

乾燥地の農業と灌漑：持続可能性という観点から

第1回：乾燥地の灌漑農業

乾燥地域では一般に年間降雨量が少ないことから、河川水や地下水を利用した灌漑農業が導入される事例がよくみられます。例えば西アジアのパキスタンでは、インダス川の豊富な水資源を利用した灌漑水路が植民地時代から建設されており、広大な面積が灌漑されています。しかし、過剰な灌漑による Water logging（地下水水位の上昇による湛水化）とそれに伴う土壌の塩類化、塩害の問題が各地で発生しています。同様の問題は中東のシリアでも見られるようです。また、アラビア半島の産油国 UAE では豊富なオイルマネーを背景として無計画ともいえる農地開発や植林事業が実施されています。これに伴って地下水の水質悪化、枯渇、塩分を含んだ地下水を灌漑に用いているために起こる土壌への塩類集積等の問題が顕在化してきています。そこで全国的視野に立った適正な規模やレベルの開発計画の策定・実施が急務となっています。

乾燥地における灌漑農業ではこのように、灌漑によって塩害等の問題が引き起こされる例が多々あります。この対策としては、作物の要水量に見合った適切な量を灌水することや、過剰水の排水を行うこと等が考えられますが、適量の灌水という点では特に灌漑施設や組織が大きい場合には末端まで適切に管理することはほとんど不可能で、農民は水がある時にはあるだけかけてしまい、結果的に必要量以上灌水している場合がよくあります。乾燥地では水がなければ作物は枯れ、反対にある程度までは水をかければかけるほど収量が上がるという面があるため、農民側からみれば当然の行為といえなくもありません。しかし、これでは現地の農業普及局や援助側の技術者が適正灌水量について農民にいくら教えても無意味です。末端の農民が欲しい時に欲しいだけの量が供給されればこの問題はかなり解消されると思われそうですが、そのためには灌漑施設をあまり大きくしないようにすることが必要で、農民が自分たちだけで管理できる程度が適当ではないかと思われます。

また、乾燥地に新たに灌漑農業を導入する場合、井戸水や河川水による灌漑が一般的ですが、乾燥地といえども現地で長年営まれている伝統的な農法が必ずあります。その一つとして、少ない降雨を有効に利用する集水農業(Water Harvesting) という手法があります。また、カナート等の地下水路を利用したオアシス農業も乾燥地独特の伝統的な農法です。これらの農法ではいわゆる近代的な灌漑農業に比べて収量が不安定だったり、あまり高収量が望めなかったりしますが、近代的な灌漑農業が比較的短期間に塩害等の問題を引き起こすのに対して、伝統的な農法は古くから営々と続けられてきている農業で、持続性という点では非常に優れています。また、当然のことながら画一的な近代的灌漑農業とは違って、現地の気候・風土に適合した農法であり環境保全という意義も合わせ持っている場合が多いようです。乾燥地の農業開発を考える場合、この伝統農法の研究や改良といった視点が非常に重要ではないかと考えます。この新しいシリーズでは、持続可能性という観点から乾燥地の農業と灌漑を考え、乾燥地の伝統農法の紹介をしていきたいと思います。



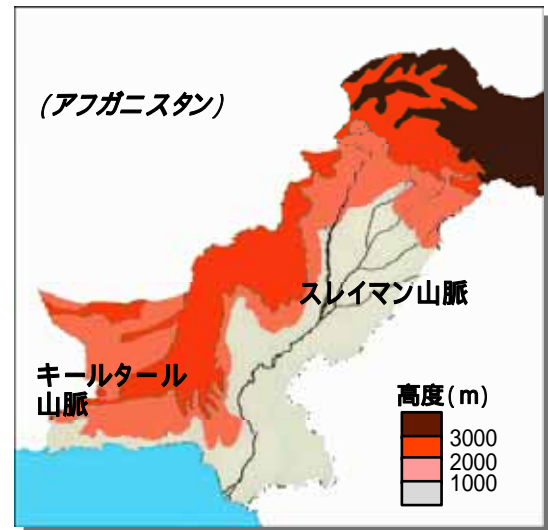
末端水路における塩類集積(パキスタン)



ナツメヤシが茂るオアシス(UAE)

