

## 米輸出国アメリカにおける水資源利用と 稲作の発展

亀山 宏

### The Development of Water Resource Use and Rice Production in Rice Exporting Country, United States of America.

Hiroshi KAMEYAMA

In the United States of America, rice is the regional, location-oriented and minor crop, the share of rice farm to the total farm or that value to the total agricultural product value is around 1%. On the contrary, its share in the world rice trade is rather high, about 20%. Namely, America is the major rice exporting country, together with Thailand. This is the result of increase taken since 1960's. Recently, in America, water resource use for agriculture has faced to severe restriction in economically and socially. Furthermore, the dam construction for promoting rice production came to be strictly restricted from the point of environment conservation.

In this paper, based on the field survey in Texas and California, from the stand point of water resource use, its potential of rice exporting country is described.

アメリカでは、米は地域的作物であり、総農家数に占める稲作農家数、農産物総販売額に占める生産額は1%前後というマイナー・クロップである。世界の米の総貿易量に占めるアメリカのシェアをみると約20%と、タイと共に世界のトップの米輸出国である。これも1960年代以降、急速に伸びたものである。今日、アメリカでは水資源の農業用利用に対する経済的・社会的制約が強まっている。とくに米の増産に必要なダム建設が環境保護の立場から制限されてきている。

本稿では、南部のテキサス、西部のカリフォルニアでの現地調査にもとづき、収集した資料を参照しながら、米の輸出力の将来を水資源の利用の側面から検討する<sup>(注1)</sup>

#### 1. はじめに

アメリカにおける米産地は南部5州、カリフォルニア州の6州に限られ、稲作地帯の灌漑方式について、それぞれの気候、風土条件によって次のような特徴がある(表1, 2, 3)。ミシシッピー川デルタ、アーカンソー州北東部、大平原では稲作栽培のほとんどは圃場にある井戸水を取水源としている。カリフォルニア州とテキサス州の

(注1) 本研究の内容は1987年度文部省海外学術研究費交付による研究成果の一部である。

表1 産業別の新鮮な地表水の取水量

	新鮮な 地下 水 取 水 量 日 当 た り (Mgal)	新鮮な地表水による取水の割合 (%)					
		計	公共	農 村		工業	灌漑
				生活	畜産		
アーカンソー	6,900	41	57	0	64	83	15
カリフォルニア	40,000	61	61	7	60	51	62
ルイジアナ	12,000	86	56	0	29	95	59
ミシシッピー	2,900	48	14	0	57	77	13
ミズーリー	6,900	93	78	26	74	98	23
テキサス	16,000	39	61	17	51	77	30
全 米	380,000	77	65	3	45	94	60

出所: Department of the Interior, *National Water Summary* 1985.

表2 稲作における水源別灌漑面積割合

(単位: %)

	ミシシ ッピー 川 デルタ	アーカンソー		ルイジ アナ南 西地域	テキサス沿岸		カリフ ォルニ ア	全米
		北東 地域	大平原		高位 地域	低位 地域		
井戸水	88.4	97.8	77.5	46.1	25.6	51.8	4.0	65.7
河川水	0.2	0.0	1.4	21.8	57.5	48.2	85.0	21.4
地表水	11.4	4.3	21.1	32.1	16.9	0.0	11.0	13.4

資料: U.S.D.A., Econ. Res. Serv. *Rice, Situation and Outlook*. RS-50, Sept. 1987.

注: 河川水は購入水である。

表3 井戸の深さ別の割合

州及び水資源 地 域 区 分	農 場 数 (戸)	井戸の数 (本)	汲み上げ式		平 均 汲み上 げ深さ	井戸の深さ別本数の割合 %					
			井戸の平 水まで 均の深さの深さ (フィート)	均の深さの深さ (フィート)		50フィ ー未 満	50 ~ 99	100 ~ 199	200 ~ 299	300 ~ 499	500 以 上
アーカンソー	4,231	17,026	128	52	90	4.8	72.4	20.8	D	0.0	0.0
カリフォルニア	25,120	58,301	291	79	141	6.5	29.4	45.9	12.1	5.0	1.1
ルイジアナ	1,759	3,847	213	63	119	5.4	28.3	54.9	11.4	0.0	0.0
テキサス	9,447	53,816	284	172	229	6.0	4.6	28.8	36.9	22.0	1.7
全 米	100,703	16,941	235	92	149	13.8	24.6	36.8	15.3	7.7	1.2
低位ミシシッピー	7,172	25,850	136	48	89	7.5	67.1	22.5	2.9	0.0	0.0
アーカンソー・レッド	9,459	39,563	252	134	196	16.7	9.6	27.1	28.9	15.5	2.1
テキサス・ガルフ	7,119	38,295	270	163	217	1.9	7.7	37.2	30.5	22.4	0.2
カリフォルニア	25,483	58,780	291	80	141	6.4	29.4	45.7	12.3	5.0	1.1

資料: U.S.D.A., *Farm and Ranch Irrigation Survey* 1984. より作成。

高位海岸地域ではほとんどが購入された水によっている。テキサス州の低位海岸地域では購入水と井戸で2分され、ルイジアナ南西部の20%で表流水を購入している。

本稿では、アメリカの稲作が水利用をめぐる諸条件に規定されている事情について検討することを課題とする。そのために、第1に水資源利用を規定する社会的、経済的制約条件についてふれ、第2にカリフォルニア、テキサスの稲作地帯の現地調査にもとづき、水利用のコスト、組織の特徴および調整問題を整理する。第3に、以上のこ

