac{N}{2} \right\rceil + \left\lceil \frac{M}{2} - 1 \right\rceil \times \left\lceil \frac{N}{2} - 1 \right\rceil$$

台の FR が必要である。ただし、 $[X]$ は X を越えない最大の整数である。

これを、土地利用補正係数(p)と水田面積割合(q)で補正したものが、必要な FR 数である。

$$\text{FR 数} : \frac{\left[\frac{M}{2} \right] \times \left[\frac{N}{2} \right] + \left[\frac{M}{2} - 1 \right] \times \left[\frac{N}{2} - 1 \right]}{0.5p} q$$

一方、区域内が全て水田圃場の場合には、最大圃場区画数は

$$\left\lceil \frac{M}{0.101} \right\rceil \times \left\lceil \frac{N}{0.031} \right\rceil$$

区画であり、必要な水位計の数は

$$\text{水位計数} : \left\lceil \frac{M}{0.101} \right\rceil \times \left\lceil \frac{N}{0.031} \right\rceil \times q \alpha$$

である。カメラを各区画に 1 台用いる場合には、必要なカメラの数も同様に表せる。

b) FR を図 34(b)に示す三角形状に配置した場合（三方配置）

理論的に、広域な $M\text{km} \times N\text{km}$ の区域面積あたり

$$\left\lceil \frac{M}{1.732} \right\rceil \times \left\lceil \frac{N}{1.732} \right\rceil$$

台の FR が必要である。ただし、 $\lceil X \rceil$ は X を越えない最大の整数である。

これを、土地利用補正係数(p)と水田面積割合(q)で補正したものが、必要な FR 数である。

$$\text{FR 数} : \frac{\left[\frac{M}{1.732} \right] \times \left[\frac{N}{1.732} \right]}{0.5p} q$$

一方、必要な水位計の数、カメラの数は、FR を四方形状に配置した場合と同じである。

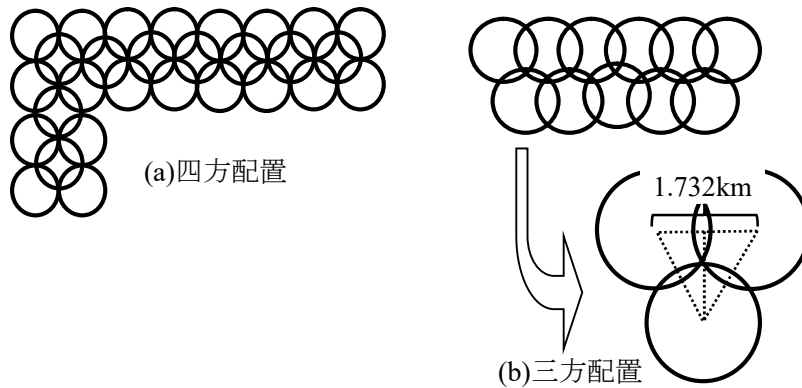


図 34 FR の配置法

③各費用要素の貨幣価値化

・設備（FR、水位計、カメラ）

ICT 機器やセンサーには、改善や技術革新による性能アップと低価格化の可能性がある。そのため各設備の価格を未知数とし、パラメータにした。各パラメータの取り得る値を、現在の市場価格を参考にして設定した。設備には故障がつきものであるため、故障率を 10%/年とし、故障した場合には新品と交換することとした。また、ICT 機器やセンサーは日々進化しているため、設

置してから 5 年後には故障の有無に関わらず更新するものとした。

- ・ 資材

H25 年 2 月に現地に実験的に FR を設置した際に要した費用から、1 式あたり 1,000 円/年と見積もった。FR やカメラは取付けが必要になるが、水位計からの情報は FR に無線で受信されるため、資材は必要としないとした。

- ・ 人件費

農家については本サービスを用いることによる人件費増減はないとし、土地改良区職員分として、2,000 円/時間を想定した。

- ・ 通信費

利用する通信会社の価格設定やサービスの利用用途により価格体系が異なる。しかし、今回のような狭い範囲を考慮する場合、使用する FR 台数が少ないため、FR1 台あたりに対して通信費を支払うこととした。

- ・ 事務諸経費

土地改良区の事務所を農業水利情報サービスの窓口にするを想定した。本サービスを利用することによる事務諸経費の増減は非常に小さいとして、この項目は無視した。

- ・ 設備修理費

設備修理に必要な費用（資材・修理に要する人件費）を、人件費とは別に支払うこととした。修理としては部品交換よりは通信トラブル等による対応が多いと予想されるため、資材費用よりはむしろ修理を外注する際の人件費と出張費が主な経費であると考えた。

- ・ ガソリン代

本サービス利用のメリットの 1 つは、現地の水田まで行かなくても湛水深や圃場の状況が分かることである。そのため、現在軽トラック等で見回りに行っている農家や土地改良区職員は見回りの頻度を減らすことでガソリン代の節約が可能である。そのガソリン代を、H15 年時点での市場価格と車の燃費から 10 円/km と設定した。

④現在価値化

③で挙げた費用項目は、導入した年に必要な費用もあれば 5 年後に必要な費用もある。複数年の運用期間を想定しているので、将来に想定される費用については、比較を可能にするために現在価値化を行う必要がある。そこで、公共事業の検討の際に広く用いられている 4%/年の社会的割引率を用いて、各費用項目に対して次の式で現在価値化を行った。

$$C_{t,0} = \frac{C_t}{(1+i)^{t-1}}$$

ただし、 C_t は導入 t 年目の実費用、 $C_{t,0}$ は t 年目の実費用を現在価値化した値、 i は社会的割引率 (= 4%) である。

⑤総費用の算出と分析

③で挙げた全費用項目に対して、考慮する対象年数の期間の分を足し合わせた。このうち、現在見回りのために必要であるガソリン代と人件費は、サービスの導入により費用が減少する方向に向かうため費用減少項目とし、それ以外の要素は、サービスの導入により費用が増大する方向に向かうため費用増大項目とした。

費用項目のうちいくつかは、費用総額に与える影響が大きいことから、それらの要素をパラメータで表示し、資金を効率化または最適化するために、各パラメータの値を変化させて検討を行った。各パラメータが取り得る値はある程度予測可能であるため、その値を動かすことで、見込まれる総費用をある幅を持って試算することが可能となる。

パラメータ数が多くなる場合には、そのうち影響が高いと考えられる 2 つを取り出して、コン

ター図を作成したり、各パラメータを動かした時にどれだけ総費用が変動するかを数値化したりといった方法（感度分析）を検討した。

3-3-4-2. 費用試算の実用例

(1) 愛知用水半田支線の溜め池水位チェック

愛知用水半田支線の受益地では、住吉分線の沿線や丘陵部に溜め池が点在しており、そこから水を引いて利用する農家が存在する。溜め池の水位が低くなり、利用できる水が無くなると土地改良区に苦情が寄せられる。それを防ぐために、土地改良区職員は定期的な見回りが必要である。

農業水利情報サービスシステムは、本来は水田農家の圃場湛水深の遠隔監視のためのサービスであるが、水位計を溜め池に設置することで、溜め池の水位の遠隔監視にも利用できる。水位管理が特に大変であると思われる溜め池に、水位計とカメラを設置することで、見回りの頻度を減らすことができ、節約できた時間を別の業務や農家へのサービス向上のために利用することができるため、土地改良区にも、農家にもメリットが生じる。農家へのサービス向上は、農家の土地改良区に対する信頼を高め、価値共創を産み出すことが期待できる。

これを「溜め池水位監視システム」と呼ぶことにし、仮にこのシステムを導入・運用したと仮定した時の費用試算を行った。

① 設定条件

以下に、溜め池水位監視システムの費用試算の設定条件を挙げる。

- ・運用期間を 10 年間とした。
- ・設備

愛知用水土地改良区管内に実在する 2 カ所の溜め池群を対象とした。FR、水位計、カメラを取り付けることで、溜め池まで行かなくても土地改良区事務所において、水位情報と画像を確認することができるとした。それぞれの溜め池群の面積は $1.5 \text{ km} \times 0.5 \text{ km}$ と地図から判断し、以下の計算を行った。現在の FR の受信距離は、理論上半径 1km 程度であるため、今回の場合、それぞれの溜め池群に 1 カ所ずつ FR を設置することとした。

3-3-4-1. で示した方法により必要な設備数を理論的に求めた。対象地付近では、丘陵地または林になっている場所が多いことから、 $p=0.7$ とした。今回のケースでは、農家が所有する圃場ではないが、水田を溜め池と置き換えて考えることにより、 q や α はそれぞれ 1 とおくことができる。例として、管理する溜め池が各地域に 5 カ所ずつあるとし、カメラも各溜め池に 1 台ずつ設置するとした。以上から、必要となる設備数は、

FR： 2 台（溜め池群 2 カ所 × 1 台）

水位計： 10 台（溜め池群 2 カ所 × 5 台）

カメラ： 10 台（溜め池群 2 カ所 × 5 台）

となる。四方配置でも三方配置でも必要な FR は同数である。

- ・資材は、計 12 式（FR2 台とカメラ 10 台分の取付け）である。
- ・人件費

現在、2 人体制で見回りを行っている。耕作期間中（20 週間/年）の見回り頻度を週 2 回とし、計 3 時間を要するとした。本サービスを用いることで、見回り頻度が年間 5 回に減ると仮定した。この 5 回には、耕作期間外には各設備を取り外すとして、設置、回収、1 回の修理、2 回の確認作業を想定している。

- ・通信費

通信業界ではサービスが日々進化しており、料金プランが頻繁に変わるが、運用期間中の通信費は FR1 台あたり 3,000 円/月で固定した。通信費は、サービスを使用しない非灌漑期でも必要になるため、毎月の支払いを想定した。

・設備修理費

設備故障率を年間 10%と想定しているため、今回の例では、FR は 0.2 (台/年)、水位計とカメラは 1 (台/年) 故障することになる。外部の委託業者またはメーカーに修理を依頼することとし、それらの費用を設備投資額の 10%とした。故障時には、取り換えをすることで対応することとし、その費用を、設備費用に含めることとした。

・ガソリン代

住吉分線と丘陵部は土地改良区事務所から実測距離でそれぞれ約 7km、約 5km 離れている。しかし、土地改良区の見回りはこれらの溜め池だけでなく、周辺部の見回りや現場対応と一緒に行われることが通例と考えられるため、1 回で節約できるガソリン代は 10km と想定し、ガソリン代は 10 円/1km とした。

② 現在価値化、総費用の計算

各費用項目を現在価値化し、対象期間について、費用増大項目と費用減少項目とに分けて足し合わせた。10 年間に見込まれる各費用項目の増大額または減少額を表 8 に示す。その際、雑費、人件費、設備修理代、通信費、ガソリン代については、ほぼ固定額なので定数とし、各設備 (FR、水位計、カメラ) の 1 台あたりの価格をパラメータとした。そのパラメータをそれぞれ、 R 、 S 、 C とくと、10 年間で見込まれる総費用は

表 8 溜め池水位監視システムを 10 年間運用した場合の各費用項目の増減

費用増大項目

	価値係数	設備項目						維持・管理		
		ルーター		センサー、カメラ		雑費		修理代	通信費	
		設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値	換算価値係数	設置台数	換算価値
	A	R	$R' = AxR$	S or C	$S' = AxS$ or $C' = AxC$	M	$M' = AxM$	P	Q	$Q' = AxQ$
1年目	1.000	2.0	2.000	10	10.000	12	12,000	ル: 0.200、セ&カ: 1.000	72,000	72,000
2年目	0.962	0.2	0.192	1	0.962	0	0	ル: 0.192、セ&カ: 0.962	72,000	69,231
3年目	0.925	0.2	0.185	1	0.925	0	0	ル: 0.185、セ&カ: 0.925	72,000	66,568
4年目	0.889	0.2	0.178	1	0.889	0	0	ル: 0.178、セ&カ: 0.889	72,000	64,008
5年目	0.855	0.2	0.171	1	0.855	0	0	ル: 0.171、セ&カ: 0.855	72,000	61,546
6年目	0.822	1.2	0.986	6	4.932	0	0	ル: 0.164、セ&カ: 0.822	72,000	59,179
7年目	0.790	0.2	0.158	1	0.790	0	0	ル: 0.158、セ&カ: 0.790	72,000	56,903
8年目	0.760	0.2	0.152	1	0.760	0	0	ル: 0.152、セ&カ: 0.760	72,000	54,714
9年目	0.731	0.2	0.146	1	0.731	0	0	ル: 0.146、セ&カ: 0.731	72,000	52,610
10年目	0.703	0.2	0.141	1	0.703	0	0	ル: 0.141、セ&カ: 0.703	72,000	50,586
計			4.309		21.545		12,000	ル: 1.687、セ&カ: 8.435		607,344

費用減少項目

	サービス利用前			
	人件費		ガソリン代	
	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後
	X1	$X1' = AxX1$	Y1	$Y1' = AxY1$
1年目	480,000	480,000	4,000	4,000
2年目	480,000	461,538	4,000	3,846
3年目	480,000	443,787	4,000	3,698
4年目	480,000	426,718	4,000	3,556
5年目	480,000	410,306	4,000	3,419
6年目	480,000	394,525	4,000	3,288
7年目	480,000	379,351	4,000	3,161
8年目	480,000	364,761	4,000	3,040
9年目	480,000	350,731	4,000	2,923
10年目	480,000	337,242	4,000	2,810
計		4,048,959		33,741



	サービス利用後			
	人件費		ガソリン代	
	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後
	X2	$X2' = AxX2$	Y2	$Y2' = AxY2$
	60,000	60,000	500	500
	60,000	57,692	500	481
	60,000	55,473	500	462
	60,000	53,340	500	444
	60,000	51,288	500	427
	60,000	49,316	500	411
	60,000	47,419	500	395
	60,000	45,595	500	380
	60,000	43,841	500	365
	60,000	42,155	500	351
		506,120		4,218

(単位: 円)

$$4.309R + 21.545(S + C) + 12,000 + \{1.687R + 8.435(S + C)\} + 607,344 - 3,542,839 - 29,523$$

$$= 5.996R + 29.98(S + C) - 2,953,018 \quad (1)$$

と表された（単位は円）。式(1)の第 1 式の各項はそれぞれ、FR、水位計とカメラ、雑費、FR 修理費、水位計とカメラ修理費、通信費、削減人件費、削減ガソリン代を意味している。

R , S , C の 3 つのパラメータを変動させることで、10 年間運用させた時の溜め池水位監視システムの総費用が求められる。

(2) 愛知用水半田支線池田工区の農家への農業水利情報サービス

本研究開発プロジェクトでの 2 戸の対象農家（3-3-1. で示した農家 A と農家 B）の圃場（同、圃場 A と圃場 B）がある、愛知用水半田支線池田工区とその周辺程度の広さにおいて、仮に農家へ農業水利情報サービスを提供することを想定して、同様に費用の試算を行った。

① 設定条件

池田工区の面積は約 $1.2\text{km} \times 0.5\text{km}$ である。実際は、台形状の区域であるが、長方形と簡略化して以下の計算を行った。土地台帳によると、この区域に圃場を有する農家数は 20 戸だった。また、同区域に存在する圃場数は 65 区画だった。

3-3-4-1. で示した理論式から、必要な FR 数は 1 台だった。農家の参加率を 10%、耕作水田数も同率の 10%として、水位計とカメラを設置する水田区画数を 7 区画とした。

以上から、経費項目は下記の通りとなる。

- ・設備は FR1 台、水位計とカメラ各 7 台である。
- ・資材は、計 8 式（FR1 台とカメラ 7 台分の取付け用資材）である。
- ・人件費

農家は湛水深だけを見に圃場に行っているわけではなく、同時に畦畔の状態、稲の生育状況等もチェックすることが多いのが現実である。そのため、仮にサービスが普及したとしても、農家が圃場に行く回数が激減するまでの効果は期待できないと予想される。つまり、農家にはあまり機会費用は見込めない。以上より、本サービス導入による人件費の削減は発生しないこととした。

- ・通信費は、前項（1）での事例と同じく、ルーター 1 台あたり 3,000 円/月で固定し、毎月支払いをすることとした。
- ・設備修理費は、前項（1）での事例と同じく、年間の修理費を初期設備費の 10%とした。
- ・ガソリン代

この地区のほとんどの耕作者は、車で 10 分前後の近くの集落に住んでいる。そのため、節約できるガソリン代は 1 回の圃場見回りあたり往復 5km 分とし、ガソリン代は 10 円/1km とした。本サービスを利用することにより、圃場に行く回数が週 3 回減るとした。

- ・農家による圃場見回り期間は灌漑期間に限定し、その期間を 20 週間/年とした。

② 現在価値化、総費用の計算

各費用項目を現在価値化し、対象期間について、費用増大項目と費用減少項目とに分けて足し合わせた。10 年間に見込まれる各費用項目の増大額または減少額を表 9 に示す。

表 9 池田工区において農業水利情報サービスを 10 年間運用した場合の各費用項目の増減

費用増大項目

	価値係数	設備項目						維持・管理		
		ルーター		センサー、カメラ		雑費		修理代	通信費	
		設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値	換算価値係数	設置台数	換算価値
	A	R	R' = AxR	S or C	S' = AxS or C' = AxC	M	M' = AxM	P	Q	Q' = AxQ
1年目	1.000	1.0	1.000	7	7.000	8	8,000	ル: 0.100、セ&力: 0.700	36,000	36,000
2年目	0.962	0.1	0.096	1	0.673	0	0	ル: 0.096、セ&力: 0.673	36,000	34,615
3年目	0.925	0.1	0.092	1	0.647	0	0	ル: 0.093、セ&力: 0.647	36,000	33,284
4年目	0.889	0.1	0.089	1	0.622	0	0	ル: 0.089、セ&力: 0.622	36,000	32,004
5年目	0.855	0.1	0.085	1	0.598	0	0	ル: 0.086、セ&力: 0.598	36,000	30,773
6年目	0.822	0.6	0.493	4	3.452	0	0	ル: 0.082、セ&力: 0.575	36,000	29,589
7年目	0.790	0.1	0.079	1	0.553	0	0	ル: 0.079、セ&力: 0.553	36,000	28,451
8年目	0.760	0.1	0.076	1	0.532	0	0	ル: 0.076、セ&力: 0.532	36,000	27,357
9年目	0.731	0.1	0.073	1	0.511	0	0	ル: 0.073、セ&力: 0.511	36,000	26,305
10年目	0.703	0.1	0.070	1	0.492	0	0	ル: 0.070、セ&力: 0.491	36,000	25,293
計			2.154		15.081		8,000	ル: 0.844、セ&力: 5.904		303,672

費用減少項目

	サービス利用前				サービス利用後			
	人件費		ガソリン代		人件費		ガソリン代	
	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後
	X1	X1' = AxX1	Y1	Y1' = AxY1	X2	X2' = AxX2	Y2	Y2' = AxY2
1年目			6,000	6,000			0	0
2年目			6,000	5,769			0	0
3年目			6,000	5,547			0	0
4年目			6,000	5,334			0	0
5年目			6,000	5,129			0	0
6年目			6,000	4,932			0	0
7年目			6,000	4,742			0	0
8年目			6,000	4,560			0	0
9年目			6,000	4,384			0	0
10年目			6,000	4,216			0	0
計				50,612				0

(単位: 円)

10 年間で見込まれる総費用は,

$$2.154R + 15.081(S + C) + 8,000 + \{0.844R + 5.904(S + C)\} + 303,672 - 0 - 50,612$$

$$= 2.998R + 20.985(S + C) + 261,060 \quad (2)$$

であった (単位は円). 式中の各項の意味は式(1)の場合と同じである.

式(1)と式(2)の違いは, 定数項にある. 式(1)は定数項のマイナスの値が大きく, 設備の価格によっては, 現状よりも費用を削減することが可能である. 一方, 式(2)では, 定数項がプラスになっており, 仮に全ての設備が無料で提供されたとしても, 総費用は必ず現在よりも増加する. しかも今回の設定では, 本サービスを利用することにより見回り回数が週 3 回減少すると見積もったが, 現実的にはここまでの見回り回数の削減効果を見込むことは難しいため, 実際の総費用はより増大すると言える.

この違いは, 式(1)では土地改良区職員の見回り回数削減による人件費の削減効果が大いなのに対して, 式(2)では農家は見回り回数が減っても人件費の削減または余剰時間を生かす機会費用が無いとしているためである. 法人農家や大規模農家の一部では, ある程度の人件費削減効果を見

込むことができるかもしれないが、個人農家ではそれが期待できない。

以上から、個人農家だけを本サービスの対象者とするとは総費用が高くなり、本サービスの導入は破綻する可能性が高いと考えられる。

(3) 印旛沼土地改良区の広域圃場状況確認システム

印旛沼土地改良区管内では、愛知用水土地改良区管内よりも経営面積が大きい農家が多く、農家による本サービスの利用価値はより高いと予想されるが、聞き取り調査では、愛知用水受益地での場合と同様に、農家の ICT に対する不安が強かった。一方、土地改良区職員は、本サービスを農家が利用すると、現状よりも適正に水管理が行われることにより水使用量が減り、結果的にポンプ場の電気代削減が期待できると述べた。

現在、土地改良区事務所では、豪雨を始めとする緊急時には、職員による見回りを行っている。農業水利情報サービスシステムを利用し、管内の重要地点の状況を現地画像により遠隔監視できれば、管内の状況確認が迅速にでき、緊急時の迅速な対応が可能になると土地改良区職員は述べた。そのため、印旛沼土地改良区に対しては、「広域圃場状況確認システム」を想定し、これを導入した場合に見込まれる費用を試算した。

印旛沼土地改良区管内は広大であり、管内を 15 の支区に分けて農業水利システムの管理が行われている。今回調査を行った 2 軒の農家は佐倉北部支区に位置している。佐倉北部支区では、印旛沼と鹿島川に沿って水田が広がっており（図 36 の実線で囲む部分）、水田に囲まれた台地に集落が存在する。そこで、農業水利情報サービスシステムを、この佐倉北部支区内の重要地点を土地改良区事務所を確認するために利用した場合の経費の試算を行った。しかし、年に数回程度の緊急時のために広域圃場状況確認システムの構築を検討しても非常に効率が悪いこと、対象地域が圃場と重複しているため、広域圃場状況確認システム単独としての利用に合わせて、農家向けの農業水利情報サービスシステムとして併用する場合についても試算を行った。

a) 広域圃場状況確認システム単独で運用した場合

① 設定条件

- ・運用期間は 10 年間とした。
- ・設備

佐倉北部支区での仮想的経費試算の対象区域に FR を設置し、土地改良区で豪雨等の緊急時に特に重要視している場所にカメラを取り付ける。その現地画像を携帯電話や土地改良区の事務所のパソコン等で見られるようにする。

水田地帯は長方形からかけ離れた形ではあるが、それを引き延ばして長方形と見なすと 10km×0.5km になる。よって 3-3-4-1. で示した理論式から必要な FR 数は 5 台と計算された。仮に土地改良区が重要視する場所が 10 ヶ所あると仮定すると、必要な設備は FR5 台（四方配置でも三方配置でも必要な FR は同数）、カメラ 10 台である。

- ・資材：計 15 式（FR5 台とカメラ 10 台分の取付け用資材）
- ・人件費

年 2 回の緊急時に土地改良区職員が行う見回りが節約できる分を対象とした。現状の見回りを 2 人体制で 3 時間行っているとした。

- ・通信費

前々項（1）での事例と同じく、通信費は FR1 台あたり 3,000 円/月で固定した。通信費は本サービスを使用しない非灌漑期でも必要になるため、毎月の支払いを想定した。

- ・設備修理費：年間の修理費は設備投資額の 10%とした。
- ・ガソリン代

土地改良区事務所と対象区域内の最遠点とは 5km 離れている。本システムを利用すると、完全

に見回る必要がなくなるため、1回あたり単純に往復分である10km分のガソリン代が節約できるとし、ガソリン代は10円/kmとした。

② 現在価値化、総費用の計算

①で挙げた各費用項目を現在価値化し対象期間分だけ足し合わせた、10年間に見込まれる各費用項目の増大額または減少額を表10に示す。

10年間で見込まれる総費用は、

$$10.772R + 21.545C + 15,000 + (4.218R + 8.435C) + 1,518,360 - 1,687 - 50612$$

$$= 14.99R + 29.98C + 1,481,061 \quad (3)$$

であった（単位は円）。式中の各項の意味は式(1)の場合と同じである。

表10 佐倉北部支区で広域圃場状況確認システムを10年間運用した場合の各費用項目の増減

費用増大項目

	価値係数	設備項目						維持・管理		
		ルーター		センサー、カメラ		雑費		修理代	通信費	
		設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値	換算価値係数	設置台数	換算価値
	A	R	R' = AxR	S or C	S' = AxS or C' = AxC	M	M' = AxM	P	Q	Q' = AxQ
1年目	1.000	5.0	5.000	10	10.000	15	15,000	ル: 0.500、セ&カ: 1.000	180,000	180,000
2年目	0.962	0.5	0.481	1	0.962	0	0	ル: 0.481、セ&カ: 0.962	180,000	173,077
3年目	0.925	0.5	0.462	1	0.925	0	0	ル: 0.462、セ&カ: 0.925	180,000	166,420
4年目	0.889	0.5	0.444	1	0.889	0	0	ル: 0.444、セ&カ: 0.889	180,000	160,019
5年目	0.855	0.5	0.427	1	0.855	0	0	ル: 0.427、セ&カ: 0.855	180,000	153,865
6年目	0.822	3.0	2.466	6	4.932	0	0	ル: 0.411、セ&カ: 0.822	180,000	147,947
7年目	0.790	0.5	0.395	1	0.790	0	0	ル: 0.395、セ&カ: 0.790	180,000	142,257
8年目	0.760	0.5	0.380	1	0.760	0	0	ル: 0.380、セ&カ: 0.760	180,000	136,785
9年目	0.731	0.5	0.365	1	0.731	0	0	ル: 0.365、セ&カ: 0.731	180,000	131,524
10年目	0.703	0.5	0.351	1	0.703	0	0	ル: 0.351、セ&カ: 0.703	180,000	126,466
計			10.772		21.545		15,000	ル: 4.218、セ&カ: 8.435		1,518,360

