

## 渇水への制度的適応の有効性—讃岐平野における水融通を事例として

竈橋 一輝 (京都大学大学院地球環境学舎博士課程)・

植田 和弘 (京都大学大学院地球環境学舎／経済学研究科)

原稿受付日 2011年9月1日 原稿採択日 2011年10月1日

### 【要旨】

讃岐平野において1994年に発生した深刻な水不足に対する制度的適応策として実施された水系間・水系内の水融通の効果を定量的に評価した。土器川水系(満濃池受益地域)と杵田川水系(豊稔池受益地域)を対象とした既存のデータを用いて、農作物被害額と農家負担額を算出し、水系間・水系内の水融通が実施されたため池掛かりと実施されなかったため池掛かりの間で比較・検定を行い、水融通の効果を検証した。その結果、(1)満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムを通じた水系内の水融通には、1994年の讃岐平野における異常渇水時の農作物被害額と農家負担額を軽減させる効果があったこと、(2)満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムは、ため池掛かり全体で農家負担額を平準化する効果があったことが明らかとなった。水系内の水融通は渇水への制度的適応を図る上で有効な制度であり、重層的にネットワーク化されたため池水利システムは、渇水への適応型管理を行うための重要な制度的基盤であることが示された。

キーワード：水融通，制度的適応，讃岐平野，ため池水利システム，適応型管理

### はじめに

本研究は、1994年の深刻な水不足に対する制度的適応策として実施された、讃岐平野における水系間・水系内の水融通に注目<sup>2)</sup>し、その効果を検証することを目的としている。

讃岐平野は地質・地形・気候的条件から安

定的な利水を行うことが難しく、古くから頻発する渇水の被害に悩まされてきた。このため、讃岐平野では古代条里制開拓の時代からため池を中心とした水利システムが発達しており、頻発する渇水に適応するための独特の農業水利慣行が形成されてきた(長町1991;香川用水土地改良区1998)。その内容は第1に、ため池の水を効率よく利用するための農業水利慣行であり、ため池の水供給の延命化を図り、計画的な配水を行う“番水”や、圃場ごとに水利用の効率性を高める“走り水”や“切り落とし”等の節水灌漑が含まれる。第2に、ため池の水を公平に利用することを目的とする“井出上がり”と呼ばれる農業水利慣行である<sup>1)</sup>。これらの農業水利慣行は、いわば水系内での水融通を担う制度である。1978年に香川用水の通水が開始されて以降は、讃岐平野内の主要なため池を調整池として活用しながら、香川用水幹線の分水工の流量を調節することによって、それまでは物理的に不可能であった水系間での水融通を行うことも可能となった(長町2003)。

水系内の水融通は、大規模なため池である親池の受益地域内の構成員間で歴史的に合意・形成されてきた基準(例えばため池の水位等)に基づいて、親池を管轄するため池掛かりが構成員の利害を調整しながら実施するものである。それに対して、水系間の水融通は、香川用水を管轄する香川用水土地改良区の幹線の下、香川用水を受水する県内の79の土地改良区・水利組合の間で合意された水量を、香川用水幹線を通じて香川用水土地改良区が送水するものである。1994年の異常渇水時には、農業水利慣行に基づく水系内の水融通と香川用水幹線を通じた水系間の水融

通が行われ、渇水への適応が図られた。

1994年に讃岐平野で実施された水系間・水系内の水融通は、渇水に対する重要な制度的適応策<sup>3)</sup>の1つとして位置づけられる。“水融通”は学術上明確な定義が与えられていない用語であるが、先行研究の中では、2通りの使い方が存在する。1つは、渇水時における水利権の移転として水融通を認識するものであり、もう1つは、水利権の移転を伴わない利水者間の水の互譲として水融通を認識するものである。前者に基づいた先行研究には、水融通を水資源の最適配分問題としてモデル化し、最適水融通量と渇水リスクの軽減効果に関する数値シミュレーションを行うもの(岡・高木2004;谷本・森田2002)と、水融通を水資源に余裕のある水利団体から逼迫している水利団体への一時的な水利移転と見なし、2001(平成13)年5月4~9日にかけての茨城県小貝川流域における霞ヶ浦用水からの融通の事例を紹介するもの(大木・園田2003)がある。後者に基づいた先行研究には、水融通を“乏しきもの分かち合い”として位置づけ、地域の文化や水利制度と関連づけながら、香川県讃岐平野における1994年の渇水適応の事例を紹介するもの(長町1995;富山1999;長町2003)や、渇水対策の中に水融通を位置づける上での課題整理を行うもの(志村1995)がある。本研究では、長町(1995,2003)による水融通の認識に従いつつ、「水利権流量以下の水量で、水を分け合い、異常期を乗り切る」(志村1995,p.77)ものとして水融通を定義し、渇水への制度的適応策として位置づける<sup>4)</sup>。

