

## 乾燥地農業の農法論的検討

佐藤俊夫\*

平成4年6月30日受付

### Examination of Dry -Land Farming from Viewpoint of Farming System

Toshio SATO\*

This paper considers of the examination of the existence-style of dry-land farming from the viewpoint of farming system. The chief material is taken from WIDTSOE's "Dry Farming".

The results of examination are as follows. Namely, to prevent the evaporation natural mulch is necessiated. Deep-and autum-ploughing, autum-seeding at 4 inches deep and the use of drill are important. Also, the selection of suitable crops as wheat, lucern and corn, become important. In contrast with the later studies, WIDTSOE's theory has many problems, but it is noticed that it deals with the existence-style of dry-land farming systematically under considerarion of not only the method of tillage, but also suitable crops, the feeding of cattle and the relation of irrigated farming.

#### 結 言

現在、地球の砂漠化の進行が注目され、その原因の追求とともに、その防止策が種々検討されている。例えば、佐藤は砂漠化の原因は「特に人口の増加、社会的、経済的開発に伴う過放牧、あるいは耕地の拡大と過度の耕作、不用意な過灌漑、燃料用の樹木伐採等種々であるが、要するに乾燥地の脆弱な生態系の破壊であり、またこれは農業分野からみれば、農業者の土地利用及び土地管理の不適切なことによる農業生態系、潜在的農業生産力の破

壊]であるとし、「乾燥地の自然条件にあった適切な土地利用、土地管理」がその防止対策であるとする<sup>9)</sup>。本論では乾燥地農業のあり方を農法論の視角から、すなわち、圃場基盤整備、栽培法及び圃場輪換の3分野から考察する。この場合、WIDTSOE, *Dry Farming - A System of Agriculture for Countries under a Low Rainfall* (1911)を主要資料とする。WIDTSOE乾燥農法論は乾燥地農業に関する体系的研究書の数少ない古典と考えられるからである。WIDTSOE乾燥農法論を紹介した文献には熊代<sup>7)</sup>、山田<sup>10)</sup>がある。熊代は中国最古の農書である齊民要

\* 鳥取大学農学部農林総合科学科経営管理学講座

\* *Department of Farm Business Management, Faculty of Agriculture, Tottori University*

術等多く、古農書と対比し、特に乾燥農法の基本過程である耕起、整地、播種、中耕に限定し、WIDTSOEの考えを紹介しており、山田は同様中国での旱地農業についての研究とWIDTSOEの考えとを融合したものであり、いずれもWIDTSOE乾燥農法論それ自体を対象として体系的に取り扱ってはいない。

本論にはいる前に、WIDTSOEの書名“*Dry Farming*”(乾燥農法)の英語の語義について一言する。岩片によると、この用語は最初西部の灌漑農業地域で、水源が得られずに、灌漑せずに行った農業の意味に用いられた。ついで準乾燥地帯での穀作農業を“*dry farming*”と称した。だが、“*dry*”という用語は、降水量が少なく乾燥する意味に用いられるべきものではなく、「雨が少なく乾燥」場合には、“*arid*”ないし“*semi arid*”を用いるのが適切であり、正しくは“*agriculture in semi-arid region*”のように表現すべきことは、早くから指摘されていた。このような環境に適した農法を早く研究・宣伝したのはサウスダコタの農民CAMPBELLであり、彼はこの語法を用いる。彼のあとを受けたユタ州立大学のWIDTSOEは、1911年に著作を公刊したが、その中では“*dry farming*”という用語は適切ではないとしつつも、書名にはこの語を用いた。

WIDTSOEは大方はCAMPBELLの説を継承しているもので、後述の内容との関連で、CAMPBELLの説をみよう。すなわち、彼は深耕によって降雨の地下浸潤を多くし、播種層まで鎮圧して土塊をなくし、毛細管現象で上昇する地下水分のために種子の発芽・発根をしやすくし、そしてそこで毛細管現象を断ち切って、土壤水分の蒸発を防ぐためにマルチをした。そのために彼は地表下鎮圧機を製作・使用した<sup>2,3,4)</sup>。

#### 乾燥農法の定義と乾燥地農業の基本問題

乾燥農法とはWIDTSOEによると、「年雨量20インチ(500ミリ)ないしそれ以下の土地で灌漑せずに、有用作物を収的に生産すること」を言う<sup>10)</sup>。これに属する地表は陸地面積の約50%を占め、20—40インチは20%、40—60インチは11%、それ以上は14%を占める。ただし、上記「年20インチ以下という地域の規定は固定したものではない。驟雨性、雨量の季節的年内分布、風速その他の水分喪失要因の如何によっては、年雨量が25—30インチの無灌漑農法にもまた、基本的には乾燥農法が適用」される<sup>8)</sup>。

