

地域共有資源のとしてのため池灌漑

—インド、タミル・ナドゥ州の事例—

櫻井武司

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1. はじめに | (4) 戦略的行動と不均質集団 |
| 2. インドの米生産 | 5. 個人所有井戸への投資 |
| 3. タミル・ナドゥ州と調査村落の概要 | (1) 最適な井戸への投資時期 |
| (1) タミル・ナドゥ州の概要 | (2) ため池か井戸かの選択 |
| (2) 現地調査の方法 | 6. 実証分析 |
| (3) 調査村落におけるため池の概要 | (1) ため池修復活動の成立 |
| 4. ため池の修復活動と井戸への投資 | (2) 井戸への投資 |
| (1) 基本モデル | (3) 灌漑タイプと米作利潤 |
| (2) 最適なため池修復の開始時期 | 7. 結論 |
| (3) 外生変数の影響 | |

1. はじめに

地域共有資源をいかに管理し持続的に利用していくかは、発展途上国の農村開発における重要な課題である⁽¹⁾。本研究は、ため池灌漑という伝統的な地域共有資源を取り上げ、資源管理制度の進化、つまり制度がいかに成立し消滅していくかについて、理論的な考察と現地調査に基づく実証的な分析を行う。

ため池に貯えられた表流水は、地域の共有資源である⁽²⁾。この共有資源は水路という共同施設を通じて各水田に分配され、私的な農業生産に利用される。したがって、この共有資源の管理には、資源を私的に利用する者どうしの共同作業が要求されるのである。一方、井戸は私的に設置した動力ポンプにより地下水を汲み上げ、地下水という共有資源を私有化する装置である。井戸においては資源管理に関して共同性は必要とされない⁽³⁾。表流水と地下水は別々の資源であるが、ため池の貯水量は地下水位に影響するので、両者には物理的な関係がある。それに加えて、井戸が普及すれば、ため池を共同で維持管理する動機が低下するという関係があり、個々の農家の家計内資源配分において両者

は競合しているのである。このように、地域の灌漑システムをめぐる「ため池か井戸か」という問題は、地域共有資源にはどのような財産権・利用権制度を付与することが望ましいかという、普遍性のある課題に一般化できる。

地域共有資源の管理に関して、分割して個別化した方が効率的か、あるいは共同のまま管理した方が効率的か、長く議論されてきた。Sakurai *et al.*〔20〕はネパールの私有植林地と共有植林地の比較から、樹木を家畜の放牧から保護するには共同体による集団的管理下にある共有林の方がコストが低く効率的であるが、植林した木をよく手入れして価値の高い木材に育てるのには、経済的インセンティブの強く働く私有林の方がすぐれていることを実証的に明らかにした。日本の入会地では、商業的な森林利用が盛んになるにつれ、従来の共同利用から個別利用に利用形態が変化し、ついには所有権の個別化に至る傾向があった（川島・潮見・渡辺〔9〕、Sakurai〔19〕）。Kijima *et al.*〔10〕は、日本の入会地における第二次世界大戦後の植林進展過程を分析し、各戸に分割した入会地の方が、分割せずに共同で管理する入会地と比べて有意に植林が進展したことを明らかにした。このように、私有と共有のどちらが効率的かは、共有資源の物理的性質や利用の目的によるので、一般的には結論できない。

水資源についても、森林と同様なことがいえるのではないだろうか。ため池の灌漑能力が高い時は、ため池に貯えた水を盗水などの不正利用から護るのに、共同体の成員による相互監視が有効であろう。しかし、ため池の能力が低下し、ため池を修復する必要があると、強制的な動員をしない限り共同作業によるため池修復は難しい。ため池に労力を投入するより、個人所有の井戸に投資した方が有利だからである⁽⁴⁾。個人所有の井戸はコストがかかるが、その分だけ所有者は井戸を大事に管理し、コストに見合う収入を得るよう努力するに違いない。このような類推が正しいかどうかを、本稿は追求する。

本稿で問題とするのは、公共のため池と個人所有の井戸という二つの資源管理制度の進化である。制度の進化を誘導するものは両制度の経済効率性であると考えられることから、本稿では経済効率性の指標として単位面積当たりの米作利潤を取り上げ、両制度の優劣を比較する。そして、その結果に基づき資源

管理制度がいかに進化していくかを予測するとともに、どのような政策的介入が必要であるかを考察する。

本稿の構成は次の通りである。インドのため池灌漑は主として米生産に利用されているので、まず2で、背景となるインドの米生産を概観し、インドの米生産におけるため池灌漑の位置づけを明らかにする。次に3では、現地調査を実施したインド南部のタミル・ナドゥ州の概要、現地調査の方法、調査したため池に関する調査結果をまとめた。続く4と5では、農家の投資行動をモデル化し、ため池の修復と井戸への投資の選択の条件を考察、実証すべき仮説を提示した。最後の6で仮説を検証し、結論は7にまとめた。

注(1) 本稿では、共有資源という言葉を使うが、共同で「所有」しているという意味は含まず、「競合性があるが他人の使用を排除することは困難な資源」を指す。このような資源に対して、Ostrom *et al.* [16] は common-pool resources という用語を使うことにより財産をイメージさせる common property という語法を避けているが、必ずしも一般化はしていない。同じ性質を持つ資源を、速水 [8] は common property resources とよび「共有資産的資源」と訳している。「的」を入れることにより、所有の意味を避けたものと思われる。しかし、速水 [8] もそれ以降は略して共有資源という言葉を用いている。結局、共有資源という言葉が、誤解を与える可能性があるにしても、便利なのである。本稿は速水 [8] の簡略化に従い、共有資源という言葉を使うことにした。ため池に関しては、ため池灌漑の受益地域に土地を持つ者であれば誰でもため池の水を利用できる。つまり、他人の使用を排除することはできない。地下水についても、井戸を持つものは汲み上げた水を自由に利用できるが、他人が周囲に井戸を掘り同じ地下水を使うことを妨げることはできない。しかし、ため池の水も地下水も、他人が利用すれば自分の利用可能な水の量が減少するという意味で競合性を持つ。このような性質は、上で定義した共有資源にあてはまる。以上のように、共有資源は資源の物理的な性質により定義されるものであり、その資源の所有権や利用権制度を指し示す言葉ではない。共有資源に対する所有権制度については、オープン・アクセス、公有・国有、共同所有、個人所有のいずれもが成立しうる。ただしオープン・アクセスでは資源が荒廃する可能性がある。また、他人の利用を排除することが困難であるという共有資源の物理的性質のため、個人所有権制度の成立は難しい場合が多い。井戸は、そのような物理的性質を持つ共有資源を個人所有するために開発された新技術であるといえることができる。

(2) ため池灌漑を共有資源の管理という視点から事例研究した例には、Sengupta

[23], Singh [26], Easter and Palanisami [2] がある。

(3) インドの地下水の問題は多田 [28] がまとめている。

(4) ため池の修復については、「ただ乗り」をする誘因があるので、作業に参加した農家は便益に対して労働力を過大に投入した結果となる可能性がある。その危険が予測されるため、だれもため池の修復に参加しようとせず、結果として労働力の過小投入という事態が起こるのである。それに対して、個人所有の井戸に投資する場合は、限界費用と限界便益を等しくすることで、利潤を最大化することができる。したがって、個人所有井戸の方が経済効率性が高いと考えられる。しかし、井戸の場合も、同一地域内に井戸の数が増えてくると地下水に関して競合が起こり、地下水の過剰汲み上げが問題となる。Ostrom *et al.* [16] は、ため池の修復のような共同作業の問題を provision game と呼び、地下水資源や森林資源、水産資源などの過剰採取の問題を appropriation game と名付けて区別している。しかし、共有資源の管理に関して両者の基本的な構造は一致しており、本稿の課題であるため池と井戸の選択の問題では両方を同時に考慮することにする。なお過剰採取については、Sethi [24] や Stevenson [27] がモデルに基づき考察している。

2. インドの米生産

ここではまず、インドの米生産について概観する。インドの食糧穀物の中で、米はもっとも重要な作物である⁽¹⁾。1995/96年の作付面積4290万ヘクタールであり、これは食糧穀物全体の34.7%をしめる。生産量は7960万トン、ヘクタール当たりでは1.855トンであった(Misra and Puri [13])。近年には輸出余剰もある。1994/95年には420万トンを輸出し、世界第2位の米輸出国になった。輸出量はその後も356万トン(1995/96年)、175万トン(1996/97年)と推移し、米輸出大国としての地位を持続している(USDA [29])。

1950年代以降、インドの米生産は作付面積、生産量ともに成長してきた。しかし、1980年代に入り作付面積の伸びは停滞し、生産量の増加に貢献したのは単収の上昇である(第1図)。この単収の増加は、1980年代の「緑の革命」によりもたらされたもので、10年間の単収の伸びは年率3.5%を記録した。1990年代にも単収の伸びは持続している。

インドの米の主産地は北部、東部、南部の3地域に分けられる(第2図)。

第1表 インド米作各州の比較

地 域 州	北西部		東 部			南 部	
	パンジ ャブ州	ハリヤ ナ州	ビハー ル州	オリッ サ州	西ベン ガル州	アンドラ ・プラデ シュ州	タミル・ ナドゥ州
米作付け面積 (100 万 ha) ¹⁾	2.28	0.80	4.73	4.46	5.77	3.51	2.34
全インドに対する比率 ¹⁾	5.4%	1.9%	11.2%	10.6%	13.7%	8.3%	5.5%
米生産量 (100 万トン) ¹⁾	7.70	2.23	6.17	6.35	12.46	9.22	7.69
全インドに対する比率 ¹⁾	9.5%	2.7%	7.6%	7.8%	15.4%	11.4%	9.5%
米単収 (kg/ha) ¹⁾	3380	2800	1310	1430	2160	2630	3290
米の灌漑面積率 ²⁾	99.0%	99.6%	37.5%	34.7%	24.6%	94.5%	92.3%
灌漑のタイプ別割合 ³⁾ (全作物を対象)							
用水路	37.4%	51.2%	34.0%	51.0%	37.5%	44.1%	31.7%
ため池	0.0%	0.1%	2.8%	14.0%	13.8%	23.9%	20.9%
管井戸	61.8%	48.7%	40.1%	13.5%	36.0%	5.9%	6.9%
その他井戸	0.4%	0.1%	3.6%	21.5%	1.2%	22.3%	39.9%
その他	0.4%	0.1%	19.5%	0.0%	11.5%	3.8%	0.6%

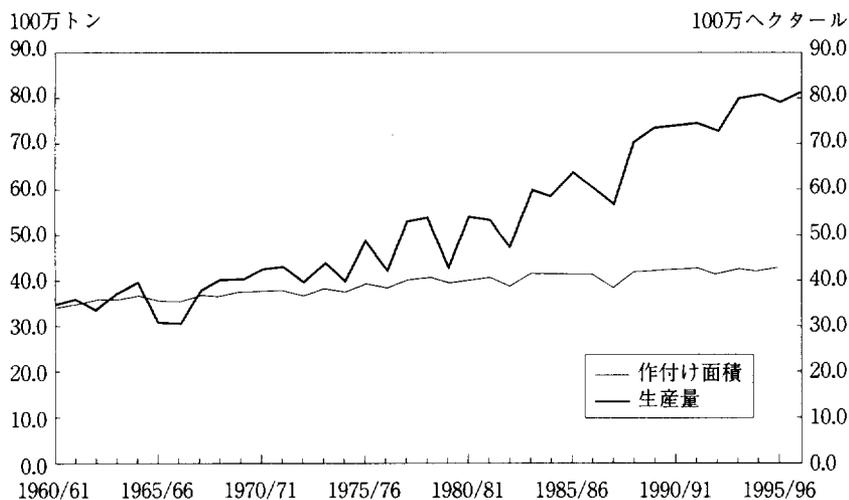
注. ¹⁾1994/95 年度, 出典 Government of India [7]. なお米の生産量, 単収はすべて米のものである.

²⁾1992/93 年度, 出典 Government of India [7].

³⁾1989/90 年度, 出典 Government of India [5].