とから稲作の拡大余地について述べる。

まず、アメリカの水資源利用を一般的に形つづけている社会的、経済的制約条件として水利権制度についてふれておこう。これには2つの異なる水利権制度が存在する。第1は沿岸権 (riparian rights) で河川の沿岸地の所有者がその水を使用する権利、第2は専用権 (appropriate rights) で河川水あるいは湖沼水を取水場所から引水して離れた場所において使用でき、しかも水利用についての優先順位は当該専用権者がいつから水を利用し始めたかによって決められる。つまり (first in time, first in right) の原則が働く。一般的に前者は、沿岸地以外の土地は自然の降雨でことが足りることから比較的湿潤である地方に適応され、後者は沿岸地以外の土地もまた河川等からの水を要求するため主として乾燥地帯に適応された。ここで、ripa とはラテン語で of or pertaining to the bank of a river の意である。カリフォルニアにおける専用主義の発生はゴールド・ラッシュの頃にさかのぼる。当初、土地はメキシコ、アメリカの公有地であった。そこでいけば「不法侵略者」であった鉱業者の間での水の利用の紛争解決の慣行が、この先に水を利用した者が優先権をもつ早い者勝ちというルールである。

さて、次に南部のテキサス州とカリフォルニア州における、稲作をめぐる水事情について詳しくみる。

## 2 テキサスの稲作水事情

### (1) 稲作の水利用コスト

水は、テキサス州では稲作にとって本源的で費用のかかる生産投入物である。水価格が上昇しテキサスの稲作農家は国内の米市場での競争力を低下させている。

1982年において約60%の稲作面積は表流水のみにより灌漑され、そのうちの80%は16の水供給者に担われ、1980年にはエーカー当たり平均5.4AFを取水している。ただし、AFは水量の単位のエーカーフット (acre-foot) で1 AF は 1,233 m<sup>3</sup>。しかし、このうちのどれほどが給水過程で消費されたかは不明である。地下水による水供給は平均3.8AFであるが、これすらも行政によって報告されている数値よりは過大である。

1980年には270万 AF が汲み上げられ、このうち61% (ほとんどが稲作) が灌漑され、31%工業用、残り8%が生活用に、同様に120万 AF の地下水が利用され、うち53%が農業、12%が工業用、35%が生活用水に用いられた (表1)。

稲作の水管理についての調査によると、1982米穀年度では、平均的な井戸の深さは659フィートで1,197エーカーに、2,000時間稼働し給水している。地下水による稲作灌漑面積の61%が天然ガスによっている (表3)。稲作の地下水灌漑地域域のほとんどは低位沿岸地域 (Lower Gulf Coast) に位置している。1982年では約19万 ha (1987年現在は10万9,000ha) に減少している。このうち、68%が2期作で、エーカー当たり平均の水コストは表流水で44\$, 地下水で57\$, 2期作ではそれぞれ、15\$, 31\$であった<sup>(1)</sup>。

テキサスでは、臨海部であり石油関連産業からの産業用、および人口増加に伴う生活用水などの都市需要も高まるなど汲み上げに伴う地下水水位の低下がみられ、1930年頃から話題になり、更に、1945年からその度合は増した。南部平原では地下水系への補給能力を越えた汲み上げにより地下水脈の枯渇 (watermining) に直面している。しかし、ミシシッピー川に近いところでは基本的に水不足に困ることはない。

### (2) 水路組織 (canal system)

表流水の配水サービスはさまざまな異なった背景、構造、目的をもった私的、公的供給機関で営まれているが、稲作地帯における地表水の灌漑は、1944年以降、9つの水路組織が河川公社 (river authority) により購入されるなど、しだいに私的な水会社から公共性の高い河川公社の手に移ってきている。最近のものは1960年のコロラド川

下流河川公社 (LCRA: Lower Colorado River Authority) による湖岸灌漑会社 (Lakeside Irrigation Company) である。

LCRA は州都オースティンに本所を置き、もともとは1931年までに実業家が個人的にダムを建設しようとしていたが破産してしまい、4～5年後このダムを完成するために1934年に州から認可されて LCRA ができる。すでに1900年代前半にマタゴダ郡のコロラド川の兩岸に約28の水路組織が開発され、後に12の組合に統合され、湾岸水路会社となった。これを1960年に LCRA が購入したのである。現在、コロラド川とベダーネイル川の周辺の10郡をカバーする。コロラド川の6つのダムにおける発電と3カ所のポンプ取水場を有し、洪水調整などの管轄する地域の水のみならず、地下水、材木、空気、土壌などの資源の保全に責任をもつ。①洪水調節、②保全（自然資源の管理に責任をもつ）、③水力発電（テキサス中部の41の郡、90万人に電力を供給）、④かんがい、⑤生活用水、⑥工業用水のために貯水していくことを目的としている。建設の費用や更新の際にも州政府などからの補助は受けず、債権の発行（課税優遇）や1割弱の州政府からの借入れも返済するなどして独立採算性で運営している。河川公社は州の特別立法で創設されており、州の出先（state agency）ではなく、擬似的な政府機関で、あくまで民間事業体であり州政府機関の代理的機能（agency of the state）を果たす機関として、その管轄権（jurisdictions）の範囲において水資源の管理について幅広い権限を持っている。

この地域では、3月～10月までの1期作と2期作を合わせて年間5 AF を必要とする。料金は面積割で徴収され、①播種のあとに発芽をよくするために供給するフラッシング（乾燥した年に1～2回）は毎回4 \$、②1期作は51.5 \$、2期作は20 \$ を料金として支払えば十分に用水が供給される。

州では LCRA の例にみるように、私的会社組織から公社への所有権の移譲によってライズベルトでの灌漑用水の利用形態が変化した。16の主要な水路組織のうち14の組織では灌漑面積割の水料金を設定しており、稲作水田に、供給する水の単価は個人所有の水供給会社のほうが河川公社よりも、エーカー当たり平均5.72 \$ 高いとする推計がなされているが（計測期間1977～82年）、これは後者が非常利用法人として運営されていることが主たる理由とみられる<sup>(2)</sup>。

