

乾燥地の砂漠化にどう対処するか？

HOW TO COMBAT DESERTIFICATION IN DRY LANDS ?

稲永 忍

Shinobu INANAGA

農博 鳥取大学教授 乾燥地研究センター (〒680 - 0001 鳥取市浜坂 1390 番地)

About 47% of land area of the earth is dry lands. Dry lands are found in areas where the amount of evapotranspiration is greater than that of precipitation. Desertification is the land degradation that occurs in dry lands as a result of various factors, including climatic changes and human activities. The effects of desertification are being felt in about 17% of the whole area of dry lands and the affected area is expanding. The major cause of desertification is human activities, particularly current agricultural practices such as overgrazing, inappropriate agricultural land management, deforestation, and overexploitation of vegetation for domestic use (including utilization of trees for firewood). Behind desertification lie factors such as rapid population growth and poverty. Therefore, establishment of sustainable agriculture through improved technologies that are mainly based on traditional knowledge, and reconstruction of socioeconomic systems which will give benefit to local people for combating desertification are necessary.

Key Words : *Dry lands, combating desertification, establishment of sustainable agriculture, reconstruction of socioeconomic systems, traditional knowledge*

今、世界の乾燥地 (dry lands) では、強風に煽られて移動する砂丘がオアシスを飲み込む、強い風雨が肥沃な表土を運び去る、あるいは不適切な灌漑が地表に塩類を集積させるといったことにより、土地の植物生産力が急速に低下しつつある。砂漠化である。すでに、乾燥地全体の約 17% が砂漠化しており、その年間拡大速度はほぼ九州と四国を合わせた面積にも匹敵するという。また、砂漠化の影響を受けている人は約 6 億人に上ると推定されている。

砂漠化の進行は、食糧や燃料の不足、飢餓や栄養不足人口の増大、難民の増大、地域社会の崩壊などをもたらしている。そしてその影響は、一国に止まらず、難民の流入などにみられるように隣国まで及んでいる。さらに砂漠化の進行は、この問題を抱えない先進諸国、日本などにも環境面や経済面を通じて影響を与える可能性が高い。こうした事態に世界を挙げて取り組むため、1994 年、「深刻な干ばつ又は砂漠化に直面する国 (特にアフリカの国) において砂漠化に対処するための国際連合条約」¹⁾、通称「砂漠化対処条約」が成立した。我が国も 1998 年 12 月にこの条約の加盟国となり、

砂漠化被影響国に対する資金援助、科学技術協力をいっそう強めることとなった。

1. 乾燥地とは

世界の乾燥地は、61.5 億 ha で、全陸地面積の 47% を占める²⁾。一般に乾燥の程度を示す尺度として乾燥度指数 (AI) が使われる。AI は、年平均降水量 (P) の Penman の式で求めた蒸発散位 (PET) に対する比である。乾燥地は AI 0.65 未満の土地のことで、AI の低い所から順に、極乾燥地域 (hyperarid area)、乾燥地域 (arid area)、半乾燥地域 (semiarid area)、乾燥半湿润地域 (drysubhumid area) と区分される。この内、農業や牧畜が営まれるのは、主に乾燥地域、半乾燥地域、乾燥半湿润地域の 3 地域で、全陸地面積の約 3 分の 1 に当たる。

乾燥地における降水は単に量的に少ないだけでなく、不規則で、季節的、小地域的に集中するという特徴を持つ³⁾。また降水は、土壌構造が未発達なため土壌中に浸透しにくく、周囲より低いワ

ジなどに集まり、一挙に流失してしまうことが多い。

乾燥地での母岩の風化、すなわち土壌の生成は、降雨が少ないため、化学的作用より物理的作用によるところが多い。物理的作用の主な原因は、乾燥地特有の大きな気温の日較差や年較差にある。乾燥地の土壌は次のような特徴を持っている。すなわち、植生が貧弱なため、土壌有機物含率が低く、多くの場合2%以下である。ちなみに降雨に恵まれたわが国の畑地土壌のそれは、少なくとも2%以上で、多くの場合5%を超える。このことから分かるように、乾燥地の土壌には無機成分が多量に残存しているが、作物の成長に欠かせない窒素、リンは欠乏している。また、土壌中における水の下降運動が少ないため、湿潤地の土壌に比べ土層の分化が進んでいない。さらに、母岩に含まれていたカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウムなどの陽イオンの溶脱が遅いため、土壌のpHは中性からアルカリ性を示す。乾燥地に多い塩類集積土壌は、塩類土壌、アルカリ土壌（ソーダ質土壌ともいう）、塩性アルカリ土壌の3つに大別される。塩類土壌は多量の可溶性塩類を含む土壌である。一方、アルカリ土壌は多量の吸着性ナトリウムを含む土壌である。この土壌は粘土と腐植の分散性が非常に高いため、水を含むと粥状になり、反対に、乾くと硬化して亀裂を生じやすい。塩性アルカリ土壌は、塩類土壌とアルカリ土壌の両方の性質を持つ土壌である。

2. 砂漠化とは

砂漠化 (desertification) は、乾燥地域、半乾燥地域および乾燥半湿潤地域における気候変動ならびに人間活動を含む種々の原因によって起こる土地の劣化 (land degradation) と定義される^{1), 2)}。具体的には、水食や風食による肥沃な表土の流失、塩性化などによる土壌の化学性の悪化、土壌の固化による物理性の悪化である。中でも、水食と風食による土壌の流失が砂漠化原因の87%を占める。砂漠化の影響を受けている地域は、乾燥地を抱えるすべての大陸に分布しているが、特に深刻なのは中国北部、中央アジア、インド、中近東、アフリカのサヘル地帯、北アメリカ中西部などである。世界の砂漠化面積のうち、気候変動に起因するもの

