

# メキシコ・カリフォルニア半島における洪水利用農法

水利用学分野 下川 映

キーワード：天水農業，洪水利用農法，水収支，土壌の化学性

## 1. はじめに

現在世界の食糧の40%は、世界の農地面積の約17%に過ぎない灌漑農地から得られている<sup>1)</sup>。また世界の農用地面積の85%以上の地域では、天水に依存した農業が営まれており、しかも全農村人口の60%以上の人たちがその地域で生活をしていると言われている<sup>2)</sup>。これからの人口増加に伴う食糧問題解決の一つの手段として、天水依存農業が将来的に重要な役割を果たすものと考えられる。また、天水依存農業は、在地の風土に適したノウハウを持っており、自然のサイクルを利用した持続可能な農業であることが多い。そのためこのような在地のノウハウを再認識し、それを有効利用することが持続可能な農業を行う上で必要になると思われる。

本研究では、現在メキシコ・カリフォルニア半島において行われている自然の洪水に依存した農業について取りあげる。ここでは、無灌漑・無施肥で作物栽培が行われており、省力的かつ経済的でもあるため、その機構の解明は特に乾燥地農業において重要であると考えられる。そこで現地調査を通して、その知識・技術を再認識し、その有効利用について考察する。

## 2. 調査地の概要

今回調査を行ったメキシコ・カリフォルニア半島の太平洋岸に位置するドス・デ・アブリル集落では、年に数回だけ流れるラス・リエブレス川の洪水を利用した天水依存農業（以下、洪水利用農法）を行っている。洪水といっても流れは緩やかで、河床洗掘を起こすほど急ではない。洪水の規模は毎年異なるが水深3mになることもあるという。8-10月にかけて生じる洪水が退水した後の河床を利用して作付けを行う。洪水到着前に、洪水を土壌に浸透させるために表層を耕耘する。洪水退水時には土壌が飽和状態になるが、その後重力水が排除され、土壌水分が圃場容水量付近になるおよそ10日後に、表層を耕耘して除草を行う。この作業により、土壌表層の毛管を遮断し、土壌面蒸発を抑え、下層の土壌水分を保持した上で播種を行う。その後は無灌漑・無施肥・無農薬の自然有機農法で、ササゲ豆・トウモロコシ・カボチャ・ヒヨコ豆等を栽培する。播種から収穫までの農作業は、マメ類では一度の除草作業のみで、農作業全体を通して省力的かつ経済的であると言える。最も優先して播種される作物は、換金作物であるヒヨコ豆である。ヒヨコ豆は有機野菜としてスペインへ輸出される。

現地調査は、2003年から2005年の洪水および栽培期にて行った。また、耕耘の蒸発抑制効果について室内実験を行った。本論文では、室内実験の結果を考慮した上で、現地調査について考察する。

## 3. 室内実験

現地では、洪水退水後播種前に耕耘を行う。農家は「除草するとともに湿りを閉じ込める」という認識の下に耕耘を行う。この耕耘による蒸発抑制効果を明らかにする目的で、室内実験を行った。

### (1) 実験方法

実験は鳥取大学乾燥地研究センターアリドドームにある風洞装置内にて行った。供試土壌は、鳥取大学農学部のハウス内にある水田土壌を用いた。表1に土壌の物理特性を示す。

実験は、まず20ℓのワグネルポットに2.5mm篩で調整した風乾土を充填した後、水道水で飽和させた。次にポット中央に20cm深でテンシオメータを設置し、これを4ポット作成した。ポット下方か

表1 水田とメキシコ調査圃場の河床部および河岸部の土性（粒径組成は国際法による区分）

	粒径組成(%)				土性	透水係数 (cm/s)	乾燥密度 (g/ml)
	粘土	シルト	細砂	粗砂			
水田	18.0	45.8	27.6	8.6	SiCL	1.07E-04	1.10
メキシコ河床部	29.7	53.8	16.2	0.3	SiC	4.46E-06	1.11
メキシコ河岸部	8.0	23.5	59.9	8.8	SL	1.21E-03	1.37