費用減少項目

	サービス利用前			
	人件費		ガソリン代	
	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後
	X1	X1' = AxX1	Y1	Y1' = AxY1
1年目	200	200	6,000	6,000
2年目	200	192	6,000	5,769
3年目	200	185	6,000	5,547
4年目	200	178	6,000	5,334
5年目	200	171	6,000	5,129
6年目	200	164	6,000	4,932
7年目	200	158	6,000	4,742
8年目	200	152	6,000	4,560
9年目	200	146	6,000	4,384
10年目	200	141	6,000	4,216
計		1,687		50,612



	サービス利用後			
	人件費		ガソリン代	
	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後	現在価値化 換算前	現在価値化 換算後
	X2	X2' = AxX2	Y2	Y2' = AxY2
1年目	0	0	0	0
2年目	0	0	0	0
3年目	0	0	0	0
4年目	0	0	0	0
5年目	0	0	0	0
6年目	0	0	0	0
7年目	0	0	0	0
8年目	0	0	0	0
9年目	0	0	0	0
10年目	0	0	0	0
計		0		0

(単位: 円)

b) 農家向けの農業水利情報サービスと併用して運用した場合

① 設定条件

- ・ 設備

対象地域内の農家数は不明であるが、妥当な数字として 100 戸と仮定した。図 36 の実線で囲まれた地域はほぼ水田で占められるため、水田率を 1 とし、参加率を 0.1 とした。理論的に必要となる水位計、カメラ数は共に 170 個である。a)の広域圃場状況確認システムに必要な設備数と合わせると、必要な設備は、FR5 台（四方配置でも三方配置でも同数）、水位計 170 台、カメラ 180 台である。

- ・資材：計 185 式（FR5 台とカメラ 180 台分の取付け用資材）
- ・ガソリン代

対象区域の周辺に集落があり、耕作者はほぼその集落内に住んでいるため、圃場までは自家用車で 10 分以内の距離にあり、往復距離を 5km とした。

②現在価値化、総費用の計算

10 年間に見込まれる各要素の増大額または減少額を表 11 に示す。

10 年間で見込まれる総費用は、

$$10.772R + 366.264S + 387.809C + 185,000 + (4.218R + 143.400S + 151.836C)$$

$$+ 1,518,360 - 202,448 - 50,612 = 14.99R + 509.664S + 539.645C + 1,450,300 \quad (4)$$

であった（単位は円）。式(4)の第 1 式の各項の意味は順に、FR、水位計、カメラ、資材、節約人件費、FR 修理、センサー修理、カメラ修理、通信費、節約ガソリン代である。

表 11 広域圃場状況確認システムと農家向け農業水利情報サービスシステムを 10 年間同時運用した場合の各費用項目の増減

費用増大項目

	価値係数	設備項目								維持・管理		
		ルーター		センサー		カメラ		雑費		修理代	通信費	
		設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値係数	設置台数	換算価値	換算価値係数	設置台数	換算価値
	A	R	R' = AxR	S	S' = AxS	C	C' = AxC	M	M' = AxM	P	Q	Q' = AxQ
1年目	1.000	5.0	5.000	170	170.000	180	180.000	185	185.000	ル: 0.500 / セ: 17.000 / カ: 18.000	180,000	180,000
2年目	0.962	0.5	0.481	17	16.346	18	17.308	0	0	ル: 0.481 / セ: 16.346 / カ: 17.308	180,000	173,077
3年目	0.925	0.5	0.462	17	15.717	18	16.642	0	0	ル: 0.462 / セ: 15.717 / カ: 16.642	180,000	166,420
4年目	0.889	0.5	0.444	17	15.113	18	16.002	0	0	ル: 0.444 / セ: 15.113 / カ: 16.002	180,000	160,019
5年目	0.855	0.5	0.427	17	14.532	18	15.386	0	0	ル: 0.427 / セ: 14.532 / カ: 15.386	180,000	153,865
6年目	0.822	3.0	2.466	102	83.837	108	88.768	0	0	ル: 0.411 / セ: 13.973 / カ: 14.795	180,000	147,947
7年目	0.790	0.5	0.395	17	13.435	18	14.226	0	0	ル: 0.395 / セ: 13.435 / カ: 14.226	180,000	142,257
8年目	0.760	0.5	0.380	17	12.919	18	13.679	0	0	ル: 0.380 / セ: 12.919 / カ: 13.679	180,000	136,785
9年目	0.731	0.5	0.365	17	12.422	18	13.152	0	0	ル: 0.365 / セ: 12.422 / カ: 13.152	180,000	131,524
10年目	0.703	0.5	0.351	17	11.944	18	12.647	0	0	ル: 0.351 / セ: 11.944 / カ: 12.647	180,000	126,466
計			10.772		366.264		387.809		185,000	ル: 4.218 / セ: 143.400 / カ: 151.836		1,518,360

費用減少項目

	サービス利用前				サービス利用後			
	人件費		ガソリン代		人件費		ガソリン代	
	現在価値化換算前	現在価値化換算後	現在価値化換算前	現在価値化換算後	現在価値化換算前	現在価値化換算後	現在価値化換算前	現在価値化換算後
	X1	X1' = AxX1	Y1	Y1' = AxY1	X2	X2' = AxX2	Y2	Y2' = AxY2
1年目	24,000	24,000	6,000	6,000	0	0	0	0
2年目	24,000	23,077	6,000	5,769	0	0	0	0
3年目	24,000	22,189	6,000	5,547	0	0	0	0
4年目	24,000	21,336	6,000	5,334	0	0	0	0
5年目	24,000	20,515	6,000	5,129	0	0	0	0
6年目	24,000	19,726	6,000	4,932	0	0	0	0
7年目	24,000	18,968	6,000	4,742	0	0	0	0
8年目	24,000	18,238	6,000	4,560	0	0	0	0
9年目	24,000	17,537	6,000	4,384	0	0	0	0
10年目	24,000	16,862	6,000	4,216	0	0	0	0
計		202,448		50,612		0		0

(単位：円)

(4) 農業水利情報サービスの導入可能性についての考察

以上、愛知用土地改良区と印旛沼土地改良区の管内において、農家に対する農業水利情報サービスを展開し10年間運用させた場合に見込まれる総費用を試算した。これらの式には3個のパラメータが含まれており、このパラメータを変化させることにより、総費用の額が変動する。今回設定したパラメータは、FR、水位計、カメラの価格である。これらの設備費を抑えることができれば総費用が抑えられるため、サービス利用者の支払い額も下げることができる。

試算された総費用が、パラメータの変化、つまり各設備の単価によりどれだけ変動するかを考察する感度分析を行った。本サービスの価格が導入の是非の大きな決定要因となっている農家や、B/Cが導入の是非の決定要因である土地改良区に対しては、感度分析の結果は有用である。本サービスを導入することで、総費用がどれだけ増減するかを具体的に示すことで、サービスを利用するかどうかを判断してもらうことができる。また、システム開発者にとっては、総費用を下げるために、どの設備の低価格化を優先的に図るべきかを判断することができる。

試算に含まれるFR、水位計、カメラの価格のパラメータに対して、まず変動領域を設定した。各設備に運用に耐えうるような性能を望むとすれば、現在の市場価格では全て50,000円/機程度であった。そこで、パラメータの変動領域を0～50,000円/各1機とした。

ここで、式(1)～(4)を再度見ると、

$$\text{式(1)} \quad 5.996R + 29.98(S + C) - 2,953,018 \quad \text{溜め池水位チェックシステム（愛知用水）}$$

$$\text{式(2)} \quad 2.998R + 20.985(S + C) + 261,060 \quad \text{農業水利情報サービス（池田工区）}$$

$$\text{式(3)} \quad 14.99R + 29.98C + 1,481,061 \quad \text{広域圃場状況確認システム単独（佐倉北部支区）}$$

$$\text{式(4)} \quad 14.99R + 509.664S + 539.645C + 1,450,300 \quad \text{広域圃場状況確認システムと農業水利情報サービスの併用（佐倉北部支区）}$$

であり、仮に3つの設備が無料で調達できたとしても、式(2)～式(4)では、定数項がプラスであるために、総費用が現行よりも増加する。しかし、多少の費用が発生しても、本サービスを利用することで費用以上に便益を利用者が感じれば本サービスが採択される可能性はある。

愛知用土地改良区向けの溜め池水位監視システムは、3つの設備の低価格化が達成されれば、総費用を削減することが可能であった。これは本サービスにより人件費が削減される見込みが大きいことに起因することは先に述べたとおりである。一方、印旛沼土地改良区向けの広域圃場状況確認システムでは、豪雨等の緊急時のみの使用に限定したため、人件費削減効果が小さかった。また、農家向けの農業水利情報サービスは、農家がサービスを利用して余剰時間が生まれても、それを別の農作業に使うことから、人件費の削減効果または余剰時間による収益増大効果を試算には盛り込んでいないため、総費用は増大した。

3-3-5. 水管理アプリケーションの価値の想定ユーザーによる評価

3-3-5-1. マニュアルの作成

3-3-3-4. で述べた、本研究開発プロジェクトで開発した、農業水利情報サービスシステムを含めたアプリケーションのパッケージを、想定ユーザーに試行して頂くべく、準備を進めた。この試行は、本研究開発プロジェクトの研究開発活動の中でPDCAのCに位置づけられる部分である。試行のために、以下のマニュアルを作成した。

(1) 水管理サービスアプリ体験マニュアル (17ページ)

3-3-1. で述べた聞き取り調査の結果からは、農家のICTデバイスへの不慣れが、本システム普及の大きな障壁になるものと考えられた。そこで、「水管理サービスアプリ体験マニュアル」では、タブレット端末の基本的な使い方から丁寧に図解した。また、とにかく触れてみることから体験することを重視し、段階的に複数の機能を体験できるように心がけた。これをWeb上で公開した。水管理サービスアプリ体験マニュアルの目次は、下記の通りである。

1.本体の使い方	p.4
2.タッチパネルの使い方	p.5
3.ホーム画面を表示しよう	p.6
4.ホーム画面の見方	p.7
5.「水管理サービスアプリ」にふれてみよう	p.9
6.他にもこんな機能が	p.11
機能1 写真を投稿する	p.11
機能2 周辺の情報を見る	p.13
機能3 自分の投稿を見る	p.13
機能4 設定	p.14
7.アンケートのお願い	p.15
付録1 タブレットの機能	p.16
付録2 インストールとアップデート	p.17

(2) 水管理サービスアプリインストールガイド (13ページ)

Android版のアプリケーションを、スマートフォンやタブレット端末へインストールする方法を、簡単なマニュアルにまとめた。このマニュアルにより、既にスマートフォン等を所有している想定ユーザーが、自分の携帯情報端末へ本アプリケーションをインストールすることができる。これをWeb上で公開した。インストール方法そのものは、既にスマートフォンやタブレット端末を所有している想定ユーザーにとっては簡単であると思われるので、あまりページ数を裂かず、FAQの形で詳しい説明を行った。水管理サービスアプリインストールガイドの目次は、下記の通りである。

1.ソフトのインストール方法	p.1
2.ソフトの更新方法	p.2
3.よくある質問FAQ	p.3
Q1 インストールができない.	
Q2 更新を楽に行いたい.	
Q3 GooglePlay(グーグルプレイ)の登録方法	

(3) クイックマニュアルの作成

さらに、スマートフォンをお持ちの幅広い方に、アプリの体験と、Webアンケートへの回答を促すため、クイックマニュアルを作成し、これをWeb上で公開するとともに、Facebook, Twitterを利用して宣伝した。

(4) 紹介ビデオの作成

水管理アプリケーションを、動画で紹介するビデオ(約 15 分間)を作製した。実際の画面に操作者がタッチしてアプリケーションを動かす状況を、動画で収録した。この紹介ビデオを、H26年2月に愛知用水土地改良区管内で開催した2回のワークショップで映写し、想定ユーザーに水管理アプリケーションを紹介した。

3-3-5-2. タブレット端末によるアプリケーションの試行

H26年灌漑期開始前にタブレット端末8台を購入し、開発したアプリケーションをインストールした。4台を愛知用水土地改良区へ、4台を印旛沼土地改良区へ貸与した。両土地改良区に対し、それぞれの管内の稲作農家、農業法人、土地改良区職員、農業用水関連機関職員等にタブレット端末を回覧して交代でアプリケーションを試行し、Webアンケートへ回答して頂くことを依頼した。

また、H26年6月24日（火）に愛知用水土地改良区半田事務所にて、同年7月6日（日）に印旛沼土地改良区事務所にて、実際に上記の4台のタブレット端末を使用して、アプリケーションの使用説明会を開催した。愛知用水土地改良区半田事務所での説明会には、対象地区の農家、土地改良区職員、愛知県職員の計11名が参加した（図37）。印旛沼土地改良区事務所での説明会には、対象地区の農家、土地改良区職員の計7名が参加した。



図 37 開発したアプリの使用説明会
(H26年6月24日、愛知用水土地改良区半田事務所)

その後、アクセスログを見ると、H26年灌漑期中7月末までに80以上のアクセスがあった。8月31日までのWebアンケートの回答者数は13名であった。下記にWebアンケートでのコメント欄の記述の一部を記す。

- ・ 2014/08/07 （56才）
 - ・ データの表示が、出来れば日本語版を望みます。
 - ・ 利用料は現場装置の購入かリースかで異なると思いますが5月～9月の5ヶ月で月額1000円としました。
- ・ 2014/08/06 （20才）
 - ・ 稲の発育の様子は分かるが土の乾き具合や水の様子が分からない。もう少し別のアングルが良いと思います。
 - ・ 水位計のデータや気象データが参考になった。
- ・ 2014/08/04 （59才）
 - ・ もぐら穴から水が抜ける事が多いので畔の点検を行います。広く巡視できれば見回り負担が軽減されると思います。
 - ・ 同様に出穂時の害虫（カメムシ）被害の見廻りが軽減出来たらと思いました。
- ・ 2014/07/30 （41才）
 - ・ もっと複数の圃場の水位を一括して見る事が出来れば良いと思う。1区画1反や2反の

小さい区画ではなく、2～3町歩区画などになれば全ての圃場に入れてもいいかと思う（金額がいくらかかるかにもよるが）。

- ・ 水位は解るが、使った水量なんかもわかれば便利だと思う。
- ・ 欲を言えば、このタブレットから水の出し入れも指示出来れば良いと思う。

また、この湛水情報サービスに、年間、いくらなら払えますか？ という質問に対する回答が8名から寄せられた。結果は以下の通りであった。

絶対に無料でないと使わない：1

年額 500 円以下：4

年額 1000 円以下：1

年額 5000 円以下：2

総計 8

以上の結果から加重平均を求めると 1,625 円が算出された。まだ回答数が少ないため、この加重平均値はあまり意味を持たないが、農業用水関係者で、経費を払ってでも本システムを導入したいと考えている方が多く存在していることが明らかとなった。

3-3-5-3. ワークショップの開催

(1) はじめに

近年、兼業化や高齢化の進展と共に農村の構成員は多様化し、農家の農業用水に対するニーズも多様化している。従来、末端の農業用水管理は集落単位での活動に任せられ、土地改良区は基本的に支線までの管理を受け持ってきた。水配分や水路管理に当たっては、両者の間を担う連絡役が存在し、調整にかかる取引費用を引き受ける構造になっていた。しかし、こうした調整機能は、農業構造の変化と共に持続性を失ってきた。

今後、混住化や離農が進んで農村に居住する非農家が増え、さらに世代交代が進むと、農業用水を農業生産のために用いない非農家にとって、農業用水の存在意義は薄れ、豪雨時の溢水、転落の危険性、騒音・振動、悪臭等の、負の側面に視点が集中する状況も懸念されている。

農業用水を管理する土地改良区は、地域内の農家とのさらなる情報共有を図るとともに、非農家の理解を得る取り組みを進め、自らが地域の住民を動員する能力を持ち、住民に参加のインセンティブを与えるサービスを提供しなければならない状況となってきた。

本研究開発プロジェクトにおいて開発した水管理サービスアプリケーションは、水田稲作農家が最も負担と感じている水田水管理をサポートするとともに、土地改良区の業務負担を軽減し柔軟な活動を可能にするものである。このアプリケーションを有効利用し、農家、非農家、土地改良区の価値共創をもたらすアイデアを検討することは、本研究開発プロジェクトの成果を農村の現場で実際に応用していくために有用であると思われる。

そこで、愛知用水土地改良区を対象地とし、本研究開発プロジェクトにおいて開発した水管理サービスアプリケーションを代表例とする ICT の導入を前提として、土地改良区がどのような新たなサービスを提供できるか、市民と土地改良区とでどのような価値共創の形があるのかについて意見交換するために、ワークショップを実施することにした。

実施期間を通じ、市民、農家、土地改良区の3者による議論が行われ、地域内における農業用水の役割について、主に多面的機能を意識した議論が展開された。今回のワークショップによって得た住民のニーズ（意見・要望）は、農業が単なる営利事業の枠にとどまらず、非農業者を含む地域住民に利益を与えている事（多面的機能）を再確認するものである。

(2) 新技術開発とワークショップを通じた普及の必要性

本研究開発プロジェクトで開発した水管理サービスアプリケーションは、農業水利情報サービスシステム（湛水深や作物状態などを遠隔監視するサービス）、お問い合わせシステム（土地改良区の苦情処理業務をサポートするサービス）、画像投稿システム（画像データの授受と蓄積をサポートするシステム）から構成されており、その目的はサービス受益者が農業水利システムから正当な価値を得られるようにすることにある。このサービスは、土地改良区が主導する農業用水の多面的利用への住民参加の動機づけとなる、地域の市民へのサービス提供へも有効利用できる可能性を持っている。サービス受益者として考えられるのは土地改良区、農家、非農家（地域住民）である。しかし、3者の農業用水に対する考え方は当然異なっており、一つの技術・サービスを提示したとしても、その受け止め方はさまざまである。

問題になるのは、そのような異なる選好が想定されるにもかかわらず、水管理においては、この3者の協調活動を要請しなければならない点にある。異なる効用を持つ者同士が、交渉を通じた協調解にたどり着く必要がある。その協調解を導くプロセスとして、ワークショップの手法に着眼した。

(3) ワークショップの実施方法

ワークショップは、平成26年、2月13日（木）と2月18日（火）に実施された。2月13日には、愛知県みよし市のみよし土地改良区事務所で開催され、参加者50名、欠席5名（48名の定数だったが補欠候補も参加）であった。2月18日には、愛知県半田市のアイプラザ半田で開催され、参加者47名、欠席1名であった。なお、人員の募集は、みよし市、半田市および愛知用水土地改良区半田事務所を通じて行った。事前に連絡を頂いた参加予定者の属性は表12のとおりである。

表12 ワークショップ参加者の属性

みよしワークショップ		半田ワークショップ	
土地改良区職員	6	土地改良区職員	6
農家	12	農 農家地域役員	4
		家 専業農家	8
町内会役員	6	非 市職員	3
非 一般市民	6	農 農協職員等	9
農 女性	6	家 女性	12
家 農地水保全	6	農 農地水保全	6
NPO法人	6		
合計	48	合計	48

ワークショップのプログラムの構成を図38に示す。非農家（市民）と農家・土地改良区のグループを分けて、一部平行して作業を行うプログラムとした。

市民には、農業用水の歴史的経緯や役割についての知識が十分ないことが想像され、これは、有効な議論を積み重ねるためには障害となる。そこで、ワークショップの第一段階では、市民グループに対しては土地改良区そのものに関する情報提供を行った。一方、農家と土地改良区職員に対しては、3-3-5-1. (4) で述べた、水管理サービスアプリケーションを紹介するビデオを見て頂いた。

その後、3者で成立するグループを作成した後、作業2を行った。作業1、作業2の説明は以下のとおりである。

作業 1：公共サービスの事例紹介

「溜め池でのイベント開催」と「農産物直売所の運営」の 2 つのサービスプランを紹介した。どちらも、既に他地区でイベントとして実施されているもので、土地改良区の施設や資産を活かす内容を含んでおり、土地改良区、市民、農家の 3 者が協働して何らかの価値を交換できるプランとした。

農家・土地改良区のグループには、この 2 つのプランのうち 1 つについて、そのメリット・デメリット、農業水利情報サービス利用の可能性を論じてもらった。

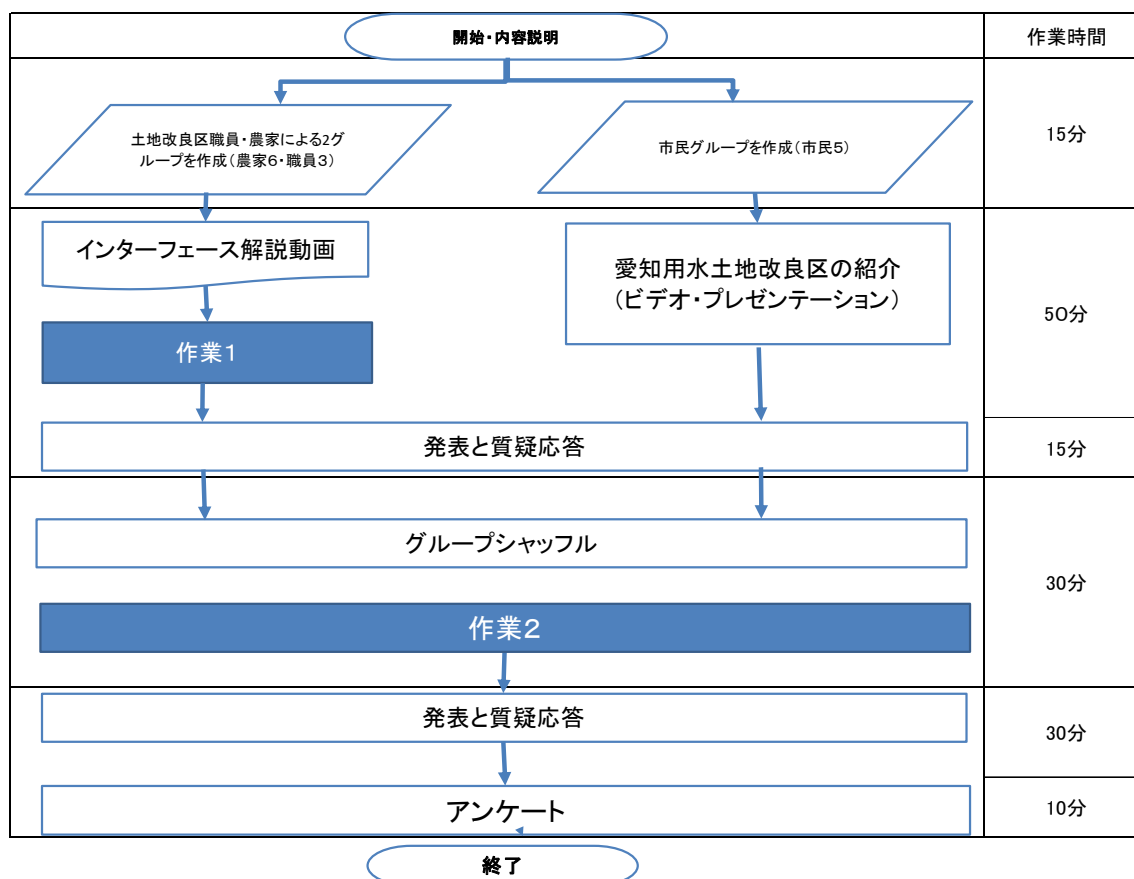


図 38 ワークショップのプログラム

作業 2：サービスプランの具体化

作業 1 の成果発表を踏まえ、サービスプランの具体化を図った。すべての参加者を再分割し、6 つの班を作った。班内に土地改良区職員 1 名、農家 2 名、非農家 3～5 名が入るよう、あらかじめ班分けを行った。作業 1 の提案内容を踏まえつつ、いつ、どこで、誰が、どのように行うか、を具体化していった。

最初に、具体的な提案（「どのように」）をポストイットに記入してもらった。次に、それらを内容別に 5 種類（「コストや収益と言った経済的利益」、「農業経営」、「サービスから得られる満足度」、「環境」、「その他」）に分けた。さらに、時間（「すぐ」、「2・3 年後」、「将来的課題」）の 3 段階と主体（「行政」、「農家」、「住民」、「土地改良区」）の 4 段階で分類整理してもらった。最後に、分類されたプランのキャッチコピーと実施場所を記入してもらった。

作業終了後に、班別の話し合いの結果を共有する報告をしてもらった（図 39）。報告者は各グループ内で互選した。この最終的な提案が、本ワークショップの成果品である。すべての報告が

終了した後、後段で分析するアンケートに回答してもらい、ワークショップは終了した。

(4) 参加者の属性ごとの技術普及、土地改良区の紹介に対する評価

ワークショップの参加者に対し、内容への感想および作業過程での行動について、ワークショップ終了直後にアンケートを実施した。参加総数 97 名に対し、回収サンプル数は 90 であった。地域別では、みよし、半田ともに 45 サンプルであった。回答者の平均年齢は 59.6 歳で、最高齢が 78 歳、最年少が 24 歳であった。