水融通に関してこれまでいくつかの研究がなされてきたが、水融通の渇水リスク低減効果を分析する研究では水融通の実態がほとんど取り扱われていない一方で、水融通の事例を紹介する研究では水融通の効果を定量的に分析する視点が欠けていた。水系間・水系内の水融通の効果を現実のデータに即して定量的に評価するという研究はこれまで行われてこなかったのである。そこで本研究では、讃岐平野において1994年に実施された農業用水内での水系間・水系内の水融通に焦点を当

て、農作物被害額や農家負担額という現実のデータに基づいて、水系間・水系内の水融通の効果を定量的に評価する。

## 1. 讃岐平野における水融通システム

香川用水事業は、讃岐平野の不安定な水事情を抜本的に改善するために、吉野川総合開発事業の一環として実施されたものであり、徳島県を流れる吉野川に建設された早明浦ダムの年間開発容量8億6,300万トンのうち、池田ダムを通じて年間開発容量の29%に相当する2億4,700万トンを香川県に導水することを目的とした事業である。香川用水は1968(昭和43)年に着工され、1978(昭和53)年に全線通水が開始された。香川用水導水量の内訳は、農業用水が1億500万トン/年、上水道用水が1億2,210万トン、工業用水工業用水が2,000万トン/年で、農業用水の受益面積は30,700ha(うち水田が25,100ha、樹園地が5,600ha)、上水道用水は香川県の8市5町(給水人口94万人)、工業用水は坂出・丸亀の中讃地域臨海工業地帯を受益地域としている。香川用水は共用区間と農業専用区間とに分けられ、共用区間を水資源開発公団が維持管理し、農業専用区間を香川用水土地改良区が維持管理している。香川用水は讃岐の大動脈とも呼ばれ、香川県下の5市19町が水需要の56%が香川用水に依存している(富山1999,p.11)。

香川用水は灌漑用水、工業用水、上水道用水の利用可能水資源量を飛躍的に増大させただけでなく、それが県下の主要河川(金倉川・土器川・綾川・香東川・新川等)を東西に貫くように敷設されたことから、香川用水を通じて水系間で水融通を行うことが可能になった。1994年の異常渇水時には、この香川用水幹線を通じた水利調整機能を生かして、“乏しきを分かち合う”という精神の下で、水系間の水融通が実施されたのである。

讃岐平野の農業用水内の水融通の特徴は、香川用水幹線の水利システムと従来のため池の水利システムが統合的に運用されている点にある。香川用水から分水された農業用水は

直接末端圃場に配水されるわけではなく、まず県下のため池へと配水され、そこからは在来のため池の慣行的な水利システムによって末端圃場へと配水される（長町 2003, p. 118）。このことから、香川用水幹線を通じて融通された水の経路は、A) 香川用水幹線から親池と呼ばれる大規模ため池に水が入り、親池から子池と呼ばれる各ため池掛かりが保有するため池に配水される経路と、B) 香川用水幹線から子池である各ため池掛かりが保有するため池に直接配水される経路の2つが存在する。

表1 香川用水から末端圃場に至るまでの水融通の経路

	香川用水から 融通された水の経路	水系間 水融通	水系内 水融通
経路 A)	香川用水幹線→親池→ 子池→末端圃場	○	○
経路 B)	香川用水幹線→子池→ 末端圃場	○	×

## 2. 分析方法

本研究では、水系間・水系内での水融通の効果を明らかにするために、次のような方法を採用する。まず、ヒアリング調査<sup>5)</sup>の結果から、水系間・水系内の水融通には、(1) 農作物被害の発生を回避し、末端農家の負担を軽減する効果と、(2) 農作物被害の状況と末端農家の負担を平準化する効果があるという仮説を設定する。これらの仮説を検証するために、1994年の讃岐平野における土器川水系（満濃池）と柞田川水系（豊稔池）の合計32のため池掛かりの渇水被害調査を行った既存のデータを基にして、次節で定義される農作物被害額と農家負担額を算出し、水系間・水系内の水融通が実施されたため池掛かりと実施されなかったため池掛かりの間で比較・検定を行い、水融通の効果を検証する。

### 2.1 費用項目の定義

水系間・水系内の水融通の効果を明らかにするために、農作物被害額と農家負担額を定

義する。いま、農作物の枯死に付随して発生する実物的損失として農作物被害を定義し、それを貨幣評価したものを農作物被害額と定義する。農家負担額については、各ため池掛かりが渇水への適応行動をとった結果、最終的に負担することを余儀なくされる諸費用の合計と定義する。すなわち、番水や水路の見回り等の配水管理労働に伴う“配水管理費”、ポンプの設置や水路の掘削等の工事の実施に伴う“干害応急対策工事費”、農作物被害の発生に伴う“農作物被害額”を農家負担額の構成要素とする。ここで注意しなければならないのは、1994年の干害応急対策工事には国・県・市町からの補助金が出されており、最終的な農家負担は10%から30%となっていたということである<sup>6)</sup>。このため、農家負担額は下式によって定義する。

$$C_i = D_i + P_i + Q_i \times r_i$$

ただし、 $C_i$ 、 $D_i$ 、 $P_i$ 、 $Q_i$ はそれぞれため池掛かり*i*の農家負担額、農作物被害額、配水管理費、干害応急対策工事費を表し、 $r_i$ はため池掛かり*i*の干害応急対策工事費の負担率を表す。