この乾燥地における農業の基本問題についてみると、湿润地の農業で最も重要な問題は土壤豊沃性の維持であ

るが、乾燥地では、如何にして自然の降水を有効に捉え、保持し、そしてこれを作物生育に利用するかが根本的な問題である<sup>19)</sup>。この基本問題をより具体的に整理すれば、以下の6点に整理できる。すなわち、乾燥地農業では水が作物生産の限定因子であるから、第1の問題は自然の降水を最も有効に土壤内に進入させ貯蔵することである。しかもその貯蔵場所は根が達する範囲内でなければならない(貯水の問題)。第2の問題は土壤内に浸潤した雨水を作物が必要とするときまで安全に保持することである。生育期間中に土壤水分は下方への排水あるいは地表面からの蒸発によって失われるから、土壤内に貯蔵された水が如何なる条件のもとで下方に移動するか、また如何なる方法によって表面の蒸発が防止・制御されるかの決定が重要である(保水・蒸発防止の問題)。次にこのようにして保持された水は根から吸収されついでには葉から蒸散して大気に戻る。この水こそ真に作物にとって必要な水であるが、はたして作物はこの水を最も能率よく利用するか、これが第3の問題である。すなわち、生理的に不可欠の水ではあるが、できるだけその量を減らし無駄のない利用が行われるように制御できないか(蒸散の制御の問題)。これには作物の種類や品種が関係する。ある作物は他より著しく少量の水で足りる。また、ある作物は速く成熟する。限られた雨水や乾燥した土壤に関係する特性も作物によって異なるはずであり、従って乾燥条件下での生育に適した作物・品種の選択が第4の問題となる(適作物・品種選択の問題)。第5の問題は乾燥条件に適応した作物処理である。播種や管理に際して採るべき各種の処理の適否である(栽培管理の問題)。第6の課題は、乾燥農法で生産された作物の組成は湿润地のもものと異なり、比較的栄養(チッ素)に富むので、それにふさわしい市場価格や用途を考慮すべきことである(乾燥地農場産物の正当な評価と用途の問題)<sup>11,20)</sup>。

以下、本論ではこれらの問題を農法論的視角から再構成し、WIDTSOEの乾燥農法論を体系的に理解する。

#### 乾燥地農業の農法論的検討

乾燥地農業における営農・耕作の中心課題は上述のように「如何にして水を確保し、最大限に利用し、水を逃がさないようにするか」である。この課題を農法論的視角から整序すれば、体系的耕作法の採用が必要とされる。それは圃場基盤整備、栽培法(耕耘法と適作物選択)そして圃場輪換の3分野を包括するものでなければならない<sup>1)</sup>。そこで、以下、WIDTSOEの乾燥農法論をこの観点から検討する。

## 1. 圃場基盤整備—蒸発防止のための自然マルチの形成

圃場基盤整備の内容として江島は砂丘地農業で採用されるビニール・シートの利用等を挙げているが、本論ではそれを広く蒸発の防止策と捉え、具体的には自然マルチの利用について検討する。後述するが、自然マルチの形成は頻繁な耕耘によって行われるので、耕耘法の内容に匹敵するとも考えられるが、本論では自然マルチをビニール・シート等の端緒の形態と捉え、むしろ、圃場基盤整備の範囲に含める。

地上に降った雨は①地上の植物体に遮られて地表に達することなく蒸発する、②流去水として土壤表面を流去し、しばしば水蝕を起こす、③地中に浸潤する、④作物の葉から蒸散する、そして⑤土壤表面から蒸発する<sup>9)</sup>。ここでは⑤地中に浸潤した雨水が毛細管を通して土壤表面から蒸発する部分を如何に少なくするか、いわゆる蒸発の防止が重要となる。

この蒸発は温度の上昇、空気動きあるいは風の増加、そして相対的湿潤性（乾燥の程度を表すもの）の減少によって促進されるが、乾燥地域は湿潤地域よりも温度はより高く、相対的湿潤性はより低く、風はより強い、従って、乾燥地農業者は土壤からの蒸発防止のためにあらゆる予防策を利用せねばならない。

その予防策として、例えば深く貯水するための深耕、心土耕の実施、また、肥沃な土壤でその土壤水分中に、多量の塩類が溶解している場合に蒸発は減少するので、土壤を肥沃に保つための休閑耕、耕耘 (cultivation；早急な表土乾燥のために表土を膨軟にし、毛細管を切ることを耕耘と呼ぶ)、徹底した犁耕や施肥等とともに、自然マルチ natural mulch；soil mulch や人工マルチが挙げられる。

まず、自然マルチについてみる。乾燥の進行につれて、ある点で、水の毛細管運動がまったく中断する。これは吸湿水以上の水分が土壤中に残らないときである。事実、非常に乾燥した土壤と水は互いに反発する。このことは夏に、軽い降雨の直後、道路上をドライブする通常の経験の中に見られる。ゴミの塊は外側を湿められるだけで、車輪が通過する際に、中から、乾いたゴミが現れる。著しく乾いた土壤が水の毛細管運動に対して非常に効果的に保護することは重要な事実である。つまり、著しい乾燥条件下で、土壤は地表での自然マルチの形成によって自動的に自らを乾燥から保護するのである。