図 39 班別の話し合いの成果を共有するための報告

ワークショップでの作業内容全体についての自由回答欄の記述は 40 サンプル確認できた。複数の要素ごとに内容別にカウントすると、肯定的な感想 (29 件)、今後の動向への関心 (7 件)、慣れない作業に対する戸惑いやカタカナ語の使用や時間設定といった運営方法への不満 (11 件)、提案プランへの批判などの否定的感想 (2 件) に分類できた。回答時間が限られる中では、好意的な意見が比較的多く寄せられた。

次に、水管理サービスアプリケーションに対する農家、市民の反応についてみると、インターフェースの感想は、農家のみ解答したが、表 13 に示すように、利用価値の判断は否定肯定がほぼ同数であり、二分されていた。

水管理サービスアプリケーション活用に関する世代別の意識差を図 40 に示す。世代が上がるにつれて経営上の利用価値を見いだせないと感じていた。アップロードの手間や使い方の理解ができない、という回答も、世代が上昇するにつれて割合を増した。ただ、70 代では特異的に高評価が得られた。これは、管理労務の負荷が 70 代にとって重くなっていることの裏返しかもしれないと推測された。

愛知用水土地改良区紹介のビデオに関するアンケートの評価を、世代別、性別に分類したものをそれぞれ表 14 および表 15 に示す。若年層と女性層で、愛知用水事業の情報が浸透していなかったことが明らかとなった。土地改良区は農地所有者一戸単位で組合員資格を与えるのが原則となっており、そのことが、参加者の属性による土地改良区への認識を変えていることが考えられた。愛知用水土地改良区は、組織の役割を紹介することをワークショップの参加目的としていたので、分析結果はその要請を充たしたことを示すものでもある。

表 13 水管理サービスアプリと愛知用水土地改良区紹介ビデオに対する感想

インターフェイス感想（複数回答）		愛知用水土地改良区紹介ビデオ感想	
経営上利用価値あり	15	殆ど知っていた	9
利用価値なし	13	大体知っていた	17
情報入手が簡易	13	あまり知らなかった	21
アップロード手間	7	全く知らなかった	7
使い方不明	6		
別の使い道アリ	3		
有効回答	38	有効回答	54
未解答	52	未解答	36

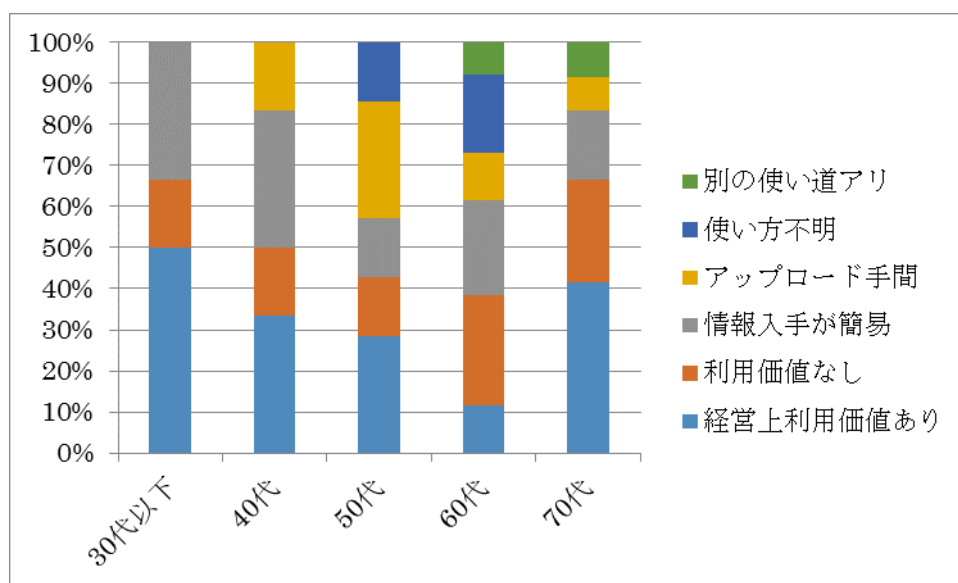


図 40 年代別にみるインターフェイスの感想

表 14 世代別にみる愛知用水ビデオの感想

	20 代	30 代	40 代	50 代	60 代	70 代	総計
殆ど知っていた	0	0	1	0	5	3	9
大体知っていた	0	1	0	2	5	8	16
あまり知らなかった	0	1	2	4	7	7	21
全く知らなかった	0	0	0	2	4	0	6

表 15 性別にみる愛知用水ビデオの感想

	女性	男性	総計
殆ど知っていた	1	8	9
大体知っていた	3	14	17
あまり知らなかった	10	11	21
全く知らなかった	2	5	7

(5) 提案プランの分類と整理

2 か所でのワークショップでそれぞれ 6 班から、様々なアイデアが計 12 通りにまとめられた。各班の性質もあり、それぞれ独自性は高いものであるが、同じテーマ（溜め池、直売所）を議論していることもあり、意見に共通するものも見られた。多種多様に見える多数のアイデアを、共通点を基に、5W1H に沿って整理する作業を通じて、ワークショップ参加者の全体的な関心や議論の方向性をフィードバックすることができる。ワークショップの進行は、参加者の意見が以下のように整理される仕掛けになっていた。

1. 「何を」→直売所／溜め池
2. 「どうやって」→アイデアをポストイットに書き出してもらう
3. 「いつ」→すぐ／2・3 年後／将来的課題
4. 「誰が」→行政／農家／住民／土地改良区
5. 「どこで」→プランの最後に具体的に記述

アイデアとしては、全体で 202 件の提案があった。表 16 は、議論をテーマ別に整理し、その主体（「誰が」）との関係を見たものである。ここから、それぞれの主体にどのような役割が期待されているかを考えることができる。土地改良区には、サービスにおける環境保全や経済的利益を上げる戦略が、行政には満足度や環境、カテゴリ分けしにくい「その他」の要素を整備する役割が期待されていた。農家には、自分の利益以上に満足度を高めるためのサービスが期待されていた。市民が多数を占める話し合いだったこともあるが、溜め池での定期的なイベントや直売所の実施には農家の協力が不可欠であることが把握された。

表 16 テーマ別の意見分類と実行主体

行ラベル	行政主体	農家主体	住民主体	土地改良区	複数主体	
経済的関心	8	7	5	12	1	33
農業経営への配慮	5	14	2	2	2	25
満足度	14	24	11	5	10	64
環境	15	4	7	12	1	39
その他	16	1	14	2	0	33
総計	58	50	39	33	14	194

表 17 に、各アイデアの実施時期と班別の傾向を示した。提案数が班によってばらついているが、おおむね議論はスムーズに行われた。みよし市でのワークショップでは比較的時間をかけるアイデアが、半田市でのワークショップではすぐに実施できるアイデアが多く提出された。半田地域では「かいどり」と呼ばれる溜め池を利用したイベントが実施されているなど、今回の提案のイメージが付きやすかった点が影響していると思われる。

議論された 2 つのサービスプランの中では、溜め池整備は行政、住民、土地改良区を主体に、直売所経営は行政、農家、住民を主体に、という傾向が明瞭だった（表 18）。また、実施時期別の集計からは、溜め池整備の方が実施には時間がかかるという判断が多いことも読み取れた（表 19）。

表 17 地域別，班別にみる提案アイデア数と実施時期

	無回答	すぐやる	2-3年	時間をかけて	班別提案数	備考
みよし	1	49	25	27	102	
A1		6	4	9	19	
A2	1	12	13	6	32	ため池
A3		10	5	2	17	
B1		1		1	2	
B2		10	2	2	14	直売所
B3		10	1	7	18	
半田		61	32	7	100	
A1		5	3		8	
A2		5	3	6	14	ため池
A3		9	3	1	13	
B1		17	8		25	
B2		9	12		21	直売所
B3		16	3		19	
総計	1	110	57	34	202	

表 18 議論したテーマと実行主体

行ラベル	行政主体	農家主体	住民主体	土地改良区	複数主体	
ため池	39	3	28	24	8	102
直売所	20	47	15	11	6	99
総計	59	50	43	35	14	201

表 19 議論したテーマと実施時期

行ラベル	すぐやる	2-3年	時間をかけて	班別提案数
ため池	47	31	24	103
直売所	63	26	10	99
総計	110	57	34	202

(6) 参加者の思考過程 - サービスプランへの評価と判断基準 -

ワークショップ終了後，議論された 2 つのサービスプランについて，その優劣を参加者に問うた．様々な属性別の回答の違いを比較したものが，図 41 である．

みよし市でのワークショップでは，溜め池でのイベント開催に人気が集まった．この点については，みよし市にはみよし池などがあり，活動が想定しやすかった部分があったかもしれない．直売所の運営については，意見が上手く出なかった班が 1 班あったことも影響したと思われる．

直売所は農家にとって販売と利益のメリットがあると考えられるが，意外と支持する農家は少なかった．既存の直売所等もあるので現実的な判断となったものと思われる．一方で，市民側では直売所への様々な要望がプランとして具体化された．

これらの判断の根拠には，様々な参加者の好みに影響していると考えられた．参加者のサービスプランに対する評価を分けた要因を，「コスト」，「収益」，「満足度」，「環境への影響」の 4 点を用い，階層分析法（AHP）で分析したものが表 20 である．直売所を選んだ人は収益を重視し，溜め池を選んだ人は環境と満足度を重視している傾向が統計的に読み取れた．「総合評価値」は潜在的な「好み」を表しているが，この観点では 2 つのサービスプランの評価には明白というほどの差は認められなかった．

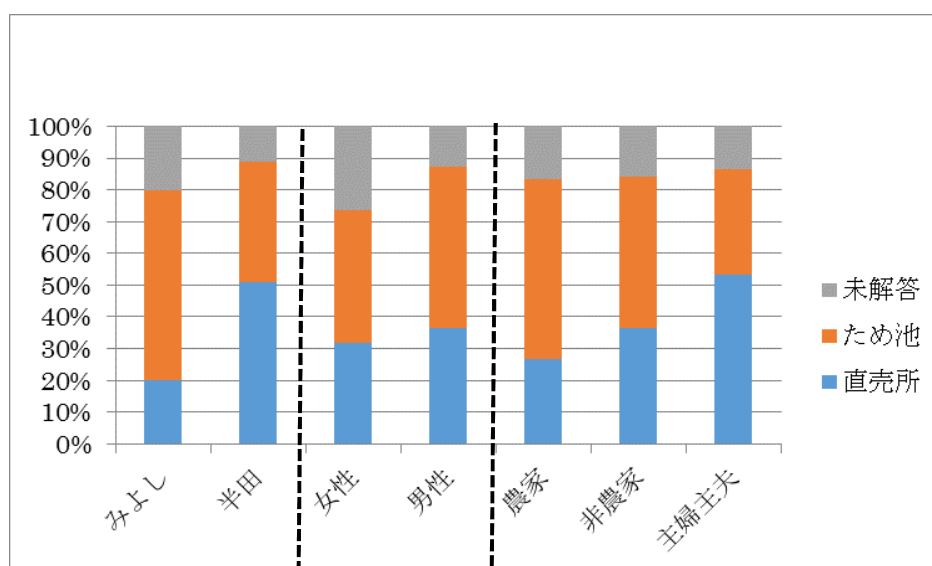


図 41 様々な参加者属性と両サービスプランに対する選好

表 20 階層分析法（AHP）による参加者の重視要素とプラン選択確率

	コスト	収益	満足度	環境	総合評価値
直売所	0.09	0.13	0.14	0.10	0.47
ため池	0.08	0.08	0.18	0.20	0.53
平均値の差の検定 (P値・両側検定)	0.46	0.00	0.10	0.00	0.01

(7) ワークショップ開催のまとめと市民への農業水利サービスについての検討

本研究開発プロジェクトで開発された水管理サービスアプリケーションの利用可能性と、土地改良区の業務を ICT 導入によって効率化することにより土地改良区が市民へどのような新たなサービスを提供できるかについて探るため、愛知用土地改良区管内で 2 回に亘りワークショップを開催した。ワークショップ開催により、以下の事柄が把握された。

- ・水管理サービスアプリケーションは、より若い世代に肯定的に受け止められた。世代が上がるにつれて、経営上の利用価値を見いだせないとか、アップロードの手間や使い方の理解ができない、という回答の割合が上昇した。
- ・全体的に、土地改良区に対してはサービスにおける環境保全や経済的利益を上げる戦略が、行政に対しては満足度や環境、カテゴリ分けしにくい「その他」の要素を整備する役割が期待されていた。
- ・「溜め池でのイベント開催」と「農産物直売所の運営」の 2 つのサービスプランを紹介し、ワークショップ参加者による両者の評価を階層分析法により分析した。その結果、農産物直売所を選んだ人は収益を重視し、溜め池でのイベントを選んだ人は環境と満足度を重視する傾向が統計的に読み取れた。「総合評価値」の観点では、2 つのサービスプランの評価には明白な差は認められなかった。
- ・農業水利施設を利用したイベントや農産物直売所の実施には農家の協力が不可欠であることが把握された。
- ・農業用水の多面的機能を利用した非農家市民へのサービスの価値は、サービス受益者の属性や具体的なサービスの内容によって大きく変化し、個別に価値評価を行わなければならない状況

が明らかとなった。今後、サービス受益者のターゲットを絞り、具体的なサービス内容を明確にした上で、サービスの価値評価を行っていくことが重要であると考えられた。

3-3-6. 水質情報サービスの構築

3-3-6-1. 農業水利における水質属性の需要

農業水利サービスにおいて、水質面における需要は 2 つの側面を持つ。一つは、農業が持つ外部効果である、環境保全としての水質浄化効果と汚濁負荷の排出による水環境への悪影響という側面である。もう一つは、水質が営農（作物生産の品質）に対して及ぼす側面である。前者の環境全般に関する需要は、地域住民や行政サイドが国土保全の一環として期待する、広範な領域を持つ需要である。後者は、農家側が経営面において生産における資源の質に期待する需要である。どちらの面についても需要に対するサービスの提供者として、農業用水の管理者である土地改良区が重要なプレーヤーである。

そこで、本研究開発プロジェクトでは、土地改良区による水質情報サービスについて、サービス提供側の技術的可能性に関する調査を実施し、受益者側における技術導入に関する障壁および導入可能性について検討を行った。

3-3-6-2. 調査対象地の特徴

千葉県印旛沼流域を調査地として選定した。印旛沼は水質汚濁が極めて進行した湖沼であり、水質保全に対する上記の需要が、他流域と比較して明示的にわかりやすいと考え、本地域を選択した。印旛沼の水質汚濁は全国の湖沼の中でも最も進んでいる（環境省、2011）。印旛沼の水質汚濁の原因となる栄養塩類の濃度は、全窒素濃度が 2.7mg/L、全リン濃度が 0.16mg/L（印旛沼流域水循環健全化会議、2014）という値で、どちらも環境省の定める水質基準をはるかに上回る。このため、印旛沼においては水質改善の対策が求められており、印旛沼流域水循環健全化会議が中心となり対策および啓発活動を行っている。

本流域の農業水利の特徴として、ポンプ灌漑の発達がある。対象地域において、中小型のポンプが 383 機存在し、印旛沼や河川、地下水から取水している。ほとんどの水田が水源から極めて近い場所に位置していることから、個別農家の自由度を高めるため、灌漑用ポンプの多くは土地改良区や地元農家によって運用されている。加えて、治水対策のための排水用ポンプが存在し、主要な排水用ポンプは（独）水資源機構によって運用されている。

灌漑用ポンプの運用については、労働コストの削減に興味を持たれており、エネルギー消費面の効率性については、比較すると興味を持たれていない。この点においては、兼業農家であれ、専業農家であれ同様の傾向を持つ。

3-3-6-3. 研究の方法

本研究開発プロジェクトでは、2 つの方法を検討した。一つは、企業経営的な専業農家における稲作（飼料米）での、ポンプ灌漑と自動給水栓という従来からある水管理技術、および本研究開発プロジェクトで開発した農業水利情報サービスシステムと自動給水栓の組み合わせによる水管理技術と、その環境への影響についての実測を中心とする評価についての研究である（3-3-6-4）。もう一つは、稲作において、汚濁が進んだ用水を利用した場合と、水田で浄化された用水を利用した場合とで、選択的にコメの品質を改善できることを利用して、栽培管理に利用するための技術導入過程を分析したシミュレーション研究である（3-3-6-5）。

3-3-6-4. 湛水情報システムと自動給水栓の組み合わせによる節水および栄養塩排出負荷の削減効果

(1) はじめに

農業水利サービスの提供者は水利施設を操作・管理する土地改良区であり、受益者は土地改良区に水利費を支払う農家である。このサービスの提供者と受益者の両者にとって、使用可能な灌漑水量が多ければ多いほど、水管理に要する労働投入が節減される。たとえば、土地改良区にとってはある程度余裕をもった操作が可能となり農家からの苦情も少なくなる。また、農家にとっても灌漑用水が不足した条件下では頻繁に水田に行って湛水状態を確認する必要性が生じるが、使用可能な灌漑水量が潤沢であれば水管理は容易（粗放）となる。

水の価値に比べて労賃が高い日本では、農家の追加的な労働投入無しに、または労働投入を軽減しつつ、かつ節水を可能とする工夫が必要であり、自動給水栓の利用はその点において大きな潜在力を持ち合わせている。3-3-1. で示したように、水田農家の大部分を占める兼業農家は、農作業は基本的に週末に行い、水管理については毎日朝の出勤前や夕方の帰宅前に給水栓の開閉操作を行っている。この水管理における労働投入を軽減するために、農家が設定した水位に等しくなるように自動的に水田に水を供給する装置である自動給水栓が開発された。しかし、いくつかの灌漑地区においてこの自動給水栓が導入されたものの、多くの農家はこの自動給水栓を使用せずに、従来どおり毎日朝と夕方に圃場へ赴き、給水バルブの開閉を行っている。これは自動給水栓にゴミや魚などが詰まる問題がしばしば発生するため、自動給水栓単独では農家の労働投入軽減には大きく寄与しないことを示している。

農業水利情報サービスシステムにより農家が水田の湛水深をスマートフォン等のモバイル端末でリアルタイムに把握できれば、現在の水田の湛水深や自動給水栓の不具合が水田に行かずして把握でき、またゴミ詰まり等への不安が解消されることにより、農家が毎日圃場に行く必要がなくなる。また同時に、落水口からの無効な越流を削減することができ、節水および環境保全効果が得られる。さらに、圃場状態が確認できれば、作業の必要な圃場にだけ行くことが可能となり、経営規模の拡大にも貢献することができる。そこで、インターフェイス開発グループの開発した農業水利情報サービスシステムと自動給水栓との組み合わせにより農家の自動給水栓利用率が向上した場合、水田の節水効果および栄養塩排出負荷削減効果がどの程度発揮されるのかについて定量的な評価を行った。

(2) 方法

対象圃場は、印旛沼土地改良区管内にある鹿島地区の水田である。対象圃場では飼料米（品種：もみろまん）が栽培されている。鹿島地区の 5.94ha の水田群に水位計や自動採水器を設置して、圃場の湛水位変化と全窒素、全リン等の水質項目の連続観測を行った。対象圃場は全て同じ農業法人（3-3-1. で述べた農家 D）が栽培管理を行っており、同法人が管理する圃場が 40ha 以上と大規模であるため水管理は粗放的である。観測期間は H25 年 5 月 16 日から 11 月 20 日である。

(3) 結果および考察

表 21 に観測および水田水収支モデルにより推計された水収支を、表 22 に窒素、リン収支を示す。自動給水栓の利用により灌漑水量が 2045mm から 710mm へ大幅に減少し、65%の節水が可能であることが明らかとなった。また、H24 年灌漑期の観測においても 58%の節水効果が得られた。環境への栄養塩排出負荷量については、窒素排出負荷量が 36 kg/ha から 12 kg/ha に減少し、リン排出負荷量も 7 kg/ha から 3 kg/ha に減少した。窒素やリンは富栄養化の要因となる栄養塩であり、印旛沼流域内の全水田 7,370ha で同様の削減効果が得られるとすれば窒素 265 トン、リン 30 トンに相当する削減量となる。その削減量はそれぞれ人間約 5 万 6 千人（窒素）、約 6 万 3

千人（リン）分の負荷量に相当する。なお、自動給水栓ありの推計値は、水田水収支モデル内で自動給水栓の条件を設定し、理想的な水管理条件を再現した際の値である。よって節水効果や栄養塩排出の排出削減効果はその可能最大値を示しており、実際はこれよりは効果は小さくなると考えられるが、発現率が50%としても十分にその効果は大きなものである。

表 21 自動給水栓の有無による水田水収支の変化

		自動給水栓なし		自動給水栓あり	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)
INPUT	降雨量	931	31	931	57
	灌漑水量	2045	69	710	43
	計	2976	100	1641	100
OUTPUT	蒸発散	528	18	528	32
	表面排水量	1569	53	0	0
	浸透排水量	879	30	1113	68
	計	2976	100	1641	100

表 22 自動給水栓の有無による窒素・リン収支の変化

		窒素N				リンP			
		自動給水栓なし		自動給水栓あり		自動給水栓なし		自動給水栓あり	
		(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)
INPUT	降雨中	7	4	7	4	0	0	0	0
	灌漑水中	39	20	15	9	8	12	3	5
	施肥	154	77	154	88	58	88	58	95
	計	200	100	176	100	66	100	61	100
OUTPUT	表面流出	26	13	0	0	4	6	0	0
	浸透流出	10	5	12	7	3	5	3	5
	収穫	101	51	101	57	19	29	19	31
	脱窒等	63	32	63	36	40	61	39	64
	計	200	100	176	100	66	100	61	100

(4) まとめ

上記のように、自動給水栓の利用により灌漑用水量が減少すれば、送配水にかかるコスト（特にポンプ稼動における電気代）が削減され農家の支払う水利費が安くなる。また、栄養塩の排出負荷量が減少し、下流域の水環境に対する環境負荷の軽減または水処理のためのコスト削減にも貢献できる。現状では農家は毎日水田の状況を確認に行くため、自動給水栓の必要性は低い状況であるが、農業水利情報サービスシステムが普及すれば農家が水田に行く頻度が低下し、自動給水栓の利用価値は大いに高まるものと考えられる。また、水管理への労働投入が軽減されれば、農家一人あたりの耕作可能面積が大きくなり、日本農業の効率化、生産性の向上にも繋がるものと考えられる。

3-3-6-5. 水質情報に基づく農業水利サービスの普及過程についての分析

(1) はじめに

今後生じる人口減少、TPP 等による外圧の影響下において、持続的に水田農業を維持するには、ハードウェアの整備、付加価値の高い水田農業の技術開発、技術の普及による高付加価値を伴った産地の形成、経済的なメリットに主導された農家集団の持続的な水田農業体系の創出といった施策が必要である。しかし、ハードウェアの整備や技術開発自体は高コストであり、また新規技術の普及のためには実証試験等を行う必要がある。通常は社会実装までには長期間の投資が必要となり、その間に社会状況が変われば投資が無駄になる可能性も高い。したがって、既存の設備

を最大限に活用しながら水・土地管理技術を高度化し、組織のサービス機能の向上に内包される形で新規技術の普及を検討するのが現実的であると考えられる。

現在わが国では、各圃場へ農業用水を供給する農業水利システムの多くの部分を、土地改良区が管理している。そこで、本研究開発プロジェクトでは、土地改良区による農家への農業水利サービス提供の一環として、水質向上を付加させたサービスを想定し、その普及過程についてモデル解析を試みた。

(2) 方法

対象である印旛沼土地改良区は豊富な水源を持つ一方で、都市化と畑地での過剰施肥のため用水の水源水質が悪く、コシヒカリを主力としていながらも、面積あたりの生産額は佐倉市において 223 円（平成 18 年度作況調査と生産農業所得統計から）と低い。面積あたりの生産額は全国平均で 236～252 円（平成 16～20 年）であり、東京という市場に近い立地条件を考えると、潜在的な需要を掘り起こすことで、生産額の向上が見込める地区である。

これまでの研究で、施肥量と水田湛水の水質（窒素濃度）の管理によって米の窒素含有量が低下し、食味が向上することが知られている。また、水田土壌の脱窒作用により水田からの排水は窒素濃度が低下することが知られており、実際に現地観測からもその点が明らかになっている。そこで、米の窒素含有量に影響を及ぼす幼穂形成期以降に、反復灌漑により窒素濃度の低い用水を供給することを想定した灌漑システムを新しいサービスとして導入することを検討した（図 44）。現時点の用水供給は河川からポンプで揚水して水田に供給していることから、新サービスのコストは、水源を河川から排水路に切り替えるコストのみと仮定した。また売り上げについては食味の向上が販売価格を押し上げると仮定した。

サービスの普及に関するモデル解析については、Lansing-Kremer らが開発した、バリ島の伝統的農業水利組織であるスバックを対象とした Agent Based Model を改良して新サービス導入について図 45 に示したようなシミュレーションを行った(Janssen, 2007)。開発環境には、NetLogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>) を利用した。この際、農家 (Agent) は、コスト、売り上げ、周辺の導入状況を判断しながら、新サービスの導入について判断を下すような If-Then ルールを与えてシミュレーションを行った（図 46）。この If-Then ルールを、対象区域内の農家からの聞き取り調査によって得られた情報を元にして構築した。最後に、モデルの検証には社会実験が必要なため現時点では困難であるので、モデル内において未検討である事項の整理を行い、将来的な土地改良区のサービス向上の検討のため、土地改良区への聞き取り調査を実施した。

(3) 結果および考察

シミュレーションの結果として、コスト重視シナリオでは、各農家は新サービスのコスト増を嫌い、旧サービスに戻る選好をした。一方、売り上げ重視シナリオでは、初期条件により結果が異なった。売り上げに不確実性を含む乱数確率を入れているため、各農家が新サービスへ移行する場合と、旧サービスのままになる場合の、両方の結果が現れた。