第2回：パキスタンの洪水灌漑

Water harvesting (集水手法)は乾燥地において重要な伝統的な水利用の一つであるとともに、土壌侵食防止や塩害防止といった環境保全的側面も持ち、乾燥地に適合した持続可能な農業という点で優れたものである。集水手法には実に様々な種類があり、その分類も多様であるが大きく分けて、降雨による表面流出水を利用する雨水集水法 (Rainwater harvesting) と、ワジ等を一時的に流れる水を利用する洪水集水法 (Flood-water harvesting) の二つに分類される。前者は降雨が土壌表面 (耕地内あるいは耕地外) を流れていくのを文字通り集める方法で、また後者はワジを流れる洪水を堰や水路を用いて取水し、それを圃場に灌漑する方法である。



パキスタン国の中で伝統的に集水農業が行なわれている主な地域は、インダス川西方のスレイマン及びキールタール山脈の麓の緩斜面とバルチスタン州西部である。ここではそのうちの一つである D.G.Khan 地域について述べる。本地域はパキスタンのほぼ中央に位置し、パンジャブ州に属するが、北は北西辺境州、西はバルチスタン州、南はシンド州に接している。西側には最高部が 2,000m を越すスレイマン山脈があり、東側にはインダス川が流れている。山岳部の自然植生はまばらで岩肌が露出している。山岳部から下流の沖積扇状平野にむかう大小さまざまなヒルトレント (ワジ) 流路があり、多量の降雨があった時に洪水流となって流れる。

本地域における集水手法のタイプは洪水集水法の中で Spate irrigation と呼ばれるものである。これは集水域である山岳地帯で降った雨がヒルトレントを流れ、それが扇状地が広がる直前に石積み堰等を建設して分散させて下流の耕作地に湛水させる方法である。栽培される作物は用水の利用可能性に大きく左右される。通常は洪水流が 6 ~ 8 月に発生するためソルガムやミレットが作付されるが、降雨が遅れて冬期に耕作可能な場合は小麦が栽培される。また冬期には、残留水分を利用して油料種子や豆類が栽培される場合もある。問題点は用水を不確実な洪水流に依存しているために、作付時期や面積、収量等が安定しないことである。また近年インダス川から取水する灌漑水路が建設されたことから、より安定した収入源を求めて 1960 年代には集水農業地域から灌漑農業地域への人口移動が始まった。さらに、1970 年代以降は中東諸国への出稼ぎによる人口流出も重なり、本地域の社会構造は変化したため、ヒルトレント洪水流を農地に分水する土堰堤または石積みの取水施設の維持管理が困難となり、多くの施設が損傷を受け機能を失った。その結果、ヒルトレント洪水流による下流の灌漑水路、生育中の作物、道路等に重大な被害を与える場合もある。



第3回：UAEのファラジとオアシス農業

乾燥地における伝統的な水利用の方法の一つとして、山岳部の地下水をトンネル水路を通して平地に導き、農業に利用する方法があります。地域によってその呼称は異なり、カナート、カレズ、フォガラ等々いろいろありますが、UAEではファラジと呼ばれています。ファラジの水はオアシスに供給され、そこではたいていナツメヤシが茂り、さまざまな作物が栽培されています。オアシスでは、同一場所で高層にナツメヤシ、中層に果樹、下層に牧草・野菜と多層的に利用している例がよく見られます。これは空間的利用方法として優れているだけでなく、ナツメヤシによる防風効果や被陰効果もあり、周囲と比べてオアシス内の気温を低くまた湿度を高く保つように工夫されています。また、オアシスでは水盤灌漑が行われており、近代的なドリップやスプリンクラー灌漑方式に比べて水利用効率が低いとされています。しかし、土壌への塩類集積等も考慮に入れ、農業の持続可能性を含めて考えた場合いったいどちらが優れているのでしょうか。このような実態について科学的な調査をし、それを改善したり他に利用するような努力が必要だと思えます。