このような自然マルチの形成において、農業者は土壤の徹底的な攪拌によって乾燥した表土層を形成できるので、徹底的な攪拌が重要となる。すなわち、蒸発の激し

い場合には自然状態の土壤でも、自然マルチが形成され、それ以上の蒸発が自動的に停止するが、このようなマルチの形成は土壤の種類によっても難易があり、また、その形成は蒸発の速度が下層水分の上昇速度より早い場合に限られる。下層水分の上昇量はその上昇速度と上昇通路の多少、すなわち、上下土粒の接触点の多少によって決まる。上昇速度は水膜の厚さ、土粒の性質その他によって決まるが、接触点の多少、すなわち、表層と下層土壤との毛細管の多少は耕耘その他の作業によって容易に変化する。耕耘によって下層土壤から表層に至る水の通路を遮断するか、あるいは著しく減少すれば、自然状態では蒸発より下層土壤からの水分補給の方が速く、そのため表土の乾燥が起こりにくい場合でも、速やかに表土を乾燥させることができる<sup>21)</sup>。犁耕、ハロー等による徹底的な攪拌によって自然マルチが形成される。

このような徹底耕耘が行われるべき時期についてみると、春の幾分湿った状態において、土壤が密に固まると、より低い土壤層との毛細管結合が復活し、結果、水が逃げ去りやすくなる。それで、マルチが固くなるとすぐに、ディスクないしハローで土地が緩められるべきであった。また、春ないし夏の雨は土壤中の湿気の貯えと結びつきやすい。事実、晩春・夏雨は耕耘等によって多くの湿気を貯えるように管理されていた乾燥農場で不利益となる。軽い雨によって地表下数フィートの土壤層から湿気がすばやく引き上げられることが繰り返し見られたからである。雨のない夏は、豊沃で湿気に富む土壤の乾燥農業者によって、恐れられはしない。春ないし夏雨後すばやく、表土の蒸発防止のために、十分に攪拌することが必要不可欠である。このように土壤水分の保持は表土の精力的な、絶え間ない、持続的な攪拌に依存する。WIDTSOEによると、耕耘、耕耘そしてより多くの耕耘が乾燥地気候の水泥棒と闘う乾燥農業者の闘いの声であるにちがいない、と耕耘の重要性を指摘する。

最後に人工マルチについて一言する。人工マルチは藁ないしその他の敷藁を地面に撒くことによって行われ、これは蒸発を減らすために大変効果的である。WIDTSOEによると、EBERMAYER は藁を土地に広げることによって蒸発が22%減少することを発見し、WAGNER は同様な条件下で38%の節約を発見した、そしてこれらの結果はその他多くの研究者によって確認された。しかし大面積の近代乾燥農場で、人工マルチは広範な実践とはなりえないとしつつも、この原理を心に留めておくことは大切なことである、という指摘は注目に値する<sup>12)</sup>。

## 2. 耕耘法と適作物の選択

### (1) 土壤管理と播種

雨のゆくえについては前述した。ここではその中の③地中に浸潤した部分に関係する。土壤湿気を貯えるのは土壤中の孔隙である。この孔隙は湿気の貯え、根の生長・発達して土壤への空気の流れ等のために重要であるので、農業者に最良の結果を与えるような土壤管理がつねに重要となる。このことは、深耕、犁耕土壤を風雨にさらすこと、生育期間中の土壤の頻繁な耕耘そして有機物の投与等によって、つねに最良に行われる。

乾燥農場者にとって、十分な水受容力は、それが土壤上部と関係するかぎりにおいて、重要である。もし、適切な犁耕や耕耘によって、土壤上部が緩く多孔であれば、降水はすばやく土壤に浸潤できる。この一時的な貯えから、水は、重力に従い、より深い土壤にまでゆっくりと下降し、そしてそこで植物に必要となるまで永久に貯えられる。

この水の下方降下は如何なる耕耘によって促進されるか。犁耕は深くかつ徹底的に行われるべきであり、それによって、降水は直ちに十分な深さの緩い、スポンジ状の、犁耕土壤にまで浸潤する。このような湿気は下層土壤へゆっくりと移動する。成功的な乾燥農法のために深耕はつねに推奨されるべきである。この場合、深耕とは地表下6—10インチ深までの土壤の攪拌ないし反転を意味する。