第1表にまとめたように、「緑の革命」の進展はそれぞれの地域で大きく異なってきた。北部のハリヤナ州, パンジャブ州は, 早くから大規模な公共用水路灌漑が発達し, 小麦の「緑の革命」の先進地であった。1960年代以降, 個人所有の管井戸の普及により米・小麦の二毛作体系が確立し, 商業的米作の中心地にもなったのである(大野 [15])。米は雨期(夏)のみの年1作で, 灌漑率はほぼ100%に達している。生産性は高く, 単収はヘクタール当たり3トンを上回る。

東部のオリッサ州, 西ベンガル州, ビハール州では, 年間降水量が1000ミリメートル以上あるため, 伝統的に天水田が発達した。しかし, 同地域の降水量の変動は大きく, しかも灌漑・排水設備が整備されていないため, 旱魃や湛水, 滞水といった問題に悩まされてきた。天水田の収量はヘクタール当たり



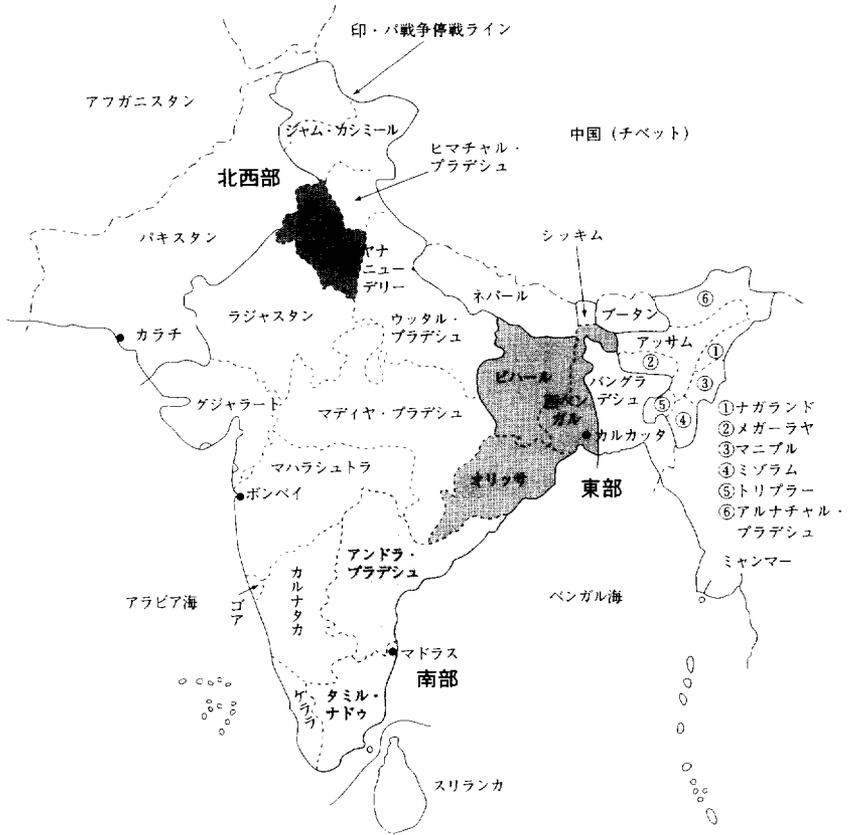
注. Government of India〔4, 6〕と Mishra and Puri〔13〕から得た数値に基づき作成した。

第1図 インドの米生産の推移

1.5トンにも達しない。1980年代になって管井戸の普及が始まり、かつては作付けできなかった乾期（冬）にも灌漑を利用して米を生産するようになった。その結果、東部地域でも1980年代には高収量品収が普及し、単収の増加が実現したのである。

アンドラ・プラデシュ州、タミル・ナドゥ州が南部の米作地帯にあたる。この地域も北部と同様に大半が乾燥地帯に属するため、灌漑を利用した米作が普通である。伝統的にはため池が同地域の特徴的な灌漑システムであったが、ため池灌漑は降水量に左右され不安定なので、井戸が補助的手段として用いられてきた。近年では管井戸の普及も始まっている。灌漑率は90%を超え、単収は平均でヘクタール当たり3トン程度であり北部に匹敵する。しかし、北部と違い南部では米は主食であり、余剰が市場に売却される。

第2表に示すように、1980年代には、いずれの地域でも単収の急速な増大、すなわち「緑の革命」を経験した。中でも乾期の灌漑稲作が普及した東部で、



第2図 インドの米作地帯

第2表 インド各地域の米単収の年平均増加率

	北西部	東部	南部
1982～93年	4.00%	5.60%	3.80%
1991～95年	1.73%	2.08%	2.62%

出典：Siddiq [25].

単収の成長率はずっとも大きい。しかし、1990年代になると単収の伸びはどの地域においても低下してきている。

北部では、米の生産性は高いが生産性の伸びはすでに頭打ちとなっている。灌漑面積の拡大も不可能であるため、今以上の生産拡大の余地に乏しい。逆に、綿花など他の換金作物への転換が起こっている (Siddiq [25])。東部における生産性の伸びは管井戸の普及による乾期作の進展が原動力であった。現在では、それがペースダウンしている。今後も管井戸への投資が続くのか否かが生産拡大の規定要因であり、電力の普及やクレジット、農業向け電力の補助金の動向が将来を左右することになる(2)。南部の問題点は、ため池の灌漑能力が土砂の堆積や水路の崩壊により低下し、灌漑が不安定になっていることである。しかし逆にいえば、ため池の補修と適切な維持管理を行えば、比較的低コストで米生産が拡大するのではないかと考えられる。

以上のように、インドの食料生産の将来を考えると、インド南部州の地位と可能性は相対的に高い。したがって、同地域のため池灌漑を分析することにより、インドの食料需給問題に有益な知見を提供することができると思われる(3)。そこで本稿は、インド南部のタミル・ナドゥ州のため池灌漑に焦点をあて、共有資源の管理という視点からその問題点を解明することにする。

注(1) 食糧穀物は、米と小麦、雑穀 (ソルガム、ヒエ類、トウモロコシ)、豆類の総称である。

(2) インドの電力政策は州ごとに異なるが、どの州でも農業向けの電力料金が相対的に低く抑えられている (Morris [14])。また農業向け電力では従量料金の割合が少なく (州によってはゼロ)、定額に近い料金体系を採るため、電力の使いすぎ、特に電動ポンプによる地下水の過剰汲み上げが問題としてしばしば指摘されている。そのため、経済自由化の流れの中で、こうした歪んだ料金体系を改善していく動きが見られる (Siddiq [25])。電力料金の値上げは、すでに管井戸を設置している地域では水の適切な使用を誘導する可能性があるが、東部地域のように管井戸が普及途上にある場合には、管井戸の普及自体を抑制するかも知れない。

(3) 本稿では論じないが、インドの米生産に関しては、1991年以降に本格化した経済自由化政策による農業補助金の削減の影響も考慮する必要がある。また、油糧作物の

輸入を制限し国内生産を奨励している現行の農政が、米や小麦の生産を相対的に不利にし、油糧作物への転換を促進しているとの指摘もある（桜井〔21〕）。

3. タミル・ナドゥ州と調査村落の概要

(1) タミル・ナドゥ州の概要

タミル・ナドゥ州の面積は約13万平方キロメートル、人口は1991年センサス時で約5560万人。これはそれぞれ、インド全体の4%、7%を占める。つまり同州は、インド全体の平均よりも人口稠密である。

1993/94年の耕作面積は、同州の面積の約45%、590万ヘクタールであった。作付け面積合計は716万ヘクタールなので、平均集約度は121%である。総作付け面積の32.2%で米が栽培された（Palanisami *et al.*〔17〕）。インド全体にしろ同州の米生産は地位は、作付け面積で5.5%、生産量で9.5%である。米の作付け面積の92.3%が灌漑されている（Government of India〔7〕）。

1993/94年度の主要作物の灌漑面積は、耕作面積の47.9%であり、水源別の内訳は井戸が46%、用水路が29%、ため池が24%、その他1%であった（Palanisami *et al.*〔17〕）⁽¹⁾。ため池は、緩斜面を流れる雨水を人工的に構築した土手によりせきとめ、水門と用水路を通じて下流の水田に水を分配するという簡単な構造をしており、南インドでは数100年の歴史があるといわれている。同州におけるため池灌漑の面積の割合は1960/61年度には約38%であったので、ため池灌漑の比率は長期的に低下傾向にあることがわかる。その代わりに井戸（主に個人所有）による灌漑面積が増加した⁽²⁾。ため池の割合が減少した理由は、土砂の堆積などによりため池の灌漑能力が低下し、補助的に利用される井戸の数が増え、場合によってはため池から井戸へ灌漑水源の転換が起こったためであるといわれている。

注(1) 米に限った場合の水源別内訳はのデータは得られない。しかし、もともとため池が存在せず井戸灌漑だけが普及している地域では、バナナやココナツ、野菜などの生産に特化する傾向がある。したがって、米に限るとため池を水源とする割合はもっと高

いと考えられる。

- (2) 同州の伝統的な井戸は開口井戸 (dug well) である。かつては手動や畜力により揚水したが、現在では動力ポンプ (主として電動) の利用が一般的である。それに対して、近年普及がめざましいのは、インドの他地域と同様に、動力ポンプ付きの管井戸 (tube well) である。地下水位が低下した地域では、開口井戸の底に管を入れて掘り下げる場合が多く、地上部が開口井戸であっても実質的には管井戸と変わらない状態になっている。

(2) 現地調査の方法

同州には1994/95年にため池が38,842個存在した (Palanisami *et al.* (17))。第3表に示すように、ため池は州内で均等に分布しているわけではなく、州の北部と南部に集中している (各県の位置は第3図を参照)。そこで、現地調査では同州の21の県のうち、ため池の灌漑面積の割合が80%以上の県を二つ含む南部の県を選択した。4県は、Madurai 県、Ramnad 県、Virudhunagar 県、Sivagangai 県で、地理的に連続し平均年間降水量は700ミリメートルから1000ミリメートルの幅がある (第3図)。

それぞれの県の村落リストから無作為に三つの村を選び、4県で合計12カ村を村落調査の対象とした⁽¹⁾。村落調査では、その村が利用する最も重要な農業灌漑用ため池を一つ選び、その現状を調査した⁽²⁾。同時にそれぞれの村で6名をランダムに選択し、農業生産などの家計情報を収集した。調査対象村落の概要については別稿 (櫻井 [22]) を参照のこと⁽³⁾。

注(1) ここでいう村落は、行政の最小単位であるパンチャヤット (panchayat) である。パンチャヤットによってはいくつかの集落に分かれている場合もある。県庁から提供された村落リストに載った村の数はMadurai 県が562村、Ramnad 県が426村、Virudhunagar 県が448村、Sivagangai 県が499村であった。

(2) 農業灌漑用のため池だけでも複数を持つ村がある。各県の村落数と第3表のため池の数と比較すると、一つの村に平均して数個のため池が存在することがわかるが、おそらく農業灌漑用以外のため池も数えているのではないかと思われる。実際、調査で訪れた村の中には、農業灌漑用のため池の他に、飲料用、水浴び用、家畜用など用途ごとに複数のため池を持っている場合が多かった。

(3) 現地調査は、タミル・ナドゥ農業大学の協力を得て1998年3月に実施した。

第3表 タミル・ナドゥ州のため池の分布と灌漑率

県名	県内のため池の総数	州全体のため池数に対する比率(%)	ため池の灌漑面積(ha)	総灌漑面積(ha)	総灌漑面積に対するため池灌漑の割合(%)
Chengalppattu	3628	9.33	112993	236730	48
South Arcot	2677	6.88	50121	319205	16
North Arcot	1355	3.48	15074	99456	15
Thiruvannamalai	1791	4.64	39606	127461	32
Salem	829	2.13	4924	181951	3
Dharmapuri	2332	6.00	16817	117883	14
Coimbatore	78	0.20	2532	136359	1
Erode	52	0.13	211	153133	4
Trichirapalli	2629	6.76	20882	199614	11
Pudukkottai	4929	12.7	79969	101758	78
Thanjaur	428	1.10	9140	189633	5
Nagappattinam	0	0	0	257528	0
Dindigul	2777	7.41	16607	91755	18
Madurai	2075	6.23	27276	158673	17
Ramnad	1377	4.70	61310	69518	87
Virudhunagar	711	2.56	32316	64715	49
Sivagangai	4025	11.8	82663	96700	86
Tirunelveli	1797	5.58	57276	121609	47
Tuticorin	521	1.61	22900	46706	49
Nilgiris	3	0.01	0	467	0
Kanyakumari	2552	6.67	15516	28711	55
州全体	31678	100	727448	2799565	24

出典：Palanisami *et al.* [17] を改変。調査対象県にはアミをかけた。

(3) 調査村落におけるため池の概要

第4表に12個のため池の概要をまとめた。以下は表にまとめた内容に関して論ずる。

調査した12のため池のうち、半数が村政府による管理、半数が州政府による管理にあった⁽¹⁾。第5表から明らかなように、州全体でも、あるいは調査対象の4県に限っても、村落管理のため池の数は州政府管理のため池の数より多い。今回の調査は無作為抽出ではあるが、サンプル数が少なく、代表性を十分に考慮しているわけではない。しかし、調査の結果から示唆されることは、各村に小規模の村落管理ため池が複数個存在するが、最も重要な農業灌漑用ため池を選ぶと、規模の大きい州政府管理のため池になる傾向が強いということである。

ため池灌漑の問題点として共通に指摘されていることは、近年、土砂の浚渫や水路の掃除が十分に行われないため、貯水量が減少していることである。そのため、実際の灌漑面積が本来の灌漑受益面積を下回っている。調査した12のため池では、過去6年間の灌漑実現面積率（本来の灌漑受益面積に対する実際の灌漑面積）は、0%から100%までの幅があり、平均は59%であった。

過去6年間に補修を実施したため池は半数の六つあった。土砂の浚渫を行ったのが4カ所、土手の補修を行ったのが2カ所である。土砂を浚渫した4カ所のため池のうち2カ所と土手補修をした2カ所のため池のうち1カ所では、受益農民自身がため池の補修に参加した。残りの3カ所では、雇用労働力が利用された。補修をした六つのため池の過去6年間の灌漑実現面積率は平均で70%、補修をしていない場合は平均48%である。補修工事によって灌漑能力が向上したのか、能力の高いため池で選択的に補修工事が行われたのかは明らかではないが、補修をした六つのため池のうち半数の三つで用水の供給状態が「変化なし」または「改善」と報告されている。一方、補修工事のないため池では六つのうち五つまでが用水供給の悪化を訴えている。