モデル解析については、コスト重視と売り上げ重視のそれぞれのシナリオで、新旧のサービスの選好結果を検討した。モデルとして 1 配水ブロック内の 6 戸程度の農家を対象に、初期条件として旧サービスと新サービスをランダムに配置した。その際に平年並みの年間水量、水配分量と水質情報を付与し、米生産量は一定、品質のみ窒素濃度によって変動するとした。各農家は、周囲の農家判断の結果を見て、新サービスか旧サービスかを選択する。

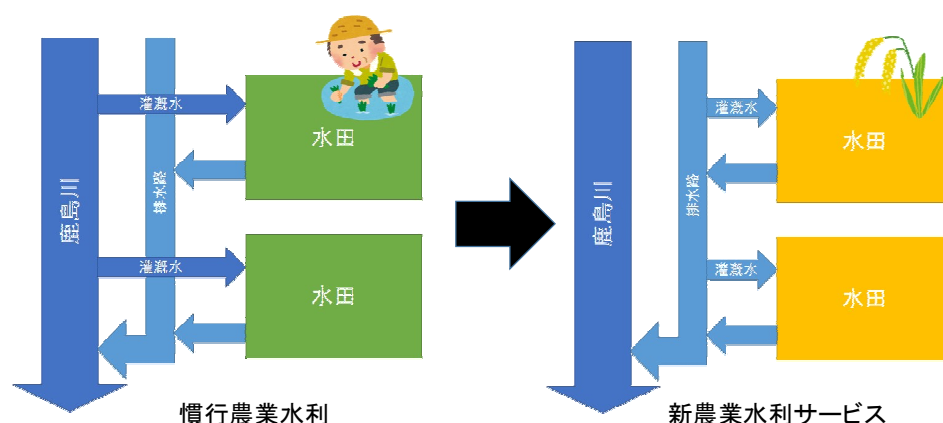


図 44 慣行水利サービスと水質水利サービス

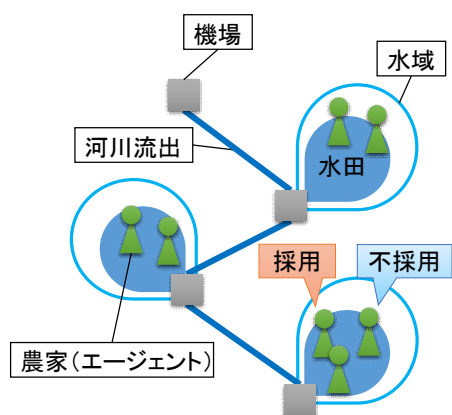


図 45 エージェントベースモデル

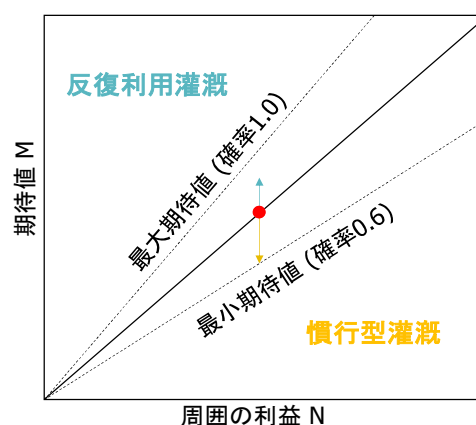


図 46 農家の意思決定ルール

本モデルでは、売り上げ重視のシナリオにおいて、不確実性またはリスクをどのように見積もるかで結果が変わることが示された。しかし、実際には売り上げではなく、農家の判断は利益に対して変化すると考えられる。また、リスクについても高齢化という点から見た場合、短期的なものから 10 年以上の長期的なものまで検討する必要がある。他農家の判断によって左右されるという仮定も、おそらくは農家集団内の技術的なリーダーの判断によって左右されるのが実情のように思われる。これらの点について、土地改良区職員に聞き取り調査したところ、上記の問題に加えて土地改良区として今後の方向性、例えば営農指導まで視野に含めた配水サービスや、公益的機能としてのサービスも同時に評価する必要があることも示唆された。

3-3-6-6. まとめ

農業水利の現場における水質情報に対する需要の掘り起こしと、そのサービスとしての利用について 2 つの検討を行った。いずれも、今後の農業水利における水管理を含めた形で実証的な研究を必要とするが、基礎的な知見を得ることができた。今後、水質情報を加えた農業水利サービスの社会実装に向け、節水型水管理技術、水質浄化型水管理技術の現地実証試験と、その普及に関する研究を行う必要がある。また、これらの研究成果は地域における水環境や付加価値の向上

のみにとどまらず、新たな農業水利サービスの事例となり、東南アジアを中心としたコメ消費市場に対し、日本の農業の生産戦略の幅を広げることにつながることを期待できる。

3-3-7. 幹線水路から支線水路へのサービス向上方策の検討とその評価

3-3-7-1. 技術革新による農業水利サービスの向上

農業水利における伝統的な課題は、限られた水資源を効率的にかつ公平に分配することである。最近はそれに加え、如何にすれば農業水利の利便性を向上させられるかと言う新しい課題が加わり、サービスとしての農業水利が研究課題に上って来ている。農業水利サービスは、幹線から支線への分水、支線から3次水路への分水、3次水路から末端圃場への配水と、重層的である。幹線水路への取水量は都市用水を含めたその地域での水資源利用可能量によって規定されるため、本研究開発プロジェクトでは、農業水利として最上流部分である幹線から支線レベルへの分水を対象とし、農業水利サービスの利便性について検討を行った。この場合の利便性の享受者は幹線レベルの水供給者と支線レベルの水需要者である。

水利サービスにおける需要者の利便性は、主に適時性と適量性という2つの要素の充足度によって計測可能であると考えられる。適時性は水利用のタイミングに関する合致度で、適量性は水の利用可能量に関する合致度である。必要な時に必要な水量が利用できれば、水利サービスの利便性は高いと考える。家庭用の水道はこれに当たる。農業水利の場合には水道に比べて利用者数は少なく、逆に、各利用者の使用水量は大きい。このため大きな需給ギャップが生じ適時性と適量性を同時に満足させることは難しくなる。水量に余裕がある場合には、水量でもって需給ギャップを埋めることができるが、水量に余裕がない場合には調整池などの中間貯留施設が必要である。

本研究開発プロジェクトで対象としている愛知用水では、二期事業において農業用水専用区間の支線水路が管路化され、支線レベルでの配水を需要主導型へ転換する試みがなされた。ただし、開水路と管路を接続するには、その接続部に調整容量が必要である（吉野ら、1986）。愛知用水では水量に余裕が無く、開水路と管路との接続部に水量を調整するためのバッファープONDを造ることも困難であったため、水路の嵩上げと上下流水位自動制御ゲート（Inagaki et al. (2011)）

（以下の本節ではUDC checkと呼ぶ）により、水路内貯留を調整容量として活用する方法が採用された。このUDC checkは、従来の上流水位一定制御ゲート（以下の本節ではUC checkと呼ぶ）と下流水位一定制御ゲート（以下の本節ではDC checkと呼ぶ）の両者の長所を生かし、短所を補完する目的で考案されたゲートである。同様な上下流水位自動制御ゲートの動作特性に関しては、Ludovicらの研究があるが、幹線水路系にUDC checkを連続配置して、それらによる水位制御による配水特性を研究した例は見られない。

本研究開発プロジェクトでは、観測・解析グループの久保らが開発してきたUIWDC modelを活用して数値シミュレーションを行い（Wongtragoon et al., 2009; Wongtragoon et al., 2012）、UDC checkの導入が農業水利サービスの利便性をどの程度向上させるかを、従来のUC checkおよびDC checkとの比較によって検討する。

ただし、ここでは数値モデル上の地形情報などの情報には、仮想的に愛知用水のものをを用いるが、チェックゲートや分水装置に関する機能・性能や用水の供給・分水ルールは、この研究で独自に設定したものをを用い、現在、愛知用水で用いられているものと同一ではない。また、今回のシミュレーションは実際の愛知用水の管理規定に基づいて行ったものではない。

3-3-7-2. 検討方法

適時性と適量性を同時に満たすことは難しい。そこで、一方を満足させた場合に片方がどの程度満足されるかを百分率で表し、それを指標として農業水利サービスの利便性を計測するという方法をとった。指標としては2種類を考えることができる。適時性を満足させた場合の分水充足

率 (Off-take fill rate, 以下 F rate と呼ぶ) と、適量性を満足させた場合の超過時間率 (Overtime rate, 以下 O rate と呼ぶ) で、これらの指標を利便性の計測に用いた。ただし、これらは利便性を定量的に表現するものではなく、指標値の 10% の変化が利便性の 10% の変化に対応するわけではない。

以下に数値モデルの概要を示す。モデル上の幹線水路系 (実際のものと完全に同一ではない) は、開水路 (総延長: 約 30km)、チェックゲート 11 基、分土工 (幹線水路の用水を支線水路へ分ける施設) 51 基、サイホン (開水路が河川、道路、鉄道などを横断する箇所ですれらの下に設けて水を通過させる管路) 11 箇所、余水吐 (安全のために水路の余剰水を自動的に排除する構造物) 3 箇所から構成される。この幹線水路を 58 個のリーチ (途中にチェックゲートや分土工などを含まない、通常水路とトンネルからなる開水路区間) に分割した。これらのリーチは、2 個の外部境界条件 (上流端と下流端) と 57 個の内部境界条件で再接続されて幹線水路系を構成する。外部境界には 1 個の条件 (流量、水位、或いは、水位-流量関係) を与え、内部境界には 2 個の条件 (連続条件とエネルギー条件) を与えた。このモデルで用いた内部境界条件の種類は 8 種類で、それらは①サイホン、②分土工、③チェックゲート、④分土工+サイホン、⑤余水吐+チェックゲート、⑥分土工+チェックゲート、⑦チェックゲート+サイホン、⑧分土工+余水吐+チェックゲート+サイホンである。「+」の意味は一つの内部境界条件によって、複数の装置や施設の機能を表すことを意味する。

利便性を判断するための数値シミュレーション期間は 3 日間とした。或るパターンの用水の供給と需要を 3 日間繰り返し、2 日目と 3 日目の現象が同一ならば、3 日目以降も周期的に繰り返されると判断した。ただし、1 日目に限っては、水路は空であるので、水路の凹部やチェックゲート上流部に水を溜める目的で、初期に追加的な用水供給を行った。図 47 は水路縦断面図 (水路底: 黒色、水路天端: ライム色) と、空の水路への通水開始後の 20 分毎の水面形である。

3-3-7-3. 利便性評価の指標

分水充足率 (F rate): 当該分土工において、計画分水時間内に実際に分水を行った実時間の計画分水時間に対する割合で定義する。例えば、午前 8 時から午後 6 時まで連続して 10 時間分水することを計画した場合、途中で水深低下などによって分水を中断し、実際には 8 時間しか分水できなかった場合には、分水充足率は 80% となる。

$$8 \text{ 時間} \div 10 \text{ 時間} \times 100\% = 80\%$$

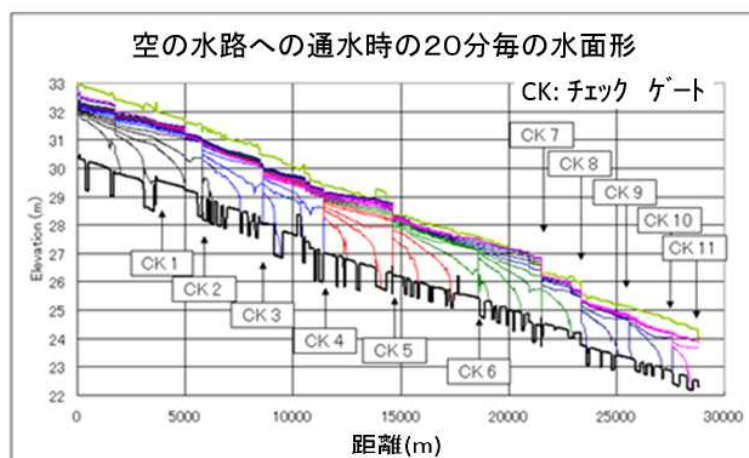


図 47 幹線水路系の縦断面図と通水開始時の水面形

超過時間率 (O rate) : 当該分土工において、計画分水時間内に計画分水量を分水できない場合に、計画分水量を分水するのに必要な超過時間の計画分水時間に対する割合で定義する。前例と同じく、午前 8 時から午後 6 時まで連続して 10 時間の分水を行いたい場合、計画分水量を分水するのに、午後 8 時までかかったとすれば、分水業務に 2 時間の超過時間を必要としたことになる。そこで超過時間率は 20% となる。

$$(12 \text{ 時間} - 10 \text{ 時間}) \div 10 \text{ 時間} \times 100\% = 20\%$$

分水充足率が 100% の時、超過時間率は必然的に 0% となり、適時性と適量性が同時に満足される。

3-3-7-4. チェックゲートの特性

現在、ほとんどの幹線水路で利用されているチェックゲートは、手動、自動、電動と様々であるが、UC check (図 48 左) である。このチェックゲートは供給主導的な配水に用いられる。一方、DC check は需要主導的な配水に適すると言われるが、地形条件や施設規模の関係から、その様なチェックゲートを採用している幹線水路系は限られる。以下では、先ず、UC check による上流水位一定制御方式と DC check による下流水位一定制御方式の特性と長短を整理し、次いで、UDC check (図 48 右) の設計コンセプトを記す。



図 48 左 : UC check (ネルピックゲート), 右 : UDC check

(1) UC check

図 49 に示す UC check は、供給主導型の配水を行う場合に使用され、ゲート地点の直上流水位を一定に保つように操作される。ゲート上流側の水位が上昇した時、ゲートの開操作が行われ、ゲート通過流量を増やすことで上流水位の低下が図られる。水位が低下した場合は逆の閉操作が行われる。UC check では、下流域での水需要の変動が上流側に伝達されることはないので、分水は上流側からの用水の到達を待って変更される。このため、UC check による配水方式は供給主導型となる。

UC check のもう一つの特徴 (長所) は、大流量がゲートを通過できる点にある。水路は、通常、上流側ではその水路底標高が高いので、静水状態のとき、ゲート地点の水深が、上流プール (2 箇所のチェックゲートに挟まれた水路区間) 内で最大となる。このため、ゲート地点で溢水が起これなければ、他の地点で溢水は起これない。結果として水路規模に比して大流量を通過させることができる。

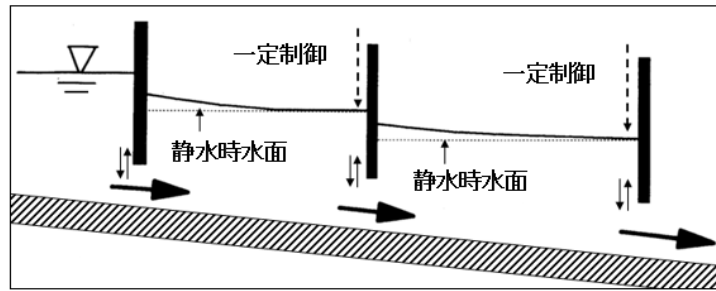


図 49 上流水位一定制御方式 (UC check)

(2)DC check

図 50 に示す DC check は、需要主導型の配水を行う場合に使用され、ゲート地点の直下流水位を一定に保つように操作される。ゲート下流域で水需要が発生するとゲート直下流水位は低下する。その場合、水位が設定水位に回復するように、ゲートの開操作が行なわれる。直下流水位が設定水位以上になれば、逆の閉操作が行われる。下流側での水需要の変動は、DC check を通じて順次上流側に伝達され、最終的には水路の最上流端に到達し、取り入れ流量が調整される。このため、このような配水方式は需要主導型となる。

DC check もう一つの特徴（短所）は、ゲート通過流量が施設規模に比べて小さいことである。静水時に水面は水平となり、ゲート地点の水深は下流プール内で最小となる。このため、静水時の溢水を防ぐにはゲートの下流設定水位を低くせざるを得なくなる。DC check では下流水位が上昇すると、下流水位を一定に保つようにゲートの閉操作が行われるので、上流側から大流量が供給されても、その流量を通過させるようにゲートが開操作される機構が備わっていない。このため、DC check が幹線水路に用いられることは稀である。

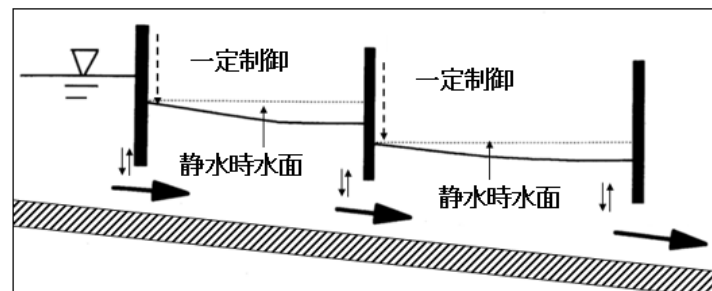


図 50 下流水位一定制御方式 (DC check)

(3)UDC check の設計コンセプト

図 51 に示す UDC check の設計コンセプトは、「上流側の 2 つの水位 H_1 と H_2 の間に貯留された水を活用して、下流水位一定制御を実現させる。ただし、貯留量を使い切ったり、水位が H_1 を上回ったりする場合には、上流水位一定制御に切り替える。」とすることができる。UDC check は、基本的には調整器としてプール貯留量を融通しあって平滑化し、用水到達までの時間稼ぎをするものである。プールからの分水を中断することなく円滑に実施するためには、チェックゲートだけに頼ることなく、需要に対応した迅速な用水供給が必要である。

UDC check の基本操作は、ゲートの上流水深 (H_u)、下流水深 (H_d) と、上流設定水位 ($H1$)、下流設定水位 ($H3$) との大小関係から以下のようになる。

- ① $H_u > H1$: 開操作 (H_u の低下を図る)
- ② $H2 < H_u < H1$ & $H_d > H3$: 閉操作 (H_u の上昇を図る)
- ③ $H2 < H_u < H1$ & $H_d < H3$: 開操作 (H_d の上昇を図る)
- ④ $H_u < H2$: 閉操作 (H_u の上昇を図る)

基本操作③では、ゲート下流水位 H_d の低下を防ぐためにゲートが開操作される。この操作は、同時に、 H_u を低下させるので危険な操作になる可能性を持つ。しかし、 H_u の低下は上流側ゲート群の連鎖的な開操作を誘発するので、一連の開操作が、各プールの貯留量に与える影響は状況により異なる。一般的には、用水路では上流側ほど流積・通水能が大きいので、仮に開操作によって同程度の動水勾配が形成された場合には、ゲート通過流量は上流側ほど大きく、プール貯留に寄与するように作用する。

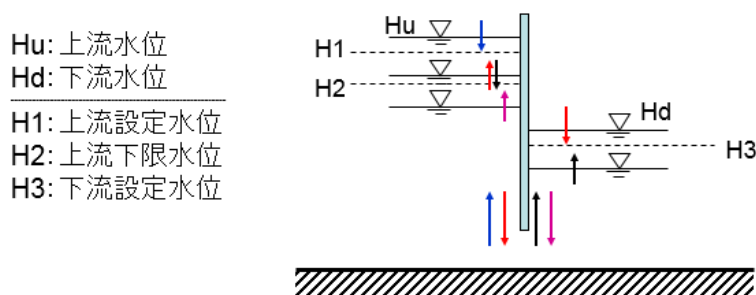


図 51 上下流水位自動制御ゲート (UDC check) の動作

3-3-7-5. 用水需要・供給パターン

幹線系での供給主導的な水管理と支線系での需要主導的な分水が行われると、需給にギャップが生じる。このギャップは農業用水では大きいので、それを縮めるために供給者と需要者との間で何らかの譲歩が必要である。例えば、水需要者に対しては、分水可能な時間帯を制限するものの、その時間帯内では需要主導的な分水を保証するというような分水ルールである。そのような分水ルールが合意されれば、供給者はそれを実行するため、用水到達時間を考慮して用水供給の開始時刻を早め、用水が到達するまでプール内の貯留量を活用するという方法をとることになる。その際、プール内の貯留量が多いほど、プール間での水の融通が円滑に行われるほど、更に、プール内での用水の伝達速度が速いほど、用水供給の操作は容易になり、即ち、供給者側の利便性が増加する。

(1) 計画分水量

本シミュレーションでは、幹線水路から分水するため 58 箇所に分水工が設置されているが、近接する分水工は併せて扱ったのでモデル上では 51 箇所である。また、分水量は幹線水路の水位変動などによって変動するが、ここでは、全てが計画分水量で分水が行われると仮定した。

(2) 用水需要のタイプ

実際の分水はそれぞれの事情に応じて個別に行われるが、ここでは、支線へのサービスの利便性を評価するために、以下の 2 つのタイプの分水が行われると仮定した。また、何れの場合にも、分水地点の幹線水路水深が 30 cm 以下となれば分水を中断すると仮定した。

① **T type** : 分水充足率 (F rate) を求めるため、分水可能時間帯を定める分水タイプ。ここでは

分水開始時刻を 8:00，終了時刻を 17:00 とした．このタイプは分水の時刻（time）を重視するので T type と表す．

②Q type：超過時間率（O rate）を求めるため，総分水時間を定める分水タイプ．この場合は分水開始時刻と総分水時間が必要で，ここでは分水開始時刻を 8:00，総分水時間を 9 時間とした．このタイプの分水では水量（quantity）を重視するので Q type と表す．

(3) 用水供給のパターン

UC check や UDC check を採用する場合には，上流端は流量境界となるので上流端流量は能動的に決めなければならない．一方，DC check を採用する場合は，上流端は水位境界となり上流端流量は下流での需要情報に基づいて受動的に決まる．

①S pattern：用水到達時間を考慮した用水供給パターンである．各分木工での分水開始時刻が既知の場合，各分木工へ用水が到達するのに要する時間と分水量を考慮して，上流端からの供給流量の時系列を決めることができる．図 52 左上は用水の到達速度を 2.0 m/s と仮定して求めた 3 日分の供給流量の時系列である．1 日目は空の水路に通水するので 8.5 m³/s を追加している．なお，4 日目以降は 3 日目と同じ供給パターンが繰り返される．この様な供給パターンは，事前に水需要者が分水予定を通知する場合や，水供給者が分水可能時間帯を指定する場合に起こり得る．この供給パターンでは，分水開始前に用水供給が始まっているので途中での分水変更は許されない．その意味から，このパターンを供給主導的な供給パターン S pattern（Supply oriented supply pattern）と呼ぶ．

②D pattern：用水到達時間を考慮しない用水供給である．各分木工での分水スケジュールが事前に全く分からず，水需要者の需要情報が同時進行で得られる場合，供給者としては現在の水需要量に等しい量を供給するのが最善の策である．途中で分水量が変更された場合には，それに応じて同時に供給量も変更される．図 52 左下は水供給者が水需要者の同時並行的な需要情報（この例では，全分木工での分水希望時間が 8:00～17:00）に基づいて供給した流量時系列である．その意味から，このパターンを需要主導的な供給パターン D pattern（Demand oriented supply pattern）と呼ぶ．

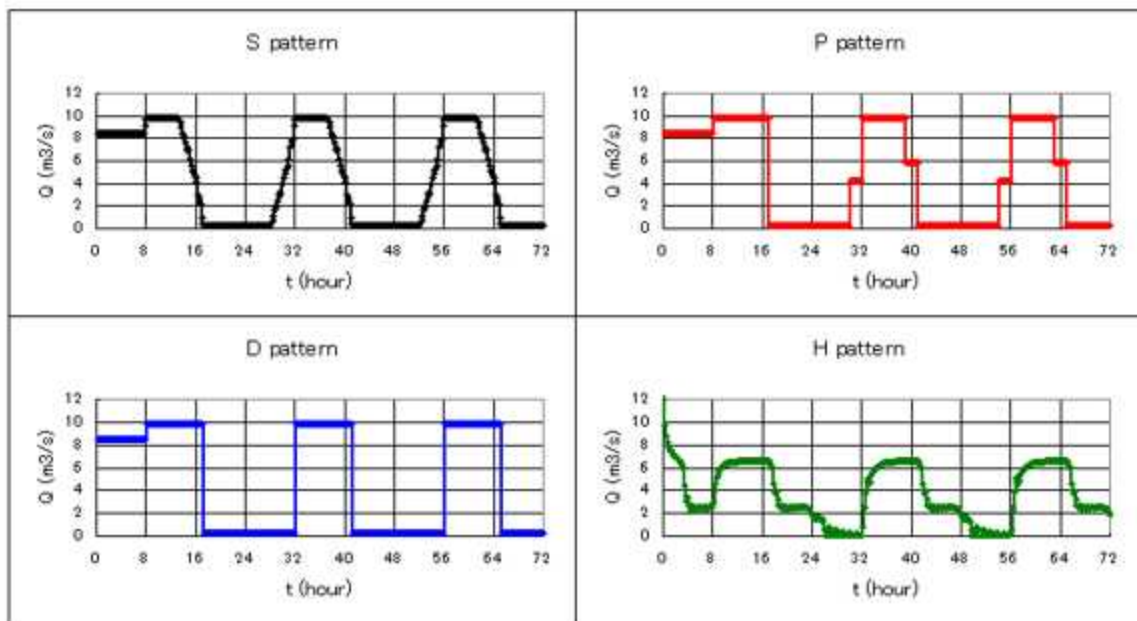


図 52 用水の供給パターン

③**P pattern**：予測判断に基づく用水供給である。S pattern の様に、用水需要に関する情報を事前に完全に把握することは難しく、逆に、D pattern の様に事前情報が全くないことはない。当日の大よその需要量の予測はつく。また、S pattern では需要開始の 4:00 より用水供給を開始しなければならず、また、供給流量を徐々に増加させ徐々に減少させるという細やかな操作が必要とされる。その様な水利操作は供給者側の利便性を損なう。そこで現実には、例えば、需要開始の 2 時間前から予測需要量の半分程度の流量を供給し、供給終了 2 時間前に事前供給量に相当する量を減らすと言う様な供給パターンが、供給者の利便性を増す供給パターンと思われる。図 52 右上は、分水開始の 2 時間前から需要量の 40% 程度の流量で供給を開始し、8:00 以降は水需要者の需要情報を考慮し、分水終了の 2 時間前から送水量を減らして需要量と供給量を一致させている。需要予測と分水希望量に基づいて用水供給を行うので、このパターンを予測的供給パターン P pattern (Predictive supply pattern) と呼ぶ。