テキサス州における表流水では専用水利権（appropriative right）が支配的で、この水利権は売買できる。この水利権の妥当性を立証し、確定する「宣告」（adjudication）がライズベルトの全水系でとられている。従来、テキサスでは水利権の決定手続きを行裁判所が行っていたが、1986年に Texas Water Developing Board, Texas Board of Water Engineer, Texas Development of Water Resource を統合して州水利委員会（Texas Water Commition）を設立し、州の水についての全体の許認可権（autholity）をもつなど、行政庁が行うことになった。現在、水利用をめぐる競合が生じてきているが、この水利用に関して①生活用水、②工業用水、③灌漑、④工業、など8つの優先順位にもとづいて、流域ごとに内部の水利用を調整する必要が生じており、この機関は、水の賦存量のみならず、優先順位に関すること等の基礎的な調査を実施して水利権の認可をしている。

### (3) 稲作農家の水管理

テキサスのある複合経営の例をみてみよう。トモロコシ 441 エーカー、ピーナツ 240 エーカー、米 94 エーカー、その他、麦、パーミューダグラス 700 エーカー（干し草、放牧、小取り肥育牛 110 頭）を栽培し、その他によその農場に賃耕（カスタムワーク）もする経営である。稲作には1976年に取り組み始めたが、その最大の理由は、幹線水路や井戸からくみあげて周囲の圃場に重力灌漑ができる貯水池をリースできたことをあげていた。

米専作の大規模経営の例をみてみよう。父とのパートナーシップで、1984年から稲作を開始、米＋休耕＋米、米＋休耕＋休耕＋米のローテーションで水稻 310ha を栽培している。稲作で高い収量をあげるポイントとして、①集約的な管理、②新品種、③レーザーレベリング、④2作への切り替え時の収穫機械の工夫などをあげている。ま

た、「レーザーレベリング」をしている圃場では、1期作目の水管理が容易で、早く土壌を適正に湿らせられ、尿素肥料を空中散布して早く機械が入れられ、2期作の準備が少しでも早くできるので、反収のアップになるのである。しかし、すじまきだと乾田直播に水がいらず、播種に時間がかかるが種蒔が正確にでき発芽が良好で、播種量も3分の1でよいなど費用を節減できる点が指摘された。

水経費をみると井戸を1つ所有し、フラッシングをしており平均50\$/エーカー、35年前の建設当時に直径15インチだったのが、砂が上ってきて新しいパイプを内側に挿入して10インチ細くなったため、汲み上げのエネルギーコストが年々増加している。周囲の農場でも地下水位の低下傾向がみられるようになってきたという。水を溜めない浅水かんがいの方が収穫が高いので、湿らすだけでよいのならスプリンクラーのできる品種も考えられる。州では購入水で灌漑する場合は一般的に面積割で、現金支払い費用に占める水利用コストの比率は、1期作で25~30%、2期作で20%ほどとしだいに高くなってきている。

圃場を均平化するレーザーレベリングについては、農家段階で水管理の省力化がとかく指摘されている。しかし、これも設備投資額がかかるので、経営規模にみあったものに常にチェックしている。

行政としても土壤保全局の出張所がこうした水管理について、直接に農家を指導している。均平を施していない圃場については、圃場のなかにどのような水の道をつくりいかに圃場内に配水するか、圃場の最適な等高線図(コントワーマップ)をコンピュータによって作成するサービスを無料で実施して、汲み上げにコストのかかった貴重な水を節約し、エネルギーコストの節減、地下水など水資源の節約を指導している。

テキサスでの栽培面積は15年前に60万エーカーだったのが米価水準の低落で30万エーカーに減少しており、減少は長期的傾向である。稲作栽培関係の基礎的研究はバモントの試験場で実施されている。当州の水資源研究は、テキサス A & M 大学にあるテキサス水資源研究所を中心とした約14の研究のセンターによって行われ、大部分は大学の普及部門で研究を実施している。テキサスでは表流水については下流に石油化学工業があり、工業用水需要などとの競合が増加傾向にあり、メキシコ湾に近い下流のヒューストンでは過去に被圧地下水を取水しすぎ、地盤沈下のために洪水の被害も生ずるほどであり、貯水池の建設が急務となっている。また、一般に本州では表流水よりも地下水に依存しており、水利用コストにおいてひらきがある。以下の点について研究が進んでいる。①播種直後に出芽を良好にするために軽く灌漑する。フラッシングはなるべく少なくしながら反収を保つ。稲作には1期作が雨期作であり1フィート、これに2期作は1フィートぐらいいしが必要としないことがわかってきた。②均平化を進め一定時間における総水量を減少させる。③高収量の短かん種(semidraw)になってから浅水灌漑がなされるようになってきた。④開渠の水路をパイプライン方式に代えて運搬効率を高めることなどをあげている。⑤節水のために従来のポーター灌漑からさらに稲の生育に最小限必要な水だけを供給するスプリンクラー灌漑の適応も試行されている。

### 3. 水利事業とカリフォルニア稲作水事情

#### (1) 水利計画

1984年のセンサスの補足調査によって州全体の灌漑されている作物別収穫面積の内訳をみると、オーチャード、綿花、飼料作物のアルファルファ、野菜、穀物用の小麦に次いで、稲作は6.2%と低いシェアを示している(表4)。つぎに、1975年において灌漑作物に占める稲作栽培面積の地域別分布をみると、総栽培面積533,690エーカーのうち、サクラメントバレイ83%、デルタ4%、サンホワキン水系5%、北部サンホワキン水系3%、西部サンホワキン水系3%、マウンテンバレイ2%であり、稲作栽培面積の80%がサクラメントバレイに集中している。さらにサ

表4 灌漑地区における作物別収穫農家および収穫面積(カリフォルニア州)