### 2.2 ため池掛かりの分類

宮本・堀川（1996）で報告されている合計32のため池掛かりを、香川用水幹線を通じた水融通の便益を享受できるかどうかと、満濃池・豊稔池を水源として利用できるかどうかによって、4つのグループに分類する（表2）。なお、グループA、Bは前述の香川用水から融通された水の経路A)、B)と対応している。

### 2.3 データ

宮本・堀川（1996）で示されている各ため池掛かりの灌漑面積、水管理対応経費、施設対応経費、農作物被害のデータと、平成6年発生干害応急対策事業費調査（香川県農林水産部土地改良課資料）に示されている香川県市町への干害応急対策工事への補助率から、灌漑面積1ha当たりの配水管理費、干害応急対策工事費、農作物被害額、農家負担額をそれぞれ算出し、A、B、C、Dのグループごとに整理した<sup>7)</sup>（表3）。データ数は、グルー

表2 ため池掛かりの分類

	香川用水幹線への接続	満濃池/豊稔池からの配水	該当するため池掛かり
A	○	○	先代池, 瓢池, 豊稔池, 土井の池, 柞池, 井関池, 宮池, 宝憧寺池, 段の池, 阿弥陀池, 上池, 竜社池, 田村池, 高丸池, 買田池, 要池, 地藏池, 弘階池, 千代池
B	○	×	大谷池, 柳池, 姥ヶ懐池, 為久池, 野々池, 大窪池
C	×	○	菅池, 満濃池直接掛
D	×	×	北山新池, 北山中池, 大池, 大谷池, 今井田池

表3 グループA～Dの1994年のデータ

	ため池掛かり名称	子池の最低貯水率	配水管理費 (P) (千円/ha)	干害応急対策 工事費 (Q) (千円/ha)	干害応急対策 工事負担率 (r <sub>i</sub> )	農作物被害額 (D <sub>i</sub> ) (千円/ha)	農家負担額 (C <sub>i</sub> ) (千円/ha)
A	先代池	0%	8.43	0.00	10%	0.00	8.43
	土井の池	0%	20.93	96.70	10%	0.00	30.60
	柞池	3%	5.00	28.31	10%	0.00	7.83
	井関池	5%	0.00	0.00	25%	0.00	0.00
	宮池	5%	21.00	18.06	10%	0.00	22.81
	宝憧寺池	15%	21.93	2.59	10%	0.00	22.19
	阿弥陀池	28%	34.62	18.00	25%	0.00	39.12
	上池	30%	26.90	0.00	10%	0.00	26.90
	竜社池	30%	15.00	0.00	10%	0.00	15.00
	田村池	30%	19.88	0.00	10%	0.00	19.88
	高丸池	33%	38.80	23.00	25%	0.00	44.55
	買田池	35%	0.84	0.00	10%	0.00	0.84
	要池	42%	11.63	3.58	20%	0.00	12.34
B	地藏池	50%	31.07	15.93	10%	0.00	32.67
	弘階池	50%	27.08	0.00	10%	0.00	27.08
	千代池	60%	26.00	0.00	20%	0.00	26.00
	大谷池	5%	55.48	172.63	25%	0.00	98.63
	柳池	5%	37.66	559.07	10%	166.09	259.65
	姥ヶ懐池	15%	11.46	121.17	25%	0.00	41.75
C	為久池	20%	64.21	0.00	20%	0.00	64.21
	野々池	30%	32.74	44.95	25%	0.00	43.98
	大窪池	35%	8.78	262.44	20%	0.00	61.27
	豊稔池	0%	0.00	0.00	25%	0.00	0.00
	菅池	5%	37.50	65.00	10%	31.25	75.25
D	満濃池直接掛	20%	22.92	260.60	10%	0.04	49.02
	北山新池	0%	24.00	100.80	10%	597.61	631.69
	北山中池	0%	26.25	0.00	10%	80.00	106.25
	大池	5%	11.11	6.44	10%	0.00	11.76
	大谷池	10%	75.00	295.00	10%	35.71	140.21
今井田池	10%	3.00	297.20	25%	0.00	77.30	