ため池の能力の低下はため池灌漑地内の個人所有井戸の増加とよく結びついている。灌漑の改善したK村とL村では過去10年間の管井戸の数に変化はな

第4表 調査

県 村 落	Sivagangai			
	A村	B村	C村	D村
ため池の管理				
ため池の管理主体	村	州	州	州
同じため池を利用する村の数	5	1	5	1
同じため池を利用する農家数	350	200	60	100
水利組合の有無	なし	なし	あり	なし
ため池の特性				
ため池の水源	ダム	天水	天水	ダム
ため池の本来の灌漑面積 (ha)	50	75	120	235
過去6年の平均灌漑面積率 (%)	57	67	0	33
近年の用水の供給状態	悪化	変化なし	変化なし	悪化
ため池灌漑地内の井戸の数	7	5	15	0
上記井戸の数, 10年前	0	2	3	0
ため池の補修・土木工事				
ため池の補修作業	土砂浚渫	土砂浚渫	なし	なし
年間労働投入量 (人数・日数)	100	750	0	0
労働力のタイプ	農民参加 (無償)	雇用労働	na	na
年間浚渫土砂量 (トン)	250	10	0	0
過去6年のため池の補修回数	6	2	0	0
灌漑以外の用途				
ため池集水域の耕作面積 (ha)	20	0	0	41
上記耕作地の法的地位 ¹⁾	合法	na	na	合法
上記耕作地の灌漑への影響	なし	na	na	なし
ため池の灌漑以外の便益・1位	家畜放牧	家畜放牧	家庭用水	家庭用水
・2位	煉瓦生産	家禽飼育	家畜放牧	家畜放牧
・3位	家庭用水	煉瓦生産	魚取り	魚取り
村人が利用するため池の数 ²⁾	5	15	6	1

注. ¹⁾合法とは、違法に開墾された耕作地に対して事後的に合法化する地券が

²⁾ため池数の合計には、農業用以外に飲料水用、洗濯用、水浴び用、家畜

い。一方、灌漑の悪化または変化なしを訴える残りの10のため池では、そのうち七つで過去10年間で井戸の数が顕著に増加した。しかし、Ramnad県の三つのため池では、用水の供給状態の悪化が起こっているのに、現在にいたるまで管井戸はまったく設置されていない。

村落のため池灌漑

Ramnad		Madurai			Virudhunagar		
E村	F村	G村	H村	I村	J村	K村	L村
州	村	州	村	村	州	村	村
3	1	3	3	1	1	10	1
206	16	70	ni	5	30	75	50
あり	なし	あり	なし	なし	あり	あり	なし
天水	天水	天水	天水	天水	天水	天水	天水
183	41	146	61	4	47	122	18
59	61	48	87	70	67	100	56
悪化	悪化	悪化	悪化	悪化	悪化	改善	改善
0	0	15	6	6	50	1	7
0	0	10	0	3	5	1	7
なし	なし	なし	なし	土手補修	土手補修	土砂浚渫	土砂浚渫
0	0	0	0	280	100	540	750
na	na	na	na	農民参加 (有償)	雇用労働	雇用労働	農民参加 (有償)
0	0	0	0	na	na	540	400
0	0	0	0	1	4	6	1
0	0	18	10	0.8	2	70	10
na	na	違法	合法	違法	違法	合法	合法
na	na	なし	悪影響	悪影響	悪影響	なし	なし
家庭用水	家庭用水	薪取り	家庭用水	家畜放牧	林業	家畜放牧	家畜放牧
家畜放牧	家畜放牧	家畜放牧	家畜放牧	魚取り	魚取り	魚取り	魚取り
魚取り	na	魚取り	na	na	na	na	na
4	2	1	1	3	3	1	3

発行された場合、違法の場合でも、たいていは罰金を納めるだけで耕作を続けられる。用などを含む。表中の回答は、その中で農業用にもっとも重要なため池1つに関するのみ。

ため池の貯水量が低下すると、ため池の周辺に水没しない土地が出現するので、そこを無断で耕作する農民がしばしば現れる。そのような違法な耕作は七つのため池で観察された。ただし、そのうち四つのため池では耕地への転用が事後的に合法化されている。違法状態の3件のうち2件で集水域の耕作は灌漑

第5表 調査対象県における管理主体別ため池数

県名	県内の村落管理 ため池数	州の全村落ため 池数に対する%	県内の州政府管 理ため池数	州の全政府ため 池数に対する%
Madurai	2075	6.57	340	4.74
Ramnad	1377	4.35	453	6.31
Virudhunagar	711	2.24	286	3.98
Sivagangai	4025	12.7	572	7.97
州全体	31678	100%	7164	100%

出典：Palanisami *et al.* [17] を改変。

に悪影響を与えていると村人は評価している。このことから、集水域の耕作もため池の灌漑能力に影響を与える可能性がある。

個人所有井戸の普及により、ため池の農業灌漑に果たす役割は低下してきた。しかし、ため池の価値は農業灌漑だけではないとして、ため池の多面的な価値を評価しようという動きもある（たとえば、Palanisami *et al.* [18]）。今回の調査からは、家庭用水と家畜放牧、魚取りが主要な用途であることが判明した⁽²⁾。

注(1) 同州のため池は管理主体により、政府管理ため池（Public Work Department tank, または PWD tank）と村落管理ため池（Panchayat Union tank, または PU tank）の二つに分けられる。インドの独立とその後の農地解放に伴い、受益面積が40ヘクタール以下のため池を村落管理に、40ヘクタール以上のため池を州政府の管理にすると定めたことにこの分類は起因する。今回の調査では、受益面積が40ヘクタールをかなり上回るにもかかわらず村落管理下にあるため池が六つのうち三つもあった。その理由は明らかではないが、管理主体を村落と決定した後で、ため池の受益面積が拡大したのではないと思われる。Palanisami *et al.* [17] は村落管理ため池と政府管理ため池のパフォーマンスを詳細に比較し、政府管理ため池の方が単位面積当たりの用水供給量が多く、米の単収も高いと結論している。

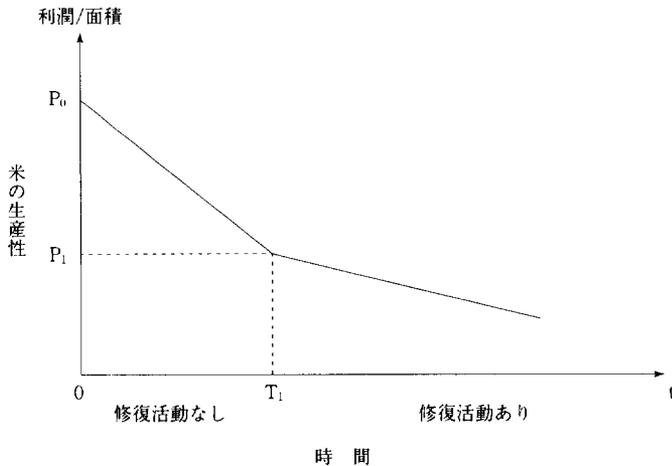
(2) タミル・ナドゥ州のため池の多くはヒンズー教の寺院あるいは祠と隣接しており、水の利用・管理と民衆の信仰には密接な関係がある。また、ため池は同州の農村の原風景であり、精神的な愛着をもつものが多いと考えられる。

4. ため池の修復活動と井戸への投資

(1) 基本モデル

手入れをせずにため池を放置すると、灌漑能力が徐々に低下する。しかし、ある段階まで能力が低下すると、農家はため池の修復を行うか、個人所有の井戸へ投資するか、いずれかにより対応する⁽¹⁾。ここではまず、農家がため池の修復を開始する条件を考察することにする。

第4図にため池の灌漑能力の変化を図式化した。縦軸は米の生産性（単位面積あたりの利潤）、横軸は時間の経過を示す。ため池灌漑スタート時 ($t=0$) からため池の灌漑能力の低下が始まり、生産性が P_1 まで低下した T_1 期にため池の修復が始まる。修復活動の開始後は灌漑能力の低下が減速する⁽²⁾。そこで農家 i にとっての最適な T_1 は、次の式で与えられる現在価値 V_i を最大



第4図 ため池灌漑能力の変化

化することにより求められる。

$$V_i = \int_0^{T_1} A_i \Pi^{TN} (1-\theta)^t e^{-rt} dt + \int_{T_1}^{\infty} \{A_i \Pi^{TN} (1-\gamma(m_i))^t - m_i\} e^{-rt} dt \quad (1)$$

ここで Π^{TN} は 0 期の単位面積当たりの利潤、 $1-\theta$ はため池修復活動を開始する前の 1 期当たりの利潤減少率である。 θ は 0 から 1 の間の数値をとる。 Π^{TN} と θ はため池の物理的特性により決まる値であり、ため池に固有である。 A_i は農家 i の水田面積で、作付け面積に等しいとする。 m_i は、 T_1 期以降各期に農家 i がため池の修復に投入する費用である ($m_i > 0$)⁽³⁾。この投入により利潤減少率は $1-\gamma(m_i)$ になる。ため池の修復が意味を持つためには、 γ は θ よりも小さい値となる必要がある。 γ が負の値をとることも可能であり、その場合はため池の修復により灌漑能力が上昇していくことを意味する。なお r は割引率である。第 1 式を T_1 で微分すると、次式を得る。

$$\frac{\partial V_i}{\partial T_1} = A_i \Pi^{TN} (1-\theta)^{T_1} e^{-rT_1} - \{A_i \Pi^{TN} (1-\gamma(m_i))^{T_1} - m_i\} e^{-rT_1} \quad (2)$$

第 2 式をゼロとすることが、最適な T_1 の必要条件である。

(2) 最適なため池修復の開始時期

最適な T_1 が存在する条件を考察するため、議論を単純化し、 n 戸の均質な農家がため池を利用しているという仮定を付け加える。さらに各農家のため池修復への投入量 m_i は、各農家が決める値ではなく、制度として外部より与えられるとする。実際、ため池の修復作業に労働参加する場合も、現金を支払う場合も、個々の農家は参加日数や金額を自分で決めることができないので、この仮定は現実的である。この外生的に定められる投入額を m とすると、この農家集団全体では nm をため池修復のために各期に投ずることになる。その結果、利潤の減少が $g(nm)$ だけ緩和するとする。 g は総投入量と灌漑能力の低下速度を関係づける関数で、ため池の物理的な条件による決まるため池固有の関数である。 T_1 期以降は、利潤減少率は $1-\theta+g(nm)$ になる。以上の単

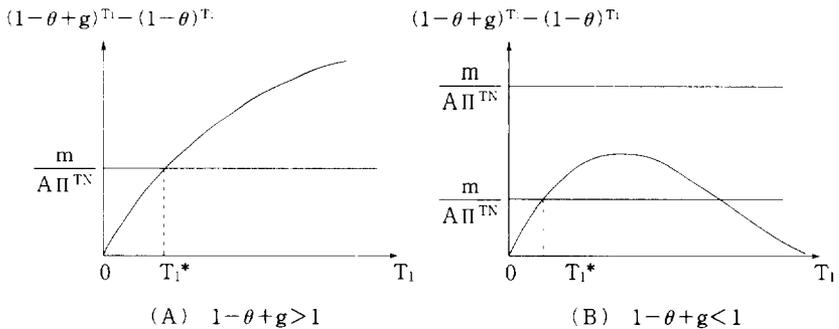
純化により、第2式は次のように書き換えられる。

$$\frac{\partial V}{\partial T_1} = A\Pi^{TN}(1-\theta)^{T_1}e^{-rT_1} - \{A\Pi^{TN}(1-\theta+g(nm))^{T_1} - m\}e^{-rT_1} \quad (3)$$

第3式は n 戸の均質な農家に共通な式であり、第3式をゼロとする T_1 期において n 戸の農家はため池灌漑の現在価値 V を最大にする。そのような T_1 は存在するだろうか？ 第3式をゼロに等しいとにおいて、移項して整理すると、第4式が得られる。

$$(1-\theta+g(nm))^{T_1} - (1-\theta)^{T_1} = \frac{m}{A\Pi^{TN}} \quad (4)$$

第4式の左辺と右辺の関係を第5図に図示した。第5図の(A)は $1-\theta+g(nm) > 1$ の場合、(B)は $1-\theta+g(nm) < 1$ の場合である。前者は、ため池修復活動により灌漑能力が年々向上していく場合であり、第4式の左辺は T_1 とともに単調に増加する。一方、第4式の右辺の $\frac{m}{A\Pi^{TN}}$ は T_1 によらない定数であるから、左辺と右辺は必ず一点で交わる。その交点の T_1 を T_1^* と書くことにする。第3式に基づくと、 T_1^* 以前では $\frac{\partial V}{\partial T_1} > 0$ であり、 T_1^* 以後には $\frac{\partial V}{\partial T_1} < 0$ になる。したがって、 T_1^* 期において V は最大値となるので、 T_1^* はため池修復を開始するのに最適な時期である。第5図の(B)は、ため池の