ところでファラジとは直接関係がありませんが、モンゴルのある地域では、水のあるところからわざと少し離れた場所に家を構えるそうです。これは近すぎると水を使いすぎてしまうので、わざと水汲み作業を大変にして使いすぎないようにしているようです。普通はあればあるだけ使ってしまふ、という人間の欲望の特徴をよくわきまえて自己抑制しているのでしょうか。この考え方は、特に利用できる水が限られている乾燥地では大切な視点だと思います。

ファラジの場合も変動はあるものの水量はほぼ決まっています、栽培面積もそれにしたがって自ずから決まってくる、それ以上できないという「抑制」がきいています。これがたとえばポンプで地下水を汲み上げて灌漑農業をしているような場合だとなかなか抑制がきかず、使用量が地下水函養量に追いつかずに地下水位が下がって取り返しのつかないことにつながったりします。つまり、その土地の生産力に見合った生産量や開発規模を越えて農業開発を行った場合、一時的に生産量が増えるけれども持続性はなく、本来なら我々の子孫のためのものを先取りして今収奪してしまっているのかもしれない。持続可能性ということを考えた場合、将来のためにほどほどにして「我慢」することも必要なのではないでしょうか。このシリーズでは「乾燥地の水利用」というテーマで話を進めています。これは利用できる資源や食糧が限られているという点では、地球全体に当てはまることかもしれません。



オアシスを流れるファラジの末端水路



オアシスの栽培風景

第4回：シリアの天水農業

シリア農業の基本問題は、降雨に依存した農業生産の極端な不安定性と灌漑施設等の農業基盤整備の立ち遅れにある。解決策として、これまでに数多くの灌漑計画が立てられ一部はすでに建設されてきたが、土質上の問題や塩害の発生といった技術的問題に加えて、資金不足等の理由により、今のところ灌漑農地は耕作地全体の約20%を占めるに過ぎない。このため、少ない降水量でも、それを最大限に有効に生かすような農業開発が重要な課題となってきた。雨水の有効利用の方法は全国同一でなく、地域の自然条件によって異なっている。

地中海沿いの山岳地帯に見られる段々畑は、比較的恵まれた降水をより効率的に利用できるだけでなく、傾斜地の土壌侵食を防止する効果大きい。石積みの技術は伝統的に受け継がれてきたものであり、古い時代には手仕事で条件の良い所から少しずつ段々畑の開拓が進められたであろう。この場合、石積みの労力を最小限に抑え、最大限の効果を得るために、元の地形や降水時の水の流れ方等が極めて詳細に観察されていたと考えられる。実際に古い段々畑を観察すると、斜面の微地形条件が実にうまく利用されていることに驚かされる。一方、近年になって機械力を使って図面通りに建設された石積みは、一見きれいに出来上がってはいるが、伝統的なものと比較して崩壊等の可能性が高いと言われている。従って、伝統的な石積みの中に培われた技術を忘れることなく、機械化を進めるといった考え方が必要となろう。

トルコ国境沿いのようにある程度の降水に恵まれた平坦地では、輪作体系を工夫したり、年によっては休耕することによって効率的な穀物栽培が可能となっている。降水量がある程度限られていても、微地形の利用の仕方によっては効率的な水利用が可能となる。地表面の50%が礫で被われている場合、被われていない部分の土壌にもたらされる降水量は2倍になる計算が成り立つ。さらに、大きな礫の下部や間隙には微気象条件に応じた土壌微生物活動等により、生産性の高い土壌が形成されている場合が多い。そのため、条件次第では礫の一部を移動し、その間に飼料木の植林を行ない放牧地として使用したり、石礫を格子状に積み上げて、その間でブドウ栽培を行ったりしている。この場合、石礫は貯水効果や土壌の貯留効果だけでなく防風効果も併せ持つ。ところが、近年の大型プロジェクトでは機械力により、石礫は有効土壌と共に除去されてしまう傾向にあり、トラクターの導入により雨が降れば儲け物といったギャンブル農業も可能となってきたため、半乾燥地域における土壌劣化や沙漠化に拍車をかける結果となっている。このように、手仕事から機械化への変化が農業の持続可能性に悪影響を与えていると考えられる。今後、農業の機械化を進めて行くなかで、地域の実態を踏まえ、従来の農業の利点を生かした画一的でない農業開発が望まれるのではなかろうか。