ら余剰水を約24時間排水させ、排水がなくなったことを確認後、ポットを断熱材で覆い、風洞内に設置した。地表面が乾燥し白くなると、2ポットの地表面を深さ10cmで耕起した。ポット重、吸引圧、小型蒸発計蒸発量（以下、計器蒸発量）を毎朝9時に測定した。

## (2) 結果と考察

風洞内の計器蒸発量は10.5mm/d（2005年10月現地測定値12.1mm/d）であった。7日目に地表面が白く乾燥し、その日に耕耘処理を行った。図1に結果を示す。

日蒸発量の変化をみると、7日目を境界に急激に減少した。これは、蒸発面が地表面より下に移動し、表層での水蒸気拡散が蒸発量を律速するためである。12日目以降、日蒸発量の変化は、耕耘処理ポット、無処理ポットともほとんど見られなかった。この時点の日蒸発量はそれぞれ0.71、0.96mmであった。また耕耘処理時点から生長障害水分点（pF3.0）に達した実験終了時点まででは、耕耘処理ポットの蒸発量は、無処理ポットに比べ約14.8mm抑制された。この差は無処理ポットの地表面において確認された亀裂が、二次的な蒸発面を地下部に形成したことに起因すると考えられる。このことから耕耘処理によって亀裂が消失することもあり、蒸発が抑制されることが確認された。

## 4. 現地調査

現地調査では、水収支、土壌の化学性について考察を行う。2003、2004年は洪水が到着し播種および収穫が行われた湿潤年であり、2005年は洪水が到着せず耕作放棄された乾燥年であった。また、洪水通過時に浸水する箇所を河床部、しない箇所を河岸部とする。

### (1) 水収支

洪水退水後、播種から収穫までの土壌水分推移について調査を行った。現地調査において作期を通して調査することができなかったため、同じ区画において異なる年での土壌水分データを用いて、土壌水分変化の推測を行うこととした。

推測に先立ち、まず土壌水分特性曲線を作成した。pF試験は、河床部土壌を対象に、10、25、40、55cm深において採土した不攪乱土壌のコアサンプルを用いて、遠心法により行った。また、播種2ヵ月後に相当する2003年12月および洪水前である2005年8月の土壌水分を、100ml コアサンプルにより実測した。以上の結果と、土壌水分特性曲線から求めた pF1.7、3.0、4.2の土壌水分を図2に示す。これらの値はそれぞれ、24時間容水量、生長障害水分点、永久しおれ点として採用した。また、作物生育期の地表面蒸発量は、室内実験から得られた耕耘後の日蒸発量の値を採用した。