しかし、貯水のためには、深耕だけで十分ではなく、正しい時期の犁耕も必要である。乾燥農場地域で大多数の場合に、秋期犁耕が推奨されるべきである。これには3つの理由がある。①作物の収穫後、土壤は直ちに攪拌されねばならない、なぜなら、それによって土壤が十分な風化作用を受けるからである。もし早期犁耕が困難であれば、ハーベスター後、ディスクを利用し、その後便利な時期に犁耕すればよい。秋期犁耕に伴う風化による土壤への化学的効果は、それ自体秋期犁耕の一般的な実践を正当化するほど大きい。②土壤の早期攪拌は晩夏及び秋期中、土壤湿気の蒸発を防止する。③多くの降水が秋、冬、ないし早春にある乾燥農場の場合に、秋期犁耕はこの降水の多くが土壤に浸潤し、そこで植物が必要とするまで貯えられることを許す。

同様に、秋期犁耕以後、土地は、春雨を土壤に容易に浸潤させそしてすでに貯えられた水の蒸発を防止させるために、初春にディスク・ハローあるいは同様な器具で十分に攪拌されねばならない。雨が豊富であり、犁耕地に時々雨が降るところで、土地は再び春に犁耕されるべ

きであった。さもなくば、春にディスクやハローを利用し、土壤を扱えば、それで十分である<sup>13)</sup>。

ついで、播種についてみる。上述の土壤管理は秋あるいは春の播種のための条件になる。しかし、適切な乾燥農法が第1級の播種床を保証するが、播種の問題は灌漑せずに作物を成功的に生産する際に最も困難なことの1つである。これは主に幾分雨のない条件のもとで急速かつ完全な発芽とよい植物を生産しうる根系の確立を保証する播種時期の選択の困難性による。

まず、播種時期についてみると、乾燥農場者によって処理されるべき第1の疑問は春播きに対抗する秋播きである。結論的にいえば、秋播きが好ましい。その理由は以下の通りである。すなわち、十分な発芽は土壤の豊沃性、特にチッ素の豊富な存在によって促進される。夏期休耕地でチッ素は、種子の急速な発芽を刺激し若い植物の活発な生長を刺激する用意をする秋に、つねに豊富に発見される。晩秋や冬期にチッ素は少なくとも1部分消失する、それで豊沃性の観点から春は発芽のために秋ほど好都合ではない。さらに重要なことは、好都合な条件のもとで秋に播種された穀実は温度が適しくなるとすぐに、また、農業者が器具をもって地面に出かけるずっと前に早春に利用し活性となる用意をする良い根系を確立する。その結果、作物は春播きの条件のもとで空中に蒸発する早春の湿気を利用する。秋播きは大部分の降水が冬と春にあるところで、また、冬がしばらく雪に覆われ、夏が乾燥しているところで好ましい。このように、条件が好都合であれば、秋播きは実践されるべきであった、というのはそれは水保持の最良の原理と調和しているからである。降水が主として夏期の地域でさえ、秋播きが結局好ましいことが発見される。

播種の深さについてみると、植物は深いほど安全である。種子が安全に置かれる深さは土壤の性質、豊沃性、物理的条件、そして含まれる水に依存するが、4インチが乾燥農場条件のもとで最良の深さといわれる。乾燥農法の方法が実践される少ない降水のもとで、深植えはつねに安全である、というのはこのような実践は乾燥農法の成功のために必要となる根系を発達させ、強化するからである。

播種量は土壤が豊沃であるほど多くの種子が利用され、土壤中の水が多いほど多くの種子が播かれる。豊沃性あるいは水の減少につれ、種子の量は同様に減らされる。乾燥農場条件のもとで豊沃性は良好である、しかし、湿気は低い。従って、一般原理として、軽い播種が、地面をよく覆う作物を生じるには十分であったが、乾燥農

場で実践されるべきであった。一般に湿潤地域の2分の1強の種子が年雨量約15インチの乾燥農場地域で利用されるべきであった。すなわち、湿潤地で、エーカー当り5ペックの小麦種子に対して、約2ペックないし3ペックが乾燥農場で使用されるべき播種量であった。

最後に、播種の方法についてみると、乾燥農場において、種子は条播機で条播されるべきであった。条播機の利益は明らかである。それは種子を一様に分布するので、制限雨量の土壤で成功するためには不可欠の機械である。種子は、種子が適切な発芽のためにすでに土壤中に貯えられた湿気に依存するところで、特に秋播きの場合に、非常に必要となる均一な深さに置かれるべきである。乾燥農場条件のもとでしばしば必要な深い播種のために条播機は不可欠となる。条播栽培はもし成功が望まれるならば認められる唯一の播種法である<sup>14)</sup>。

### (2) 蒸散のコントロールと地力維持

ここでは前述の雨のゆくえ④作物の葉からの蒸散について検討する。蒸散、あるいは植物それら自体からの水の蒸発といった水分の損失を制御する手段は乾燥農業者にとって最も重要な課題であるからである。