段々畑

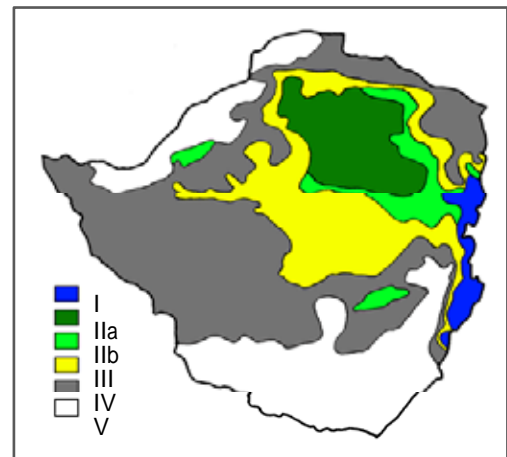


ブドウ畑

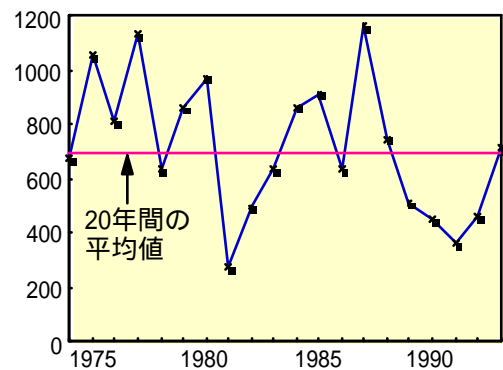
第5回：ジンバブエの農業と補助灌漑

ジンバブエは地域によっては年間雨量 1,000mm 以上のところもあるが、500～600mm 程度の半乾燥地もかなりの面積を占めている。ジンバブエの農業を考える場合、自然地域区分と土地所有制度が重要である。まず自然地域区分は、主として雨量によって図のようにⅠ～Ⅴまで5区域に分類されている。このうち区分Ⅰ及びⅡは雨量も750～1,000mm以上と多く農業に適しているが、区分Ⅲ以下は次第に条件が厳しくなる。区分Ⅴでは降水量は450mm以下でしかも不規則なため、農業には不適で粗放な牧畜等に利用されている。

土地所有を見るとジンバブエには国有農地、大規模及び小規模商業農地、コミユナルランド（共同体地域）、入植地域の5つの主な形態がある。このうち大規模商業農地は数百から数千 ha 規模で、主として白人が所有または使用している。また、小規模商業農地は黒人農家に私有を認めたもので、一戸当たり 50～200ha の範囲で配分されている。コミユナルランドや入植地も黒人農業地域である。土地所有と自然区域区分を重ねてみると、農業に適した地域の多くが大規模商業農地によって占められており、降水量が少なく農業にあまり適していない土地あるいは粗放の牧畜しか行えないような土地にはコミユナルランドや入植地が分布している。



ジンバブエの自然地域区分



ジンバブエのほぼ中央に位置するミッドランド州のある地区を例にとってみると、この地区は年平均降水量が600mm前後で自然区域Ⅲに属し、メイズ、綿花、ヒマワリ、落花生等が主な作物の天水農業地帯である。最近20年間の降水量データをグラフに示したが、年変動が大きいことがわかる。天水農業ではトータルの降水量も重要であるが、降雨パターンも収量を左右する大きな要因の一つである。雨季でも雨の降らない期間が長く続く場合があり、作物の生育ステージによっては大きな被害を受ける。このような作物の生育や収量を左右する大切な時期に、補助的な灌漑（Supplementary Irrigation）ができれば旱魃被害の低減や収量増加に非常に効果的である。問題点はコストであり、大規模商業農場で行われているような移動式のスプリンクラーを設置した補助灌漑は、資金力のない零細農家には現実的ではない。小規模な溜池による灌漑や、中東で見られるような、素焼きの壺を作物の根元に埋めて水を補給する灌漑法（Pitcher Irrigation）、蒸発を防ぐために地下に雨水を貯水する溜池（Cistern）等々、あまり金をかけないで実現可能な技術の開発や改良・適用が必要である。