プ A が 16, グループ B が 6, グループ C が 3, グループ D が 5 である。厳密に香川用水幹線を通じた水系間の水融通の効果を検証するためには、グループ A とグループ C の比較が必要であり、農業水利慣行に基づく水系内の水融通の効果を検証するためには、グループ A とグループ B の比較が必要である。しかし、本研究で利用可能なデータはきわめて限定されており、特にグループ B, C, D に関してはサンプルサイズが極めて小さく、統計的検定を行うことが難しい。そこで、本研究ではグループ A とグループ B をまとめて、香川用水幹線を通じた水系間の水融通の便益を享受できる“分類 I”とし、反対に水系間

の水融通の便益を享受できないグループ C とグループ D をまとめて“分類 II”とする。同様に、グループ A とグループ C をまとめて、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利ネットワークを通じた水系内の水融通の便益を享受できる“分類 III”とし、水系内の水融通の便益を享受できないグループ B とグループ D をまとめて“分類 IV”とする。分類 I と分類 II を比較することによって、水系間の水融通の効果を検証し、分類 III と分類 IV を比較することで、水系内の水融通の効果を検証する。表 4～6 は農作物被害額と農家負担額の統計量をまとめたものである。

表 4 統計量のまとめ

分類	変数	単位	N	平均	標準偏差	最小値	最大値
I	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	22	7.550	35.411	0.000	166.090
II	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	8	93.076	205.803	0.000	597.610
III	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	19	1.647	7.169	0.000	31.250
IV	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	11	79.946	179.470	0.000	597.610
I	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	22	41.169	53.889	0.000	259.652
II	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	8	136.434	205.372	0.000	631.690
III	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	19	24.236	18.964	0.000	75.250
IV	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	11	139.700	176.102	11.756	631.690

表 5 最低ため池貯水率 20% 以下のため池掛かりに限定した場合

分類	変数	単位	N	平均	標準偏差	最小値	最大値
I	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	10	16.609	52.522	0.000	166.090
II	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	8	93.076	205.803	0.000	597.610
III	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	9	3.477	10.415	0.000	31.250
IV	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円 / ha	9	97.712	195.726	0.000	597.610
I	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	10	55.610	77.582	0.000	259.652
II	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	8	136.434	205.372	0.000	631.690
III	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	9	24.013	24.891	0.000	75.250
IV	農家負担額 ( $C_i$ )	千円 / ha	9	159.050	190.865	11.756	631.690

表6 最低ため池貯水率10%以下のため池掛かりに限定した場合

分類	変数	単位	N	平均	標準偏差	最小値	最大値
I	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円/ha	7	23.727	62.776	0.000	166.090
II	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円/ha	7	106.367	218.553	0.000	597.610
III	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円/ha	7	4.464	11.811	0.000	31.250
IV	農作物被害額 ( $D_i$ )	千円/ha	7	125.630	216.764	0.000	597.610
I	農家負担額 ( $C_i$ )	千円/ha	7	61.135	93.607	0.000	259.652
II	農家負担額 ( $C_i$ )	千円/ha	7	148.922	218.522	0.000	631.690
III	農家負担額 ( $C_i$ )	千円/ha	7	20.701	26.619	0.000	75.250
IV	農家負担額 ( $C_i$ )	千円/ha	7	189.356	209.066	11.756	631.690

### 3. 分析結果

分類Iと分類II, 分類IIIと分類IVの農作物被害額および農家負担額の平均の差をt検定によって検定した(表7, 表8)。表7の結果から, 標本内の最低ため池貯水率分類IIと分類Iの間の農作物被害額と農家負担額の平均には全てのサンプルにおいて有意な差が認められなかった。

表8の結果からは, 分類IVと分類IIIの間の農作物被害額の平均の差に関して, 全てのため池掛かりのデータを用いた場合であっても, ため池最低貯水率が20%あるいは10%以下のため池掛かりのデータに限定した場合であっても, 10%水準で有意な結果が得られている。従って, 満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムを通じて水系内の水融通が行われた結果, 分類III(グループA・C)は分類IV(グループB・D)に比べて, 農作

物被害額の平均が低くなっていたことが分かる。さらに, 各ため池掛かりが保有するため池の最低貯水率が20%以下のため池掛かりのサンプルを用いる場合よりも, 10%以下のため池掛かりのサンプルを用いた方が, 分類IVと分類IIIの農作物被害額の平均の差が大きくなっている。このことから, 満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムを活用して融通された香川用水の救援水は, 1994年の異常渇水時, ため池の貯水率が逼迫していたため池掛かりほど農作物被害を軽減する効果が大きかったことが推察される。また, 表8の農家負担額の平均の差の検定結果から, 水系内の水融通を受けることのできる分類IIIは, 水融通を受けることのできない分類IVよりも農家負担額の平均が有意に小さいことが示されている。以上のことから, 水系内の水融通は, 農作物被害と農家負担を軽減する効果を持っていたことが分かる。