蒸散の植物成長への影響は、WIDTSOEによると、①蒸散が植物成長のために必要な鉱物栄養を植物体中に一様に配分する助けをする、②蒸散は葉による活発な炭酸同化作用を認める、③水の蒸発に必要な熱が、植物それ自体のオーバーヒートを防ぐ役割をする、そして④蒸散はまだ明白に理解されていなかった多くの方法で明らかに植物成長や発達に影響を与える、である。

乾燥地農業ではこのように植物成長に大きな影響を与える蒸散の適切な制御が必要となるが、その場合あらかじめ蒸散を規定する要因の検討が必要となる。その要因は①相対的湿潤性の高低、②温度の上昇・下降、③空気の流れの増減、④直射日光の増減、⑤土壤水中における栄養物質の存在の多少、⑥機械的な震動の有無、⑦植物年齢の変化、⑧作物種類の変化、⑨作物の成長力の活発・不活発、⑩根系の発達の程度、の10点である。

蒸散は、水不足の地域での植物生産にとって最も重要な課題の1つであるが、まだ十分に理解されていない、とWIDTSOEは述べる。また、蒸散に影響する上記の条件のほとんどすべてが農業者の制御の範囲を超えとも言う。そこで、実際農業において蒸散を制御する方法は、すなわち、蒸散を制御しそして適切に耕耘された土壤で最小量の水で最大収量を可能にするために農業者によって保有された唯一の手段は土壤をできるだけ豊かに保つことである。この原理のもとで、貯水や土壤水の蒸発防止の

ためにすでに推奨された実践が再び強調される。冬の風化作用が十分すぎるほど感じられる深いかつ頻繁な秋期犁耕が植物栄養の遊離のために第1に重要である。水の直接的な蒸発防止のために推奨された犁耕は、それ自体植物栄養を遊離するので、植物に必要な水の量の減少に効果的となる要因である。夏期中及び各降雨後、忠実に土壤を耕耘する農業者は従って2つの極めて重要な事柄を成し遂げる。すなわち、彼は一方では土壤中に湿気を保持し、他方、良い作物をより少ない水で育てる。

このように、蒸散の制御において肥沃性の維持が非常に重要であると指摘される。では、この肥沃性は如何にして維持されるか。乾燥農場土壤の生産力や植物栄養含量の明かな増加は①乾燥地土壤の本来的に高い肥沃性、②乾燥農場作物の深い根系を受け入れる深い土壤、③土壤中の自然降水の上への移動による土壤中の植物栄養の集中、④風化作用によって土壤粒子の植物栄養を自由かつ活発に分離する乾燥農法の栽培方法、⑤年々の少ない収量、⑥ヘッダー刈株の犁込み、⑦直接的に空中からチッ素を集めるバクテリアの活動、によって説明される。これらの要因は乾燥地土壤の特性に関わるものであり、より積極的な要因は⑥ヘッダーによる穂刈りの結果として残る茎・根系の犁込みのみである。残された高い穂は秋に犁込まれ、土壤に有機物を供給する。肥料を追加せずに1世紀以上ものあいだの乾燥農場の維持は、ヘッダーの後に残る高い活力のある藁の腐敗物の土壤への投与によって可能となったのである。とはいえ注意すべきことは、肥沃性を維持する理想的な方法は、乾燥農法と関連して家畜を飼養する部門の発達によって最良に遂行される、というWIDTSOEの認識である。本来的な地力維持・増進のためにはより多量の有機物の投与、つまり家畜飼養と結合せざるをえないという認識である<sup>15)</sup>。

### (3) 適作物の選択

乾燥地農業者にとって、適作物の選択の問題がいかに重要であるかについてWIDTSOEは乾燥地農業者の仕事は土壤が犁耕、耕耘や休閒耕によって、作物の植付けのために適切に準備されたとき、そのとき半分なされたにすぎない。作物の選択、その適切な播種そしてその正しい管理や収穫は乾燥農法の成功のための合理的な土壤管理と同様に重要である、と強調する。耕耘、犁耕や播種・栽培管理等についてはすでに見たので、ここでは作物・品種の選択についてみる。