作物	灌 漑 地 区				非灌漑地区	
	実 数		割 合		実 数	
	戸 数	収穫面積	戸 数	収穫面積	戸 数	収穫面積
	戸	万ha	%	%	戸	万ha
Land in orchards	30,185	80.0	53.4	26.7	353	22.2
Cotton	2,508	48.6	4.4	16.2	4	0.4
Alfalfa and alfalfa mixtures for hay or dehydrating	4,936	33.6	8.7	11.2	110	(D)
Land in vegetables	2,803	30.4	5.0	10.2	4	0.7
Wheat for grain	1,905	21.3	3.4	7.1	330	29.7
Rice	1,274	18.5	2.3	6.2		
Corn for grain or seed	1,424	11.1	2.5	3.7		13.6
Barley for grain	998	8.8	1.8	2.9	128	6.0
Other hay, including wild or native hay	1,831	7.4	3.2	2.5	372	11.8
Corn for silage or green chop	1,487	7.1	2.6	2.4		
Beans, dry edible	1,114	6.4	2.0	2.1	50	7.2
Sugar beets for sugar	688	6.3	1.2	0.8		
Other small grain	585	2.4	1.0	0.7	286	5.6
Irish potatoes	333	2.0	0.6	0.7		
Sorghum for grain or seed	333	1.7	0.6	0.6	55	3.2
Other crops	4,079	13.7	7.2	4.6	163	13.6
計	56,483	299.4	100.0	100.0	1,855	100.3

資料：表3と同様。

注：Dは未公表。

クラメントバレイにおける年間灌漑用水総量に占める稲作の割合をみると約60%である。これが冬季における降雪による豊富な雪解け水を背景に、重粘土質土壌のうえに広がっていることによる。

セントラルバレイは長い間、カリフォルニア第1の農業地帯であった。バレイは降水量(平均年間約22インチ)と北部サクラメントバレイ水系の表流水(周囲の山地からの雪解け水)によって3地区に分けられ、年間降水量は、州北部のサンホワキン水系で13インチ、州南部のトゥアラレイク水系ではわずか6インチしかない。

現在、州における灌漑用水はセントラルバレイ水系の北部から中部及び南部へ輸送されている。こうした状況は図1のような州水利計画SWP(the State Water Project)及び連邦政府開墾局による水利計画CVP(the Central Valley Project)によって可能になった。ここでその経過を蔽見してみよう。1902年の開墾法(Reclamation Act)によってカリフォルニアにおける水利計画は著しく促進され、その目的は乾燥地帯の経済開発を進展させるための灌漑水源の確保にあった。それ以前の用水源は主として地下水により確保されていたが、この法律により1930年にはコロラド川においてフーバーダム建設に着手した大規模な水利計画をつくり1942年に送水を開始した。

また、州による水利計画が1933年のセントラルバレイ法により着手される。1935年、カリフォルニア高等裁判所によって80年の歴史を有する沿岸水利権はくつがえされ、専用権に基づく水利利用の原則を確立した。こうして水利権者による法外な価格づけはできなくなり、産業、農業は明らかな無駄と思われるような水への支払いから解放されたのである。こうして大規模な水利計画を実施し、適切な流水・貯水管理、灌漑、レクリエーション、水力発電ができるようになった。

CVPは北部の融雪水を貯留し、4～9月にはほとんど有効雨量がないセントラルバレイを灌漑し、ここを大農業地帯としようとして1935年に始まった。州の北部にジャスタダム(1949年完成、貯水量56.1億m<sup>3</sup>)を中心としたダム群をつくり、サクラメント川に放流して、自然流下し、デルタ地帯に入り、ポンプ取水し、デルタ・メンドータ水路でサン・ルイスダムまで導水する。いったんサン・ルイスダムに貯水した後、さらにサンルイス水路によってセントラルバレイを南下し、用水の大部分はサンホワキンバレイ全体の灌漑に利用される。この他に、サンホワキン川の上流にフライアント・カーン水路によって、セントラルバレイ南東部を灌漑するものと、フォルソ

ンダムからフォルソンサウス水路によってサクラメント東部を灌漑するプロジェクトがある。これら4大貯水池による開発水量は、約134億 $\text{m}^3$ /年であり、総灌漑面積は152万haである。

1951年からは州水利計画SWP (The California State Water Project)による大水利事業が開始され、今日ほとんどその完成をみた。SWPは州の北部にオロビルダム(1962年完成、貯水量43.2億 $\text{m}^3$ )をつくり、CVPと同様にサクラメント川を利用して、デルタまで自然流下し、デルタからカリフォルニア導水路によって南流し、一部をサンルイスダムにポンプアップして貯水し、中部南部のサンホワキンバレイやトッラレレイク水系の農業用水を供給し、生活、産業用水はサンホワキンバレイの中央部を南下、途中4カ所のポンプ場によって標高965mまでポンプアップして、その延長は北から南まで714kmに達しニ

ハチョビ山を越えてロスアンゼルス南部まで送水するという巨大なシステムである。

これらにより水問題が緩和され、カリフォルニア州では、現在、地表水と地下水の利水割合がほぼ6対4となっている。

## (2) 水利用コスト

カリフォルニアにおける総経費に占める灌漑費用の割合をみると表5、6のようである。灌漑経費の主なものは水そのものの経費であり、デルタでは私的あるいは共同の地方灌漑区が直接取水しておりエーカー・フィート当たり2〜3ドル、サクラメントバレイでもほぼ同額であるが、中部のサンホワキンでは16\$ほどとなりかえって地下水による取水の方が安いなどの価格差がみられる。水源の州や連邦政府の水利事業地区とSWPの水価格の半以下の補助をえているCVPの水を利用している地区とでは、1985年におけるAF当たりの用水単価を比較すると、ウェストランド灌漑区(CVP地区)では16\$, ロストヒル灌漑区(SWP地区)では35\$, SWP契約者で南部の導水路に沿ったところでは65\$というように大幅なひらきがみられ、CVPの地元負担分の償還は、1914年には5年間据置の20年返済、1926年には40年間無利子、1939年には据置10年となり受益者の支払い能力に応じるという原則