④**H pattern**：DC check を採用する場合、上流端は水位境界としなければならない。このため、上流端流量は受動的に決まる。図 52 右下は上流端水深を 1.8 m と固定した場合の上流端の流量時系列の一例である。1 日の総供給量が他の場合より少ないことが分かる。

3-3-7-6. 結果および考察

(1) シミュレーション結果

数値シミュレーションは、チェックゲート、需要条件、供給条件を組み合わせを行い、水需要者の利便性を F rate で評価した。チェックゲートは UC check、DC check と UDC check の 3 種類、需要条件は T type と Q type の 2 種類、供給条件は UC check と UDC check の場合は、S pattern、D pattern と P pattern の 3 種類、DC check の場合は H pattern とした。

図 53 にシミュレーション結果の一例として、3 日目の AM 8:00 (黒)、AM 11:00 (青)、PM 2:00 (赤) 時点における水面形を示す。図中のライム色の線は水路の天端である。図 53 上段は UC check、図 53 中段は DC check、図 53 下段は UDC check による制御で、需要条件は全て T type で、供給条件も全て P pattern である。

図 54 に、各組合せに対する F rate (分水充足率) を O26～O51 の分水工に対して示す。なお上流側に位置する O1～O25 の分水工では、全ての組合せに対して F rate が 100% であったので、図示は省略する。また、 $F\ rate + O\ rate \approx 100\%$ という関係が見られたので、O rate の図示は省略する。これは、予定時間内で分水の中断を余儀なくされた場合、計画分水量を分水するためには中断時間とほぼ同じ超過時間が必要なためであるが、一般的には F rate と O rate の和が 100% になると言う保証はない。

(2) 各チェックゲート制御による配水特性

UC check は供給主導的な配水を目的に設置される。もし需要主導的な分水が行われた場合、プール内の貯留水で需要を賄っている時間内に用水が到達しなければ分水不能な状態に陥る。図 53 上段に PM 2:00 の時点 (赤) の水面形を示した。下向き黒矢印部分の 2 つのプールでの貯留量を比べれば、上流側のプールには既に用水が到達しているが、下流側のプールでは貯留水を使い尽くし、水位は分水不能の状態にまで低下している。図 54 上段からも分かるように、下流に位置する分水工の F rate は、供給パターンが D→P→S の順に向上していく。これは、需要情報を予め知って用水到達時間を考慮して供給すれば、或いは逆に、供給情報に従って時間遅れを伴った分水を行えば、下流分水工でも F rate をほとんど 100% にまで引き上げられることを意味する。

DC check は需要主導的な配水を目的に設置される。図 53 中段に示されるように、需要発生後短時間のうちに、順次、上流側に需要発生情報が伝達され、上流域のプールから下流域のプールへと用水補給が行われる。しかしながら、水路の通水能力がゲート地点で制限されるため、需

要量に見合う流量を供給できない。特に、図 53 中段に示した CK 2 地点では水深が低く抑えられる。このため、水路系全域において水位低下が起き、やがて、広域において分水不能な事態に陥る。図 54 中段では、O29～O51 までの多くの分土工において F rate が 50% 前後に留まっている。即ち、DC check では、上流端に十分な容量の貯水施設があれば、各分土工での計画分水量が 60～70% 程少ない場合か、逆に、計画分水量が同じなら施設規模が 50% 程度大きい場合に、完全な需要主導型の配水が可能になる。

UDC check は、UC check の大きな通水能という利点と、DC check の水路系全域での水の融通という利点を併せ持つ。図 53 下段の PM 2:00 の時点（赤）では、水深の分布は UC check の場合と比べ上下流で均等化されている。このことは下流域への用水到達の早期化が、上流域全域での貯留量の有効活用によって実現されることを意味する。図 54 下段において、供給パターンが P pattern の場合も S pattern の場合も F rate が全分土工で 100% を達成している。これは UDC check の場合は、水路系自体が持つ調整容量を活用することが可能なため、おおよその需要情報に基づいて用水供給を行えば、用水需要を満たすことが可能なこと、或いは、水需要者が、急遽、需要量を変化させた場合にも、その変動量が小規模なものであれば、対応可能であることを意味する。即ち、UDC check は供給者、需要者の双方に対して用水利用の利便性を向上させる。ただし、D pattern に見られるように、需要の事前情報がない場合には、下流水路系内で水を融通し合って用水の到達を待っても、間に合わない事態になる場合もある。

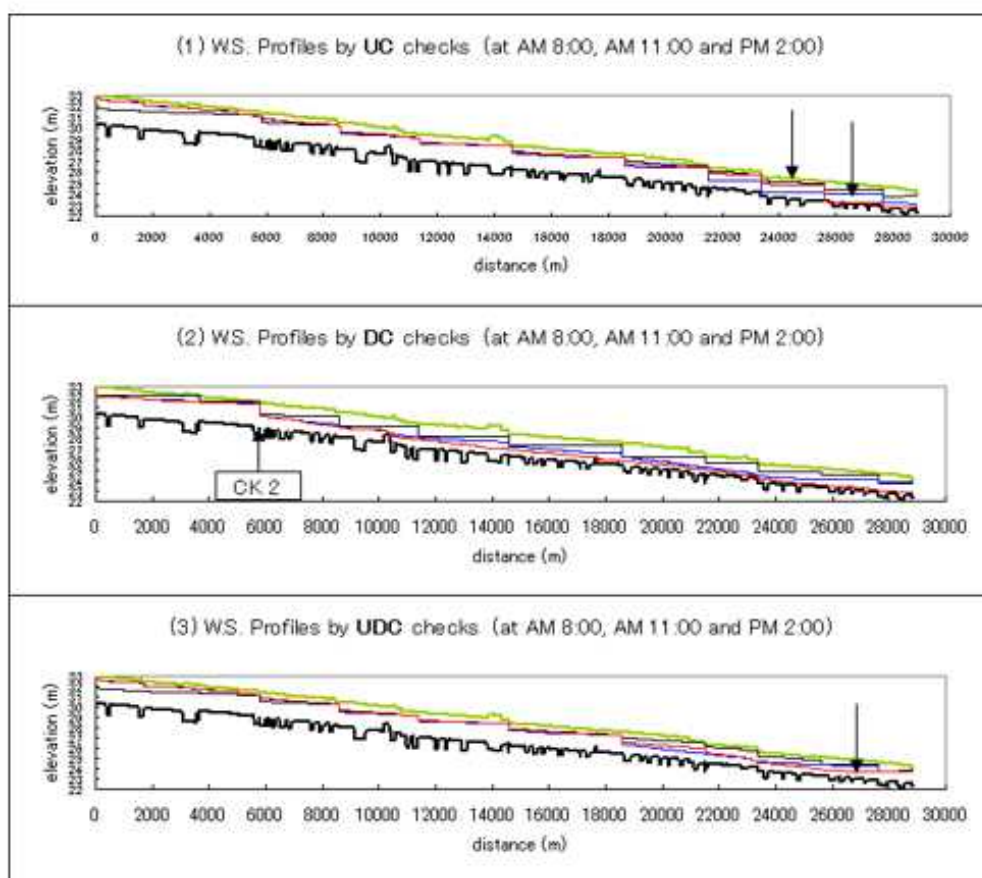


図 53 AM 8:00（黒）、AM 11:00（青）、PM 2:00（赤）時点の水面形

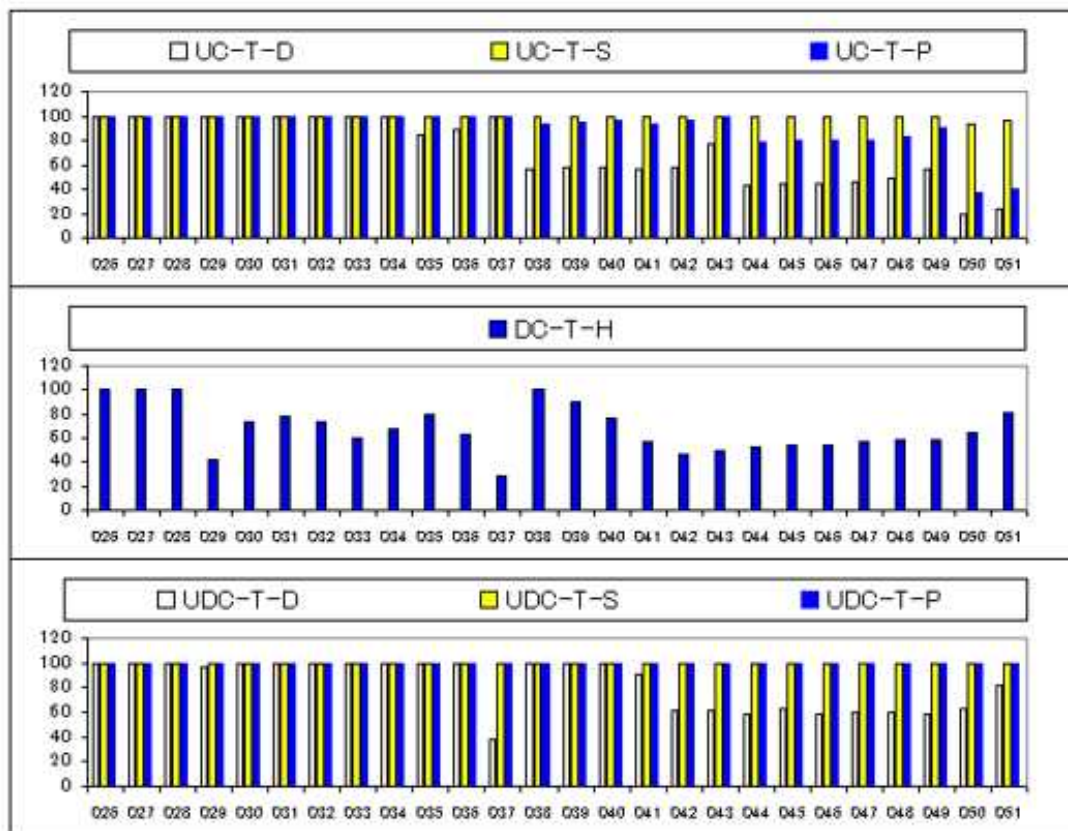


図 54 3 種類のチェックゲートの分水充足率による利便性比較

3-3-7-7. まとめ

貯留施設の増設などの物理的手段に拠らず、UDC check という技術革新による農業水利サービス向上の可能性の検討を行った。サービスの向上を評価するため、UC check および DC check による制御の場合と比較するという手法を採用した。また利便性を評価するために 2 つの評価指標 (F rate と O rate) を考案した。以上を用いて UDC check 導入に伴う利便性の向上を定量的に評価したところ、以下の結論を得ることができた。

- (1) UC check による制御では、需要者の利便性を最大限にするために、供給者側の細心の準備と送水操作が必要とされる。しかし、施設規模は最小限で済む。
- (2) DC check による制御では、供給者側は供給量を制御する手段を持たず、用水需要に応じて受動的に供給量が決まる。その意味では、供給者、需要者の利便性は最大となる。ただし、需要量を完全に満足させるためには、現在よりも遥かに (50%程度) 大きな施設規模が必要である。
- (3) UDC check による制御では、現状の施設規模でもって、供給者側の多少の準備と同時進行的な需要量情報があれば、需要者の要求を完全に満たし余水発生を抑えられる。即ち、UDC check という技術革新によって物理的施設の相当部分を代替できる。
- (4) 本研究で提案した 2 つの指標 (F rate と O rate) の間には、補完的関係が認められる。ただし、この関係がどのような条件で成立し得るかは今後の課題として残る。

3-3-8. 海外展開の可能性についての調査

3-3-8-1. 目的

これまで述べてきた本研究開発プロジェクトの手法は、同じ稲作文化圏であるモンsoonアジア発展途上地域においても適用でき、本研究開発プロジェクトの手法や成果をこれらの地域へ応用できる可能性は高い。ひいては、水田稲作へのサービス概念の導入とサービス科学の適用を、これらの地域へも展開できる可能性がある。

現在、韓国、台湾では既に農村部でも ICT 環境が整備されている。さらに、中国、ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシアなどの水田稲作地帯において、農村部での携帯電話の普及が進んでおり、本研究開発プロジェクトで開発された水管理サービスアプリケーションが、これらのモンsoonアジア発展途上地域に広く展開できる可能性を秘めている。

そこで、日本以外のモンsoonアジア発展途上地域の一例として、インドネシアを研究対象地として選定し、「水田灌漑用水管理を時代の要請に即した農業水利サービスとして捉える」考え方を展開する可能性について検討を行った。

3-3-8-2. 調査等の時期と地域

調査地域は、インドネシア共和国のジャワ島、ロンボク島、バリ島、スラウェシ島およびスマトラ島である。具体的な調査の時期、場所および概要を、表 23 に示す。

表 23 海外展開の可能性についての調査実績

	時期	調査等の場所	内容	備考
1	2012.2.27-29	ジャワ島中部ジャワ州 Sukoharjo 地区	現地予備調査	
2	2012.3.1-3	ロンボク島西ヌサテングラ州 Batukliang Utara 郡 Karangt 地区 Sidemen 水利組合連合	現地予備調査	
3	2013.2.14-16	ジャワ島中部ジャワ州 Sragen 郡 Sambung Macan 地区 Catur Manunggal Jaya 水利組合連合	アンケート調査	
4	2013.2.17-19	ロンボク島西ヌサテングラ州 Batukliang Utara 郡 Karangt 地区 Sidemen 水利組合連合	アンケート調査	
5	2013.2.20	農業省農業インフラストラクチャー施設局（ジャカルタ市）	セミナー開催と意見交換	
6	2013.4-6	ジャワ島西ジャワ州 Cianjur 郡 Warung Kandang 地区 Suka Mula 村 ジャワ島東ジャワ州 Blitar 郡 Doko 地区 Suru 村 バリ島バリ州 Tabanan 郡 Kerambitan 地区 Kelating 村	アンケート調査	インドネシア食料穀物研究開発センターに委託
7	2014.1.27-29	スラウェシ島南スラウェシ州 Gowa 郡 Talangda 地区 Sitoro Makka 水利組合連合	アンケート調査	

8	2014.1.30-31	スマトラ島西スマトラ州 Padang Panjang 市東方 12km 地点	SALIBU 農法 現地調査	
9	2014.2.1-2	スマトラ島西スマトラ州 Kota Solok 郡 Lubuk Sikarah 地区 Banda Tengah 水利組合連合	アンケート調査	
10	2014.4.13	ザ・プリンスさくらタワー東京 (東京都品川区)	インドネシア農 業省高官との意 見交換	
11	2014.8.24-26	農業省農業インフラストラクチャー 施設局 (ジャカルタ市)	調査結果報告及 び意見交換	

3-3-8-3. 方法

調査は、現地での地域バランスを考慮してインドネシア農業省農業インフラストラクチャー局から推薦された各地の水利組合連合の現地へ出向いて行った。集会場に参集した 30～50 名程度の組合員農民にインドネシア語で作成した 19 頁のクエスチョニアを配布し、回答記入を依頼した。農民の中には文字を十分に読めない者もいることから、農民数名～10 名程度のグループ毎に農業省または地方政府の職員が張り付いてサポートを行った。

アンケート票の構成を表 24 に示す。

表 24 アンケート票の構成内容

		設問数	実施地区
1	回答者、家族及び営農のプロファイル	11	3,4,6,7,9
2	集落の組織、WUA (水利組合)、相互扶助の活動と現状	13	3,4,6,7,9
3	WUA に対する評価と集落内での排除や差別の現状、争いの 仲裁並びに、灌漑への思い	17	3,4,6,7,9
4	過去の集団的行動、渇水状況と解決	6	3,4,6,7,9
5	団結、信頼、協力に関する将来の想定	5	3,4,6,7,9
6	WUA と農民が共創するより良いサービスとそのためのツ ールとしての携帯電話	10	7,9

3-3-8-4. 結果

(1) 現地踏査および聞き取り調査

①Catur Manunggal Jaya 水利組合連合 (ジャワ島)

本地区の灌漑面積は 752ha であり、水源はサウル川を堰上げている 1935 年に完成した固定堰である。同堰取水口のゲート操作は公共事業省のオペレーターが行い、2 日間ゲートを開け、2 日間は閉めるといったスケジュールに沿ってゲート操作を行うので、水不足でも決められた日以外は取水できない。この地域は概ね 4～9 月が乾季、10～翌 3 月が雨季であるが、稲作は 11～翌 2 月、3～6 月、7～10 月の三期作で、このうち 7～10 月の稲作で水不足が起こりやすい。常時は 0.5 m³/s の最大取水量であるが、水不足時には最小で 0.17 m³/s の取水量となる。2012 年は渇水年で、この最小取水量が 8～10 月の 3 ヶ月間に亘った。2007 年もこれに次ぐ渇水年であった。

幹線水路から 2 次水路への分水口から約 4km 下流に 3 次水路への分水口があり、さらに最下流まで約 4km の 3 次水路が続いている。水路の建設と修理修繕については、幹線水路と 2 次水路は公共事業省が担当し、3 次水路は農業省が担当している。水路のゲート操作と配水管理、及び泥上げ清掃については、2 次水路は WUAF（水利組合連合）が、3 次水路は 4 つの村にある 4 つの WUA（水利組合）がそれぞれ担当している。水路の泥上げ清掃は WUAF と 4 つの WUA が共同で行っている。

農民からの聞き取り調査では、以下のような意見が寄せられた。

- ・ WUAF の事務機能は良好で、予算、スタッフともに特に問題はない。
- ・ 3 次水路の土水路については、粒度が高い砂が堆積して通水阻害する箇所へのライニングが必要である。
- ・ 幹線と支線に漏水によるロスがあるので、深井戸を設置してポンプ揚水したい。概ね 150m の深さで 5～10HP のポンプが必要である。
- ・ 本地区は雨季でも水不足があったり乾燥したりする。
- ・ 農民の収入を増やすために、種子や肥料などのインプット、ハンドティレージなどの小機械、防除、脱穀機などのポストハーベスト機械が必要である。

②Sidemen 水利組合連合（ロンボク島）

本地区には農業省から 1 億ルピア（約 100 万円）が助成され、このうち 7,000 万ルピアが建設費として WUAF に直接支払われ、3,000 万ルピアが農民のトレーニングと WUAF の組織強化のため地方農業事務所に支払われている。WUAF の組合費は、農民一人一作当たり稲粃 25kg/ha で、年間では 75kg/ha（金銭換算では約 20 万ルピア/ha（稲粃は 3,000 ルピア/kg））で、上流下流を問わず全農家共通である。最近、地区の中流部に新たに取水堰堤を建設した。これは WUAF の農民がイニシアチブをとって、公共事業省の協力を得て設計を行い、取水堰掛かりの受益地となる下流の農家（3 つの WUA があり 600 名以上）は 1ha あたりセメントを 5 袋（セメント 1 袋あたりの価格は 60,000 ルピア）、取水堰よりも上流域の農家（約 500 名）は 1ha あたりセメントを 1 袋負担することとし、非稲作農家（漁業、畜産、生活用水、園芸）で配水を希望する者は一戸あたりセメントを 1 袋負担（維持管理に充てる組合費は免除）することとなっている。この WUAF では建設費については直接の受益の有無に係わらず組合員全員が何らかの負担をすることを基本方針としており、その決定は WUAF 配下の 5 つの WUA がそれぞれ持ち帰って総会を開いて決議する。もし、否決された WUA があった場合には、WUAF 全体で 1 組合員 1 票により議決する。Sidemen WUAF としては、コミュニティーチーフと協力してこの堰堤の上流に形成された貯水池の周辺を村人のレクリエーション向けに整備し、ダム湖を魚釣り、ボート遊び、キャンプなどの観光資源として活用し、使用料を徴収したいと考えている。

③Sitoro Makka 水利組合連合（スラウェシ島）

本地区の Panakkukang 村の村長への聞き取りによれば、同村には村長以下 5 名のスタッフがいる。各村には 1 年間当たり 1 億ルピアの資金が上位の行政機関から交付される。3 次水路の建設には上位の行政機関から 85～90%の補助があり、村が 5%、農民が 5～10%を負担する。一つ上の行政機関である Talangda 地区（ケチャマタン）には 20～25 人のスタッフがおり、Gowa 郡（ケブパラン）と共に 3 次水路への技術的支援を行っている。Gowa 郡は South Sulawesi 州（プロビンシ）と共に 1 次及び 2 次水路への技術的支援を行っている。4 次水路以下は農民の責任で計画設計から建設、維持管理まで 100%自前で行う。但し、4 次水路での被災時の災害復旧ではケブパランが 100%補助し、技術的支援はケブパランとケチャマタンが行う。3 次水路は全長約 4,000 m であるが、毎年交付される 1 億ルピアで 200～300 m の補修を行っている。補修の単価は 30～50 万ルピア/m である。州と準州からの資金的なサポートは不十分であり、4 次水路以下にも 3 次水路のような資金交付のスキームが欲しい。村としては農業省からの直接的なサポートは必要ない（但し、州からの一村あたり 1 億ルピアの資金のソースは農業省から州への補助である→全国

15,000 村とすると全体で 1 兆 5 千億ルピア (約 150 億円)。村の予算の約 4 割は農業関係予算であり、うち 15~20%が灌漑関係、20~25%がその他(種子、栽培、収穫等)の活動関係費である。農業以外では規制取締り関係費が約 10%、保健衛生関係費が約 25%、教育関係費が約 25%である。

④SALIBU 農法の実証ほ場 (スマトラ島)

スマトラ島パダン・パンジャン村の東方 12 km 地点の SALIBU 農法の実証ほ場での聞き取り調査で、以下のような内容が把握された。SALIBU とは、インドネシア語の SALIN (意味は複製、デュプリケート) と IBU (意味は母) との合成語で、いわゆるヒコバエ (ratoon) 農法である。栽培法に工夫を凝らすことで毎回 5.5~7.5t/ha の収量を上げることができ、かつ、稲株の移植から 100 日間程度で収穫できるため、2 年間で 7 作 (7 回の収穫) が可能となる。この間に連作障害等は発生せず、収量はむしろ漸増していくことにより、農民は通常農法と比較して 1 ha 当たり年間に 2,000 万ルピア~2,500 万ルピアの収入を増加させることが可能となる。通常農法では元茎に実った籾を収穫後の再生新茎 (ヒコバエ) からの収穫量は、元株からの収穫量よりかなり少なくなる。また品質も劣化するため、一般的には飼料用米として用いられる。なお、ケニアのナイロビ郊外で灌漑稲作を行うムエア地区での聞き取りによればヒコバエからの収穫量は元茎からのその 2~3 割程度であり、最小限の労力投入で余剰的に主食用として収穫している。これに対して SALIBU 農法では、元茎に実った籾を落水せずに通常よりも 1 週間早く収穫した後、水田土壌が湿った状態で (乾いていたなら 2~3 日間湛水させて) 除草剤を散布する。元茎から収穫してから 7~10 日後に水田土壌がやや乾いた状態で、電動草刈り機を用いて地表面から 3~5cm のところで元茎を短く切り揃え、切断した茎は土中に鋤き込み、ごく少量の水を灌水して水田土壌を湿った状態に保つ。この状態を続けて、元茎から収穫してから 20~25 日後に株を引き抜き、その株を 3 つ程度に小さく分け引き抜いた場所に植え直す。湛水深は 2~3cm を維持しつつ、この時期にアンモニア尿素肥料 75kg/ha と複合肥料 (Phonska) 50kg/ha を追肥し、さらに元茎から収穫してから 40 日後にそれぞれ同量を追肥する。SALIBU 農法では、収穫までに要する日数が従来農法よりも 20%程度短く、元茎から収穫してから 100 日後にヒコバエから収穫でき、収穫量も元茎からの収穫量より 10~20%程度増加する。その大きな理由は、元茎をヒコバエの新芽が出てくる部位よりも低い位置、即ち地表から 3~5cm のところで短く切るため、新芽は元茎から出ずに根元から出ることである。さらに、その新芽に直結して新たな根が生えるため、ヒコバエは元茎の根と新たな根の両方から水分と養分を吸い上げることができるからであると考えられる。SALIBU 農法は、従来農法と比較して、代かき・育苗・田植えが不要となるなど労働費が約 35%減少し、種籾が不要となるなど投入財費が約 20%減少して、生産費が約 30%減少する一方で、年間に 0.5~1 作余計に収穫でき年間収穫量が 4~6t/ha 増加する。さらに、切断した稲わらを土中に鋤き込む環境に優しい有機農法の側面も有している。

⑤Banda Tangah 水利組合連合 (スマトラ島)