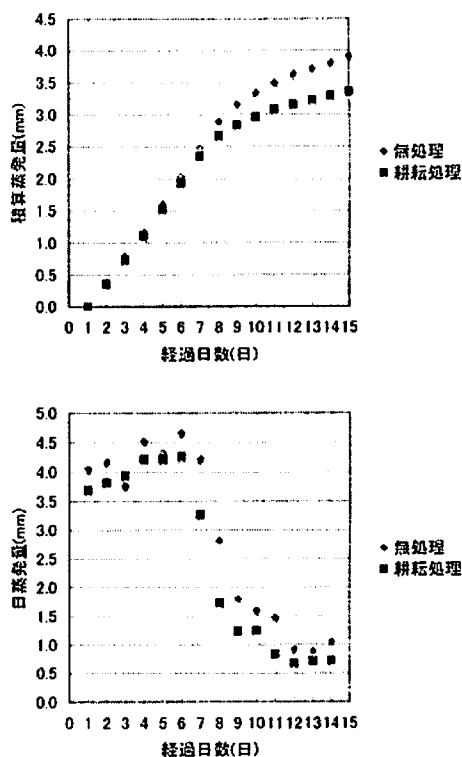


図1 ポット試験における積算蒸発量(上)と日蒸発量(下)の推移

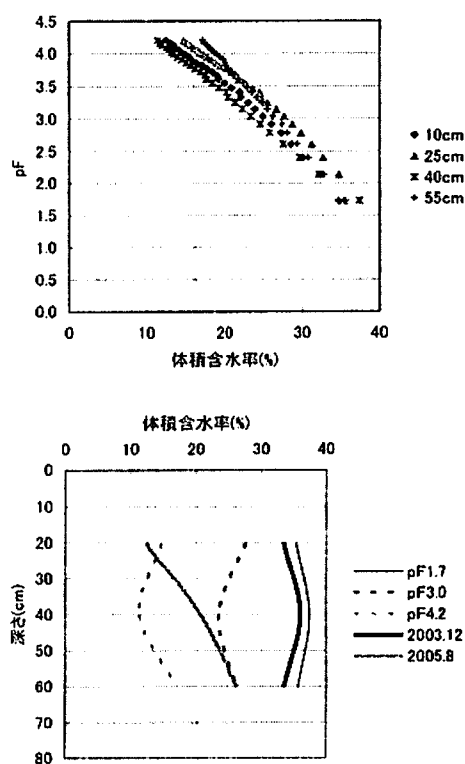


図2 河床部における土壌水分特性曲線(上)と水分変化(下)

以上の値より、播種深度 10cm から根群域内である 70cm までの栽培期間 60 日間の水分減少量は、53.5mm となる。マメ類の生育に必要な水量は 300-500mm<sup>3</sup> との報告から、土壌下方から上向き補給水が根群域へもたらされたと考えられる。土壌水分特性曲線を基に求めた全容易効水分量から推測すると、約 3m の土層があれば、マメ類の生育に必要な土壌水分が確保できる。調査地域では、河床部に 4-11m の細粒土の堆積層がある<sup>4)</sup>ことから、洪水によりもたらされた土壌水分のみによって、作物生産は十分行い得ると考えられる。このことは、エリトリアで行われている洪水灌漑圃場において、少なくとも 3m の細粒土の堆積層が存在し、その存在によりソルガムの収穫が 2, 3 回可能である<sup>5)</sup>との報告からも、このことが裏付けられる。

## (2) 土壌の化学性

洪水による土壌への影響を評価するために、洪水の通過した湿潤年 2004 年 11 月と、洪水が通過しなかった乾燥年 2005 年 8 月の河床部土壌を比較した。

図 3 から分かるように、電気伝導度は、低い値を示した。これは、洪水によるリーチング効果があるためと考えられた。また pH は、乾燥年では pH8.5 以上のアルカリ土壌に分類されるが、湿潤年では若干低い値を示した。乾燥年における土壌飽和抽出液のナトリウム吸着比 SAR は、1.6 以下であった。これは、この地域が炭酸カルシウムを多く含む土壌からなり、洪水によりもたらされる浮遊土砂にもカルシウムが多く含まれるため、ナトリウムが溶脱することと相まって湿潤年には pH は低下したと考えられた。この傾向はイオン組成にも顕著に表れていた。図 4 を見ると、乾燥年土壌に比べて湿潤年土壌ではカルシウムイオンと硝酸イオンが多く含まれていたことが分かる。

また、湿潤年において硝酸イオンを根群域である深さ 80cm まで定量したところ、硝酸態窒素 8.3mg/100g であった。全窒素を同様に測定したところ、湿潤年と乾燥年において差は見られなかった。これは、洪水によってもたらされた有機態窒素が、洪水退水後の乾燥によって硝化され、硝酸態窒素が供給されたと考えられる。施肥は行っていないため、これら窒素の補給源は、上流域からの枯れ枝葉や動物の糞が漂着したと推測される。土壌下層において枯れ枝等が目視できるため、長年にわたる土砂の堆積により、窒素および有機物が蓄積されたものと考えられる。