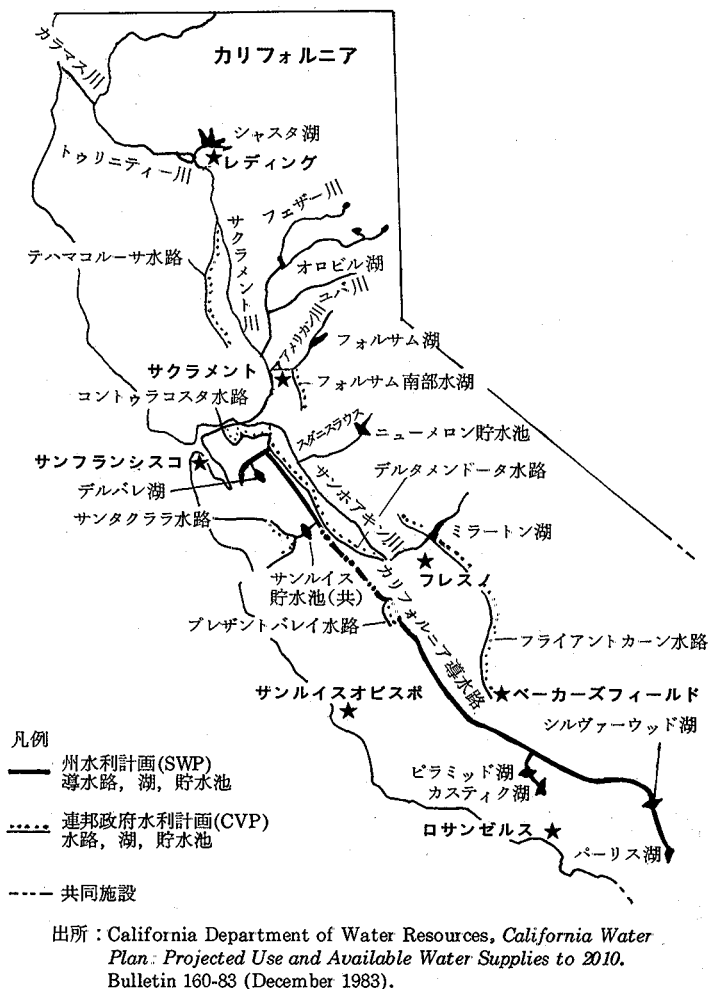


図1 カリフォルニア州および連邦政府の水利計画による主要水路と施設

表5 カリフォルニア州の稲作総生産費に占める灌漑費用の割合 (1975年)

地 帯 区 分	収 穫 面 積 (万ha)	水 源				地 下 水 位 (フイート)
		表 流 水			地下水	
		開墾局	州	灌漑区		
サクラメントバレイ	17.96	13.8 ( 30)	12.7 ( 35)	13.8 ( 10)	26.6 ( 25)	80
デ ル タ	0.96			11.6 ( 50)	26.9 ( 50)	125
サンホワキン水系	1.12	23.4 ( 50)		16.1 ( 50)		
北部サンホワキン水系	0.66	13.2 ( 65)		12.7 ( 30)	21.3 ( 5)	50
西部サンホワキン水系	0.58		20.4 ( 30)		29.8 ( 70)	200
マウンテンバレー	0.49			16.0 ( 20)	25.4 ( 80)	90
計	21.78					

出所: Allen Highstreet, Carde Frank Nuckten and Denald L. Horner, *Agricultural Water Use Costs in California*, Giannini Foundation Information Series No. 80-2, Division of Agricultural Sciences Bulletin No. 1896 (University of California: Giannini Foundation, July 1980).

注: 上段は、総生産費に占める灌漑経費割合(%), 下段の( )内は地帯区分ごとの収穫面積に占める割合(%).

表6 総生産経費に占める灌漑費用の割合 (1975年)

地帯区分	収穫面積		水以外の 生産 経 費	水 源	水源/深さ	灌 漑 方 法	作付面 積に占 める割 合	水 経 費	灌 漑 量	灌漑 経 費	総灌漑 経 費	総生産 経 費	郡
	エーカー	万ha	\$/エーカー				%	\$/エーカー・フィート	エーカー・フィート	\$/エーカー・フィート			
Delta	23,550	0.96	539.74	地表水 地下水	地方灌漑区 125フィート	ボーダー ボーダー	50 50	2.35 20.52 11.43	7.0 7.0 7.0	54.60 54.60 54.60	71.05 198.24 134.64	610.79 737.96 674.36	Contra Costa Sacramento San Joaquin Colano
Sacrament Valley	440,214	17.96	539.84	地表水 地表水 地表水 地下水	開 墾 局 地方灌漑区 80フィート	ボーダー ボーダー ボーダー ボーダー	30 35 10 25	3.00 2.00 3.00 16.68 8.33	8.0 8.0 8.0 8.0 8.0	62.40 62.40 62.40 62.40 62.40	86.40 78.40 86.40 195.84 110.96	626.24 618.24 626.24 735.68 650.80	Butte, Colusa Glenn, Sutter Tehama, Yolo Yuba
Mountain Valley	12,000	0.49	573.84	地表水 地下水	地方灌漑区 90フィート	ボーダー ボーダー	80 20	6.24 16.68 8.33	8.0 8.0 8.0	62.40 62.40 62.40	112.34 195.84 129.04	686.18 769.68 702.88	
North San Joaquin Basin	16,276	0.66	539.84	地表水 地表水 地下水	開 墾 局 地方灌漑区 50フィート	ボーダー ボーダー ボーダー	65 30 5	4.25 3.75 13.68 4.57	6.0 6.0 6.0 6.0	53.04 53.04 53.04 53.04	81.94 78.54 146.06 84.07	621.78 618.38 685.90 623.97	Stanislaus Merced
San Joaquin Basin	27,400	1.12	539.84	地表水 地表水	開 墾 局 地方灌漑区	ボーダー ボーダー	50 50	15.80 7.00 11.40	7.0 7.0 7.0	54.60 54.60 54.60	165.20 103.60 134.40	705.04 643.44 674.24	Fresno Madera Tulare
Westside San Joaquin Basin	14,250	0.58	539.84	地表水 地下水	州水利事業 200フィート	流 水 流 水	30 70	12.00 24.96 21.07	7.0 7.0 7.0	54.60 54.60 54.60	138.60 229.32 202.10	678.44 769.16 741.94	Kern Kings
計	533,690	21.78											