スマトラ島の Banda Tangah 水利利用組合はソロク市に 17 ある WUA のうちの一つで、正組合員が 62 名おり、準組合員を合わせて 142 名で構成される。この地域は漁業や林業も盛んであり、ソロクライスは西スマトラでプレミアムライスとして知られている。精米販売価格は、西スマトラの一般的な有機米が 10,000 ルピア/kg であるのに対して、ソロクライスは 13,000 ルピア/kg である。なお、ジャカルタでは有機米が 22,000~25,000 ルピア/kg である。ソロク市議会の農林水産委員長に対する聞き取り調査では、消費者は健康に良いコメを求めており、一方で肥料や農薬の投入量が増えて土壌が劣化していることから、有機米の栽培を推進し、水田で同時に養殖漁業も行つて農民の収入を増やしたいと考えているが、農民はこれらのメリットをあまり理解していないということであった。

(2) セミナーおよび農業省高官との意見交換会

①ジャカルタで開催されたセミナーでのプレゼンテーションと情報収集

ジャカルタの農業省会議室（Meeting Room of DG of Agricultural Infrastructure and Facilities, MOA : Jl Harsono RM No.3, Building D, 8th Floor, Ragunan, Jakarta, Indonesia）で 2013 年 2 月 20 日に開催した本セミナーには、インドネシア農業省の他、国家計画庁、公共事業省、大学関係者、研究者等 33 名の出席者が参集した。冒頭に、本セミナーの目的は、インドネシアにおける農業用水管理の実態と課題を明らかにし、短期及び長期の計画及び政策の立案に貢献することである、との Sumarjo Gatot Irianto 農業省インフラストラクチャー施設局長からの開会挨拶があった。続いて、Donny Azdan 国家計画庁（Bappenas）水資源灌漑課長から「インドネシアの食料安全保障を支える農業水資源管理に関する国家政策」、公共事業省水資源総局灌漑低平地課長から「インドネシアの灌漑開発管理における問題と挑戦」がプレゼンテーションされた。さらに、Dr. Effendi Passandaran から「持続可能な農村開発と食料安全保障における WUA 及び WUAF を自立させるための戦略的政策枠組み」と題して灌漑の多目的利用、社会関係資本、統合水資源管理が、また、Dr. Ahcmad Muzakkir Fagi から「水管理における農民の参加－稲作の集約化及び粗放化事業における WUA の役割の強化」と題してボトムアップアプローチによる WUA の縦型の組織強化、参加から所有／イニシアチブへの進化の必要性が述べられた。本研究開発プロジェクトの山岡から「日本における灌漑と農村開発事業及び管理の制度設計」と題してプレゼンテーションを行った。最後に、Prasetyo Nuchsin 農業省インフラストラクチャー施設局灌漑水管理課長の閉会の挨拶があり、関係者への謝辞が述べられた。

②インドネシア農業省高官との意見交換会

東京都内にて 2014 年 4 月 13 日に H.E. Dr. Rusman Heriawan インドネシア農業省副大臣、Mr. Syukur Iwantoro 同省畜産動物衛生局長ほかを迎え、研究代表者の飯田及び山岡が本研究開発プロジェクトの内容と進捗状況について説明を行い、大所高所に立った立場からの意見交換を行った。副大臣からは水田灌漑用水管理を、時代の要請に即した農業水利サービスとして捉え、これまで以上に需要主導型の要素を導入したサービスに拡張することは、インドネシアにおいても可能性を検討するに値するとの意見が寄せられた。本研究開発プロジェクトについても、日本国内において具体的なシステム開発と試験運用並びにワークショップにより適用性や課題を検討していることを高く評価した。また、本研究開発プロジェクトで、インドネシアのジャワ、ロンボク、バリ、スラウェシ、スマトラの各島で、水田灌漑用水管理を時代の要請に即した農業水利サービスとして捉えるために必要な情報を得るため、水利組合等の現地の踏査と組合員農民の意識調査をアンケート調査により行ったことについて、インドネシアにとっても極めて重要な調査であるとの認識を表明した。

3-3-8-5. 考察

インドネシア各地において、我が国と同様の農民による水利組合組織が活発に活動しており、水田灌漑水管理に関して組合員農民から活動が高く評価されており、将来への期待も大きいことが明らかとなった。これと同時に、水利組合組織が自前で建設する 3 次水路等の計画・設計に対する技術的支援の必要性の緊急度が高いことが伺われた。そのためには、3 次水路を所管する農業省あるいは州や郡などの地方行政組織による直接支援はリソース不足を解消し難い恐れがあるため、我が国の都道府県土地改良区連合（県土連）組織を参考にして、専門家集団による技術的支援組織を整備することが望ましいと考えられる。

また、同国においては水田灌漑用水管理を、時代の要請に即した農業水利サービスとして捉え、これまで以上に需要主導型の要素を導入したサービスに拡張する検討が必要であるとの認識が農業省の高官から示された。一方で水田稲作に従事する農民による携帯電話の所有率が高いものの現時点ではその利用は殆どが通話のみに限られており、インターネットを介したデータ通信はほとんど利用されていない現状が明らかとなり、今後の課題として検討を要することが示された。

3-3-9. 農林水産省農村振興局整備部水資源課との意見交換

3-3-9-1. 意見交換会開催の意義

本研究開発プロジェクトの最終的な目的のひとつが、科学的な調査研究結果に基づいた政策提言である。この目的において有意義な成果を得るためには、政策立案を行っている行政府に対して本研究開発プロジェクトの目的や意義を丁寧に説明するとともに、行政府の最新の動向を把握して必要に応じてプロジェクトの推進方針を適正に修正することが肝要である。そこで、本研究開発プロジェクトでは、開始当初より農林水産省農村振興局整備部水資源課農業用水対策室に意見照会先として参画して頂いた。研究開発期間中に、本研究開発プロジェクトと水資源課との意見交換会を、2回開催した。

3-3-9-2. 第1回目の意見交換会

第1回目の意見交換会は、H26年2月28日（金）に東京大学農学部で行われた。農村振興局整備部水資源課から、課長、農業用水対策室長、調査官、水資源企画官、課長補佐3名の7名が出席し、プロジェクト側からは東京大学所属の飯田、久保、溝口、中嶋、木村、西原の6名が出席した。まず、研究代表者から本研究開発プロジェクトの目的、現時点までの成果が紹介された。続いて水資源課側から現在の農業水利関連の施策と方針が説明された。その後、農業水利システムの将来像についての意見交換が行われた。現在の日本の農業水利に関する基本的な問題認識は、プロジェクト側と水資源課側とで極めてよく一致していた。例えば、供給重視から営農重視の水管理への転換、多様化する水需要にきめ細かく対応できる施設整備の重要性、ICTの活用の重要性などの点で、認識が一致していた。意見交換会終了後に、水資源課農業用水対策室から、下記のコメントを頂いた（原文のまま）。

- ・ 農村の人口減少等を踏まえた農地集積の加速化により、大規模・少数の担い手を中心となる水利秩序に適合するため、より地域営農を重視した水管理への転換や、持続可能な水管理体制への再編等、新たな農業水利システムの構築が必要であり、当課でも新たな施策を検討しているところ。
- ・ その一つとして、ICT等の活用により施設の効率化、高機能化を図り、担い手のニーズに対応することは有用な技術と認識し期待しているところ。

3-3-9-3. 第2回目の意見交換会

第2回目の意見交換会は、H26年9月2日（火）に東京大学農学部で行われた。農村振興局整備部水資源課から、課長、農業用水対策室長、水資源企画官、課長補佐3名、水利第一係長の7名が出席し、プロジェクト側からは東京大学所属の飯田、久保、溝口、中嶋、木村、西原の6名が出席した。まず、研究代表者から本研究開発プロジェクトの進捗状況が紹介され、農業生産基盤としてのICTの導入、サービス概念の導入という2つの提案が行われた。また、①水管理用IT機器導入や農村地域でのネットワーク環境整備を補助対象とする、②ICTによる農業水利サービス向上モデル地区といった特区の設定を行う、③土地改良区の能動性向上（営利活動の限定的容認）のための法的検討（土地改良法の改正を含め）を行う、といった具体的な政策提言が行われた。続いて、インターフェイス開発グループリーダー（溝口）より、新タイプの安価な水位センサーなど、農業水利情報に関する最先端技術の現状が紹介された。続いて、水資源課側からH27年度概算要求の概要が説明された。その後、主に農業水利へのICTの導入について意見交換が行われた。意見交換会終了後には、意見交換会で用いたスライドのファイルを水資源課側へ提供した。また、FRの市販状況などについての水資源課からの問い合わせを受けた。意見交換会終了後に、水資源課から、下記のようなコメントを頂いた（原文のまま）。

- ・ 今回説明のあった「湛水情報システム」の研究開発については、具体的な農家ニーズを分析

したうえで、水管理等に掛かる労力軽減を目指したものであり、ほ場が分散する大規模経営体のコストダウンを図る有効な ICT と考える。当課が行っている農地集積の促進に向けた新規のかんがい排水事業において導入を予定している ICT について、モデルケースを具体的に作り上げようとする研究といえ、更なるコストダウン等技術開発が期待される。

- ・ また、今回の意見交換において、水管理体制の変化に伴う公共の役割について認識を深めることができ、今後の農業水利施設整備の施策を講じていくうえで有益であった。

1 回目の意見交換会後に頂いたコメントに比べ、本研究開発プロジェクトが目指す方向と水資源課が進めようとしている施策とがかなり一致して来ている状況が読み取れた。また、システムのコストダウン等、本研究開発プロジェクトが取り組んでいる内容への農水省の強い期待が読み取れた。

3-3-9-4. 意見交換会のまとめ

農林水産省農村振興局整備部水資源課との 2 回に亘る意見交換会により、本研究開発プロジェクトの趣旨や研究成果の内容を理解して頂けたと考える。また、今後のわが国の農業水利に予測される状況を鑑み、本研究開発プロジェクトでの研究成果が農業水利政策の立案に貢献するであろう手応えを得た。

3-3-10. 農林水産省への政策提言

3-3-10-1. 具体的な政策提言の内容

3-3-9. で述べたとおり、農林水産省農村振興局整備部水資源課と 2 回に亘る意見交換会を行った。研究開発期間終了直前の H26 年 9 月 2 日（火）に開催された第 2 回の意見交換会では、本研究開発プロジェクトでの成果を踏まえて、以下のような具体的な政策提言を行った。これらの内容は、農林水産省の H26 年度概算要求の中には無かった。

① 補助対象：水管理用 IT 機器導入、農村地域でのネットワーク環境整備

農家、農業法人による水管理のための IT 機器導入を補助対象とする。また、農村地域での情報ネットワークインフラの整備を補助事業として推進する。

② 特区の設定：ICT による農業水利サービス向上モデル地区

受益者への農業水利サービス向上のために圃場での水管理や農業水利システムの管理に ICT を有効活用するモデル地区を選定し、モデル地区において優先的に事業を行って、他地区への波及を促す。

③ 土地改良区の能動性向上（営利活動の限定的容認）のための法的検討（土地改良法の改正）

土地改良区の能動性を向上させるため、営利活動を限定的に容認するなど、法的緩和を行う。必要に応じて土地改良法の改正を行う。

3-3-10-2. 平成 27 年度概算要求への反映

3-3-10-1. で述べた政策提言のうち、①の水管理用 IT 機器導入や農村地域でのネットワーク環境整備への補助、②の ICT による農業水利サービス向上モデル地区の設定の 2 つについては、農林水産省による平成 27 年度概算要求の一部へ、その内容が取り入れられた。本研究開発プロジェクトからの政策提言が反映されたと思われる、具体的な概算要求事業は、以下の 2 つである。

(1)国営水利システム再編事業（農地集積促進型）

この事業は、公共事業としての農業農村整備事業の一つである「国営かんがい排水事業」に含まれる 3 つの事業の中の 1 つとして、平成 27 年度概算要求で新規事業として要求された。「国営かんがい排水事業」には他に、「国営地域防災対策一体型かんがい排水事業」と「国営施設応急対

策事業」が含まれる。平成 27 年度要求・要望額は「国営かんがい排水事業」全体での要求・要望額 123,229 百万円（平成 26 年度予算額は 116,327 百万円）の内数として示された。本事業の主な内容として、基幹的な農業水利施設の整備、これに併せて行う支線水路のパイプライン化、調整水槽の設置、水管理の ICT 化等を実施するとされた。事業採択要件は、事業完了時において、担い手への農地集積率：50%以上、受益面積：500ha 以上、末端支配面積：500ha 以上、である。

図 55 に、農林水産省ホームページに公開された「国営水利システム再編事業（農地集積促進型）」の説明図を引用する（農林水産省農村振興局，2014b）。図 55 中には、本研究開発プロジェクトで目指した、需要主導型の水供給システムへの転換を推進することが明記されている。また、本研究開発プロジェクトで開発された「水管理アプリケーション」の中で、特に農家がサービス受益者となる「農業水利情報サービスシステム」のような、圃場の情報を FR を介して農家の手元のモバイル端末へ届けるサービスシステムが図 55 中に描かれており、本研究開発プロジェクトの成果が本事業の立案過程へ反映されていることが強くうかがえる。



図 55 国営水利システム再編事業（農地集積促進型）（農林水産省農村振興局，2014b）

(2) 水利施設整備事業（農地集積促進型）

この事業は、公共事業としての農業農村整備事業の一つであり、平成 27 年度概算要求で新規事業として要求された。平成 27 年度要求・要望額は 986 百万円である。本事業の主な内容として、水路のパイプライン化、水管理の ICT 化及びゲートの自動化等の水管理の省力化整備等の支援を行うとされた。事業実施主体は都道府県等であり、補助率は 50% 等と示された。

図 56 に、農林水産省ホームページに公開された「水利施設整備事業（農地集積促進型）」の説明図を引用する（農林水産省農村振興局，2014b）。図 56 中には、本研究開発プロジェクトで実際の圃場での詳細な観測によりニーズ把握された、水管理労力の軽減や、適切かつ合理的な水配分の実現の必要性が述べられている。また、本研究開発プロジェクトで開発された「水管理アプリケーション」の中で、特に農家がサービス受益者となる「農業水利情報サービスシステム」のような、圃場の情報を FR を介して農家の手元のモバイル端末へ届けるサービスシステムが図 56 中に描かれており、本研究開発プロジェクトの成果が本事業の立案過程へ反映されていることが強くうかがえる。



図 56 水利施設整備事業（農地集積促進型）（農林水産省農村振興局，2014b）

3-3-10-3. 政策提言についての考察

3-3-10-2. で述べたように、本研究開発プロジェクトの成果に基づいた政策提言が、農林水産省による平成 27 年度概算要求の一部へ反映された。このような、研究成果の政策立案への反映を可能ならしめたポイントを、本研究開発プロジェクトの進捗プロセスの中から抽出すると、以下のような点が挙げられると考えられる。

(1) 当該する部署への的確な提案

本研究開発プロジェクトの構想段階で、行政側から研究開発プロジェクトへ参画して頂くメンバーを模索する際に、まず、農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室へ、研究開発プロジェクトの概要を示した上で打診した。その結果、施工企画調整室より、同部水資源課農業用水対策室を紹介され、農業用水対策室長に意見照会先として研究開発プロジェクトへ参画して頂いた。本研究開発プロジェクトで取り扱った対象である農業水利システムは、農業用水対策室の主要な業務の対象でもあり、農業水利システムの基礎的な部分については改めて説明する必要はなかった。サービス概念を農業水利へ新たに導入する考え方については、丁寧に説明を行う必要があったが、構想段階での説明や、研究開発期間中の意見交換会での説明により、スムーズに理解して頂くことができた。したがって、研究開発プロジェクトの対象や目的を早い段階で明確化し、行政府の中で適切な当該部署へ政策提言を行うことが肝要と思われる。

(2)研究開発の対象に対する基本的認識の共有

3-3-9. で述べたように、研究開発期間中に農林水産省農村振興局整備部水資源課と2回の意見交換会を行った。3-3-9-2. で述べた第1回目の意見交換会では、主として農業水利システムの将来像についての意見交換が行われ、現在の日本の農業水利に関する問題認識がプロジェクト側と水資源課側とで基本的な部分で極めてよく一致していることが確認されるとともに、双方の認識が細部まで共有された。このことは、その後の研究期間のプロジェクトの進め方を考える上で非常に有用であり、第2回目の意見交換会での建設的な政策提言へ向けて、適切にプロジェクトを進捗させることができた。政策提言を目指す際には、提言を行う先である部署との情報交換を適切に行い、研究開発対象に対する基本的認識の共有を十分に図っておくことが肝要と思われる。

(3)科学的データに基づいた提案

本研究開発プロジェクトでは、水田水管理における農家や土地改良区の潜在的なニーズを、現地での水田水収支の連続観測や農家の詳細な行動観察により掘り起こし、把握されたニーズを踏まえて、ICTを利用した「水管理アプリケーション」を開発した。さらに、開発された「水管理アプリケーション」を想定ユーザーに対して実装し、その価値を評価した。これらの科学的な手法による、ニーズ探索、新たなサービス提供システムの開発、新たなサービスの想定ユーザーによる価値評価、という一連の研究成果は、政策提言の科学的根拠となり、政策提言に大きな説得力を付加したものと考えられる。このことは、第2回意見交換会後の水資源課からのコメント中の“具体的な農家ニーズを分析したうえで、水管理等に掛かる労力軽減を目指したものであり、ほ場が分散する大規模経営体のコストダウンを図る有効なICTと考える。”という部分からもうかがえる。政策提言を目指す際には、提言の根拠となる科学的な研究成果を目指して研究開発を進めることが肝要と思われる。

(4)具体的な事例の提示

本研究開発プロジェクトでは、愛知用水土地改良区管内および印旛沼土地改良区管内で、合計7つの対象圃場、対象農家を選定して研究開発活動が進められた。また、両土地改良区管内で、本研究開発プロジェクトで開発した「水管理アプリケーション」を実装し、それぞれの土地改良区管内の多数の農家、土地改良区職員に、試行をして頂いた。さらに、愛知用水土地改良区管内で、農家、土地改良区職員、非農家市民を含めた参加者によるワークショップを行って、本研究開発プロジェクトでの成果の活用について議論した。これらの研究開発活動を通して、これまでサービス概念の無かった農業水利分野において新たに農業水利サービスを提供する実例を示すことにより、政策提言の実現可能性を説得力を持って示すことが可能となった。このことは、第2回意見交換会後の水資源課からのコメント中でも“モデルケースを具体的に作り上げようとする研究”と言及され、政策立案に貢献したものである。

3-4. 今後の成果の活用・展開に向けた状況

3-4-1. 農業水利情報サービスへのニーズの今後の展望

近年，わが国では農業問題に対する市民の関心が高まっている．安全・安心な食品に対するニーズが高まっており，食料安全保障への関心も高まっている．また，耕作放棄に伴う農地の荒廃が水害や土砂災害の遠因となることが指摘されており，農地の保全は，国土保全上の大きな課題となっている．さらに，地域社会の安定的持続，市民への生態系サービス提供，都市生活者の癒しの場の提供等の様々な観点から，多目的利用を含めた農地の持続的な活用が望まれている．

水田はわが国の耕地面積の約 55% を占め，主食であり基幹作物である米を生産する重要な農地である．一方で，現在のわが国の水田農業は，多くの構造的な課題に直面している．少子化，高齢化による後継者不足，生産調整や都市経済の影響に伴う耕作意欲の減退，零細な規模に起因するインフラ投資への消極性，TPP などによる外圧など，多くの困難な課題が存在する．

そのような背景のもと，わが国での水田稲作の方向性として，大規模経営化が志向されている．担い手への耕作地の集積，法人化や集落営農の促進などが，政策的にも進められている．後継者不足とも相まって，近い将来にわが国の水田稲作の大部分が大規模経営体によって担われるようになるのは確実と思われる．

しかし，大規模経営化は即ち単位面積当たりの耕作者数の大きな減少を意味する．本研究開発プロジェクトで，水田稲作農家は全区画の水田の湛水状況を毎日見回って必要に応じて水管理を行っていることが把握されたが，少人数の耕作者では，全区画にわたってきめ細かな水田水管理を行うことは不可能になる．また，耕作権の集積に比べて区画の集積は進んでおらず，経営の大規模化と平行して，圃場が非常に広範に分散した状態（分散錯圃）が広がりつつある．

したがって，必然的に，わが国の水田の水管理は遠隔監視に頼らざるを得なくなり，本研究開発プロジェクトで開発した農業水利情報サービスシステムのような，ICT を活用したシステムへのニーズは増加するものと考えられる．

3-4-2. 農業水利情報サービスシステムの普及の可能性の検討

本研究開発プロジェクトで，開発した農業水利情報サービスシステムの普及には B/C の改善が大きなポイントであることが明らかとなった．また，機会費用の小さい小規模農家では本システムの導入は経済的に有利ではなく，余剰時間を他の収益活動へ回せる農業法人や大規模農家にメリットがあることが明らかとなった（3-3-4-2.）．

今後，農業水利情報サービスシステムの普及を促進するためには，本システムの費用と便益をさらに詳細に分析し，本システムの B/C の特性を明らかにする必要がある．具体的には，実在する大規模稲作法人等を研究対象として費用と便益の定量的な評価を行い，B/C の試算例を蓄積することが必要であると考えられる．特に便益の評価が課題であるが，便益は個々の農業経営体の事情によって異なるであろう．個々の農業経営体の財務状況，圃場分散度，人員配置等の定量的なデータを分析し，検討例を増やすことが必要である．本研究開発プロジェクトの中で，既に 5 軒の大規模稲作法人を訪問し，聞き取り調査を行ったところである．また，H26 年 8 月 6 日（水）に公益社団法人日本農業法人協会を訪問し，協力を依頼した．

また，本研究開発プロジェクトでは，水田灌漑に着目したが，本システムはセンサーを交換すれば畑地灌漑や農業用水路の監視などの用途にも応用できる．3-3-4-2. では，農業用の各種水利施設の監視に応用した場合のコスト構造の解析を行った．これらの幅広い用途への本システムの応用の可能性についても検討する必要がある．

3-4-3. 水位センサーの低価格化

3-3-4-1. で述べた、本研究開発プロジェクトでの農業水利情報サービスシステムのコスト構造の分析により、本システムの総費用を抑えるためには、水位計の低価格化が最も有効であることが定量的に示された。また、3-3-2-3. で述べた通り、安価な水位センサーの開発に取り組んだ。本研究開発プロジェクトでは、水位計測に、Milone Technologies 社の eTape を用いた。この水位センサーは、水位に応じて抵抗値が変化するもので、価格も 5 千円程度と安価なのが特徴である。現在用いられている各種の水位計測センサーの中で、水田湛水深の測定に用いることのできる精度と耐久性を持つものでは、世界で最も安価である。

しかし、最近、紙にインクジェットプリンタで印刷を行うことにより回路基板を安価かつ容易に作成する方法が実用化されてきており、この方法を用いた低コストのセンサー開発が進められている（鈴木ら、2013）。また、まだ試験研究段階ではあるものの、農地での ICT 利用の大きなネックである電源の問題に対して、環境中にある TV、ラジオ放送や通信用電波から電力を再生する技術（川原ら、2010）をはじめとする、モバイルデバイスの無線省電力化技術の開発が進められている。これらの最新の技術を応用することにより、近い将来に、現在のものと比して超低価格な水位センサーが実用化されることは確実である。

このような低価格水位センサーを、実際の圃場で試験的に供用して耐久性や堅牢性を確認し、実用化へ結びつける研究が待たれている。

3-4-4. 水質情報サービスの展開

水田稲作農家の中で、収量は低くても品質の高い米を志向する農家の数は、まだ少ないものの、徐々に増えている。日本人の一人当たり米消費量は年々減少しており、また人口そのものも減少する中で、食味や品質を重視して高級路線を目指そうとする動きである。

米の食味は主として米のたんぱく質含有量に左右され、施肥量や用水の水質が影響を及ぼすことが知られている。しがたって、食味を重視する農家には、用水の水質に関心を持っている農家が多い。

3-3-6. において、水質情報サービスについての検討を行ったが、この課題については、実用化までの道のりはやや遠く、さらなる研究の継続が必要である。本報告書には盛り込めなかったが、H26 年度に印旛沼土地改良区管内で行った詳細な水質観測により、湛水の電気伝導度と窒素濃度の関係が把握できてきたところである。

また、近年、水稻の高温障害が特に北陸地方を中心に問題となっており、地球規模での気候変動との関係も取り沙汰されている。本研究開発プロジェクトでは用水の水温に関する検討は行わなかったが、高温障害対策としての農業用水の水温情報サービスに対するニーズは今後高まると思われる。農業用水の水温は、開水路で反復利用が行われている場合に上昇しやすい（木村ら、2014）。本研究開発プロジェクトでも、一例として、手取川七ヶ用水土地改良区で聞き取り調査を行ったが、今後このような地区での用水の水温に関する研究をさらに進めるべきである。

3-4-5. 政策提言

本研究開発プロジェクトでは、農林水産省農村振興局整備部水資源課と、2 回に亘り意見交換会を行った。内容ある有意義な意見交換ができ、本研究開発プロジェクトの趣旨や研究成果の内容を理解して頂けたと考える。3-3-10. で述べたように、本研究開発プロジェクトの研究成果は、農林水産省による平成 27 年度概算要求の一部へその内容が取り入れられ、行政府の政策立案に貢献した。また、今後のわが国の農業水利に予測される状況を鑑み、本研究開発プロジェクトでの研究成果が今後も農業水利政策の立案に貢献するであろう手応えが得られた。

農業農村工学会の中では、今まで以上に行政部局と試験研究機関、大学、民間企業が連携していくべきであるという機運が高まり、H26 年度に農業農村整備政策研究部会が設立された。この

部会には農林水産省農村振興局の行政官が多く参画している。研究代表者の飯田は部会の幹事を務めており、部会での活動によって行政府との連携を強めて行くことができると思われる。