一般に湿潤地域の作物種類が乾燥地域でも栽培される、しかし、確実な収穫のためには、乾燥農場条件に適した品種が利用されるべきである。植物は環境への驚く

べき適応力をもつ、そしてこの力は、一定の条件のもとで、植物が継続的に栽培されると、より強くなる。従って、長期の豊富な雨や湿潤気候の地方で育てられた植物は、このような条件下でよく成長する、しかしもし深い土壌で、暑い、雨のない地方で栽培されれば、通常枯死するか、せいぜい不十分にしか成長しない。だが、このような植物は、連年乾燥条件のもとで栽培されれば、暖かさや乾燥に慣れやがて、おそらくほとんど同様に成長するようになる。大収穫を期待する乾燥農業者は数世代にわたる育種によって彼の農場の条件に適応した作物の品種を安全にするためにあらゆる注意を払わねばならない。従って、自家製種子は、もし適切に育てられれば、最高の価値がある。また、科学的方法による新品種の育種も、永年実際に価値ある結果が期待されないが、重要である。毎年、新品種がリストに追加され、それで作物・品種の大改良が推奨される。従って、進歩的な乾燥農業者は最良の品種に関して州や国の研究者と密に接触を続けるべきであった。さらに、乾燥農法が行われる地域は、少量の雨という点では同じであるが、土壌、風、平均温度、そして冬の性質や厳しさのような、植物生長に影響を与えるその他の条件の点では大きく異なる。従って、種々の地域で試作が行われるまで、どんな作物も、品種も無条件に推奨はできない。現在、我々は乾燥農場目的のために最小量の水で最大量の乾物を生産する植物をもたねばならず、また、それらの生育期間ができるだけ最短でなければならない、とだけ言いうる。

このような考え方のもとで乾燥地農業に適した種々の作物・品種が説明される。WIDTSOEによりつつ、簡単にみると、小麦は主な乾燥農場作物であり、将来的にもその優位性を保持する。それが最も一般的に利用された穀類であるのみならず、世界は小麦生産に対してもますます乾燥農法地域に依存することを急速に学びつつある。乾燥・準乾燥地域において、費用のかかる灌漑地で果実、野菜、サトウキビ及びその他の集約作物が栽培されるべきであり、他方、小麦、トモロコシ及びその他の穀物や飼料の多くさえが粗放作物として非灌漑あるいは乾燥農場地で栽培されるべきであったことはいまや一般に受け入れられたドクトリンである。準乾燥地での小麦作物の現在及び将来の大きさを考慮すると、種々の乾燥農場条件を最良に満たす品種の確保は極めて重要なことである。現在合衆国で栽培された乾燥農場小麦は大きくは2種類あり、1つは硬質春小麦であり、これにはコモン小麦とドラム小麦とがある、そしてもう1つは冬小麦であり、これには硬質小麦、準硬質小麦そして軟質小麦があ

る(ただし、各種類にはそれぞれ幾つもの品種があるが、ここでは省略する)。

その他小粒穀物としてエン麦、大麦、ライ麦がある。エン麦は疑いなく来るべき乾燥農場作物である。平均年雨量15インチ未満の土地でよく成長するいくつかの品種が発見された。大麦は、その他の一般的穀実のように、乾燥農場でよく生長する品種である。ライ麦は最も確かな乾燥農場作物の1つである。それは多量の糞と穀物とを生じ、そしてその双方は価値ある家畜飼料となる。適切に栽培され、そして家畜飼料としてかあるいは緑肥として利用されれば、それは極めて価値がある。

乾燥農場の作物中、トモロコシは極端な乾燥条件下でおそらく最も一様に成功的な作物である。極めて乾燥した年に、トモロコシは必ずしも収益的な収量を生産するとは限らない、しかし収量は全体として飼料目的のために費用を支払い利潤を残さないことはめったにない。より湿潤な年にトモロコシのそれ相応の増加がある。乾燥農法地域はいまだ乾燥農場作物としてトモロコシの価値を認識しない。しかし、トモロコシに関する既知の事実はその乾燥農場面積が急速に増加し、そして、やがて小麦に迫ることを予想させる。

乾燥農場作物の中でソルガムは一般に知られていないが、それは乾燥地条件下ですぐれた収量をあげる作物となる。ソルガムは合衆国において半世紀以上の間知られていた、しかし、ソルガムの干魃抵抗力が喚起されたのは乾燥農法が展開しはじめてからのことであった。

アルファルファールはいま灌漑地区だけでなく湿潤地でも好ましい作物として認識されており、それで、アルファルファールはまもなく合衆国の主要乾草となる。起源的に、ルーサンは、それが飼料を最初の歴史的な人々の動物に供給したアジアの暑い乾燥した諸国の産物であった。さらに、時に40-50フィート地中に侵入するその長い直根は、ルーサンが深く貯えられた土壌湿気を容易に利用することを示す。これらを考慮して、ルーサンは乾燥農法によく適合した作物であることを証明すべきであった。アルファルファールはマメ科作物であり空中から窒素を集める。それで、それはよい肥料となる。土壌肥沃性の疑問は年の経過とともにより重要となる、そして土地改良者としてのルーサンの価値はそのとき今日よりもより明白となる。

マメ科ないしきやを生じる作物群は極めて重要である。第1に、それは価値ある植物栄養であるチッ素に富んでおり、第2に、それは土壌の肥沃性を維持するために利用されうる空中からチッ素を集める力を持っている