表7 分類IIと分類Iの統計量の検定

変数	最低ため池貯水率	平均の差	標準誤差	t 値	N
農作物被害額	制約なし	85.527	73.153	1.169	8, 22
	20% 以下	76.467	74.634	1.025	8, 10
	10% 以下	82.640	85.945	0.962	7, 7
農家負担額	制約なし	95.265	73.513	1.296	8, 22
	20% 以下	80.825	76.643	1.055	8, 10
	10% 以下	87.787	89.852	0.977	7, 7

表 8 分類Ⅳと分類Ⅲの統計量の検定

変数	最低ため池貯水率	平均の差	標準誤差	t 値	N
農作物被害額	制約なし	78.300	54.137	1.446*	11, 19
	20% 以下	94.236	65.334	1.442*	9, 9
	10% 以下	121.166	82.050	1.477*	7, 7
農家負担額	制約なし	115.463	53.275	2.167**	11, 19
	20% 以下	135.037	64.160	2.105**	9, 9
	10% 以下	168.655	79.657	2.117**	7, 7

※ \*\* は 5%水準で有意, \* は 10%水準で有意であることを示す。

表 9 農作物被害額と農家負担額の変動係数

子池の最低貯水率	分類	農作物被害額	農家負担額
制約なし	I	4.583	1.279
	II	2.068	1.408
	III	4.118	0.705
	IV	2.140	1.202
20% 以下	I	2.828	1.324
	II	2.068	1.408
	III	2.824	0.977
	IV	1.889	1.131
10% 以下	I	2.449	1.418
	II	1.902	1.359
	III	2.236	1.190
	IV	1.597	1.022

表 9 は、農作物被害額と農家負担額の変動係数を算出し、分類Ⅰから分類Ⅳを比較したものである。農作物被害額の変動係数を分類Ⅰと分類Ⅱ、分類Ⅲと分類Ⅳの間で比較すると、全てのサンプルにおいて、分類Ⅰは分類Ⅱより変動係数の値が大きく、分類Ⅲは分類Ⅳよりも変動係数の値が大きい。このことから、水系間・水系内の水融通によって農作物被害額が平準化されたという仮説は本論文で用いたデータセットから示すことはできなかった。

農家負担額の変動係数を見てみると、子池の最低貯水率に制約がないサンプルと、20%以下のサンプルにおいて、分類Ⅰは分類Ⅱより変動係数の値が小さくなっており、分類Ⅲについても分類Ⅳより変動係数の値が小さく

なっている。従って、20%以下のサンプルについては、水系間・水系内の水融通が実施されることで、農家負担額が平準化されていたという結果が得られた。

#### 4. 考察

表 7、表 8、表 9 の結果から次のことが分かる。

第 1 に、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムを通じた水系内の水融通は、農作物被害と農家負担を軽減する効果があったことが明らかとなった。特に、子池の最低貯水率が 20% 以下のサンプルと 10% 以下のサンプルを比較すると、前者よりも後者の方が農作物被害額および農家負担額の平均の差が大きいことから、水系内の水融通は、子池の貯水状況がより逼迫した状況下において、その効果が強く現れたものと考えられる。

第 2 に、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムに属するため池掛かり全体では、農家負担額が平準化されており、子池の最低貯水率が 20% 以下となったため池掛かりをサンプルとした場合でも農家負担額は平準化されていた。子池の最低貯水率が 20% 以下となった場合に水系内の水融通が実施されたと想定するときには、水系内の水融通を受けたため池掛かりの農家負担額は、水融通を受けなかったため池掛かりに比べて平準化されていたと言える。しかし、その一方で、最低貯水率が 10% 以下となったため池掛かりをサンプルとした場合には、水融通を受けたため池掛かりの方が、水融通を

受けなかったため池掛かりよりも農家負担額のばらつきが大きくなっていることから、水系内の水融通と農家負担額の平準化との関係性は上記の結果と逆になってしまう。従って、本論文の分析からは、水系内の水融通が農家負担額を平準化したと結論づけることはできないが、少なくとも、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムには、所属するため池掛かり全体で農家負担額を平準化する効果があると推論することができる。

以上の考察から、水系内の水融通には農作物被害額と農家負担額を軽減させる効果があったことと、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムに属するため池掛かり全体で農家負担額が平準化されていたことが明らかとなった。これらの結果は、水系内の水融通を実施するための前提条件である満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムは、渇水への適応型管理を行うための有効な基盤となりうることを示している。すなわち、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムは、渇水が発生した際には、ため池水利システム全体で農家負担額を平準化して、末端農家の不満を抑えながら、子池の貯水状況が逼迫したため池掛かりに対して水融通を実施することで、農作物被害額を軽減させることができるのである。