また、河床部土壌と河岸部土壌において 20cm 深ごとにサンプルをとり、粒径分布と全窒素の関係を図 5 に示した。粘土およびシルトの割合と全窒素量とは、

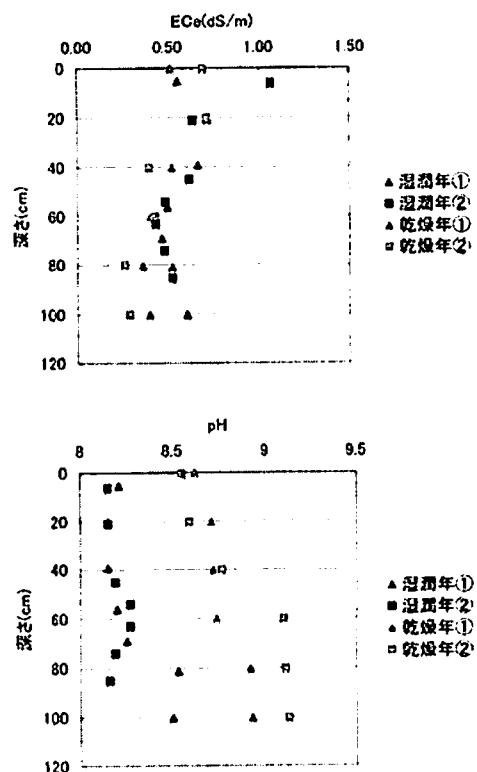


図 3 河床部における湿潤年と乾燥年の ECe と pH の比較

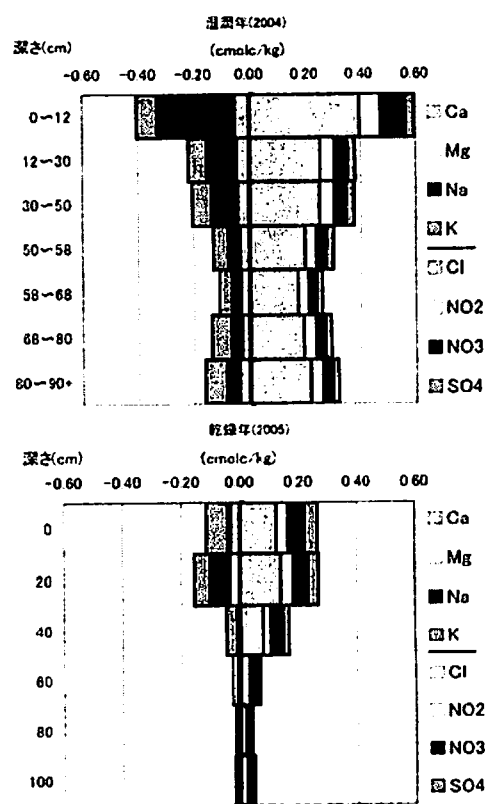


図 4 河床部における湿潤年（上）と乾燥年（下）のイオン組成

正の相関を示していた。洪水灌漑圃場において、リンおよびカリウムは比較的多いが、窒素および有機物が不足する<sup>69)</sup>との報告を考慮すると、粘土およびシルト質の浮遊土砂を堆積させることは保水性の確保とともに、窒素補給という点でも重要であると考えられる。

## 5. まとめ

洪水利用農法では洪水が到着すれば、作物生産に十分な環境が整えられることが確認された。この環境が整えられる条件として、緩やかな勾配による浮遊土砂の堆積が挙げられる。浮遊土砂が堆積することにより養分が供給され、その粒径の細かい土砂によって生育期間中に必要な水が保持されるためである。

今回調査を行った農家は、洪水利用農法を始めて40～50年の耕作歴を持っていた。その期間、農地である河床部では土砂の堆積や侵食にさらされながら、現在でも十分な収量を上げている。ヒヨコマメ栽培においては、聞き取り調査によると1,500kg/haの収量を上げている。これらのことから、洪水利用農法は洪水に依存し毎年の生産に関しては不安定であるものの、持続可能な農法の一例に挙げられるのではないかと考える。