耕して雨を待つ小規模農場の農民



スプリンクラーで灌漑する大規模商業農場

最終回：乾燥地に特有な問題点と乾燥条件を活かす工夫

このシリーズでは「持続可能性」という点に着目して、乾燥地における伝統農法のいくつかの例を見てきたが、乾燥地の現場を歩いて気づくことは、生産性を上げるためにしたことがかえって逆の結果を招いていることがある、ということである。例えば産油国でよく見られるが、点滴（ドリップ）灌漑を導入して限りある水資源の有効利用を図り、節水栽培しようとしている。しかし、灌漑用水が塩分を含んでいるために地表面に徐々に塩類が集積したり、灌漑用井戸の地下水位が低下して同時に水質も悪化する場合が往々にしてあり、耕作が放棄された農地もある。沿岸部の農業地帯では、地下水の汲上げ過ぎによって地下水層への海水侵入が起こり、井戸水の塩類濃度が急激に上昇している地域もある。またシリアやパキスタン等、豊富な河川水を利用して灌漑農業を営んでいる地域では、塩類集積や Water logging が大きな問題となっている。これらは近代農法が乾燥地にもたらしたマイナスの結果の例である。もちろん、いわゆる「伝統農法」も問題を抱えており、だからこそ「近代的な」農法が導入されるわけだが、目先の生産性向上だけでなく時間軸（持続性）も考慮に入れた開発計画や経済効果の評価が必須ではないだろうか。

乾燥地農業の今後の方向性という点では、乾燥地の限られた水資源と土地（優良農地）を有効に利用するために集約的な農業をめざす、例えば施設園芸技術の導入等は重要な課題となるであろう。一方、乾燥地に広がる広大な面積の土地を粗放的に利用するというのも一つの手である。この場合、乾燥地では一般に、農業生産が困難になればなるほど畜産の占める重要性が大きくなる、という点は忘れてはならないファクターである。畜産を含め、農・林・水産を融合したようなプロジェクトの計画・実施が、特に乾燥地では必要である。

さらに、乾燥地の農業において水資源の確保や灌漑はもちろん重要な問題であるが、その他に乾燥地に特有な様々な問題がある。乾燥地の過酷な気象条件のもとで農業を行うには、農場や作物を強風や移動砂丘から保護する必要がある。そのために、防風防砂林の造成や砂丘固定技術の開発が非常に重要である。塩分濃度の高い水を灌漑し続けたり、地下水位の高い地域では、塩類集積や湛水害の問題が生じて来る。そうした場合のための排水に関する知識や技術も重要になってくる。乾燥地には耐乾性や耐塩性の強い自然植生がかなり見られるが、これらの生理・生態分野に関する基礎的な研究を進め、得られた知識を育種やバイオテクノロジーの分野に応用してゆくことも大切であろう。

このように、乾燥地における高温・乾燥・強風等の条件を農業生産に対するマイナス要因と考えて、これらの悪条件をできるだけ排除・克服して好適条件を作りだし、その中で作物を生産するという努力は当然必要である。しかし一方、それらの条件を乾燥地に特異的な条件と考え、むしろこれらをプラス要因として利用するような考え方もあると思う。乾燥地では極めて蒸散の激しい条件で作物を生産するため、極めて効率的に成分が濃縮される。これが、「緑健野菜」の考え方の基礎にもなっている。特に薬用成分を含むような植物の場合には、益々重要な意味を持つてくる。厳しい環境のもとに生育している乾燥地の植物を、よりマイルドで水分条件も良好な環境で人工的に栽培しようとする、多くの場合薬用成分量は野生のもの比べてかなり低くなる。これは、植物が人間のために薬用成分を生産しようとしているわけではなく、乾燥から自分自身を守るために特殊な成分を体内に蓄積しているためである。

こうした考え方もあって、国際耕種では乾燥地に特異的な植物のデータベース作成や種子収集に力を注ぐようになってきた。地域に特異的な植物を扱い始めると、当然その地域の文化や伝統との関わりが大きな課題となってくる。さらに、このような文化や伝統に根ざした適正技術が、地域の中で脈々と生き続けている。海外援助や技術協力の分野で、適正技術あるいは中間技術ということが強く叫ばれているが、このような地域に生きている技術を科学的に分析評価し、改善を加えることが最終的には地域住民の生活向上につながるのではないだろうか。