参考資料: 表5と同様。

にのっとしてしだいに緩やかなものとなり、この間のインフレを考慮すると実質的にはほとんど負担がかかっていない。稲作地帯ではサクラメントバレイのテハマコルーサ水路の周辺がこれにあたる<sup>(3)</sup>。

### (3) 開発コスト

州全体として年間に表流水から供給される量は平均して降水から70.8MAFである。このうち北部海岸地域(40.8%)、セントラルバレイ地域(47.5%)の2地域で州の自然流量の大部分を占める。このうち、47.9MAFが未開発のままであり、これから河川北部地域の河川の景観保持、デルタの塩害防止などの必要量を除いて、73MAF(未開発流量の15.2%)が技術的、経済的にみてセントラルバレイで開発可能な水量なのである。そのなかでも土質、水源からみて北部のサクラメントバレイがダムの建設適地とされている。

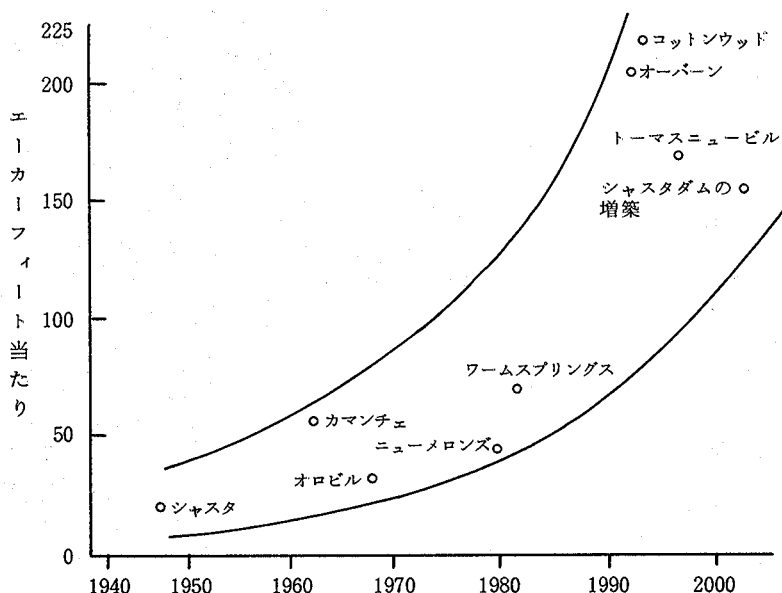
さらに、1980年代初めに州の水資源局などから新たな水利計画が提示されたが、そのほとんどは北部のサクラメ



ントバレイに計画されており、開発費用は AF 当たり 50～350 \$ である。さらにこれに運搬費用が北部湾岸地域で 10～40 \$, サンホワキンバレイで 100～125 \$ かかるというものであった。

SWP の面積を拡大するにはデルタ内の施設を改良し、乾燥年でも安定的に用水を供給できるようにする必要がある、その経費は AF 当たり 68 \$ で、SWP の用水の平均費用で 9 \$ 増加するものと推計されている<sup>(4)</sup>。

図 2 のように、開発水量が増して開発が困難になるほど AF 当たりの費用がかさむ。さらに、州中部の果樹、酪農などの農業地帯、州南部のロサンゼルスなどにおける都市生活用水需要をおさえて、上流で灌漑用水に用いることに対してはつぎのような事情から合意が得られ難いとみられている。



出典：C. V. Moore and R. E. Howitt, "The Central Valley of California," unpublished. 但し, (Robert Repetto, *Skimming the water: Rent-seeking and the Performance of Public Irrigation System*, World Resources Institute 1986.)に収録。

注：1980年以降は計画値。単位は1,000 dam³, ただし dam³は1,000 m³。

図 2 貯水能力と水コスト (1980年ドル)

#### (4) 配水ネットワークの中心としての下流デルタ

主たる稲作地帯であるサクラメントデルタにおける水利用は下流のデルタ地帯との調整問題によってその取水が制限されている。デルタの河川と湿地はその土地以上に重要な役割を果たしており、歴史的に①潮水の進入による塩害、②稲作のための除草剤使用による水質汚濁、③水資源の移転などのような密接に絡んだ問題がある (図3)。

まず、①についてみよう。デルタにおける塩害の発生は淡水とサンフランシスコ湾から押し寄せてくる潮水とのバランスのいかんである。これが上流での排水と取水とによって悪化している。もちろん上流にダムを築き、冬の流出を貯え、乾燥期に放出し、デルタの水位は高めに設定されている。しかし、夏場の水量を増やしてもかんばつ年には特にデルタへの塩水の進入が生じ、農業や生活用水への影響が深刻になった。サンフランシスコ湾地域の住民や漁業、野生動物保護、さらに州南部の水の利用者もこの問題を取り上げている。