第5図 ため池修復時期の決定

修復が灌漑能力低下の進行を遅らせる場合を示す。この場合、第4式の左辺は T_1 が小さいうちは T_1 とともに増加するが、ある点で最大値をとり、その点より T_1 が大きくなると減少しゼロに漸近する。第5図の(B)から明らかなように、第4式の右辺、 $\frac{m}{A\Pi^{TN}}$ の値が十分小さいと右辺と左辺は2点で交わるが、大きいと交点はない⁽⁴⁾。第3式に基づくと、2点で交わる場合、はじめの交点で $\frac{\partial V}{\partial T_1} > 0$ から $\frac{\partial V}{\partial T_1} < 0$ に符号が変化する。すなわち、はじめの交点で与えられる T_1 が V を最大にする最適な T_1^* である。2番目の交点は、符号の変化が逆であるから、 V を最小化する点である。 T_1^* でため池の修復が始まると考えると、 V を最小化する2番目の交点は現実には存在しないので重要な意味を持たない。一方、 $\frac{m}{A\Pi^{TN}}$ の値が十分に大きく右辺と左辺が交点を持たない場合は、第3式をゼロとする T_1 が存在しない。以上から次の結論が得られる。①ため池の修復が灌漑能力の上昇を導くような条件下では、ある時点で必ずため池の修復が始まる。②ため池の修復が灌漑能力低下の進行を遅らせる条件下では、ある時点でため池の修復が始まる場合と、決してため池の修復が行われない場合がある。この二つのケースを分けるのは、農家あたりのため池固有利潤 ($A\Pi^{TN}$) と農家あたりの負担額 (m) の比率であり、農家あたりの負担額の割合がため池固有利潤に対して大きいと、ため池の修復は決して行われない。

(3) 外生変数の影響

以上で論じたモデルでは、ため池修復時期 T_1 以外はすべて外生変数として扱っている。そこで、ここではそれらの外生変数が最適な T_1 に及ぼす影響について分析する。まず、第3式を各外生変数で微分すると次の結果を得る。

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_1 \partial A} = \Pi^{TN} \{(1-\theta)^{T_1} - (1-\theta + g(nm))^{T_1}\} e^{-rT_1} < 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_1 \partial \Pi^{TN}} = A \{(1-\theta)^{T_1} - (1-\theta + g(nm))^{T_1}\} e^{-rT_1} < 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_1 \partial \theta} = \frac{T_1}{1-\theta} \{m - A \Pi^{TN} g(nm) (1-\theta + g(nm))^{T_1-1}\} e^{-rT_1} \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_1 \partial n} = -A \Pi^{TN} \frac{\partial g}{\partial n} m T_1 (1-\theta + g(nm))^{T_1-1} e^{-rT_1} < 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_1 \partial m} = \left\{ 1 - A \Pi^{TN} \frac{\partial g}{\partial m} n T_1 (1-\theta + g(nm))^{T_1-1} \right\} e^{-rT_1} \quad (9)$$

$$\frac{\partial V}{\partial T_1 \partial r} = 0 \quad (10)$$

外生変数で微分した結果の符号が正であれば、その変数が大きくなるほど最適な修復開始時期、 T_1^* も大きくなる。つまりため池修復活動の開始が遅れる。逆に、外生変数での微分の結果が負ならば、その変数が大きくなるほど T_1^* は小さくなる、つまりため池修復活動の開始が早まる。

上の第5～第10式の解釈は次のようにまとめられる。

①第5式と第6式はともに負である。これは、農家の水田面積 (A) やため池固有の利潤率 (Π^{TN}) が高いほど、ため池修復の開始が早いことを意味する。両変数の積 ($A \Pi^{TN}$) はため池に固有の農家の総利潤であるから、総利潤が高いほどため池修復の開始は早まる。ため池修復のために負担する費用 (m) が水田面積や利潤率によらず一定の場合、利潤の高い農家ほど、ため池修復の便益が大きいからである。

②第8式の符号も常に負である。つまり、ため池修復に参加する農家の数 (n) が多いほどため池修復の開始は早い。負担する費用が一定でも、参加農家数が多ければ、ため池修復への総投入が増えるので、修復の便益が大きくなるためである。

③第10式はゼロなので、割引率 (r) はため池修復の開始時期に影響しない。

④第7式の符号は決定できない。すなわち、自然状態での灌漑能力低下率 (θ) の影響は決められない。灌漑能力低下率が大きいほどため池修復の開始

が早くなるのは、第7式の符号が負になる時である。つまり $\frac{A\Pi^{TN}}{m}$ が十分大きい時か $g(nm)$ が十分大きい時である。前者は負担額に対する農家の総利潤が大きい場合である。後者は、ため池修復のための投入 (nm) が大きいか、その投入に対する能力回復効果 (関数 g により規定される) が高い場合である。これらの場合には、ため池修復の便益が高くなるので、灌漑能力低下率が大きいほど修復開始が早まる。以上と逆の場合には、第7式の符号が正になるので、灌漑能力低下率が大きいほどため池修復の開始が遅くなる。この結果は、ため池の灌漑能力が低下しても、必ずしもすべてのため池で修復活動が開始されるわけではないことを示唆している。

⑤第9式の符号も不定である。したがって、農家当たりの負担額 (m) の大小がため池修復の開始時期に及ぼす影響は、与えられた条件からは決定できない。第9式が負になる時、負担額が大きいほどため池修復開始が早まる。それは修復投入に対する修復効果が高い場合である。つまり、参加農家数 (n) が多い、修復投入に対して灌漑能力回復の反応性が高い ($\frac{\partial g}{\partial m}$ が大きい)、修復開始後の灌漑能力低下率が低い (g が大きい)、ため池固有の農家総利潤 ($A\Pi^{TN}$) が高い、という条件では、負担に見合う便益があるので、ため池修復の動機が強まることを意味する。一方、ため池修復の効果が低い場合は、第9式が正になるので、負担額の増加は修復開始を遅らせるであろう。

(4) 戦略的行動と不均質集団

前項までは、均質な農家集団を想定し、また農家間の相互作用は存在しないと仮定してきた。その場合、ため池修復を開始する最適な時期がくれば、すべての農家が同時にため池修復に参加する。こうした仮定の下に導かれる予測は、現実から決してかけ離れたものではないと考えられる。しかし、実際の農村では、他人の行動に応じて自らの意思決定をするという農家間の戦略的行動が存在するし、また農村は均質な農家からなる集団でもない。

まず、均質な農家集団の仮定はそのままにして、戦略的行動を想定する。第

3式より、最適なため池修復時期の T_1^* 期の各農家の利潤は、 $P_n = A\Pi^{TN}(1 - \theta + g(nm))^{T_1} - m$ と書ける。ここで、ある農家 j がため池修復に参加するのをやめると、農家 j の利潤は、 $P_j = A\Pi^{TN}(1 - \theta + g((n-1)m))^{T_1}$ になる。この二つの利潤を比較すると、1農家当たりのため池修復効果があまり大きくない時、つまり、負担額 m と比べて参加農家数 n が十分大きい時に $P_n < P_j$ になる。ため池修復に参加しないという「裏切り」行為の利得 (P_j) が、協調してため池修復に参加することの利得 (P_n) より大きい場合、他の農家がため池修復を行うことを前提にして、自分はため池修復に参加しないという誘因が働く。すなわち「ただ乗り (free-ride)」である。そのようなただ乗りの誘因が存在する時、ため池修復をめぐる利得構造は典型的な「囚人のジレンマ」になる。

よく知られているように、1回限りの囚人のジレンマゲームでは、両者とも「裏切る」というのがナッシュ均衡解である。この例では、すべての農家が、他の農家のため池修復参加を前提として、それにただ乗りしようとするので、結局だれもため池修復に参加しないことになる。しかし、このゲームが無限回繰り返されるとした場合、協調してため池修復に取り組むことがナッシュ均衡解になる (Friedman [3])。実際には、各農家は同じ村に何年も住み続けるので、一度限りのゲームという仮定は現実的ではない。そこで、戦略的行動の存在は、ため池修復の実現を完全に妨げるというより、修復開始を遅らせる作用があると考えられるであろう。どの程度遅れるかは、農家集団の性質、つまり共同体構成員の相互信頼や共同体規制の強弱に依存する。

以上は農家集団を均質であると仮定してきた。カーストや識字率などについて不均質な農家集団の場合、共同体規制による「ただ乗り」防止の有効性が低くなる可能性があるので、前段の議論に基づくと、ため池修復の開始が遅れると考えられる。また、農家集団が水田所有や水田固有の肥沃度などに関して不均質な場合、第5、6式から導かれる最適なため池修復開始時期 (T_1) が一致しなくなるため、一部の農家が最適な時期を迎えても、残りの農家がまだため池修復に参加する意思がないことになる。そのような時、参加農家数 (n) が

小さくなり、その結果、ため池修復効果 ($g(nm)$) も小さくなる。この場合、第7, 8, 9式から導かれるように、最適なため池修復開始時期 (T_1) が遅くなる。つまり、ため池修復の効率が落ちるので、ため池修復のインセンティブが低下するのである。以上のように、不均質な集団ほど、ため池修復の開始は遅れることが予想される。

注(1) 各農家には、耕作を放棄し農業以外に収入を求めるという選択肢もある。その場合でも、インド農村部の実状として、農地は売却または賃貸され、別の農家が耕作を続ける場合が普通である。本稿では、単純化して、ため池の修復または個人所有井戸への投資という二つの選択肢しかないと仮定し、同一農家が耕作を継続するとする。

(2) ため池修復活動の結果、生産性が P_1 より回復することもあり得るが、第4図の1では灌漑能力の低下が緩和された場合だけを示してある。

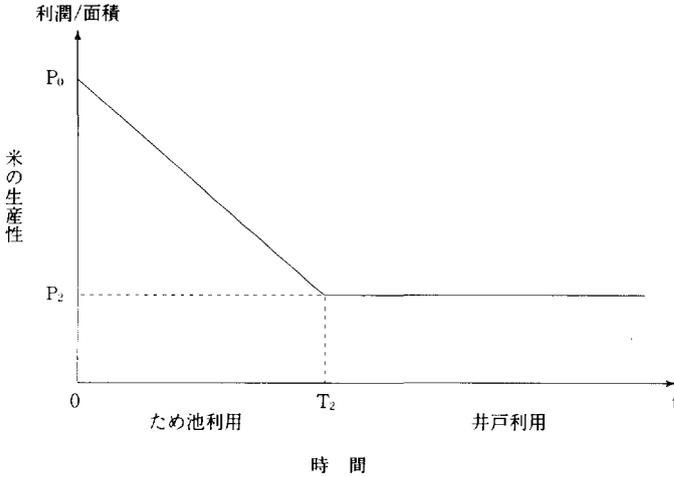
(3) 基本モデルで想定したのは、各期ごとに農民参加により実施される小規模のため池の維持・修復活動である（小規模な土砂浚渫、土手や用水路の修理など）。このような小規模修復は、実際には各期ごとではなく数年に1度の場合もあるが、ともかく定期的に維持・修復が続けられているのが特徴である。それとは別に、一部のため池は外部機関による大規模な修復工事を受けている。しかし、これはため池灌漑受益農民の意思決定とは関係ないので、モデルの中では扱っていない。このような大規模修復工事の場合、工事終了後は、またため池の修復が行われない状態に戻るのが普通である。

(4) $1-\theta+g(nm)=1$ の場合は、ため池の修復により灌漑能力が一定に保たれることを意味する。これは第5図の(B)の特殊な場合で、第4式の左辺は T_1 とともに増加し1に漸近する曲線になる。 $\frac{m}{A\Pi^{TN}}$ が1より小さければ、左辺と右辺は1点で交わるが、1と等しいか1より大きいときは左辺と右辺の交点はない。

5. 個人所有井戸への投資

(1) 最適な井戸への投資時期

前の4で明らかになったことは次の2点である。①たとえため池の灌漑能力が低下しても、ため池修復の共同作業がすぐに開始されるわけではない。②またたとえため池修復に取り組んでいても、参加者数や投入量が不十分な場合、



第6図 ため池から井戸へ

$(1 - \theta - g(nm))$ が1未満となり、灌漑能力の低下が続くことになる。このような場合、農家は個人所有井戸に投資することを考えるであろう⁽¹⁾。

まず、均質な農家集団を仮定し、井戸への投資を第6図に模式化した。ため池灌漑の生産性が P_2 まで低下した T_2 期に井戸への投資を行うとする。井戸の能力は一定に維持され则认为、井戸だけを利用した場合の生産性、 Π^{W} は時間の経過によっても不変であると仮定する。つまり、 Π^{W} は井戸に固有の利潤率である。4にしたがって井戸への投資をモデル化し、投資の最適な時期について考察しよう。各農家は次の式を最大化する。

$$\begin{aligned}
 V = & \int_0^{T_2} \{A\Pi^{TN}(1 - \theta + g(mn))^{t-m}\} e^{-rt} - Ie^{-rT_2} \\
 & + \int_{T_2}^{\infty} h(w, l, X) A\Pi^{W} e^{-rt} dt
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