からである。乾燥農法は、適切なマメ科作物が発見されそして作付方式の1部にされるまで、農業のまったく安全な実践とはならない。これ及びその他の諸国の乾燥農場地域で野生のマメ科植物の繁栄は注目に値する。すなわち、チッ素を集める植物は砂漠で作用している。農業者は、土地が収益的に生産する限り、小麦だけを作付することによってものごとのこの自然的な秩序をひっくりかえす。乾燥農場地域の土着のマメ科植物はいまだ広汎な経済的研究を受けていなかった、そして、真に乾燥農法に適應されたマメ科植物に関してほとんど知られていない。

近年、ポテトは最良の乾燥農場作物の1つとなってきた。12インチ強の雨量のもとで試みられたところはほとんどどこでもポテトは比較的多くの収量を与えた。今日、乾燥農場でポテト栽培は重要な部門になりつつある。軽い播種や徹底した耕耘の原理は成功のために不可欠である。ポテトは、夏期休閑耕が好ましくないと思われるところで、輪作利用によく適應させられる<sup>16)</sup>。

以上のような作物・品種が選択されるあるいは選択されるべきとWIDTSOEは言うのであるが、これらの作目の中でライ麦、トーマロコシ、ソルガム、アルファルファ等飼料作物の存在が注目される。飼料作物は輪作を実現すると同時に、家畜と結合し、地力維持に貢献するからである。

### 3. 圃場輪換

乾燥農場における作物の輪作は、年雨量が15インチ以上であり降水の大部分が春と夏に降る大平原地域のような地区で通常提唱される。種々の輪作は通常1ないしそれ以上の小粒穀物、トーマロコシあるいはポテトのような耨耕作物、マメ科作物そして時々休閑年を含む。マメ科作物はチッ素の新鮮な供給を確保するために栽培される。耨耕作物は空気や日光によって土壤粒子からカリやリン酸のような植物栄養を遊離させる。穀作物はその他の植物の根系によって到達されなかった植物栄養を吸収する。大平原地区で最良とみられる輪作はトーマロコシ—小麦—エン麦、大麦—エン麦—トーマロコシ、休閑—小麦—エン麦である。

休閑の存在の是非については種々の議論があり、大平原地区では休閑の不存在、特に夏期清浄休閑への嫌悪があった。休閑すれば、土壤中の有機物の大減少を引き起こし、ついに作物の完全な失敗に結果するという恐れ、そして第2に、ポテトのような耨耕作物が休閑と同じ有益な効果を生じるという信念のためである。前者については、確かにそうではあるが、乾燥農場地域の大部分で

行われた穂刈方式が犁込まれる多量の刈穂を残すことも観察され、この方法によって休閑年中に失われる以上に多くの有機物が土壤に付加されることはありそうなことであり、また、後者については、近年提案された、雨が主に夏に降る大平原地域で耨耕作物の成長が夏期休閑にとってかわるという理論はいまだ公表されていない実験データに基づいている」と言われる。

しかし、大平原地域において、降雨は乾燥農場地域のその他のところよりいくらか高く、そしてその多くは夏に降る。この夏期降水はもし土壤条件が好都合であれば、おそらく平均年において作物の成熟に十分である。従ってこの地域で、土壤湿気を貯えるための休閑耕は不必要となる、といった背景がある。

だが乾燥農業者が決して忘れてはならないことは、乾燥農法における制限要素が水であり、そして、年降雨が、まさに事物の性質において、乾燥年あるいは平均以下の降水年が確かに来ることの結果として、年々変異することである。幾分湿潤な年に土壤に貯えられた湿気は比較的小さな結果である、しかし干魃年に、それは農業者の主な依存物となる。作物は、耨耕の有無にかかわらず、生長のために水を必要とするので、もし多種の作物が連続して作付されれば、その土地は湿気をまったく消耗することになるので、干魃年には、おそらく失敗する。

乾燥農法の不確実性は除去されねばならない。干魃は毎年期待されねばならない。作物収量の確実性のみが確かめられるので、乾燥農業者は他の農業分野で考慮された場所にまで到達するであろう。このような確実性に到達しそして平均雨量に応じて2年ごと、3年ごとあるいは4年ごとの清浄夏期休閑耕を考慮することはおそらく不可欠である。疑いなく、耨耕作物を含む作物の輪作は乾燥農法に重要な場所を発見する、しかし、おそらく夏期清浄休閑の完全な排除はないと思われる<sup>17)</sup>。

## 結 語

本論では乾燥地農業のあり方を農法論的視角から整理することを試みた。乾燥地農業のあり方の体系的理解のためである。その場合、乾燥地農業についての体系的農書であるWIDTSOE乾燥農法論を主要資料とする。

乾燥地農業のあり方を農法論的視角から整理する場合、体系的耕作法の観点が必要となるが、それは圃場基盤整備、栽培法そして圃場輪換の3分野からなる。そこで、この3分野について簡単に振り返ると、以下の通りである。すなわち、まず圃場基盤整備についてはそれを広く蒸発の防止策と理解し、具体的には自然マルチが提