今後も、農林水産省農村振興局等の部署と密接な関係を保ち、本研究開発プロジェクトでの成果を政策立案へ反映していくことが肝要である。

3-4-6. 土地改良区の活性化

現在わが国に約 5,000 あると言われている土地改良区は、農業水利や農地整備に関わる種々の活動を通じて、農村地域のコミュニティの中で一定の役割を果たしている（例えば、最上川土地改良区、2012）。しかし、土地改良区はわが国の農業の直面する様々な解決の難しい構造的な問題と向き合っており、活性度の低下している土地改良区も多い。農業用水の管理を担っている土地改良区としては、農家、非農家へ提供する農業水利サービスの質を向上させることにより、地域住民に対する存在感を強め、土地改良区自身の活性度を高めることができると思われる。

本研究開発プロジェクトでは、3-3-5-3. で述べたように、ICT の利活用による農業水利サービスの提供手法と、土地改良区の業務効率化によって土地改良区が新たに提供できる農業水利サービスについて考えるワークショップを、2 回開催した。2 回で合計約 100 名の農家、非農家、土地改良区職員が参加し、200 件を超えるアイデアが出された。

わが国では、人口減少時代に入り、少子化にも拍車をかけられて、地域の社会基盤が弱体化することが問題となっている。中山間地域では存亡の危機に晒されている地域社会も多く、国土の荒廃が懸念されている。このような地域へ若年の担い手農業者を誘い、持続的な社会を維持していく方策を模索する中で、土地改良区の役割に対する期待は大きい。今後も、土地改良区から農家、非農家へ提供する農業水利サービスのあり方や有効な提供手法を模索し、土地改良区の地域での存在感を高めることが望ましい。土地改良区が農村地域のコミュニティの中で大きな存在感を示すことで、地域社会の持続性を保つことに貢献できるものと思われる。

3-4-7. 海外展開

本研究開発プロジェクトの手法は、同じ稲作文化圏であるモンスーンアジア発展途上地域においても適用でき、本研究開発プロジェクトの手法や成果をこれらの地域に応用できる可能性は高い。現在、韓国、台湾では既に農村部でも ICT 環境が整備されている。さらに、中国、ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシアなどの水田稲作地帯において、農村部での携帯電話の普及が進んでおり、本研究開発プロジェクトで開発された水管理サービスアプリケーションが、広大なモンスーンアジア発展途上地域に広く展開できる可能性を秘めている。ひいては、水田稲作へのサービス概念の導入とサービス科学の適用を、これらの地域へも展開できる可能性がある。今後は、モンスーンアジア発展途上地域での農業水利サービスに対するニーズを的確に把握することからはじめ、それぞれの地域でのニーズに対応したサービス提供手法を開発する必要がある。

3-4-8. 農業水利学へのサービス科学の導入

水田や畑地に灌漑すべき水量の算定やその配水方法に関しては、農業水利学の分野でこれまでに体系化されてきた。しかし、これまでは、農業水利学分野にサービス科学の考え方は無く、農業水利システムが農村地域に居住する農民、市民に対するサービス提供システムであると捉えられることはなかった。

本研究開発プロジェクトは、農業水利システムが適切な農業水利サービスを提供し、サービス受益者が農業水利システムから正当な価値を享受できる状態が、究極的な望ましい状態であるという問題設定からスタートした。これが実現することにより、農民や市民による農業水利施設の参加型維持管理へのモチベーションも高まると思われる。また、農業水利サービスの定量的な評価は、適正な水価の設定を可能とし、量水制を基本とした正当な水利費の設定が可能となるであ

ろう。ひいては、農業水利施設の建設や維持・管理のための公共投資が有効に生かされると考えられる。本研究開発プロジェクトの成果が、サービス概念を取り入れた新しい農業水利学の一分野を開く呼び水となるものと期待される。

3-4-9. サービス科学の基盤への貢献

3-4-9-1. サービス概念を導入しにくいコンテキストでの方法論の提示

農業水利慣行は度重なる水利紛争と水利協定の繰り返しの歴史を経て伝統的に構築されてきたものであり、農業水利システムを管理する農村の社会システムにも強い影響を及ぼしている。また、農村では、構成員すべてが先祖代々からの知り合いであるため、単純な経済原理のみでは構成員の行動を説明できない特徴や、安定を志向して変化を嫌う体質が存在している。

本研究開発プロジェクトは、このような、サービス概念を導入しにくい保守的なコンテキストの中での、潜在的なサービスニーズの見える化、ニーズに対応した新たなサービスの提案、新たなサービスの社会実装というプロセスの、最初の事例を示した。本研究開発プロジェクトで示された、保守的な「状態」に「介入」することによって次の新たな局面へと進む方法は、既存の強固な伝統的な権利関係や慣習法が成立しているため経済原理に基づくサービス概念が導入しにくい分野や、サービス被提供者（受益者）が保守的で変化を好まない状態であるケースに応用することができ、サービス科学が応用される領域の拡大に貢献するものと考えられる。

例えば、レストランサービスに関するサービス科学の研究が進んでいるが、チェーン展開している大手レストランが主な対象であり、夫婦二人でやっている小規模な定食屋などへのサービス科学の応用は進んでいない。各種の小売業へのサービス科学の応用でも、単独の小規模小売店へのサービス科学の応用は進んでいない。このようなサービス概念を導入しにくいコンテキストは、現代では経営統合などにより少なくなっているかもしれないが、今なおわが国でも、伝統技術に立脚している分野や、今後さらに拡大する可能性のある高齢者による個人経営店などが、その例として挙げられる。また、発展途上国では、多くの分野で伝統的な商習慣が残っており、このようなところへのサービス科学の応用が待たれている。このような分野へのサービス科学の導入を考える際に有用な知見が、本研究開発プロジェクトの方法論の中に見出せるであろう。

今後、このような分野へのサービス概念の導入が進むことにより、サービス提供者、被提供者（受益者）が明確化されて、価値共創が起こり、個々の問題が解決されていくものと考えられる。本研究開発プロジェクトの成果は、サービス概念が導入しにくかった未開拓な分野での、サービス科学の社会実装に貢献するものと考えられ、「サービス科学」の研究基盤の拡大に貢献するものと考えられる。

3-4-9-2. サービス科学の農業分野への拡大

専ら農村地域を対象としたサービス科学の研究プロジェクトは、これまでにあまり例が無かった。本研究開発プロジェクトにより、都市とは異なるさまざまな特徴を持つ農村地域へサービス科学が適用され、これまでの都市型とは異なるサービス科学の展開の道が開かれた。

農業分野では、サービスニーズやサービスの価値の時間（季節）による変動が、他分野のサービスと比べて非常に大きい。また、農村地域は面的な広がりが多い一方で人的な繋がりが強く、サービスニーズやサービスの価値の場所的な変動や人間関係による変動が大きな意味を持つ。本研究開発プロジェクトの遂行の中で事例として示された、これらを踏まえた研究手法は、農村地域におけるサービス科学の研究基盤構築に貢献するものと思われる。

本研究開発プロジェクトでは農業水利サービスに焦点を当てたが、農村地域では、同じ様に気象条件や作物生育ステージなどによってサービスの価値が時間的に大きく変動し、サービスの受け手が面的に広く分布しているためサービスの価値が多様化するような事例は、枚挙に暇がない。

たとえば、土壌情報提供サービス、営農情報提供サービス、市場情報提供サービスなどである。広義には、基本的に天気予報サービスである農業気象情報サービスも同様である。これまでサービス科学は、主として人口が集中している都市で発展してきたが、本研究開発プロジェクトの成果は、これまでの都市型のサービス科学に加えて、農村地域でのサービス科学を開拓する端緒を開くものと思われる。

さらに、本研究開発プロジェクトで得られた日本の農村地域におけるサービス科学の知見は、同じ水田稲作文化を持つモンスーンアジア地域へ、容易に適用できると考えられる。日本の農村地域でのサービス科学研究が契機となって、水田稲作文化の無い欧米型とは異なる、日本発のサービス科学の一分野が生まれることにより、サービス科学の研究基盤のさらなる拡大がもたらされる可能性を持っている。

3-5. プロジェクトを終了して

3-5-1. 謝辞

本研究開発プロジェクトの運営に当たって、愛知用土地改良区、印旛沼土地改良区、三重用土地改良区、(独)水資源機構中部支社の職員の方々に、現地観測の補助、データの閲覧、聞き取り調査への協力、対象農家の紹介等でたいへんお世話になった。ここに記して厚く感謝の意を表す。また、ワークショップの実施においては、愛知県みよし市、愛知県半田市にお世話になった。記して感謝の意を表す。

7 軒の対象農家には、耕作圃場への観測機器の設置を、こころよく受け入れて頂いた。また、営農記録の保存、聞き取り調査への協力等でたいへんお世話になった。心より厚く御礼申し上げます。

3-5-2. 研究代表者としてのプロジェクト運営について

(1) プロジェクト全体の研究開発遂行

本研究開発プロジェクトは、毎月 1 回定例で開催されたグループリーダー会議（GL 会議）を中心に遂行された。GL 会議は、基本的に、東京大学水利環境工学研究室において、毎月第 1 週の決められた曜日（半年ごとに曜日に変更された）の 18:30 から開催された。グループリーダーだけでなく都合のつくプロジェクトメンバー全員の参加を呼びかけ、結果的に、グループリーダーと主として関東地区の大学、研究所に所属するメンバーで、GL 会議が行なわれた。研究開発期間が開始して 8 ヶ月目の H24 年 5 月から GL 会議が月例化され、研究開発期間中に計 26 回の GL 会議が開催された（後述の 5-1-3. に一覧を示す）。

GL 会議では、時によっては、メンバー間で口角泡を飛ばす議論が行なわれ、そのような場合には研究代表者は会議を進行させることに意を費やした。GL 会議後には毎回 2 次会を開催して続きの議論を行い、そこでの議論も有意義であった。

本研究開発プロジェクトは、当初、観測グループ、解析グループ、社会・経済グループ、インターフェイス開発グループの 4 つのグループで行われたが、最終年度には観測グループと解析グループを統合して観測・解析グループとした。各グループの研究開発活動は多くの点でオーバーラップしており、現場観測や調査は多くの場合グループの壁を超えた体制で行われた。

(2) 研究開発費の使い方

本研究開発プロジェクトは、8 つの研究機関（大学、研究所）と、土地改良区、民間企業で分担して遂行された。研究開発費は、はじめに 8 つの参画研究機関に分けて申請し、科学技術振興機構から 8 つの参画研究機関へ直接、それぞれ配分された。各参画研究機関へいったん配分され

た研究開発費を、単一年度内に参画研究機関間で融通することは行わなかった。各年度の単年度申請を行う際に、各参画研究機関のその年度の研究開発活動の意向を問い合わせ、研究代表者が各参画研究機関の意向を勘案しつつ各年度の配分額を決定した。

(3) 若手や社会での担い手の育成

本研究開発プロジェクトでは、研究開発期間の前半と後半にそれぞれ1名ずつ、計2名の特任研究員を雇用した。前半で雇用した特任研究員は研究開発期間中に特任助教へ昇格した。その後を受けて後半で別の特任研究員を雇用した。また、本研究開発プロジェクトの一部を、卒業論文、修士論文のテーマとして採択し、農業水利分野でのサービス科学を学ぶ若手の育成を行った。

本研究開発プロジェクトでは、農家や土地改良区職員への啓蒙効果が大きかった。農業水利分野でのサービス概念の発想は、農家や土地改良区職員に非常に新鮮味を持って迎えられた。特に、若手の土地改良区職員からは、全く新しい発想でありこれからの業務を考える上で役に立つ経験であったという旨の感想が、多く寄せられた。

3-5-3. プロジェクト開始時と現在の社会状況の分析と得られた成果に対する自己評価

農業へのICTの応用は、特に民間の主導で、日進月歩で進んでいる。例えば農業機械部門では、株式会社クボタはH26年からクラウドサービス「KSAS (KUBOTA Smart Agri System)」を立ち上げた。これは、トラクター、田植え機、コンバインの一部に無線LANを標準搭載し、機械の稼働データをサーバーへ集約するシステムである。他にも、IBM、富士通、日立、トヨタといった大手民間企業が農業部門への進出を進めている。

水田の水管理に関わるICTの応用はまだ進んでいないが、株式会社構造計画研究所は、住友精密工業株式会社と共同で、秋田県大潟村で水田の水位監視サービスの実証実験をH26年6月中旬より行うと発表した。この実験の詳細はまだ明らかになっていない。

本研究開発プロジェクトでは、このような情報を得つつ、どのようにプロジェクトを進めていくかをGL会議で議論した。本研究開発プロジェクトで明らかとなった通り、水田稲作でのICTの応用が現実となるためには、まだ相当のB/Cの改善が必要である。民間企業の参入のみならず、多くの地区で事業として採択されるためには国家予算レベルでの大きな財政的動きが必要であろう。したがって、本研究開発プロジェクトで掲げた、国営事業の創出を目指して科学的な実測および解析結果に基づいた建設的な政策提言を行うという研究開発方針は、高く評価できる。また、この方針のもとで進めた本研究開発プロジェクトの成果を、2回に亘って開催された農林水産省農村振興局整備部水資源課との意見交換会で提示し、平成27年度概算要求の一部へ反映させたことは、本研究開発プロジェクトの大きな成果であると考ええる。

また、本研究開発プロジェクトで開発した水管理サービスアプリケーションを、実際に農家や土地改良区職員に試行して頂くことにより、農家や土地改良区職員への農業水利でのICT活用についての啓蒙ができたことは、本研究開発プロジェクトの大きな成果であると考ええる。

3-5-4. プログラムのマネジメントについて

本研究開発プロジェクトのメンバーは、当初、サービス科学については門外漢ばかりだった。研究開発プロジェクト開始時には、参画メンバーがサービス科学の世界に馴染むのに時間がかかったことは否めない。研究開発期間中にサービス学会が発足し、さまざまなサービス科学研究を見る機会を持つことができたのは、本研究開発プロジェクトの参画メンバーにとってタイミング的に非常に効果的であった。また、プログラムが提供する合宿、フォーラム等の機会は、サービス科学の基本の理解のみならず、人的ネットワークの形成に役に立った。

研究開発期間を通して、プログラム側の、本研究開発プロジェクトの研究開発活動の内容に対する強い関心を感じることができた。プログラム側のメンバーが、プロジェクトの全体会議や現

地視察にともに参加した上で、プロジェクトの進め方についてアドバイスを出すことは、プロジェクトの推進にたいへん有用であるとともに、プログラムとプロジェクトとの間での信頼関係の醸成に役立った。

プログラム内の他の研究開発プロジェクトの中に、内容的な共通点や参考になりそうな研究手法がある興味深いプロジェクトがいくつかあった。合宿やフォーラムの2次会やサービス学会大会などで他プロジェクトのメンバーとお話をする機会は会ったものの、特に参考になりそうな他プロジェクトとは、1対1でじっくりと議論ができる場があったら良いと感じた。そのような場で、プロジェクト遂行で困っている点や工夫している点についての情報交換や、研究開発内容についての意見交換を行うと、お互いに、プロジェクト遂行に当たって大いに参考になると思う。

3-5-5. 研究開発現場のスナップ写真

図 58 に研究開発現場のスナップ写真を示す.



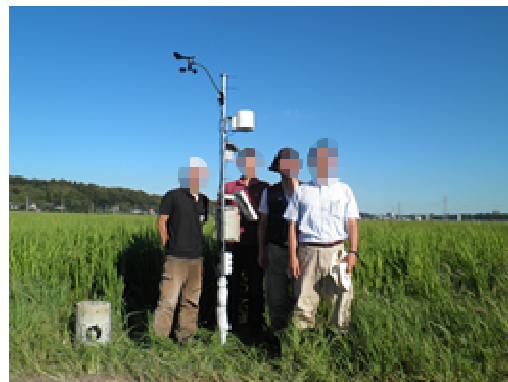
愛知用水幹線水路の上下流水位自動制御ゲート
(H24 年 1 月 11 日)



池田工区の対象圃場
(H24 年 4 月 27 日)



三重用水
(H25 年 2 月 8 日)



印旛沼鹿島地区の FR
(H25 年 9 月 2 日)



池田工区の水位計設置作業
(H26 年 5 月 24 日)



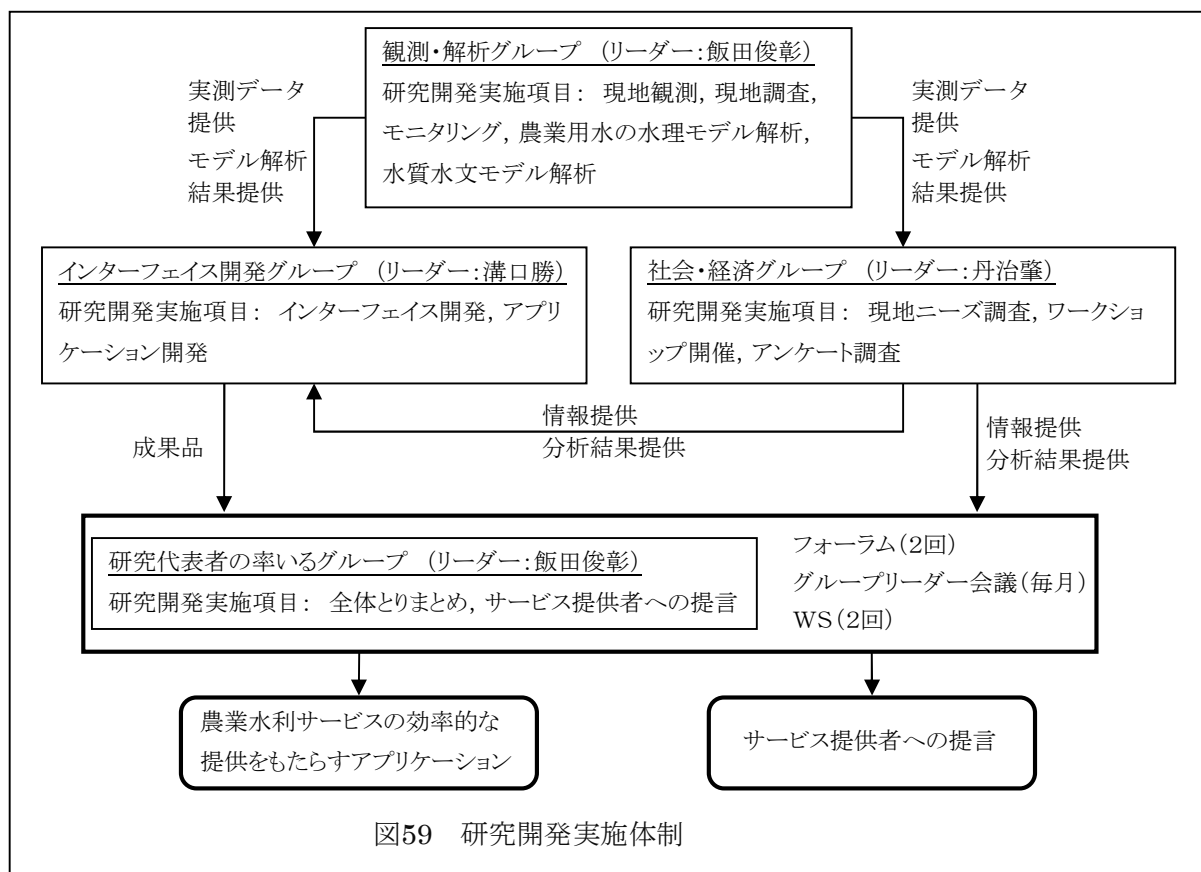
大規模稲作法人への聞き取り調査
(H26 年 6 月 29 日)

図 58 研究開発現場のスナップ写真

4. 研究開発実施体制

4-1. 体制

本研究開発プロジェクトの研究開発実施体制と各グループ間での役割分担を、図 59 に簡略化して図示する。



4-2. 研究開発実施者

①研究グループ名：研究代表者の率いるグループ

氏 名	所 属	役 職	担当する研究開発実施項目	参加時期
飯田 俊彰	東京大学大学院農 学生命科学研究科	准教授	統括／サービスの有効な提 供手法の提案, 全体会議の 企画運営	平成 23 年 10 月 ～平成 26 年 9 月
久保 成隆	東京大学大学院農 学生命科学研究科	教授	サービスの有効な提供手法 の水理学的な面からの提案	平成 23 年 10 月 ～平成 26 年 9 月
丹治 肇	北里大学獣医学部	教授	サービスの有効な提供手法 の農業水利学的な面からの 提案	平成 23 年 10 月 ～平成 26 年 9 月

溝口 勝	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	アプリケーションの開発と公開	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
藤原 裕子	東京大学大学院農学生命科学研究科	事務補佐員	事務補助	平成 24 年 2 月～平成 26 年 5 月
渡辺 ひと美	東京大学大学院農学生命科学研究科	事務補佐員	事務補助	平成 26 年 4 月～平成 26 年 9 月
吉本 峰子	東京大学大学院農学生命科学研究科	事務補佐員	事務補助	平成 26 年 6 月～平成 26 年 9 月

②研究グループ名：観測・解析グループ

氏 名	所 属	役 職	担当する研究開発実施項目	参加時期
飯田 俊彰	東京大学大学院農学生命科学研究科	准教授	現地観測と水質解析	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
久保 成隆	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	農業水利システムの水理モデル解析	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
加藤 亮	東京農工大学農学部	准教授	水質水文モデル解析	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
吉田 貢士	茨城大学農学部	准教授	現地観測と水質解析	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
木村 匡臣	東京大学大学院農学生命科学研究科	特任助教	現地観測と水質解析，水質分析，水理モデル解析，水質水文モデル解析	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
岡田 昌治	愛知用水土地改良区	管理課長	現地観測	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
高橋 修	印旛沼土地改良区	事務局長	現地観測	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
横井 孝洋	東京大学大学院農学生命科学研究科	修士課程学生（修了）	現地観測とデータ解析	平成 24 年 4 月～平成 26 年 3 月
坂井 睦規	東京大学大学院農学生命科学研究科	修士課程学生	現地観測とデータ解析	平成 25 年 4 月～平成 26 年 9 月

③研究グループ名：社会・経済グループ

氏 名	所 属	役 職	担当する研究開発実施項目	参加時期
丹治 肇	北里大学獣医学部	教授	農業水利サービスの便益構造の分析と価値評価	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
中嶋 康博	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	農業水利サービスの便益構造の分析と価値評価	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
櫻井 一宏	立正大学経済学部	専任講師	農業水利サービスの便益構造の分析と価値評価	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
山岡 和純	（独）国際農林水産	研究コーデ	農業水利サービスの海外事	平成 23 年 10 月

	業研究センター	イネーター	情調査	～平成 26 年 9 月
西原 是良	東京大学大学院農学生命科学研究科	特任研究員	社会経済的調査およびデータ解析	平成 25 年 9 月～平成 26 年 9 月
フォックス悦子	東京大学大学院農学生命科学研究科	事務補佐員	事務補助	平成 25 年 7 月～平成 26 年 8 月
藤村 育代	東京大学大学院農学生命科学研究科	事務補佐員	事務補助	平成 26 年 4 月～平成 26 年 5 月

④研究グループ名：インターフェイス開発グループ

氏 名	所 属	役 職	担当する研究開発実施項目	参加時期
溝口 勝	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	アプリケーション、インターフェイスの開発	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
本多 潔	中部大学中部高等学術研究所	教授	アプリケーション、インターフェイスの開発	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
伊藤 良栄	三重大学生物資源学部	助教	低価格水位センサーの開発	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
大村 仁	N T C コンサルタンツ株式会社	代表取締役社長	アプリケーション、インターフェイスの開発	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月
渡邊 博	N T C コンサルタンツ株式会社	専務執行役員	アプリケーション、インターフェイスの開発	平成 24 年 1 月～平成 26 年 9 月
樋口 克宏	N T C コンサルタンツ株式会社	主任技師	アプリケーション、インターフェイスの開発	平成 24 年 1 月～平成 26 年 9 月
竹下 義晃	芸者東京エンターテインメント株式会社	プログラマー	アプリケーション、インターフェイスの開発	平成 23 年 10 月～平成 26 年 9 月

4-3. 研究開発の協力者・関与者

氏 名・所 属・役 職（または組織名）	協 力 内 容
鈴木 哲也・新潟大学自然科学系農学部・准教授	現場の管水路での各種の測定
杉浦 未希子・上智大学外国語学部・嘱託准教授	現地農民への聞き取り調査
宮崎 敏行・農林水産省農村振興局整備部水資源課農業用水対策室・室長	本研究開発プロジェクトに対する意見照会先
小林 聡・東京大学大学院農学生命科学研究科・修士課程学生	現地観測およびデータ解析
市川 潤・東京農工大学大学院・修士課程学生	現地観測補助
土屋 遼太・東京農工大学大学院・修士課程学生	モデル構築補助
田畑 聡美・東京農工大学大学院・修士課程学生	現地観測補助

Sofiyuddin Hanhan Ahmad・東京農工大学大学院・修士課程学生	モデル構築補助
針谷 龍之介・東京農工大学連合農学研究科・博士課程学生	現地観測およびデータ解析
田中 健二・東京農工大学連合農学研究科・博士課程学生	現地観測およびデータ解析