第11式の前半は、第1式の後半と同じで、ため池を修復しながら T_2 期まで利用する場合の利潤の現在価値を表す。ここで $m=0$ ならば、ため池の修復活

動の成立していない状態を示す。 T_2 期に井戸に投資するとして、投資額を I とする。必要な投資金額は各地域の地下水の状況によって決まるので、 I は外生変数である。 T_2 期以降は、井戸を利用した利潤 $h(w, l, \mathbf{X})A\Pi^{wL}$ を得る。井戸灌漑による利潤は一定と仮定するが、係数 h により変動する。係数 h は一般には、 T_2 期以降のため池受益地内の井戸の数 w (井戸密度)、 T_2 期以降でもため池の修復に参加している農家数 l 、農家 i の家計特性ベクトル \mathbf{X}_i により決まる。井戸の密度が高くなってくると、一つの井戸当たりの地下水汲み上げの効率が低下してくることが知られているので、 $h_1 = \frac{\partial h}{\partial w} < 0$ である。また、井戸に投資した農家であっても、ため池の水が利用可能であればため池も併用するので、ため池の修復に多くの農家に参加していれば、それだけ利潤が高くなる。したがって、 $h_2 = \frac{\partial h}{\partial l} > 0$ である。関数 h が家計特性 \mathbf{X}_i の関数でもある理由は、ため池灌漑と異なり井戸灌漑では、個々の農家の水管理能力が生産性に大きく影響するためである。しかし、ここではまず均質な農家集団を仮定し、 $w = n$ (すべての農家が井戸を持つ)、 $l = 0$ (すべての農家が井戸を所有した後では、ため池修復は行われぬ)、 $\mathbf{X}_i = \text{一定}$ であるとする。井戸への投資を決定する個々の農家にとって h は外生的かつ一定であるので、所与の h に対して現在価値を最大化するように最適な T_2 を定めるとする。その条件は第11式を T_2 で微分した次の式により与えられる。

$$\frac{\partial V}{\partial T_2} = \left\{ A\Pi^{TN}(1-\theta+g(nm))^{T_2} - m \right\} e^{-rT_2} + rIe^{-rT_2} - h(n, 0, \mathbf{X})A\Pi^{wL}e^{-rT_2} = 0 \quad (12)$$

第12式右辺の第1項は T_2 期におけるため池灌漑からの限界便益を、第2、第3項は T_2 期の管井戸からの限界便益をそれぞれ表しており、それが一致する時点が最適の T_2 期である。第12式の第2次導関数がマイナスとなるのは、 $(1-\theta+g(nm))$ が1より小さい時にだけなので、ため池の修復によってもため池の生産性が低下し続けている場合にのみ、井戸への投資が現在価値を最大化する。このことは直観的にもあきらかであろう。そこで、これ以降は $(1-\theta+g(nm))$ が1より小さいと仮定して論を進めることにする。

次に外生変数の最適 T_2 期に及ぼす影響を見るために第 12 式を外生変数で微分した。結果は次の通りである。

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial A} = \left\{ \Pi^{TN} (1 - \theta + g(nm))^{T_2} - h \Pi^{WL} \right\} e^{-rT_2} \quad (13)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial \Pi^{TN}} = (1 - \theta + g(nm))^{T_2} e^{-rT_2} > 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial \theta} = -A \Pi^{TN} T_2 (1 - \theta + g(nm))^{T_2-1} e^{-rT_2} < 0 \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial n} &= A \Pi^{TN} m \frac{\partial g}{\partial n} T_2 (1 - \theta + g(nm))^{T_2-1} e^{-rT_2} \\ &\quad - h_1 A \Pi^{WL} e^{-rT_2} > 0 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial m} = \left\{ A \Pi^{TN} n \frac{\partial g}{\partial m} T (1 - \theta + g(nm))^{T_2-1} - 1 \right\} e^{-rT_2} \quad (17)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial r} = I e^{-rT_2} > 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial I} = r e^{-rT_2} > 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial \Pi^{WL}} = -h A e^{-rT_2} < 0 \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial T_2 \partial w} = -h_1 A \Pi^{WL} e^{-rT_2} > 0 \quad (21)$$

以上の結果をまとめる。

①第 14, 16 式の符号は正である。つまり、ため池灌漑固有の利潤率 (Π^{TN}) が高い場合、 T_2 期以前のため池修復への参加者数 (n) が多い場合は、ため池灌漑の利潤が相対的に高いので、井戸への最適投資時期 (T_2) が遅くなる。

②一方、第 15, 20 式の符号は負である。自然状態でのため池の灌漑能力の低下 (θ) が著しい場合や井戸灌漑固有の利潤率 (Π^{WL}) が高い場合は、井戸灌漑の利潤率が相対的に高くなり、井戸への最適投資時期 (T_2) を早める。

③第18, 19式の符号が正であることから、割引率(r)や井戸への必要投資額(I)が大きければ、井戸への投資は遅くなる。割引率は、井戸への投資に対する利子率であると見なされる。

④第21式の符号も正である。 T_2 期以降の井戸密度(w)が大きいかほど、井戸一つ当たりの利潤率が低くなるので、井戸への投資時期が遅くなる。なお仮定により、ここでは $n=w$ である。

⑤第13式の符号は決まらない。つまり、水田面積(A)の影響は不定である。 T_2 期における水田面積あたりの利潤を比べ、ため池灌漑の利潤が井戸灌漑の利潤より大きければ、水田面積が広いほど管井戸への最適投資時期が遅れる。逆に、井戸灌漑の利潤の方が大きければ、水田面積が広いほど投資時期が早まる。

⑥第17式の符号も与えられた条件からは定まらない。第17式が負になる時、農家当たりのため池修復の負担額(m)負担額が大きいかほど、井戸への投資が早まる。それはため池修復投入に対する修復効果が低い場合である。つまり、参加農家数(n)が少ない、修復投入に対して灌漑能力回復の反応性が低い($\frac{\partial g}{\partial m}$ が小さい)、修復開始後の灌漑能力低下率が高い(g が小さい)、ため池固有の農家総利潤($A\Pi^{TN}$)が小さい、という条件では、ため池修復の負担に見合う便益がないので、井戸への投資の動機が強まることを意味する。一方、ため池修復の効果が高い場合は、第17式が正になるので、ため池修復の負担額の増加は井戸への投資を遅らせる。これらの結果は、ため池灌漑に関する第9式の結果と一致する。

以上の①から⑥の結果は、ため池灌漑の利潤を高める要素は一般に井戸への転換を遅らせ、井戸灌漑の利潤を高める要素は一般に管井戸への転換を促進するということを意味している。

ここまでは、均質な農家集団における各農家の投資行動をモデル化したものである。ため池の灌漑能力低下が避けられない限り、ある時点ですべての農家が個人所有井戸へ転換することが示された。しかし、均質ではない農家集団を仮定すると、各農家ごとに最適な T_2 の時期が異なるであろう。例えば T_2 期

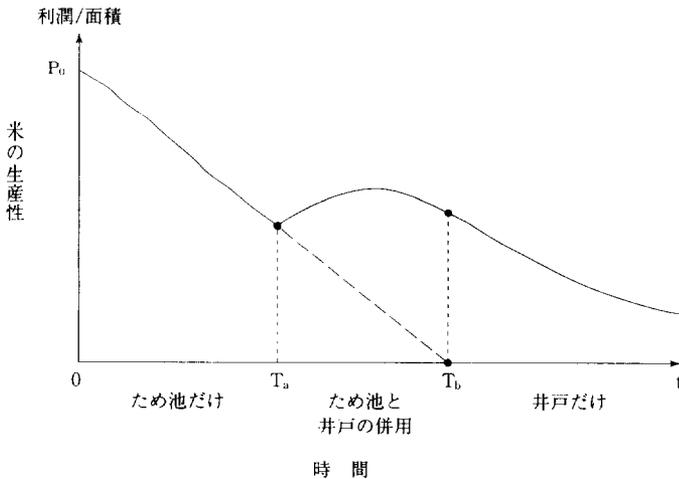
まではすべての n 戸の農家がため池修復に参加しているとする。 T_2 期に n 戸の農家のうち s 戸が井戸に投資し、残りの $n-s$ 戸がため池の修復を続けるとする。すると第 12 式は次のようになり、

$$\frac{\partial V_i}{\partial T_2} = \left\{ A\Pi^{TN} (1-\theta + g(nm))^{T_2} - m \right\} e^{-rT_2} + rIe^{-rT_2} - h(s, n-s, X_i) A\Pi^{WL} e^{-rT_2} \quad (12')$$

第 16 式は

$$\frac{\partial^2 V_i}{\partial T_2 \partial n} = A\Pi^{TN} m \frac{\partial g}{\partial n} T_2 (1-\theta + g(nm))^{T_2-1} e^{-rT_2} - h_2 A\Pi^{WL} e^{-rT_2} \quad (16')$$

と書き改められる。以前の第 16 式と異なり、第 16' 式の符号は定まらない。ため池修復活動に参加する農家の数の影響は、ため池灌漑については利潤を高めるが、同様に井戸灌漑についても、ため池灌漑を併用できるという意味で井戸からの利潤を高める。したがって、どちらの利潤をより高めるかによって井



第 7 図 灌漑方式と生産性の変化

戸への投資適期への影響が異なるのである。

不均質な農家集団の各農家の行動をたし合わせると、時間の経過とともに井戸の数は増していくことが予測される。農家集団の灌漑方式と生産性の関係を図に示すと第7図のようになる。スタートから T_a 期までは、ため池だけが利用される。 T_a 期から井戸への投資が始まる。初期においては、井戸とため池の併用が可能のため、単位面積当たりの利潤は上昇すると考えられる。しかし、ため池の能力低下は T_a 期以降も続き、また井戸の数は増え続けるので、利潤は再び低下し始める。 T_b 期に至ってため池はまったく能力を失い、農家は井戸だけを利用するようになる。井戸の生産性は、井戸密度とともに低下するので、井戸の数が増え続ける限り、生産性は低下傾向を続ける。以上の3段階を経て、ため池灌漑から井戸灌漑への転換が起こるのである。しかしそれでは、ため池と井戸が共存している状態は単なる過渡期であり、安定した均衡ではないのであろうか？

(2) ため池か井戸かの選択

ここまでの井戸投資の分析は、農家間の相互作用を考慮していなかった。実際には、各農家は他の農家の行動を予測して、自らの行動を最適化しているはずである。そこで、ゲーム理論に基づき、農家の戦略的行動を分析することにする。

基本になるのは5の(1)で展開した井戸への投資時期を決定するモデルである。再び均質な農家集団を考え、農家 i と農家 j をランダムに組み合わせるとする。それぞれの農家には、二つの戦略がある。「ため池の修復に参加し、ため池灌漑を利用する」または「ため池の修復に参加せず、井戸に投資する」、の二つである。この条件で T 期における利得マトリックスは第8図のようになる。利得マトリックスの中で、 a は両農家がため池灌漑を利用する場合の利潤、 b は片方の農家が井戸に投資し残りがため池を使い続ける場合の、ため池灌漑からの利潤、 c は片方の農家が井戸に投資し残りがため池を使い続ける場合の、井戸灌漑からの利潤、 d は両農家とも井戸に投資した場合の利潤である。

		農家 j	
		ため池修復	井戸に投資
農家 i	ため池修復	a / a	b / c
	井戸に投資	c / b	d / d

第8図 T期における利得マトリックス

注. 各セルの斜線の上側が農家 i の利益, 斜線の下側が農家 j の利益.

この T 期の時点で, p 戸の農家がため池の修復活動に参加しているとし, s 個の井戸がすでに存在しているとすると, a から d の値は 5 の (1) のモデルに基づき,

$$\begin{aligned}
 a &= A\Pi^{TN}(1-\theta+g(pm))^{T-m} \\
 b &= A\Pi^{TN}(1-\theta+g((p-1)m))^{T-m} \\
 c &= -rI+h(s+1,p-1,X)A\Pi^{WL} \\
 d &= -rI+h(s+2,p-2,X)A\Pi^{WL}
 \end{aligned}$$

となる。均質な農家集団を想定すると, T が井戸に投資する最適な T₂ 期以前の場合, すべての農家はため池灌漑を利用している。そして T₂ 期を超えると, すべての農家が井戸を利用するはずである。しかし, ここでは, 農家の戦略的行動を考慮し, 必ずしもすべての農家が井戸に転換するわけではないことを証明する。

まず, T₂ 期を超えると, a < c が成立する。また, 関数 g と h に与えられた仮定より, b < a と d < c が常に成立している。したがって, b < a < c が成

立していることが導かれる。しかし d がこの不等式のどこに入るかは与えられた条件からは決められない。以下の3通りが考えられる。

① $b < a < d < c$ の場合

井戸の数にかかわらず、ため池よりも井戸の方が有利な場合である。この場合、両者ともに井戸に投資するのが支配戦略である。これはため池の灌漑能力低下が著しい場合であり、最終的には井戸灌漑だけが残ることになる。

② $b < d < a < c$ の場合

この場合、両方の農家が井戸を利用する時の利潤 (d) は、両方の農家がため池を利用する場合の利潤 (a) よりも低くなる。したがって、井戸をやめて両者でため池の維持管理をした方が得である。しかし自分が裏切って井戸を掘ると、一緒にため池を利用するよりも高い利潤 (c) が得られる。これは4の後半で論じたのと同様な「囚人のジレンマ」ゲームであり、両農家とも井戸を掘るとするのが唯一のナッシュ均衡解になる。ため池の修復をすれば、もっと高い利潤が得られるのに、井戸に投資することでその機会を逃してしまう。この状況では、ため池修復の動機がなく、長期的にはため池は全く利用されなくなるであろう。