唱される。自然マルチの形成によって土壌水分の蒸発は防止されるが、それは徹底した耕耘によって可能となる。他方、人工マルチも述べられているが、実際には実行困難とされつつも、この原理の重要性が指摘される。ついで栽培法についてであるが、深くかつ徹底的な犁耕とともに土壌風化による地力維持や自然降水の貯水のために必要となる秋期犁耕の重要性が指摘され、これらの土壌管理に基づいて、秋撒き、4インチの播種深、しかも条播機の利用が指摘される。深耕—条播—中耕は西洋の条播農法の基本要因である。前述の徹底的な耕耘と合わせれば、この限りにおいて西洋・東洋の差はなく同じ原理に基づくとと思われる。さらに、水の節約に関して蒸散の制御が重要になるが、蒸散の制御要因は多いが、その中で農業者の制御可能なものは土壌の豊沃性である。土壌豊沃化は乾燥地土壌それ自身が豊沃であるので余り関心がもたれなかったが、しかし地力維持問題は重要である。理想的には家畜飼養との結び付きによる地力維持が重要だとする。この点は注目に値する。ついで、適作物・品種の選択が重要となり、最小量の水で最大量の作物を生産する、また、生育期間が最短である作物・品種の選択が必要であるとし、小麦、大麦をはじめ、ソルガム、ライ麦、トモロコシ、ルーサンなどが挙げられている。穀物とともに、飼料作物が多く挙げられていることが注目される。最後に圃場輪換についてみると、休閒、特に夏期休閒耕はぜひとも必要となり、排除はないと思われるが、耨耕作物の挿入などにより、その位置はより小さなものになるとと思われる。

以上WIDTSONEの考えについて述べたが、その後の研究によれば、毛細管水の蒸発を防ぐ手段としてWIDTSONEが提唱した自然マルチは、降雨の作用によって容易に破壊され、そのうえ多少とも傾斜した耕地では、流去水による水蝕を呼び、さらに風蝕をも激しくする、従って自然マルチではなくて、刈株による人工マルチが望ましいものとされる。また、自然マルチの形成あるいは蒸発防止また地力維持に関しても耕耘、とりわけ深耕の重要性が強調されるが、深耕のみに片寄せれば、雨による土壌流亡が増加し加えて風蝕による被害が起こる。従って本来ならば等高線に沿って耕地地帯と森林地帯を並行させ、風蝕と流去水を少なくすることが大切であるとされる。

WIDTSONEの乾燥農法論は、後の研究に比べると問題点はあるとしても、上述のように、乾燥地農業のあり方の考察において、単に土地耕作の仕方のみならず、作物の種類・品種（飼料作物をも含めて）や家畜飼養をも、さ

らに本論では触れなかったが、乾燥農法と併進すべきものとしての灌漑農法をも視野に入れるべきことが体系的に取り扱われていることは注目に値する。この点、後の研究を踏まえた岩片の整理が示唆に富む。すなわち、準乾燥地における農業のあり方は、単に土地耕作の仕方のみにかかわるのではなく、作物品種や養畜をも含む農業経営方式全般にかかわるものであり、加えて灌漑や林地造成に連なる土地利用全般にわたることなのである<sup>6)</sup>。

#### 参 考 文 献

- 1) 江島一浩：亜熱帯地域における農業の展開。農水省九農試経営部（1987）p. 45
- 2) Campbell, H.W.: *Soil Culture Manual - A Complete Guide to Scientific Agriculture as Adapted to the Semi-Arid Regions*. The Woodruff -Collins Press, Lincoln (1907)
- 3) 岩片磯雄：西欧古典農学の研究。養賢堂、東京（1983）、p. 124
- 4) 岩片磯雄：古代ギリシャの農業と経済。大明堂、東京（1988）、pp. 52-53
- 5) 岩片磯雄：前掲書。p. 53
- 6) 岩片磯雄：前掲書。pp. 53-54
- 7) 熊代幸雄：乾地農法における東洋的と近代的命題—東洋的・園芸的農法の性格に関する一観点。宇大農学術報1 1-35（1954）
- 8) 熊代幸雄：前掲論文。1-35
- 9) 佐藤一郎：地球砂漠化の現状。清文社、大阪（1985）、pp. 125-6, 169
- 10) Widtsoe, J.A.: *Dry Farming - A System of Agriculture for Countries under a Low Rainfall*. The Macmillan Company, New York (1911)
- 11) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 8-10
- 12) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 136-163
- 13) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 107-129
- 14) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 205-225
- 15) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 165-187, 294
- 16) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 232-254
- 17) Widtsoe, J.A.: *ibid.*, pp. 203-204, 298
- 18) 山田登：旱地農業概論。竹内書房、東京（1949）
- 19) 山田登：前掲書。pp. 5
- 20) 山田登：前掲書。pp. 5-6
- 21) 山田登：前掲書。p. 56