讃岐平野では、このようなため池水利システムが重層的に張り巡らされている。満濃池を例にすれば、満濃池の水は満濃池直接掛かりの圃場に配水されると同時に、水路を通じて満濃池土地改良区傘下のため池掛かりが保有する子池に配水される。子池への配水に関して、満濃池から直接子池に配水される以外にも、水路の上流に位置するため池掛かりが利用した後の排水が再び水路に戻って、下流の子池に配水されていくケースが多い。さらに、子池から末端圃場への配水についても、子池から直接配水される場合もあれば、上流の圃場の排水を再利用する形で配水される場合もある。このように、親池-子池-圃場のネットワークは複雑に入り組んでおり、入れ子状の水利システムを形成している。その配水方法も農業水利慣行によって定められてお

り、渇水時にはその配水管理体制もより厳格なものとなる<sup>8)</sup>。ため池の水利システムのネットワークは、単に水路や水利施設によって物理的につながっているというだけでなく、それと農業水利慣行の制度が緊密に結びついているという点に特徴がある。ため池の水利システムが重層的にネットワーク化されることによって、水系内の水融通を効果的に実施するための条件が整い、末端のため池掛かりは降水量の不確実な変化に対して、より弾力的に子池の水を運用することが可能となると考えられる。

なお、本論文で用いたデータセットからは、香川用水幹線を通じた水系間の水融通の効果を統計的に明らかにすることはできなかった。その理由として、水系間の水融通は、讃岐平野全体で農作物被害額や農家負担額を軽減・平準化させる効果を持っており、本論文で分析の対象とした土器川水系(満濃池の受益地域)や柞田川水系(豊稔池の受益地域)だけでは、その効果を十分に捉えきれなかったことが考えられる。香川用水は讃岐平野の主要な農地のほとんどを受益地域としており、78の土地改良区・水利組合が香川用水土地改良区に加入している。1994年の異常渇水時には、香川用水の受益地域に含まれる78全ての土地改良区・水利組合の農作物被害の発生状況やため池の貯水状況、降水の状況を勘案しつつ、香川用水農業用水の受益地域内で、特定のため池掛かりに渇水被害が集中しないように配慮しながら水系間の水融通が行われていたのである<sup>9)</sup>。このような事情から、本論文では水系間の水融通の効果を十分に捉えることができなかったと考えられる。水系間の水融通の効果を正確に検証するためには、讃岐平野全体の土地改良区・水利組合を含むよう、サンプルサイズを大きくする必要がある。

## 5. 結論と今後の課題

これまで、渇水対策はダム・河口堰等の水資源開発との関連で主に論じられてきた傾向

がある。近年、環境負荷の高い水資源開発から需要管理 (demand-side management) へ移行する必要性が指摘されつつある (Brandes and Brooks 2005; Brandes and Maas 2004; 仲上・仁連 2002) が、水資源開発か節水かという二項対立の図式によって渇水対策を捉えるのは適切ではない。渇水が発生した時に問題となるのは、水源から末端圃場に至る利水システムの安定性をいかに確保するかということであり、水資源開発か節水かという構図では、水源と末端圃場の中間に存在する利水システムの重要性が十分認識されないからである。渇水への適応型管理は、水源から末端圃場に至るまでの利水システムをどのように設計するかという問題と切り離すことはできない。

本研究は、土器川水系 (満濃池の受益地域)・榨田川水系 (豊稔池の受益地域) の合計 30 のため池掛かりを対象として、水系間・水系内の水融通を受けたため池掛かりと水融通を受けなかったため池掛かりとの間の農作物被害額および農家負担額の平均の差を検定することで、水系間・水系内の水融通の効果を定量的に評価した。利用可能なデータの制約から、本研究は水融通の効果を総合的に評価するための予備的分析とならざるを得ないが、今後の分析に向けた基礎的知見を提供することができた。

明らかとなった主な知見は、次の 2 点にまとめられる。第 1 に、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムを通じた水系内の水融通には、1994 年の讃岐平野における異常渇水時の農作物被害額と農家負担額を軽減する効果があるということであることが明らかとなった。このことは、水系内の水融通は渇水への制度的適応を図る上で有効な制度であることを示している。第 2 に、満濃池・豊稔池を親池とするため池水利システムは、ため池掛かり全体で農家負担額を平準化する効果があるということである。重層的にネットワーク化されたため池水利システムは、農家の負担のばらつきを満濃池や豊稔池の受益地域全体で抑制している。以上の結果を総合して考えると、渇水への適応型水管理を行うた

めの重要な制度的基盤としてため池水利システムを位置づけることができる。

今後の課題は次の通りである。第 1 に、水系間の水融通の効果を時系列で検討することが必要である。香川用水を通じた水系間の水融通が本格的に実施されたのは 1994 年の異常渇水時であるが、このような水系間の水融通が実施されるようになる前と後で、農作物被害額や農家負担額にどのような変化が生じたのかを検討することで、水系間の水融通の効果をより正確に評価することが可能になると思われる。なお、水系間の水融通は、決して農業用水内に限定されるものではない。実際に 1994 年の異常渇水時には、香川県内で高松市上水道の断水の危機を回避するために、香川用土地改良区から水系間の水融通が実施されたことが報告されている (富山 1999)。今後、水系間の水融通の効果に関する分析を農業用水と都市用水の間の水融通にも拡張していくことが必要である。