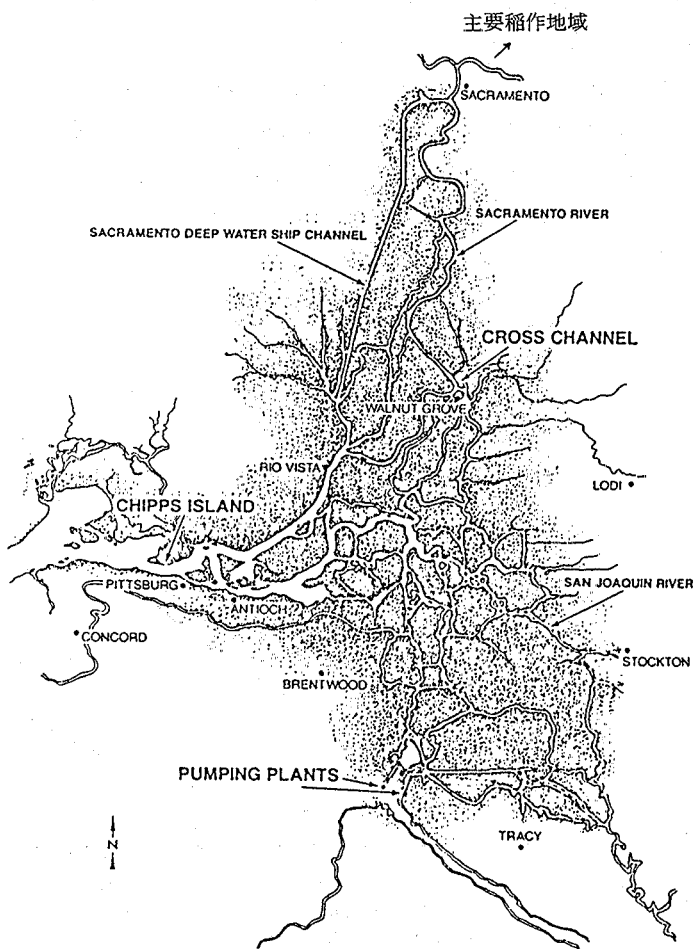
②は農業排水による水質問題である。まず、北部のサクラメント川に流れ込む除草剤による新鮮水の水質の悪化。そして、中部の農地からの大量の排水を抱えるサンホワキン川やサンホワキン排水路からの排水による水質の汚濁

で、流れてくる間に土壌中からとけ込んだ自然の塩物質あるいは除草剤やセレンも混入しており、サンホワキン川における夏場の渇水状態は南デルタの農家にとって土壌管理上の深刻な問題をかかえている。

次に③の水の移転について経済的にみよう。まず、第1に技術的にみよう。上流の貯水池から放出された淡水は、デルタ内の6つの河川を通り4つの流出口から流出する。①サンフランシスコ湾への流出、②中洲での農業などデルタでの水利用、③CVPとSWPにより南部への送水のためにデルタの南部に設置された汲み上げプラント、④中央デルタ取水し北部コントラコースタ郡に給水する水路である。渇水期には、これらのパスイウェイのすべてに供給するだけの淡水は流れていない。そこで水質維持のためにデルタの水路に流すべき水量について関係機関が長年検討を重ねてきた。1978年に州の水資源管理局 (State Water Resource Control Board) はその必要量についてのガイドラインを設け、現在の議論のもととなっている。1985年の

決定で、たとえ CVP や SWP が実施されても水質は現状水準を維持すべきとの見解を下した。そこで乾燥年、多雨の年にかかわらず、灌漑用水需要が高まる時期にあっても、水利権をそのまま行使して用いることができない。生活用水、農業用水、漁業や野生動物保護などの水利用のために毎日250万ガロンが必要なのである。これは、セントラルバレイの農業の展開にとって大きな規制要因となっていることは見逃せない。

カリフォルニアの4分の3の新鮮水は、北部の山々の降雪から供給され、サクラメントを通じてサンフランシスコの湾に流れ込むものに大きく依存している。一方、中部、南部において人口の増加等による潜在的需要が膨れ上がっている。こうした現状に対して、種々の事業によって幹線水路をひき、中部、南部へ送ろうとしている。しかし、この際に、問題になるのは、水の運搬に高いコストを伴うという経済的点だけではなく、むしろ北部に水利権があり、地域間の移転が困難という点である。そこで、通常は、北部に新たな新規の水源を設けて利用しようとするが、これには多大の建設費用を要する。そこで、地域間（北部、中部、南部）、部門間（農業、都市）のモデル分析が二次計画法によってなされた。①現行（水利権）制度維持、新規の水の供給は不可。②地域間、部門間で



出典：Division of Agriculture and Natural Resources Univ. of California, *The Sacramento-San Joaquin Delta*, 1984.

図3 サクラメントデルタの主要河川水路網

認められる限りで、消費者の需要に応じた量を開発し供給できる。この2つのシナリオを比較した結果、水市場を導入できるように制度を改編することにより、年間2 MAFの水を節約し移転させると、1980年には7,000万\$以上、2020年までには8,300万\$へと便益を増加できるとの結果が算出された。こうした、地域間、更に部門間の移転ができることにより、例えば、中部での果樹、酪農地帯における農業による開発が進み、南部では、現在以上に人口の扶養力を強め州の発展に寄与することになるとされた<sup>(3)</sup>。

このデルタはカリフォルニアの水配分ネットワークの中心部にありその戦略的な立地のゆえに、様々な利害集団を通して常に改編が迫られている。このように、サクラメント川の周辺で稲作栽培面積が拡大するとデルタ、中部、南部地域との間で様々な調整上の問題を生じてくることが予想される。