③ $d < b < a < c$

両方の農家が井戸を利用する場合の利潤 (d) が、片方の農家だけため池を利用する場合のため池灌漑の利潤 (b) よりも低い場合である。これはいわゆる「チキンゲーム」の構造をしており、三つのナッシュ均衡解が存在する。純粋戦略によるナッシュ均衡解は、農家 i がため池、農家 j が井戸という戦略をとる場合である。対称構造をしているので、その逆もナッシュ均衡解である。つまり、両者のとる戦略が異なればいい。それから混合戦略ナッシュ均衡の場合は、両者とも井戸に投資する確率を $\frac{c-a}{c-a+b-d}$ にして、ため池と井戸の両戦略をランダムに採用する。このゲームの特徴は、井戸戦略をとる場合の利潤 (c) はため池戦略の利潤 (b) よりも大きいのだが、両者が同時に井戸戦略を選択してしまうともっとも低い利潤 (d) しか得られないという点にある。両農家のどちらかが井戸戦略をとるかは、偶然により決まるか、あるいは、この

ゲーム以外の要素（歴史的経緯や経済外的強制など）によって決まる。

以上の考察より、ため池灌漑の灌漑能力が長期的に低下することを前提とした場合でも、必ずしも完全に井戸に転換してしまうわけではないことがわかった。「囚人のジレンマ」構造の場合は、ジレンマを解消するような仲介者や政策的な介入があれば、農民は共同のため池の修復を続ける可能性がある。また、「チキンゲーム」の構造をとっているなら、長期的にため池と井戸が一定比率で共存することが安定的に実現する可能性がある。

注(1) 井戸に投資をしなくても、井戸所有者から水を購入することで井戸灌漑を利用できる。したがって、井戸灌漑への完全な移行は、すべての農家が井戸を所有しなくても可能である。しかし、本稿の考察では、そのような井戸水市場の成立は捨象し、簡便化した。なお、Palanisami *et al.* [17] によれば、89の村落管理ため池からサンプルした536の農家のうち22の農家が他の農家の井戸から水を購入し、49の州政府管理ため池からサンプルした292の農家のうちでは16の農家が買水をしていた。

6. 実証分析

(1) ため池修復活動の成立

第4表に示したように、調査した12のため池のうち、半数の6カ所のため池の修復が行われていた。そこで、修復活動のあるため池とないため池を比較する。結果は第6, 7表にまとめた。

まず、村の状況を比較すると、修復活動のある村とない村で、降水量、人口、カースト多様性、土地所有、立地、識字率などにほとんど違いがない（第6表前半）。これは、村落の構造がため池の修復という共同作業の開始に影響するという仮説を支持しない結果である。しかし、15%水準では有意ではないものの、修復活動のある村の方が、人口が小さく、ため池の灌漑地域内に水田をもっている農家数の全農家数に対する比率は高い。このことは、ため池の利用に関して均質な村落ほど、修復活動を開始する動機が強いことを弱いながらも示唆し、仮説を支持している。しかし、一方、カースト多様性については、た

第6表 「修復したため池」と「修復しないため池」の特性比較（外生変数）

	修復あり (n=6)	修復なし (n=6)	有意水準 ¹⁾ (t 値)
村の特性			
年間降水量（県レベル，mm）	845	840	0.23
人口	1890	3050	1.21
10年前の人口	1130	1825	1.32
年平均人口増加率（%）	5.0	4.5	0.15
人口密度（人/km ² ）	460	600	0.52
総戸数	345	550	1.06
地区行政府までの距離（km）	13	13	0.10
地区行政府までの時間（分）	39	30	0.68
電化されてからの年数	36	43	0.50
男性成人識字率（%）	59	61	0.11
女性成人識字率（%）	35	47	0.79
土地所有農民比率（%）	59	66	0.67
小作農民比率（%）	11	9	0.28
土地なし農民比率（%）	26	26	0.07
多数派カーストの割合（%）	53	72	1.37
カースト多様性指標 ²⁾	0.57	0.40	1.35
ため池の特性			
ため池利用農家数	118	90	0.42
ため池利用農家の総戸数に対する%	78	21	1.04
同じため池を利用する村の数	3.2	2.7	0.31
村が利用するため池の総数	5	2.5	1.12
ため池灌漑対象面積（ha）	53	131	2.27***
ため池灌漑対象面積／農家（ha）	0.8	2.0	2.98***
村落管理ため池かどうか ³⁾	4カ所	2カ所	1.33

注. 1)*** は 5%水準で有意に異なることを意味する。

²⁾ シンプソン指数。

³⁾ Pearson's Chi-square テスト。

め池修復をしている村落の方が多様性が高い。いずれにしても、今回の 12 村のサンプルからは村落構造に関して統計的に有意な結果は得られなかった。

次に、ため池自体に関する変数を比較する（第 6 表後半）。ため池灌漑の対象地域の面積が、修復活動のないため池で有意に大きい。一方、灌漑地域内に

第7表 「修復したため池」と「修復しないため池」の特性比較（内生変数）

	修復あり (n=6)	修復なし (n=6)	有意水準 ¹⁾ (t 値)
井戸の普及状況			
ため池灌漑地内の井戸の数	13	6	0.82
ため池灌漑地内の井戸の数, 10 年前	3	2	0.43
10 年間の井戸増加数	9	4	0.79
井戸密度 (数/ため池灌漑地面積)	0.53	0.05	1.88*
米の生産性 ²⁾			
米の単収 (kg/ha)	5200	4900	0.44
米の単収 (kg/ha), 10 年前	2500	3000	0.93
米の単収の増加, 過去 10 年間	2700	1900	1.70*
米の単収の増加率, 過去 10 年間	1.14	0.68	1.79**
その他			
ため池周辺の耕作地化 (ha)	11.5	17.1	0.44
村人が灌漑の悪化を指摘 ³⁾	3 カ所	5 カ所	1.50
水利組合あり ³⁾	2 カ所	3 カ所	0.34

注. ¹⁾** は 10%水準, * は 15%水準で平均値が有意に異なることを意味する。

²⁾米の重量は粳米のもの。

³⁾Pearson's Chi-square テスト。

水田を持っている農家の数には統計的に有意の差がないので、結果として農家一戸当たりの灌漑地域内水田面積も、修復活動のないため池で有意に大きくなる。この結果は、4の(3)で提示した仮説、つまり、農家の水田面積が広いほどため池の修復に早く取り組むということに反している。しかし、ため池の灌漑対象面積が大きい場合、灌漑水の供給の豊富な水田と乏しい水田の差が大きく、水田の生産性が均質ではない傾向が強いと考えられる。そのため、ため池の灌漑対象面積が大きいほど、ため池の修復が遅れるのであろう。このことは4の(4)で論じた通りである。

次に内生変数の影響を分析する(第7表)。内生変数の場合、ため池修復を引き起こした原因なのか、その結果なのかを注意深く解釈しなければならない。まず、ため池の灌漑対象面積に対する実際の灌漑率を比べると、修復ありが

70%，なしが48%で、修復ありのため池で実現した灌漑率が有意に高い。しかし、それを実際の灌漑面積に換算すると、全体でも農家一戸当たりでも。両者に有意な違いはない。つまり、ため池修復の有無によらず、農家一戸当たりの実際の灌漑面積は平均するとほぼ同じなのである。したがって、ため池修復をまだ開始しないのは、それほどまでため池の灌漑能力が低下していないためであると考えられる。次に灌漑対象地内の井戸の数を比較する。修復活動のあるため池で、井戸の数の多い傾向があるが、それは統計的に有意な差ではない。しかし、井戸の密度は、修復活動のあるため池で有意に高い。つまり、ため池の修復が行われた村落では、ため池修復という共同作業だけでなく、井戸への私的投資も同時に行われたのである。これは、4および5の仮説を支持する結果である。つまり、ため池灌漑の能力低下はため池の修復と井戸への投資の両方を誘導すること、両者は二者択一ではなく同時に起こる可能性があること、の2点である。最後に米の収量を見ると、統計的に有意ではないものの、ため池修復が行われた場合の方が10年前の単収が低く、現在の単収は高い。その結果、10年間の単収の伸び、および伸び率は、ため池修復の行われた村で有意に高くなっている。以上のことより、ため池修復の実施されたため池は、過去において灌漑能力の低下が著しく、ため池修復だけでなく個人所有井戸への投資も盛んに行われた。その結果、現在では、ため池と井戸の併用により、修復が実施されないため池より同等か、少し高い単収を実現したと解釈できる。この解釈は、第7図の模式をおおむね支持するものである。

(2) 井戸への投資

ため池灌漑対象地域内の井戸の数、密度、数の増加は、様々な要因により規定されることがモデルより予測されている。ここでは、井戸の数と外生、内生変数との単純な相関関係を調べ、井戸投資の規定因子を見いだすことにする(第8, 9表)。

まず、外生的な村落変数について見る(第8表前半)。多数派カーストの割合が有意に負の相関を示し、カースト構成の多様性が有意に正の相関をしめし

第8表 村落・ため池の特性と井戸数の相関（外生的特性の場合）

	ため池灌漑地 内の井戸数	ため池灌漑地 の井戸密度	過去10年の 井戸数の増加
村の特性			
年間降水量（県レベル，mm）	-0.09	-0.25	-0.05
人口	0.14	-0.09	0.23
10年前の人口	0.33*	0.27	0.41**
年平均人口増加率（%）	-0.30	-0.24	-0.10
人口密度（人/km ² ）	0.47**	0.14	0.52**
総戸数	0.20	0.05	-0.25
地区行政府までの距離（km）	-0.27	-0.07	-0.22
地区行政府までの時間（分）	-0.32	-0.24	-0.26
電化されてからの年数	0.01	-0.03	0.03
男性成人識字率（%）	-0.22	-0.06	-0.26
女性成人識字率（%）	-0.28	-0.01	-0.29
土地所有農民比率（%）	-0.35*	0.29	-0.35*
小作農民比率（%）	0.54***	0.64***	0.59***
土地なし農民比率（%）	0.06	-0.08	-0.03
多数派カーストの割合（%）	-0.48**	-0.38*	-0.49**
カースト多様性指標	0.46**	0.35*	0.46**
ため池の特性			
ため池利用農家数	-0.25	-0.42**	-0.18
ため池利用農家の総戸数に対する%	0.07	-0.24	0.01
同じため池を利用する村の数	-0.18	-0.36*	-0.15
村が利用するため池の総数	-0.02	-0.08	0.01
ため池灌漑対象面積（ha）	-0.24	-0.56***	-0.23
ため池灌漑対象面積/農家（ha）	0.07	-0.24	0.08
村落管理ため池かどうか（ダミー変数）	1.24	0.45	1.14

注。表中の数字は二つの変数の相関係数である。ただし、ダミー変数については、平均値が有意に異なるかどうかのt検定の結果である。***は5%、**は10%、*は15%の有意水準であることを意味する。

ている。つまり、不均質な村落ほど井戸への投資が盛んである。このことは、モデル分析の結果からは「不均質な村落ほどため池灌漑の管理が不十分であるので、その代替として井戸への投資が進んだ」と解釈したいところである。しかし、すでに(1)で述べたように、カーストの多様性は統計的には有意ではな

第9表 村落・ため池の特性と井戸数の相関（内生的特性の場合）

	ため池灌漑地 内の井戸数	ため池灌漑地 の井戸密度	過去10年の 井戸数の増加
米の生産性			
米の単収 (kg/ha)	-0.07	0.11	-0.18
米の単収 (kg/ha), 10年前	-0.10	-0.02	-0.15
米の単収の増加, 過去10年間	-0.05	0.18	0.04
米の単収の増加率, 過去10年間	-0.08	0.14	0.08
その他			
ため池周辺の耕地化面積	-0.27	-0.32	-0.26
村人が灌漑の悪化を指摘 (ダミー変数)	0.40	-0.97	-0.56
水利組合の有無 (ダミー変数)	-1.29	-0.08	-1.14
ため池の修復活動の有無 (ダミー変数)	-0.82	-1.88**	-0.79

注. 表中の数字は二つの変数の相関係数である。ただし、ダミー変数については、平均値が有意に異なるかどうかのt検定の結果である。**は10%の有意水準であることを意味する。米の重量は籾米のもの。

いものの、ため池の修復を促進する傾向があり、また、ため池灌漑の能力低下はため池の修復と井戸への投資を同時に誘導する可能性がある。したがって、不均質な村ほど井戸への投資が盛んであったとしても、ため池の能力低下が著しいことがその原因ではないと考えるべきであろう。一方、村の人口密度や10年前の総人口は、井戸の数と強い正の相関がある。村の地主の割合とは有意に負の相関、小作人の割合とは有意に正の相関が見いだされた。以上をまとめて解釈すると、人口が土地に比して多い村ほど、小作人の割合が多く、カーブ構成は不均質になる。そのような村では、富裕層を中心に個人所有井戸への投資が進められたのであろう。

ため池自体の特性では、灌漑対象面積とそこに水田を持つ農家の数が、井戸の密度に対してともに有意に負の相関を示す。これは、井戸の密度を、灌漑対象面積に対する井戸の数として定義したためである。それ以外には有意な相関をしめす関係はない。米の単収やその変化と井戸の関係には、有意な相関関係は全く見いだせない。おそらく、井戸への投資は、ため池灌漑の能力低下によ