第 2 の課題は、水系間の水融通と水系内の水融通の相互作用に関する検討である。香川用水幹線を通じた水系間の水融通は、ため池水利システムを通じた水系内の水融通の効果を高めると考えられるし、ため池水利システムが存在することによって、香川用水幹線を通じた水系間の水融通の効果も高められると予想される。水系間の水融通と水系内の水融通が統合的に実施されることによって、農作物被害や農家負担がどの程度軽減されるかという点について、さらなる検討が必要である。

第 3 の課題は、水系間・水系内の水融通と末端農家の費用負担の公平性との関係性に関する検討である。本論文では補助金を含んだ形で農家負担額を算出しているが、補助金の補助率と水融通の効果の関係性を注意深く検討する必要がある。その上で本論文の分析を発展させて費用負担の公平性を議論するためには、末端農家の費用負担能力や、経費支出の正当性にまで踏み込まねばならない。末端農家の費用負担の公平性は、水融通という制度を総合的に評価する際の重要な論点であるため、別稿で検討することとしたい。

本研究の考察に従えば、渇水への適応型管

理を有効に行うための前提条件として、満濃池・豊稔池を親池として、重層的にネットワーク化されたため池水利システムの存在が、渇水への適応型管理にとってきわめて重要である。このため池水利システムは物理的なインフラストラクチャーと農業水利慣行という制度が統合的に運用されているという点に特徴がある。渇水への適応型管理の成否は、水資源という自然資本と、それを利用するための人工資本を適切に利用・活用するための制度的基盤をどのように構築するかという点にかかっているように思われる。今後、本研究を足がかりとして、上述の本研究に残された課題の検討を通じて、持続可能な水管理の実現に向けた、渇水への適応型管理のあり方を明らかにしていきたい。

## 謝 辞

本研究は財団法人損保ジャパン環境財団による学術助成の支援を受けている。香川用土地改良区元事務局長の長町博氏、豊稔池土地改良区前理事長の大麻伊三郎氏、飯野土地改良区元理事長の佐藤澤市氏にはヒアリング調査に多くのご協力を賜った。また、2名の査読者からは有益なコメントを頂き、論文の内容を改善することができた。ここに記して感謝申し上げます。

## (注)

1) “井出上がり”はため池掛かりの最下流に位置する利水者から配水を始め、順繰りに上流の利水者へ配水することで、上下流間の利水条件の不公平さを緩和しようとするものである。他にも、讃岐平野には“犠牲田”と呼ばれる農業水利慣行も存在する。“犠牲田”とは、ため池掛かりの圃場の一部への配水を完全に停止し、ある区画の農作物を意図的に枯死させることによって、水不足に伴う農作物枯死の被害が圃場全体に波及することを回避する取組みである。“犠牲田”は渇水への適応策としてそれ自体興味深いテーマを含むものであるが、さしあたり本研究では“犠牲田”を分析

の対象とはしない。

- 2) ここで、水系とは例えば土器川や柞田川等の河川流域、あるいは満濃池や豊稔池の灌漑流域を指す。
- 3) 外的な変化に対する適応策には、人工資本や人的資本等、地域の資本資産への投資が考えられるが、我々は特に、それらの資本資産を活用する制度を更新することによって適応を図ることを、“制度的適応”と呼ぶ。なお、保全生態学における“順応的管理”(adaptive management)は、生態系のメカニズムや挙動に関する科学的不確実性を前提として、管理の結果を学習しながら、資源管理の方法を柔軟に更新していく概念であり、本論文における“制度的適応”と似通った部分があるが、両者の区別と関連については今後の課題としたい。
- 4) 行政上の“水融通”は深刻な渇水に直面している主体が、比較的余裕のある他の主体の許可水利権の範囲内で、不足量に相当する水量を一時的に取水させてもらう措置として認識されている。河川法では、水融通は「渇水時における水利使用の特例」として位置づけられており、関係行政機関との協議や、関係地方公共団体の意見聴取などの手続きを簡略化できることが改正後の河川法第53条2項で定められている。すなわち、行政上の“水融通”は、河川管理者から水利使用の認可を得た許可水利権の枠組みの中で、一時的に利水量をやりとりするものであるが、讃岐平野における“水融通”は、許可水利権の枠組みの中に収まるものではなく、許可水利権と慣行水利権を合わせた総合的な渇水調整としての性質を持っている。
- 5) 2010年10月12日から13日にかけて、香川用土地改良区元事務局長の長町博氏、豊稔池土地改良区前理事長の大麻伊三郎氏、飯野土地改良区元理事長の佐藤澤市氏に対して、1994年当時の水融通の実態を聞き取り調査を行った。
- 6) 香川県が平成6年7月26日付けで制度化した「農作物干害応急対策事業」では、干ばつ防止を目的とした削井、揚水機の設置、水路整備等に要する工事費10万円以上のものに対し、