5. 成果の発信やアウトリーチ活動など

5-1. 社会に向けた情報発信状況，アウトリーチ活動など

5-1-1. 意見交換会，研修会，ワークショップ

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H24.2.24 (金)	フォーラム (印旛沼土地改良区)	印旛沼土地改良区事務所(千葉県佐倉市)	22名	本研究開発プロジェクトの内容と方針を説明し、研究開発活動への協力を依頼した。また、この時点までの研究成果を公表し、意見交換を行った。
H25.2.7 (木)	フォーラム (愛知用水土地改良区)	愛知用水土地改良区本所(愛知県大府市)	約60名	本研究開発プロジェクトの内容と方針を説明し、研究開発活動への協力を依頼した。また、この時点までの研究成果を公表し、意見交換を行った。
H25.4.19 (金)	(独)水資源機構中部支社との意見交換会	(独)水資源機構中部支社(愛知県名古屋市)	(独)水資源機構中部支社側5名、プロジェクト側3名	(独)水資源機構中部支社側から、支社長、事業部利水調整課長、同課長補佐、愛知用水総管設備課長、(財)愛知・豊川用水振興協会副理事長の5名が出席した。愛知用水での幹線水路から支線水路へのサービスについての本研究開発プロジェクトでの研究成果を報告し、幹線水路に二期事業で導入された上下流水位自動制御ゲートの操作方法についての意見交換を行った。
H25.6.15 (土)	印旛沼土地改良区設立60周年祝賀会並びに国営印旛沼二期着工報告会	マロウドインターナショナルホテル成田(千葉県成田市)		本研究開発プロジェクトの概要と現時点までの成果をポスター発表した。
H25.9.10 (火)	JICAによるアブダ・ドゥ	東京大学農学部7号館A	モロッコ人研修生4	JICAによるアブダ・ドゥカラ灌漑地域における灌漑システム向上プロジ

	カラ灌漑地域における灌漑システム向上プロジェクトの本邦研修	棟 7 階演習室（東京都文京区）	名，通訳 1 名	エクトの本邦研修（コース名：平成 25 年度（国別）「節水灌漑と高付加価値農業コース」J1392053）の一環として、モロッコ人の灌漑技術者の研修を受け入れた。本研究開発プロジェクトでの研究開発活動を紹介し、ICT を活用した新しい農業水利システムの形を提示した。
H26.2.13 （木）	ワークショップ（みよし市）	みよし土地改良区事務所（愛知県みよし市）	48 名	土地改良区職員，農家，一般市民 48 名が参加した。実施目的を，①開発されたアプリケーションの公表と想定ユーザーによる評価，②業務効率化によって土地改良区が新たに提供できるサービスの可能性の発掘，の 2 つに設定し，ワークショップを行った。
H26.2.18 （火）	ワークショップ（半田市）	アイプラザ半田（愛知県半田市）	48 名	土地改良区職員，農家，一般市民 48 名が参加した。農林水産省農村振興局水資源課の課長補佐にもご出席頂いた。実施目的を，①開発されたアプリケーションの公表と想定ユーザーによる評価，②業務効率化によって土地改良区が新たに提供できるサービスの可能性の発掘，の 2 つに設定し，ワークショップを行った。
H26.2.28 （金）	農林水産省農村振興局整備部水資源課との意見交換会	東京大学農学部 7 号館 A 棟 7 階会議室（東京都文京区）	農水省側 7 名，プロジェクト側 6 名	農村振興局整備部水資源課より課長，農業用水対策室長，調査官，水資源企画官，課長補佐 3 名の計 7 名が出席した。本研究開発プロジェクトの目的，成果の紹介と，農業水利システムの将来像についての意見交換を行った。水資源課側からは現在の農業水利関連の施策と方針が説明された。現在の日本の農業水利に関する基本的な問題認識は極めてよく一致していることが確認された。
H26.6.24 （火）	アプリ使用説明会（愛知用水土地改良区）	愛知用水土地改良区半田事務所（愛知県半田市）	想定ユーザー 11 名，プロジェクト側 5 名	本研究開発プロジェクトで開発したインターフェイスを想定ユーザーに試行して頂くにあたり，これを 4 台のタブレット端末にインストールし，実際にデモンストレーションを行いながら使用説明会を行った。
H26.7.6 （日）	アプリ使用説明会（印旛沼）	印旛沼土地改良区事務	想定ユーザー 7 名，プ	本研究開発プロジェクトで開発したインターフェイスを想定ユーザーに

	土地改良区)	所(千葉県佐倉市)	ロジェクト側 4 名	試行して頂くにあたり、これを 4 台のタブレット端末にインストールし、実際にデモンストレーションを行いながら使用説明会を行った。
H26.9.2 (火)	農林水産省農村振興局整備部水資源課との意見交換会(2 回目)	東京大学農学部 7 号館 A 棟 7 階会議室(東京都文京区)	農水省側 7 名、プロジェクト側 6 名	農村振興局整備部水資源課より課長、農業用水対策室長、水資源企画官、課長補佐 3 名、水利第一係長の 7 名が出席した。本研究開発プロジェクトの進捗状況が紹介され、農業生産基盤としての ICT の導入、サービス概念の導入という 2 つの提案が行われた。また、3 項目の具体的な政策提言が述べられた。さらに、新タイプの安価な水位センサーなどの最先端技術の現状が紹介された。水資源課側からは今年度の概算要求の概要が説明された。主に農業水利への ICT の導入について意見交換が行われ、本研究開発プロジェクトでの研究成果が農業水利政策の立案に貢献するであろう手応えを得ることができた。

5-1-2. ウェブサイト構築

①

サイト名：東京大学 水利環境工学研究室 「農業水利サービス科学関連のリンク」

URL：http://www.suiri.en.a.u-tokyo.ac.jp/link_ss.html

立ち上げ年月：H26 年 6 月

②

サイト名：水管理サービスアプリ ポータルサイト

URL：<http://water-service-science.github.io/>

立ち上げ年月：H26 年 7 月

5-1-3. グループリーダー会議（GL 会議）の開催

開催場所は、基本的に、東京大学農学部 7 号館 A 棟 6 階 619 号室

回	年月日	主な議題、その他
1	H23.11.24 (木)	研究開発プロジェクトの趣旨と概要の説明、今後の進め方
2	H24.1.11 (水)	師崎荘（愛知県知多郡南知多町）にて開催 研究代表者からの、研究開発プロジェクトの趣旨と概要の説明
3	H24.5.11 (金)	PDCA の進め方、事前事後の評価法
4	H24.6.5 (火)	水質関連をどうするか

5	H24.7.3 (火)	プロジェクト全体の青写真のたたき台について
6	H24.8.7 (火)	プロジェクト全体の青写真について
7	H24.9.4 (火)	印旛沼での水質関連研究の位置付け, S2FIRE 第3回フォーラム対策
8	H24.10.4 (木)	S2FIRE 第3回フォーラム対策, フォーラム(愛知用水)の開催
9	H24.11.1 (木)	水質関連研究の進め方, フォーラム(愛知用水)の開催
10	H24.12.6 (木)	今後の進め方, 農水省との意見交換会について
11	H25.3.7 (木)	H25年度の計画および予算について
12	H25.5.2 (木)	進捗報告(3月4日)に対するコメントについて
13	H25.6.4 (火)	進捗報告(3月4日)に対するコメント, プロジェクトの出口について
14	H25.7.2 (火)	評価委員会への進捗報告会対策, 湛水深チェックサービスについて
15	H25.8.6 (火)	WS「土地改良区への共感力」企画, 水質関連サービスについて
16	H25.9.10 (火)	アンケートについて
17	H25.10.15 (火)	愛知用水での WS およびアンケートについて
18	H25.11.7 (木)	印旛沼フェアでのデモ, 愛知用水での WS およびアンケートについて
19	H25.12.17 (火)	ゲストスピーカーによる話題提供: 車谷浩一氏 (産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 都市空間サービス基盤技術研究チーム長)「都市空間サービス基盤技術研究チームでの研究活動について」 愛知用水での WS およびアンケートについて
20	H26.2.4 (火)	ゲストスピーカーによる話題提供: 木内舞氏 ((株)サイバーディフェンス研究所 上級分析官)「制御システムへのサイバー攻撃に対する対策」 農林水産省農村振興局整備部水資源課との情報交換会について, 愛知用水での WS およびアンケートについて
21	H26.3.4 (火)	農林水産省との意見交換会について, 今後の方針について
22	H26.4.8 (火)	H26年度の計画および予算について
23	H26.5.8 (木)	今灌漑期の観測体制について, 低価格水位センサーの開発
24	H26.6.5 (木)	デモ機体験について, 大規模稲作法人への意見聴取について
25	H26.7.3 (木)	とりまとめへ向けての相談会 プロジェクト外の出席者: (プログラムマネジメントチーム) 土居総括, 新井総括補佐, 山本アドバイザー, 山口アドバイザー (Skype によりリモート参加) (RISTEX) 箕口様, 中島様, 岡本様
26	H26.8.7 (木)	報告書の作成について

5-1-4. その他の主な活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H24.1.10(火) -11(水)	愛知用水 現地調査	愛知用水下 流部	愛知用水土地改良区3名, (独)水資源機構2名,	愛知用水下流部の現況の現地調査を行った。以下の施設を調査し, 担当者からの説明を受けた。

			プロジェクト側 15 名,	愛知用水土地改良区本所, (独) 水資源機構愛知用水総合管理所, 東郷調整池, 三好池, 国営南知多開パ畑かん, 美浜調整池, 半田揚水機場. 師崎荘 (愛知県知多郡南知多町) においてプロジェクトの GL 会議を行った.
H24.4.17(火)	プロジェクト年次 報告会	東京大学農 学部 7 号館 A 棟 1 階, 114/115 教室		H23 年度までの各グループの進 捗報告を行い, 研究開発の進め方 について議論した. アドバイザー からのアドバイスを得た. プロジェクト外の出席者 (プログラムマネジメントチー ム) 水流アドバイザー, 山口アド バイザー (RISTEX) 澤谷様, 中島様, 加 藤様, 下野様 (その他) 安瀬地一作, 亀井美沙, 横井孝洋, 松原佑介
H24.9.19(水)	水質グル ープ打ち 合わせ	北海道大学 生協	4 名	農業農村工学会大会期間中に, 水 質関連での今後の研究開発の進 め方について議論した.
H24.11.15 (木)	インター フェイス グループ 打ち合わ せ	東京大学農 学部 2 号館 別館 4 階溝 口研究室	4 名	インターフェイスの開発方針に ついて議論した.
H24.12.5(水)	社会経済 グループ 打ち合わ せ	東京大学農 学部 1 号館 3 階中嶋研究 室	3 名	社会・経済グループの今後の進め 方について議論した.
H25.2.8 (金)	三重用水 現地調査	三重用水	(独) 水資源機構 4 名, 三重用水土 地改良区 2 名, S3FIRE3 名, プ ロジェクト側 18 名	前日 (2.7 (木)) の愛知用水土地 改良区本所でのフォーラムに引 き続き, 量水制を一部導入してい る三重用水の現地調査を行った. 以下の施設を調査し, 担当者から の説明を受けた. 員弁大池と刻限日陰石, 中里貯水 池, 片樋のマンボ, 田光取水工, 鈴鹿第二頭首工.
H26.4.22(火)	社会経済 グループ 打ち合わ せ	立正大学品 川キャンパ ス 2 号館 5 階 504 号室 櫻	4 名	社会・経済グループの今後の進め 方について議論した.

		井研究室		
H26.6.28(土) -29(日)	大規模稲作農業法人聞き取り調査	角田健土農場(宮城県角田市), 神林カンントリー農園(新潟県村上市)	角田健土農場 3名, 神林カンントリー農園 2名, プロジェクト側 5名	大規模稲作をおこなっている農業法人に対し, 本プロジェクトの成果を示し, 意見聴取を行った.

5-2. 論文発表

(国内誌 1 件, 国際誌 0 件)

査読付き

- (1) 安瀬地一作, 田中健二, 針谷龍之介, 吉田貢士, 飯田俊彰(2013): 水田の窒素負荷軽減に向けた止水管理の評価に関する調査検討結果. 地球環境シンポジウム講演集, 21, 143-148.

査読無し

無し

5-3. 口頭発表

①招待講演 (国内会議 2 件, 国際会議 0 件)

- (1) 飯田俊彰(東京大学大学院農学生命科学研究科)ら(2013): 農業水利サービスのニーズ把握のための水田水管理の詳細調査(ポスター発表), 国営流域水質保全機能増進事業印旛沼二期地区着工報告会及び印旛沼土地改良区設立60周年記念祝賀会, マロウドインターナショナルホテル成田, 2013年6月15日.
- (2) 吉田貢士(茨城大学農学部)ら(2013)止水管理による窒素負荷排出量の削減(ポスター発表), 国営流域水質保全機能増進事業印旛沼二期地区着工報告会及び印旛沼土地改良区設立60周年記念祝賀会, マロウドインターナショナルホテル成田, 2013年6月15日.

②口頭発表 (国内会議 16 件, 国際会議 8 件) ※①以外

国内会議

- (1) 横井孝洋(東京大学), 飯田俊彰, 木村匡臣, 久保成隆(2013): 稲作農家に対する農業水利サービスのニーズに関する調査. 平成25年度農業農村工学会大会講演会要旨集(CD), 132-133(1-15), 2013年9月4日, 東京農業大学世田谷キャンパス.
- (2) 伊藤良栄(三重大学), 川北健二郎(2013): フィジカルコンピューティングデバイスを用いた農業用スマートセンサの開発. 平成25年度農業農村工学会大会講演会要旨集(CD), 266-267(2-35), 2013年9月5日, 東京農業大学世田谷キャンパス.
- (3) 丹治肇(農村工学研究所), 桐博英, 中矢哲郎(2013): 農業水利サービスの Heuristic と Kahneman のシステム1問題. 平成25年度農業農村工学会大会講演会要旨集(CD), 286-287(3-06), 2013年9月4日, 東京農業大学世田谷キャンパス.

- (4) 内村求（農村工学研究所），杉浦未希子，石井敦(2013)：三重用水における従量制水利費の節水効果の実態．平成 25 年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），288-289 (3-07)，2013 年 9 月 4 日，東京農業大学世田谷キャンパス．
- (5) 加藤亮（東京農工大学），石塚啓，飯田俊彰(2013)：需要主導型の浄化水利用サービスの開発に向けた水田ブロックの物質収支解析．平成 25 年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），304-305 (3-15)，2013 年 9 月 4 日，東京農業大学世田谷キャンパス．
- (6) 久保成隆（東京大学），松原佑介，飯田俊彰，木村匡臣(2013)：大規模灌漑システムにおける配水の適時性と適量性に関する考察．平成 25 年度農業農村工学会大会講演会要旨集(CD)，396-397 (4-14)，2013 年 9 月 4 日，東京農業大学世田谷キャンパス．
- (7) 安瀬地一作（農村工学研究所），吉田貢士，亀井美沙，黒田久雄，前田滋哉，飯田俊彰(2013)：水田の窒素排出負荷軽減に向けた止水管理の評価に関する研究 - 印旛沼土地改良区・鹿島地区における調査検討結果 - ．平成 25 年度農業農村工学会大会講演会要旨集(CD)，678-679 (8-17)，2013 年 9 月 4 日，東京農業大学世田谷キャンパス．
- (8) 久保成隆（東京大学），飯田俊彰，木村匡臣(2013)：技術革新による農業水利サービスの向上 - A 用水の上下流水位制御ゲート導入を事例として - ．平成 25 年度農業農村工学会応用水理研究部会講演会，58-67，2013 年 12 月 7 日，京都大学農学部．
- (9) 飯田俊彰（東京大学）(2014)：ICTを活用した水田水管理へのサービスシステム．平成26年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），56-57 (企-8-2)，2014年8月27日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (10) 久保成隆（東京大学），岩本巧，飯田俊彰，木村匡臣(2014)：上下流水位制御チェックゲート導入による農業水利サービス向上の試み．平成26年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），394-395 (3-39)，2014年8月28日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (11) 加藤亮（東京農工大学），中野愛，飯田俊彰(2014)：水質情報に基づく農業水利サービスの普及過程についての分析．平成 26 年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），420-421 (4-02)，2014 年 8 月 26 日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (12) 坂井睦規（東京大学），横井孝洋，飯田俊彰，木村匡臣，久保成隆(2014)：水田圃場での水収支および水管理行動の観測による水利用実態の解析．平成 26 年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），422-423 (4-03)，2014 年 8 月 26 日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (13) 伊藤良栄（三重大学）(2014)：センサネットワーク型水田水位計の開発．平成26年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），532-533 (5-23)，2014年8月28日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (14) 川名桂（東京大学），溝口勝(2014)：ICT を利用した圃場モニタリング技術導入のインセンティブに関する研究．平成26年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），542-543 (5-28)，2014年8月28日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (15) 松原由佳（東京大学），林直樹，溝口勝，油井章宏(2014)：農業情報サービス利用者の求める機能 - 十勝における「Field Touch」モニター農家を事例として - ．平成26年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），544-545 (5-29)，2014年8月28日，朱鷺メッセ（新潟市）．
- (16) 田畑聡美（東京農工大学），井辻あゆみ，加藤亮(2014)：水田地帯を含む流域水質管理に向けた汚濁負荷の収支解析．平成26年度農業農村工学会大会講演会要旨集（CD），562-563 (6-04)，2014年8月26日，朱鷺メッセ（新潟市）．

国際会議

- (1) Tasuku Kato (Tokyo University of Agriculture and Technology), Toshiaki Iida (2013): Development of a demand oriented water quality supply service in paddy fields irrigation.

- The 6th Conference of the Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW2013), August 19, 2013, Korea University, Seoul, Korea.
- (2) Koshi Yoshida (Ibaraki University), Kenji Tanaka, Ryunosuke Hariya, Issaku Azechi, Toshiaki Iida, Shigeya Maeda, Hisao Kuroda (2013): Improvement of agricultural water delivery system for water and energy saving and environmental conservation. The 1st International Conference on Seviceology (ICServ2013), October 17, 2013, AIST Tokyo Waterfront, Japan.
 - (3) Hajime Tanji (National Institute for Rural Engineering), Hirohide Kiri, Testuo Nakaya (2013): Functions and cost of irrigation service at the Aichi irrigation scheme. The 1st International Conference on Seviceology (ICServ2013), October 18, 2013, AIST Tokyo Waterfront, Japan.
 - (4) Toshiaki Iida (The University of Tokyo), Masaomi Kimura, Koshi Yoshida, Naritaka Kubo, Takahiro Yokoi (2013): Investigation of irrigation activities by farmers on paddy field plots seeking irrigation service needs. The 1st International Conference on Seviceology (ICServ2013), October 18, 2013, AIST Tokyo Waterfront, Japan.
 - (5) Hajime Tanji (National Institute for Rural Engineering), Katsuhiko Sakurai, Ataru Nakamura, Hirohide Kiri, Tetsuo Nakaya (2013): Expansion of leased paddy land and crisis of sustainability of water user associations in Japan. The 12th Conference of International Society of Paddy and Water Environment Engineering (PAWEES 2013), 27 (B-07), October 30, 2013, Ramada Plaza Hotel, Cheongju, South Korea.
 - (6) Tasuku Kato (Tokyo University of Agriculture and Technology), Toshiaki Iida (2013): Feasibility analysis of nitrogen balance in paddy fields toward new irrigation service for rice quality. The 12th Conference of International Society of Paddy and Water Environment Engineering (PAWEES 2013), 45 (D-05), October 30, 2013, Ramada Plaza Hotel, Cheongju, South Korea.
 - (7) Toshiaki Iida (The University of Tokyo), Masaomi Kimura, Koshi Yoshida, Naritaka Kubo, Takahiro Yokoi (2013): Analysis of irrigation service needs by rice farming families in Japan. The 12th Conference of International Society of Paddy and Water Environment Engineering (PAWEES 2013), 66 (F-08), October 30, 2013, Ramada Plaza Hotel, Cheongju, South Korea.
 - (8) Toshiaki Iida (The University of Tokyo) (2013): Irrigation system in Japan and recent technology. 9th U.S.-Japan Critical Infrastructure Protection Forum, December 4, 2013, Ronald Reagan Building & International Trade Center, Washington, D.C., USA.

③ポスター発表 (国内会議 4 件, 国際会議 2 件)

国内会議

- (1) 丹治肇 (農村工学研究所), 桐博英, 中矢哲郎(2013): 水需要の長期記憶性を考慮した愛知用水における農業水利サービスロジックの比較検討. サービス学会第1回国内大会, 40 (AP-15), 2013年4月11日, 同志社大学寒梅館.
- (2) 飯田俊彰 (東京大学), 横井孝洋, 木村匡臣, 吉田貢士, 久保成隆(2013): 農業水利サービスのニーズ把握のための水田水管理の詳細調査. サービス学会第1回国内大会, 46 (AP-28), 2013年4月11日, 同志社大学寒梅館.
- (3) 勝山達郎 (水資源機構中部支社), 久保成隆, 飯田俊彰(2013): サービス学における水利用共

同体と 21 世紀にふさわしい『新たな絆』の創造. サービス学会第 1 回国内大会, 51 (IP-10), 2013 年 4 月 11 日, 同志社大学寒梅館.

- (4) 飯田俊彰 (東京大学), 横井孝洋, 木村匡臣, 久保成隆(2014): 水田農業地帯での湛水情報サービスシステムの普及可能性. サービス学会第 2 回国内大会講演論文集, 339-342 (P2-12), 2014 年 4 月 29 日, 公立はこだて未来大学.

国際会議

- (1) Toshiaki Iida (The University of Tokyo), Masaomi Kimura, Koshi Yoshida, Naritaka Kubo, Takahiro Yokoi (2013): Investigation of farmer's activities in paddy fields for better irrigation services. ICID First World Irrigation Forum, 38 (Paper No.:R1.19), September 29 – October 2, 2013, Mardin, Turkey.
- (2) Naritaka Kubo (The University of Tokyo), Toshiaki Iida, Masaomi Kimura (2013): Improvement of irrigation services adopting technological innovation -Case study of "A" irrigation project adopting U/D control check gates-. ICID First World Irrigation Forum, 69 (Paper No.:R1.48), September 29 – October 2, 2013, Mardin, Turkey.

5-4. 新聞報道・投稿, 受賞等

①新聞報道・投稿

無し

②受賞

無し

③その他

無し

5-5. 特許出願

①国内出願 (0 件)

②海外出願 (0 件)

引用文献

- (1) 印旛沼流域水循環健全化会議(2014): いんばぬま情報広場. <http://inba-numa.com/>, (2014 年 9 月 1 日参照).
- (2) 亀山隼人, 脇坂賢二, 丹羽賢 (2010): 広域のかつ頂戴水利システムの配水業務における関係機関の調整について. 独立行政法人水資源機構愛知用水総合管理所 寄稿論文.
- (3) 川原圭博, 塚田恵佑, 浅見徹(2010): 放送通信用電波からのエネルギーハーベストに関する定量調査(マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシステム) -- (社会に浸透するコンピュータ

- /ネットワークシステム). 情報処理学会論文誌論文誌ジャーナル 51(3), 824-834.
- (4) 環境省(2011): 平成 23 年版環境統計集, p.234.
 - (5) 坂井睦規, 横井孝洋, 飯田俊彰, 木村匡臣, 久保成隆(2014): 水田圃場での水収支および水管理行動の観測による水利用実態の解析. 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会要旨集 (CD), 422-423 (4-03), 2014 年 8 月 26 日, 朱鷺メッセ (新潟市).
 - (6) 鈴木有, 川原圭博, 浅見徹(2013): 銀ナノ粒子インクを用いたインクジェット印刷によるくし型キャパシタの形状の検討. 電子情報通信学会総合大会講演論文集 B-19-55.
 - (7) 丹治肇, 小林慎太郎, 桐博英(2010): 将来のエネルギー供給変化に対応した水田灌漑システムの展望. 水文・水資源学会誌 23(1), 43-56.
 - (8) 農林水産省農村振興局(2014a): 農業水利ストックの状況.
http://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/nn/n_suiri/pdf/sutokku.pdf, (2014 年 9 月 1 日参照).
 - (9) 農林水産省農村振興局(2014b): 平成 27 年度農村振興関係予算概算要求の概要.
http://www.maff.go.jp/j/nousin/soumu/yosan/pdf/h27_noushin.pdf, (2014 年 9 月 1 日参照).
 - (10) 農林水産省農業経営統計調査(2014): 農産物生産費統計.
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/index.html, (2014 年 9 月 1 日確認)
 - (11) 最上川土地改良区(2012): 庄内平野水土の歴史—最上川土地改良区 400 年の歴史と今後の課題—. 東北出版企画.
 - (12) 横井孝洋, 飯田俊彰, 木村匡臣, 久保成隆(2013): 稲作農家に対する農業水利サービスのニーズに関する調査. 平成 25 年度農業農村工学会大会講演会要旨集 (CD), 132-133 (1-15), 2013 年 9 月 4 日, 東京農業大学世田谷キャンパス.
 - (13) 吉野秀雄, 小山潤, 岩崎和己, 中達男, 井上京 (1986): 開水路流れと管路流れの移行現象のシミュレーション手法の開発について. 農業土木学会論文集 126, 99-103.
 - (14) Inagaki H., Izume H., Masuda K. (2011): Performance evaluation of check gate in canal using a numerical Model - Part II: Float-type constant upstream and downstream water stage control gate-. Journal of Rainwater Catchments Systems 17(1), 33-42.
 - (15) Janssen, M.A. (2007): Coordination in irrigation systems: An analysis of the Lansing-Kremer model of Bali. Agricultural Systems 93, 170-190.
 - (16) Ludovic C., Jean P.B., Gilles B., Xavier L., Pierre-Olivier M.: Hydraulic modeling of a mixed water level control hydro-mechanical gate. ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering (to be published soon).
 - (17) Wongtragoon U., Kubo N., Tanji H. (2009): Performance diagnosis of Mae Lao Irrigation Scheme in Thailand. (I) Development of unsteady irrigation water distribution and consumption model. Paddy Water Environ. 8(1), 1-13.
 - (18) Wongtragoon U., Kubo N., Tanji H. (2012) Performance diagnosis of Mae Lao Irrigation Scheme in Thailand. (II) Application of the UIWDC model for water distribution system analysis. Paddy Water Environ. 10(4), 322-332.