る米の単収減がきっかけとなっているため、井戸が増加しても米の単収の低下をくいとめるだけで、単収の改善はしていないのであろう。しかし、すべての農家が井戸を持つわけではないので、井戸の効果は個々の農家レベルで判定しなければならない。

(3) 灌漑タイプと米作利潤

ため池灌漑と個人所有井戸灌漑の経済効率性を比較するために、灌漑水源の

第10表 灌漑水源の違いと家計、村落特性

	ため池のみ (n=38)	井戸のみ (n=16)	併用 (n=6)
家計特性			
水田面積 (acre)	2.1 (2.1)	1.2 (0.8)	1.6 (1.7)
家長の年齢	48 (12)	50 (12)	44 (15)
家長の修学年数	5.9 (4.4)	4.1* (3.5)	9.3* (5.1)
家族構成員の数	4.3 (1.7)	3.9 (1.5)	4.7 (1.6)
村落特性			
男性実質賃金率 (Rs/日)	11.5 (1.2)	11.5 (0.6)	12.0 (1.0)
女性実質賃金率 (Rs/日)	6.4 (2.1)	5.0# (1.0)	7.5 (2.7)
化学肥料実質価格 (Rs/kg)	2.2* (0.4)	2.0* (0.3)	2.1 (0.2)
井戸密度 (個数/ha)	0.17 (0.30)	0.81# (0.66)	0.08 (0.02)

注. 数値は平均値、括弧内は標準偏差。* は二つの数値が5%有意水準で統計的に異なることを意味し、#はその数値が他の二つの数値と5%有意水準で統計的に異なることを意味する。なお、表中の金額はすべて米価(キログラム当たり農家庭先粳米価格)で実質化してある。

違いが農家の米作利潤に及ぼす影響を分析する。調査をした農家のうち60戸が、ため池灌漑の対象地に水田を持っていた。灌漑水源の内訳は、ため池のみが38戸、井戸のみが16戸、両者の併用が6戸である。これらの農家の家計特性を第10表にまとめた。平均値でみると、1戸当たりの水田面積、平均家族サイズ、家長の修学年数のいずれも井戸のみの農家群で低いように見える。しかし、統計的に有意の差があるのは、家長の修学年数のみで、しかも井戸のみ農家群と併用農家群の間だけで有意に差がある。次に、村落特性を見てみる(第10表)。男性実質賃金は、三つの灌漑タイプの間で統計的に有意な違いはない。しかし、女性実質賃金と化学肥料実質価格は、井戸のみの農家群で有意に低い(ただし、化学肥料実質価格については、ため池のみ農家群と井戸のみ農家群の間でだけ違いがある)。井戸密度が井戸のみの農家群で有意に高いのは、井戸のみを利用する農家が一部の村落に偏っているためであり、第4表からも明らかである。

第11表は、単位面積(1エーカー=約0.405ヘクタール)当たりの米作利潤を比較した。金額は当該村落における米価(粳米1キログラム当たりの農家庭先価格)により実質化してある。まず、生産額は3者間で統計的に有意な差はない。しかし、ため池灌漑の標準偏差が他の二つと比べて非常に大きく、ため池灌漑の不安定さが示されている。次に生産費では、井戸のみの農家群で単位面積当たりの種子費用が他の2者と比べて有意に高い。水管理費用と水利費用も、井戸のみの農家群が他の2者と比べて有意に大きい。水管理費用は、水田に水を入れる際の世話や見張り作業であり、井戸の場合、灌漑頻度が高いのでそれだけ労賃がかかるのである。ただし、多くの場合は家族労働(主として男性)を利用しているため、実際の支出ではない。水利費に関しては、ため池の場合は、水門の番人に支払う一定の謝礼や州政府が徴収するため池利用税である。井戸の場合、井戸所有者であればポンプの維持・修理費用、井戸を所有しない農家であれば水の購入代金が水利費用にあたる。井戸のほとんどが電動ポンプを使用しているため、農業向け電気料金が無料のタミル・ナドゥ州では、ポンプの稼働費用はゼロである。なお、井戸への投資費用(金利の支払い)は

第 11 表 灌漑水源の違いによる米作利潤の比較

	ため池のみ (n=38)	井戸のみ (n=16)	併用 (n=6)
単位面積当たり利潤 (Rs/acre)	770* (1380)	-450* (1090)	730 (590)
収入内訳 (単位面積当たり)			
米生産額 (Rs/acre)	1630 (1300)	1530 (600)	1850 (430)
費用内訳 (単位面積当たり)			
耕起 (Rs/acre)	32 (96)	39 (50)	25 (39)
化学肥料 (Rs/acre)	220 (190)	280 (220)	240 (120)
種子 (Rs/acre)	91 (67)	170# (83)	79 (25)
移植・直播労働費 (Rs/acre)	71 (120)	120 (49)	56 (51)
除草労働費 (Rs/acre)	290 (390)	160 (110)	170 (100)
薬剤散布労働+薬剤費 (Rs/acre)	36 (91)	35 (40)	15 (10)
水管理労働費 (Rs/acre)	120 (160)	1040# (1050)	460 (420)
水利費 (Rs/acre)	0.90 (3.8)	140# (250)	78 (63)

注. 費用の中には自家労働を市場賃金で評価した労賃も含まれる。数値は平均値, 括弧内は標準偏差。* は二つの数値が 5% 有意水準で統計的に異なることを意味し, # はその数値が他の二つの数値と 5% 有意水準で統計的に異なることを意味する。なお, 表中の金額はすべて米価 (キログラム当たり農家庭先粗米価格) で実質化してある。

費用の中に含めていない⁽¹⁾。以上の種子と灌漑に要する費用を除くと, その他の生産費については 3 者間で統計的に有意な差はない。その結果, 単位面積当たりの利潤は, 井戸のみを利用する農家群がマイナス 450 ルピーとなり, 他と比べて有意に低くなった⁽²⁾。この違いの最大の原因は, 井戸のみを利用す

る農家では、水管理労働の費用が非常に高くなるためである。前述したように、水管理労働は自家労働を用いる場合が多いので、実際には、井戸のみ農家群の米作が赤字になるわけではない。しかし、この結果は、井戸灌漑によりきめ細やかな水のコントロールが可能になるが、それに伴う労働負荷を考慮すると必ずしも効率的な灌漑システムではないということを示している。

米作利潤に影響する様々な要因を明らかにするために米作利潤関数を推計した。被説明変数は、第11表で計算した自家労働費用を含めた単位面積当たりの米作利潤である。この推計では、灌漑のタイプ（ため池のみ、井戸のみ、併用）は、各農家にとっては外生的に決定すると考え、それぞれのダミー変数を説明変数に加えた。また、4と5のモデルに基づく分析により、ため池灌漑対象地の井戸密度が、米作利潤に影響を与えることが予想されるので、村落変数として井戸密度を説明変数に加えた。井戸密度の影響は、ため池のみを利用する場合と井戸のみを利用する場合では異なると考えられるので、それらのダミー変数と井戸密度の積も説明変数とした。以上の基本モデルに加えて、モデル1、モデル2、モデル3でそれぞれ水利組合の有無、ため池修復の投入量、ため池周辺の耕地化の米作利潤への影響を検討した。結果は第12表に示す。

四つのモデルを比較すると、推計した係数はどのモデルでもほぼ近似しており、推計が安定であることを示している。しかし、モデル1から3で追加した村落変数の係数はいずれも有意な結果とはならなかった。またこの追加変数の結果、基本モデルと比べて有意に推計される係数が減少している。これは、おそらくこれらの村落変数と灌漑のタイプや井戸密度とは強い相関があるため、多重共線性の結果、有意度が低下したものと思われる。そこで、基本モデルを中心に結果の解釈を試みたい。

まず、水田面積は水田利潤に対して有意に正の影響を与える。その理由として考えられるのは、水管理労働の非効率である。つまり、水田面積の大小に関わらず、水管理については一定の時間を費やす必要があるため、小規模水田において労働の過剰投入が起こる。また、この結果は、規模の大きな水田が不利ではないということも示唆している。これは、農村部に効率的な賃労働市場が

第12表 米作利潤関数の推計

	基本モデル	モデル1	モデル2	モデル3
家計変数				
定数項	8260** (4250)	8490** (4150)	8440* (5050)	8820* (4580)
井戸だけ利用ダミー	3600* (1840)	3300 (2130)	3420 (2890)	3650* (1912)
井戸だけダミー*井戸密度	-45600** (20700)	-44100* (22000)	-43700 (31500)	-43900** (20900)
ため池だけ利用ダミー	3920** (1910)	3780* (2053)	3740 (2920)	3770* (1900)
ため池だけダミー*井戸密度	-45100** (20800)	-43900* (21900)	-43200 (31500)	-43700** (21000)
水田面積(acre)	268** (124)	266** (126)	266** (122)	278** (131)
家族構成員数	-157** (73)	-164** (70)	-153* (87)	-123* (64)
家長の年齢	-229* (129)	-210 (151)	-229* (128)	-251* (144)
家長の年齢自乗	2.30* (1.26)	2.12 (1.45)	2.30* (1.25)	2.50* (1.38)
家長の就学年数	24.8 (31.6)	22.4 (33.0)	24.6 (32.4)	22.9 (30.9)
家長が女性(ダミー変数)	-437 (346)	-430 (359)	-420 (363)	-352 (357)
村落変数				
井戸密度(数/ha)	44700** (20900)	43400* (22000)	42800 (31500)	42600** (21000)
男性実質賃金率(Rs/日)	-460** (209)	-535** (230)	-468** (219)	-577** (287)
女性実質賃金率(Rs/日)	109 (109)	144 (117)	108 (118)	96 (112)
化学肥料実質価格(Rs/kg)	-405 (503)	-384 (530)	-383 (552)	-366 (710)
水利組合(ダミー変数)	na	245 (490)	na	na
ため池修復労働投入量(Rs)	na	na	-0.06 (0.60)	na
ため池周辺の耕地化(ha)	na	na	na	-14.1 (14.4)
R ²	0.48	0.49	0.49	0.50
サンプル数	60	60	60	60

注. 括弧内は標準誤差の絶対値。**は5%、*は10%の有意水準であることを意味する。

成立しているため、雇用労働を利用しても生産性が低下することがないためであろう。家族構成員の数は有意に負の影響がある。家族数が多い場合は、農外収入を得る機会が増大し、米作について熱心ではなくなるのであろう。家長の年齢については、高齢になるほど利潤が低下していく傾向がある。これは、若いほど新技術の採用に熱心であるためであると考えられる。ただし、家長の修学年数は、米作利潤に影響していない。村落変数では、男性賃金率が米作利潤を有意に引き下げているが、女性賃金率は利潤に影響を与えない。田植え、除草、稲刈りが主として女性の仕事であるのに対して、灌漑の管理が主に男性の仕事である。前に論じたように、灌漑管理への労働投入の差が利潤に大きく影響しているためである。

重要な点は、灌漑タイプダミー変数と井戸密度の影響である。いずれも、統計的に有意な係数を推計できたが、交差項があるため、このままでは解釈できない。結果は第13表にまとめた。ため池と井戸の併用の場合の利潤が単位面積当たり8260ルピーであるのに対して、ため池だけの場合はそれより3760ルピー低く、井戸だけの場合は33330ルピー低い⁽³⁾。いずれも、統計的に有意な推計である。つぎに、井戸密度の効果は、併用時にはヘクタール当たり井戸が1つ増加するごとに44700ルピーの利潤増大効果がある。しかし、井戸だけを利用する場合には井戸が1つ増すごとに856ルピーずつ減少し、ため池だけを利用する場合には井戸密度は利潤に影響を与えない（推計した係数がゼロと有意に異ならない）。以上の結果は、第7図に模式化した灌漑タイプと生産性の変化を、おおむね支持する。

第13表 灌漑タイプと井戸密度の影響

	推計した係数	標準誤差	有意水準
井戸のみ利用	-33330	15000	**
ため池のみ利用	-3760	1710	**
井戸密度（井戸のみ利用の場合）	-857	378	**
井戸密度（ため池のみ利用の場合）	-419	652	

注. **は5%の有意水準であることを意味する。

第14表 灌漑タイプと米作利潤格差

	推計値	標準誤差	有意水準
$c-a$	7890	3660	**
$b-d$	905	331	***
$a-b$	111	172	
$\frac{c-a}{c-a+b-d}$	0.90	0.056	***

注. ** は 5%, *** は 10%の有意水準であることを意味する。

最後に、利潤関数の推計結果を、5の(2)で考察したゲーム理論にあてはめてみる。第12表に示した基本モデルの推計結果を使い、灌漑のタイプと管井戸密度以外にの特性はすべての農家が平均値ととると仮定し、第12表にしたがって $c-a$ 、 $b-d$ 、 $a-b$ 、 $\frac{c-a}{c-a+b-d}$ をそれぞれ推計した。結果は、第14表に示す。各利潤には、 $d < b < a < c$ の関係があることから、5の(2)に基づき、チキンゲームの構造をしていることが示唆された。 $\frac{c-a}{c-a+b-d}$ の推計値は0.90であり、1%水準で統計的に有意である。今回の調査で得られたデータでは、井戸とため池を併用した場合の利潤が、他と比べて非常に高いため、 $c-a$ が大きな値となった。そのために均衡点において井戸を採用する農家の予測割合が90%という高い数値になる。実際の分布は、第11表に示したように、約37%の農家が井戸を利用している⁽⁴⁾。90%という数字自体は正確なものではないであろうが、以上の結果からは、現状のままでは井戸の割合がまだ増加していくことが予想される。しかし、チキンゲーム構造が示唆する点は、すべての農家が井戸に転換するわけではなく、一定の割合で共存する均衡点が存在するという点である。