県費 60%の補助を行うことが確約されていたのである（香川用水土地改良区，1998，p. 309）。さらに県下の市町は 10～30%の上乗せ補助を行ったため，末端水利の費用負担は大きく軽減されることとなった。

- 7) なお，表 2 ではグループ A に属する瓢池と段の池のため池掛かりは次の理由により除外している。瓢池と段の池のため池掛かりの灌漑面積 1ha 当たりの干害応急対策工事費用は，それぞれ 1433.2 千円 / ha，1551.88 千円 / ha と算出され，他のため池掛かりに比べて突出している。これらの干害応急対策費の支出には，1994 年に臨時的に創設された香川県の干害応急対策事業による補助金の交付を契機として，それまで両ため池掛かりにおいて懸案であった長期的な渇水対策としての水路掘削工事を行った費用が含まれている（宮本・堀川 1996，p. 25）。このように瓢池と段の池のため池掛かりについては，干害応急対策工事費の支出目的が他のため池掛かりと異なっていることから，表 2 では瓢池と段の池のため池掛かりのデータを外れ値として除外している。
- 8) 渇水時には「番水」と呼ばれる体制に移行し，配水は事前に取り決められたルールに従って厳格に行われ，末端圃場では“走り水”や“切り落とし”と呼ばれる節水型の灌漑方式が実施される。このような渇水時のため池の水利システムは，“水配”や“走り”等の配水管理を担う人員を増加させたり，農家の労働量を増加させたりすることによって，ため池の水の供給と需要の両面で，水管理の計画化と水利用の効率化を進めるものである。
- 9) このような水融通の方針は，1994 年 7 月 5 日の香川用水土地改良区配水管理委員会において決定された，「水源供給力の弱い地域への優先配水」の配水方針に則っている。この配水方針に従って，香川用水土地改良区は「専用溜池をもたない畑地干害地区や河川・出水掛の外，溜池規模が小さく溜池依存度の低い地域，さらには灌漑期までに貯水が充分でできず，貯水率が異常に低くなっている地区」（長町 1995，p.61）に対して重点的に配水が行われた。

## (引用文献)

- Brandes, O. M. and T. Maas (2004) . *Developing Water Sustainability through Urban Water Demand Management*. POLIS Project on Ecological Governance.
- Brandes, O. M. and D. B. Brooks (2005) . *The Soft Path for Water in a Nutshell*. Friends of the Earth Canada and the POLIS Project on Ecological Governance.
- 大木洋介・園田哲夫 (2003), 「小貝川渇水に伴う水融通について」, 『水の技術』, 11, pp.100-107.
- 岡徹・高木朗義 (2004), 「節水と地域間の水融通による渇水リスク分散方法に関する基礎的分析」『土木計画学研究・論文集』, 21, pp.375-384
- 香川用水土地改良区 (1998), 『香川用水土地改良区 30 年史』, 美巧社.
- 志村博康 (1995), 「渇水に対する三つの対応ステージと将来的課題」, 『水道協会雑誌』, 64 (7), pp.77-82.
- 谷本圭志・森田浩和 (2002), 「水融通システムの開発と渇水リスクの軽減効果分析」, 『環境システム研究論文集』, 30, pp.241-247.
- 富山和子 (1999), 「ため池文化<香川>融通の知恵：平成 6 年大干ばつ 何が都市を救ったか」, 『水の文化』, 1, pp.7-18.
- 仲上 健一・仁達 孝昭 (2002), 「水環境・資源と開発」, 吉田 文和・宮本 憲一 共編, 『環境と開発』, 岩波書店, pp.181-209.
- 長町 博 (1991), 『農業基盤としての条里遺構の研究：讃岐平野の条里を中心として』, 美巧社.
- 長町 博 (1995) 「平成 6 年夏季渇水と香川用水の対応（緊急特集・平成 6 年渇水 -4）」, 『農業土木学会誌』, 63 (1), pp.59-62.
- 長町 博 (2003), 「香川県における近代的水利施設と伝統的水利用：平六渇水の経験から」, 山崎農業研究所編, 『21 世紀水危機：農からの発想』, 農文協, pp.117-129.
- 宮本幸一・堀川直紀 (1996), 「異常少雨に対する大規模灌漑地区の水管理対応に関する研究—平成 6 年の香川用水地区の渇水事例に基づいて」, 『農業工学研究所報告』, 35, pp.1-38.