カリフォルニア半島における洪水利用農法の圃場では、表1から分かるように、洪水時に浸水しない河岸部の土性は砂質である。砂質土では保水性が低いため、洪水が通過した年であってもその部分には播種されない。これが洪水の有無に関わらず、圃場での収量を制限している要因の一つであると考えられる。収量を増加させる一つの方策として、各圃場上流部にそだ堰や土盛りを河床に設けることが挙げられる。それにより、洪水を圃場内に拡散させ、浮遊土砂を広く堆積させる事ができ、作付面積を拡げることができる。また、圃場内において洪水前に等高線耕耘を行うことも、侵食防止、洪水拡散という点で有効であると考えられる。

## 6. 総合考察

乾燥地において、浮遊土砂を含む地表流出水を農業に利用することは、極めて有用な方法であると考えられる。乾燥地において制限要因となる水を貯留するとともに、浮遊土砂を堆積させることで土壌が肥沃になり、塩類土壌においてはリーチング効果も有するためである。中国では、河川の濁水を塩類土壌の改良法として利用する例もあり、今後さらなる研究が待たれるところである。

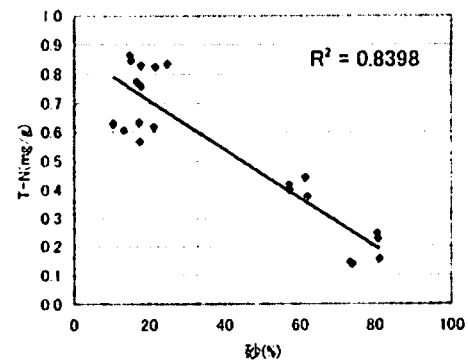
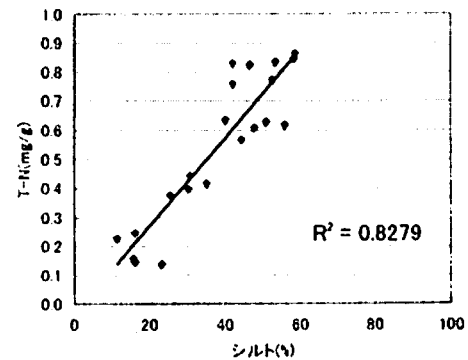
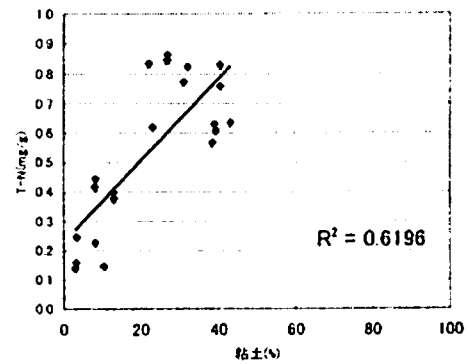


図5 河床部・河岸部における粒径分布割合と全窒素の関係

参考文献 <sup>1)</sup> サンドラ・ポステル (2000) : 水不足が世界を脅かす, 家の光協会, pp.1 <sup>2)</sup> 林静夫 (2000) : 世界の農地水管理, 緑資源公団, pp.253 <sup>3)</sup> Critchley W. and Siegert K. (1991) : WATER HARVESTING, FAO, pp.9 <sup>4)</sup> Gregorio L.V.(2001) : Preservacion de palma datilera criolla (Phoenix dactylifera L.) y su utilizacion para retener el agua de escurrimiento superficial en la colonia 2 de abril, UABCS, pp.50-51 <sup>5)</sup> Tesfai, M. and Sterk, G. (2001) : Sedimentation rate on spate irrigated fields in Sheeb area, eastern Eritrea, Journal of Arid Environments (2002), 50, pp.202 <sup>6)</sup> ILACO(1989) : Agricultural compendium for rural development in the tropics and sub-tropics, Amsterdam, Elsevier, pp.740 <sup>7)</sup> Landon, J.R.(1991) : Booker tropical soil manual; a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and sub-tropics. London, Longman, pp.474