注(1) 井戸への投資はすでに支出された費用 (sunk cost) なので、当該作期の利潤最大化行動には影響を与えない。したがって、1作期の米作利潤を考える際には井戸への投資費用は考慮する必要がない。たとえ井戸への投資が借入金によりまかなわれ、金利の支払いが当該作期にあったとしても、その費用は当該作期の利潤には影響しない

と考えるべきである。

- (2) 第11表からわかるように、厳密にいうと、ため池のみ農家群の平均利潤（エーカー当たり770ルピー）と井戸のみ農家群の平均利潤（エーカー当たりマイナス450ルピー）の間で5%水準で統計的に有意な差がある。しかし、ため池のみ農家群と併用農家群の間、および井戸のみ農家群と併用農家群の間には、統計的に有意な差はない。ではあるが、ため池の農家群と併用農家群の平均利潤は非常に接近しており、井戸のみ農家群だけが低い利潤になっていると主張することに誤りはないであろう。
- (3) ため池のみダミーの効果は、ため池のみダミーの係数(3920)+井戸密度の係数(-45150)×井戸密度の平均値、により求めた。ため池のみを利用する農家群の所属する集落の平均井戸密度は第10表より0.17であり、計算すると-3760、標準誤差1710となり、5%水準で有意である。井戸のみダミーの効果も同様の方法で求めた。
- (4) 理想的には、六つのため池の灌漑受益地の中での、灌漑タイプごとの利潤と井戸の普及の関係を分析し、その共存の可能性を議論すべきである。しかし、その場合は、井戸密度と利潤に関する時系列的なデータが必要になり、1時点の現地調査からは得ることができない。そこで、本稿では、複数のため池を調査することにより、井戸密度や労働力や化学肥料などの投入財価格の多様性を得ることにした。多変量解析の手法を用いることにより、家計や地域の特性が米作利潤に与える影響をコントロールし、灌漑タイプと井戸密度の効果を計測できたと考える。

7. 結 論

本稿では、地域共有資源である灌漑用水資源を取り上げ、ため池による共同管理と井戸による個別管理の経済効率を比較した。一般にため池では、維持管理に共同作業が要求されるため、十分な維持管理がなされず、灌漑能力の低下傾向が指摘されている。それに対して、井戸による地下水の私有化は、効率的な灌漑システムであると考えられている。したがって、政策的な介入なしに放置すれば、早晚、すべての灌漑が井戸に転換してしまうかも知れない。

しかし、本稿で実証的に明らかにしたことは、井戸灌漑による米生産の低利潤である。米の単位当たりの収量には大きな違いがないのだが、井戸灌漑では水管理のために投入する労働が多いため、利潤を計算すると赤字となってしまう。つまり、地下水の私有化は高いコストが必要であるということが明らかと

なった。タミル・ナドゥ州の最近の経済発展にともなう男性の賃金率の上昇は、井戸灌漑を儲からないものにしてしまっているようである。だからといって、ため池灌漑が全面的に復活するとも考えられない。なぜなら、ため池と井戸を併用する場合に、最も大きな米作利潤が得られるからである。

以上の米作利潤に関する実証分析に基づき、ゲーム理論を使って本稿で示したことは、ため池と井戸が一定の割合で共存するような均衡点が存在するということである。井戸を利用する（併用または井戸のみ）農家の数は、現状の利潤に基づくと、均衡点において約90%と予測された。この数字の是非はともかく、現状ではまだ37%しか井戸を利用していないので、今後、まだ井戸の普及が進むことが考えられる。しかし、併用した場合の利潤が最大であることを考えるなら、井戸が普及したからといって、ため池を放棄してしまうことは得策ではない。タミル・ナドゥ州政府としては、クレジット制度などにより井戸の普及を促進する必要があるが、その一方で、たとえ個人所有井戸が普及したとしても、ため池の維持管理が持続するような制度を実施しなければならないであろう。

〔参 考 文 献〕

- 〔1〕 青木昌彦・奥野正寛編著『経済システムの比較制度分析』（東京大学出版会、1996年）。
- 〔2〕 Easter, K. William and K. Palanisami, "Tank Irrigation in India: An Example of Common Property Resource Management," in Proceedings of the Conference on Common Property Resource Management, April 21-26, 1985, Office of the International Affairs, National Research Council: Washington D.C., 1986.
- 〔3〕 Friedman, James W., *Game Theory with Application to Economics*, Oxford, UK: Oxford University Press, 1986.
- 〔4〕 Government of India, *Area and Productions of Principal Crops in India*, New Delhi, India: Directorate of Economics & Statistics, Ministry of

- Agriculture, Government of India, 1993.
- [5] Government of India, *Indian Agricultural Statistics 1985-86-1989-90*, vol. I, New Delhi, India: Directorate of Economics & Statistics, Ministry of Agriculture, Government of India, 1993.
- [6] Government of India, *Agricultural Situation in India*, New Delhi, India: Directorate of Economics & Statistics, Ministry of Agriculture, Government of India, September 1996.
- [7] Government of India, *Agricultural Statistics at a Glance*, New Delhi, India: Directorate of Economics & Statistics, Ministry of Agriculture, Government of India, 1996.
- [8] 速水佑次郎『開発経済学』（創文社，1995年）。
- [9] 川島武宜・潮見俊隆・渡辺洋三『入会権の解体 I』（岩波書店，1958年）。
- [10] Kijima, Yoko, Takeshi Sakurai, and Keijiro Otsuka, "Iriaichi: Collective vs. Individualized Management of Community Forest in Post-War Japan," paper presented at International Workshop on Land Tenure and the Management of Land and Trees: Community and Household Case Studies from Asia and Africa, Tokyo, Japan, July 1-3, 1998.
- [11] Kumar, K. and V. C. Mathur, "Agriculture in Future: Demand-Supply Perspective for the Ninth Five-Year Plan," *Economic and Political Weekly*, Vol. XXXI, No. 39, September 28, 1996, pp. A 131-A 139.
- [12] メイナード・スミス, ジョン『進化とゲーム理論——闘争の論理——』（産業図書，1985年）。
- [13] Misra, S. K. and V. K. Puri, "Agricultural Production and Productivity Trends," in *Indian Economy - Its Development Experience*, Mumbai, India: Himalaya Publishing House, 1997.
- [14] Morris, Sebastian, "Political Economy of Electric Power in India," *Economic and Political Weekly*, Vol. XXXI, No. 20, May 18, 1996, pp. 1201-1210 and No. 21, May 25, 1996, pp. 1274-1285.

- [15] 大野昭彦「インド・ハリヤーナ州における米・小麦二毛作の普及と所得分配——ニザムブル村の調査報告を中心に——」(『アジア経済』第XXV巻, 第1号, 1984年), 67~82ページ。
- [16] Ostrom, Elinor, Roy Gardner, and James Walker, *Rules, Games, & Common-Pool Resources*, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1994.
- [17] Palanisami, K., R. Balasubramanian, and A. Mohamed Ali, *Present Status and Future Strategies of Tank Irrigation in Tamilnadu*, Coimbatore, India: Water Technology Centre, Tamilnadu Agricultural University, 1997.
- [18] Palanisami, K., R. Salvadi Easwaran, C. Karthikeyan and A. Rajagopal, "Assessing Tank Performance from the Multiple Uses and Users' Perspective," paper presented at Tank Multi-use & User Methodology Workshop, Water Technology Center, Tamil Nadu Agricultural University, March 23, 1998.
- [19] Sakurai, Takeshi, "Communal Forest Management in Japan: Its History and Present Situation," *Farming Japan*, vol. 31-1, 1997, pp. 48-51.
- [20] Sakurai, Takeshi, Santosh Rayamajhi, Ridish K. Pokharel, and Keijiro Otsuka, "Private, Collective, and Centralized Community Management: A Comparative Study of Timber Forest and Plantation Management in Inner Tarai of Nepal," paper presented at International Workshop on Land Tenure and the Management of Land and Trees: Community and Household Case Studies from Asia and Africa, Tokyo, Japan, July 1-3, 1998.
- [21] 桜井武司「インドの農産物貿易自由化と米穀生産——コメ輸出大国への道は開けるか——」(『農林経済』第9127号, 1998年10月12日), 2~7ページ。
- [22] 桜井武司「南インドの農村開発と農村環境——タミル・ナドゥ州の村落調査から——」(『農業総合研究』第52巻, 第3号, 1998年7月), 93~126ページ。
- [23] Sengupta, Nirmal, *Managing Common Property: Irrigation in India and*

Philippines, New Delhi, India: Sage Publications, 1991.

- [24] Sethi, Rajiv and E. Somanathan, "The Evolution of Social Norms in Common Property Resource Use," *American Economic Review*, vol. 86, 1996, pp. 766-788.
- [25] Siddiq, E. A., "Rice: Development Opportunities," in *The Hindu Survey of Indian Agriculture 1996*, Chennai, India: National Press, 1996.
- [26] Singh, Katar, "Managing Common Pool Irrigation Tanks: A Case Study," in Katar Singh ed., *Managing Common Pool Resources: Principles and Case Studies*, Delhi, India: Oxford University Press, 1994, pp. 203-226.
- [27] Stevenson, Glenn G., *Common Property Economics: A General Theory and Land Use Applications*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991.
- [28] 多田博一「インド②小規模灌漑の発達」(堀井健三・篠田隆・多田博一編『アジアの灌漑制度——水利用の効率化に向けて——』新評論, 1996年), 331~356ページ。
- [29] U. S. Department of Agriculture, *Rice Yearbook*, Washgton, DC: Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, 1996, 1997.

〔付 記〕

本稿は環境庁地球環境研究総合推進費「アジア諸国における開発水準, 生活の豊かさ (QOL), 環境認知・行動に関する研究 (1997~1999)」の成果の一部である。本稿の実証分析に用いたデータは, 1998年3月にインド, タミル・ナドゥ州で実施した現地調査により収集した。現地調査については, 農林水産省国際農林水産業研究センターの「地域農業の特性解明調査」により支援をうけた。

現地調査では, タミル・ナドゥ農業大学 (Tamil Nadu Agricultural University) の全面的な協力を得た。とりわけ, K. Palanisami 氏, L. Nirmala 氏, T. C. Sivakumar 氏の助力を得たことに深く感謝する。

〔要 旨〕

地域共有資源のとしてのため池灌漑

——インド、タミル・ナドゥ州の事例——

櫻井武司

本研究の課題は、灌漑用水という伝統的な地域共有資源を取り上げ、資源管理制度の進化という問題に関して理論的な考察と現地調査に基づく実証的な分析を行うことである。具体的には、灌漑用水の共同管理制度（ため池灌漑）と個別管理制度（井戸灌漑）の二つの制度について、米作の効率性という観点から比較をした。

投資モデルに基づく分析からは、灌漑への最適投資時期は、ため池灌漑の能力低下速度やそれを緩和するために必要な費用などによって決まることが示された。ポイントは、ため池を補修しなければ灌漑能力の低下は避けられない以上、農家はある時点で必ず灌漑能力の維持のために投資をするという点である。しかしため池の修復には「ただ乗り」の誘因が働くので、井戸への投資が優越すると予測される。この点に関する本稿の貢献は、ゲーム理論に基づき農家の戦略行動を分析し、ため池灌漑と井戸灌漑が共存する可能性を示したことである。すべての農家が井戸灌漑だけを利用する場合の利潤が、ため池と井戸が共存する場合にため池灌漑を利用する農家の利潤よりも低ければ、ため池と井戸の共存する状態が安定した均衡となる可能性がある。

実証分析では、著者らがタミル・ナドゥ州で実施した農家家計調査のデータに基づき、灌漑のタイプと米作利潤の関係を解明した。その結果、まず井戸灌漑のみを利用した米生産の利潤が非常に低いことを明らかにした。米価格で実質化した単位面積あたりの利潤は、平均すると井戸のみ農家がマイナス450ルピー、ため池のみ農家が770ルピー、併用農家が730ルピーである。これは、井戸灌漑では水管理のために多くの労働投入が要求されるためである。次に、米作利潤関数の推計結果からは、ため池と井戸を併用する農家の利潤は、井戸のみの場合やため池のみの場合と比べて統計的に有意に高いことが明らかとなった。この結果は、均衡点においてため池と井戸が共存する可能性があることを示唆する。利潤関数の推計結果に基づき計算すると、均衡点において井戸を利用する農家の割合は90%になると予測された。現状の井戸利用率が37%であることを考えると、今後も井戸の普及が拡大するであろう。

以上から、本稿は灌漑用水の管理制度に関して、個人所有井戸が必ずしも効率的ではないことを明らかにした。しかし、そのことは個人所有井戸の普及を否定することにはならない。そうではなくて、個人所有井戸を普及させる一方で、ため池の維持管理を持続させるような制度を実現する必要がある。