#### 4. 稲作面積の拡大余地

稲作灌溉面積を拡大することができるかという点に焦点を合わせてみてきたが、まとめると次のようになるう。

第1に、アーカンソー大平原である。州東中央部に位置し、緩傾斜で心土は重粘土質でテラス土壌であり、圃場内の排水状態は一般によくなく、穀物栽培面積53万3,000エーカー（217,500ha）のうち80%の43万1,000エーカーが稲作の適地であるが、地下水位の低下が深刻になってきており、長期的な水供給からみて20万エーカーが限度である。第2に、アーカンソー北東部である。先の大平原よりも更に土壌条件が多様で、沖積層のうえに広く分布する。深さ50〜75フィートの地下水を取水源としているが、地下水位低下は生じていない。耕地の過半数の66万5,000エーカーが適地とされ、16万エーカーまで拡大できる。第3に、ミシシッピ川デルタである。690万エーカーが適地とされるうち340万エーカーがクレイなど不透水の混合土壌条件をそなえており、近年、この地区で面積が拡大してきたが、更に、80万エーカーの未耕作地に急速に広がった。浅い地下水や地表水が取水源であり水供給には問題がないが、輪作体系などの農学的な制約のため実際は年間210万エーカーが制約である。第4に、ルイジアナ州南西部である。海岸から湿地帯近くのところ排水の不良なクレイ土壌がみられ、土壌適性から180万エーカーとみられる。地下水位は安定しているが、地表水が不足してくると地下への浸透量が減少し水圧のバランスが変化したため塩水問題を生じはじめた。また、水は充分だが農学的制約から90万エーカーが可能とみられる。第5に、テキサス沿岸平原部である。黒土クレイ土壌は沿岸湿地帯、重粘土土壌は西部に分布している。全耕地の95%が適地だが、工業、生活用水などとの競合もあり、用水がネックで4分の1の60万エーカーが長期的に可能である。第6に、カリフォルニア州サクラメントバレイである。耕地は沖積のクレイ、重粘土土壌のうえにあり66万6,000エーカーのすべてが潜在的に可能であるが、その4分の3の50万エーカーが長期的に可能である。全穀物の約10%が州中部のサンホワキンで生産されるが、水の制約から縮小するとの見通しである。以上、6地域の適地面積は合計で446万エーカーと推計される。これは、過去最大の収穫面積で当面の限界とされる1981年の153万5,000haを20%上回っている<sup>(5)</sup>。

南部ミシシッピ川流域における水利構造をみると、国土の流域面積の3分の1を擁するという豊富な水資源を背景にして、カリフォルニアなどでみられる専有権の性格はいくぶん弱く、河川では沿岸権を行使することができる。河川から離れていたり、近年に稲作面積を拡大したところで沿岸権をもたなければ、地下の不圧地下水を介して河川水を汲み上げればよい。現在のところアーカンソーなど上流、あるいは下流のテキサスでも不圧地下水からの汲み上げすぎによる極端な地下水位の低下は起きていない。ただし、本河川が穀倉地帯の中央をはしる運河ということもあり、かえって極端な河川水位の低下を生ずることは許されないことや、海岸地域での表流水の取水による地下水の塩害などが水資源の利用にとっていくぶん規制要因となるかとも思われる。しかし、ここでは、その豊

富な水資源を抱えてはいるものの、汲み上げて使うための地下水利用コストをいかに節減させるかが大きな問題である。

カリフォルニア州では地域間移転、用途間の転用などから重層的な需給関係がみられ、①塩害の防止のためデルタに一定量の流量を維持し、②稲作地帯での除草剤の散布に伴う水質の悪化があげられる。しかし、①は取水した用水を反復して利用し、さらに水質を改善して河川に戻す。②は一時的に貯留して除草剤の毒性を低下させることにより解決されるであろう。中部の稲作地帯の広がるサンホワキン川周辺では、排水不良の低湿地帯であるため、大規模な暗渠排水を施工するとともに、サンホワキン川に沿って排水路をもうけデルタに排水する計画だった。しかし、財政悪化で排水路がケスターソン湖までで中断したためここに貯留されることになった。ところが、その土壌からセレンなど無機質の有毒物質が溶けだして、排水路を通じて周辺地域およびデルタ地域に流出し、水の汚濁が表面化してしまった。中部地域では用水確保のための貯水施設の建設や排水についての規制が厳しく、面積の縮小をよぎなくさせる条件が生じている。このように、カリフォルニアでは水資源の利用をめぐる様々な規制要因がネックになっている。

最後に、日本人の好みに会う中・短粒種ジャポニカ米の拡大可能性についてみてみよう。1985年には中・短粒種は73%がカリフォルニアで生産されている。そこで、カリフォルニア州において米として全て中短粒種(現在86%)を栽培するとしよう。カリフォルニアでは米が1985年に16万ha、134万tが収穫されている。専門家の間では、当面はすでに灌漑施設投資や水利権の調整実績をあげていたことから、過去の最大である1981年を拡大可能性の限度のめどとして考えられている。1981年には収穫面積24万ha、185万tの収穫量をあげており、1985年の反収8.3t/haを用いて、短期的には65万tほどが限度である。ただし、これは、すでに稲作栽培の実績のあるものだけについてみたものであり、米価水準が上昇して生産者が他作物と比較して、より有利な収益性作物であるとみなすことになれば、灌漑施設をさらに若干施設投資をして、稲作用に転換することもできるであろう。1980年の灌漑方式別灌漑面積によると、サクラメントバレイにおいて流水灌漑16,360エーカー、ボーダー灌漑731,545エーカーであった。この二つの灌漑方式をほぼ同様な灌漑施設であるとみなし、合計747,905エーカー(305,188ha)で若干の追加投資をすればすべて稲作を実施したとすると251万tの生産ができ、ほぼ120万tの拡大が可能ということになる。

## 引用文献

- (1) GRIFFIN R.C., PERRY G.M., MCCAULEY G.N.: *Water Use and Management in the Texas Rice Belt Region*, 6-7, College Station, Dept. Agri. Econ. Texas A & M Univ. (1984).
- (2) GRIFFIN R.C., PERRY G.M.: *Volumetric Pricing of Agricultural Water Supplies*, Water Resources Research, 21(7), 944-950 (1985).
- (3) EL-ASHRY M. T., GIBBONS D. C.: *Troubled Waters*, 23-27, Washington D.C., World Resources Institute (1986).
- (4) HOWITT R.E., VAUX Jr. H.J.: *The Economics of Water Allocation*, in Engelbert E. A. and Scheuring A. F. ed., *Competition for California Water*, 136-162, San Francisco, Univ. of California Press (1982).
- (5) HOLDER S. H., GRANT W. R.: *U. S. Rice Industry*, 5-7, Washington D. C., U.S.D.A. (1979).

(1990年5月31日受理)