の13%、人間活動に起因するもの87%といわれている。人間活動の中で最大の原因となっているのは、自然の条件を無視した農牧業である。具体的には、植物生産力を上回る家畜の放牧（過放牧）、過耕作や過剰灌漑などの不適切な農地管理、森林破壊、薪などの過剰採取などが挙げられる。

3. 砂漠化と乾燥地農業

乾燥地農業には、降雨依存型農業（天水農業ともいう）と灌漑農業とがある^{4), 5)}。面積的には降雨依存型農地のほうが広く、灌漑農地の約4.4倍存在する。降雨依存型農業では、作物栽培後の休閑中、圃場が裸地状態におかれることから風食や水食の害を受けやすい。これらは腐植に富んだ肥沃な表土を喪失させるとともに、養分含量や保水能力の低い下層土を露呈させる。その結果、土壌の作物生産力は著しく低くなる。灌漑農業は河川に隣接した沖積地に多く見られ、こうした土地は平坦な地形であり、また土壌の透水性が低いため自然排水がうまく行われず。そのため、地下水位が上昇し、waterlogging（過湿害あるいは湛水害）を生じやすい。地下水位の上昇は、土壌の通気性を悪化させて作物根系の発達を妨げるだけでなく、地下水に含まれる塩類を根圏に集積させる。地下水位の上昇は、不適切な灌漑により加速される。ここで不適切な灌漑とは、排水施設を設けずに灌漑したり、過剰灌漑を続けたりすることを指す。また、乾燥地の水資源は、土壌に残存する塩類を多量に溶かし込み、かつ蒸発損失が大きいこと、塩類濃度が高いことが多い。さらに、化学肥料の過剰使用も土壌を塩性化させる。こうした原因により土壌の塩性化やアルカリ化が進むと、作物は生育不能となり、農地の不毛化が進む。

4. 持続的乾燥地農業の構築に向けて

乾燥地は生態系が単純であり、それが砂漠化を招きやすいという農地の脆弱性につながっている⁶⁾。したがって、砂漠化を防ぎつつ、持続的な農業生産を行うには、まず、地形、水環境、潜在植生などの生態条件を十分に考慮した、耕地や草地、林地の複合的配置が必要である。その上で、乾燥

地の伝統的知識 (traditional knowledge)⁷⁾ を基に改良された農業用水, 土壌管理, 作物種 (品種), 栽培法に関わる諸技術が実践されなければならない。

(1) 農業用水の確保と節水

乾燥地の農業用水の源は, 降水, 河川水, それに地下水である。乾燥地に普遍的に見られる降雨集水農業は, 規模拡大が困難なこと, 集水量が少なく, かつ不安定なこと, 地下水を多量に利用できる深井戸が近年増加したことなどにより次第に廃れつつある。しかし, 涵養水の補給がほとんどない地下水を取水する深井戸利用には限度がある。したがって, 今一度, 降雨集水農業に着目し, これの持つ弱点を改良することが急務ではなかろうか。また, 集水や保水に有効な簡易耕起の活用とその改良も忘れてはならない。乾燥地の河川水は, 湿潤地のものに比べると蒸発損失, 流量の年変化や年による変動が大きい。したがって, 従来のダムや溜池に替わる, 蒸発損失の少ない貯水方法の開発が必要である。その一つは, 地下ダムのように地下に貯水する方法ではなかろうか。問題は建設費が高いことであるが, その費用軽減のヒントは, 先に述べた降雨集水農業や浸透溝 (石や木片で埋めた溝) などの伝統的知識の中にあるように思える。また地下水については, 降水による涵養期間を短縮するため, 雨水を効率よく地下浸透させる技術の開発が急務である。これもまた, 突き固めた土壁や石壁のテラス, 雨季の中耕, 後述するグラベル・マルチ栽培などといった伝統的知識の中に開発のヒントがあるように思える。

灌漑農業においては, 水源から末端の圃場までの水路における浸透損失や水面蒸発の軽減, それに末端圃場における作物の消費水量に見合った灌漑の実施が重要である。また, 現在広く用いられている水盤灌漑は, 非常に浸透損失が大きいので, 地下水位の上昇や土壌の塩性を招いている例が多い。こうした弊害の少ない灌漑方法, すなわちスプリンクラー灌漑, 点滴灌漑などの活用を考慮すべきであろう。しかし, これらの灌漑システムは, 初期投資や維持・管理費が高い。導入にあたっては, この点に加え, 地形, 土性, 気象, 栽培作物種, 灌漑水のコスト, 水質などを十分に考慮する必要がある。ここでもまた, こうした化石エネルギーの消費を伴う加圧灌漑方式ではなく, そ

れを必要としない, 中東地域で長い歴史を持つクーゼ (khuze; 素焼きの壺のこと, これを土中に埋め, 壺の表面から染み出る水を植物に吸収させる) に見られるような, 負圧灌漑方式に今いつそう着目すべきではなかろうか。また, 水面蒸発の軽減には, 先の浸透溝のアイデアが役に立つ。以上その他, 新たな発想に基づく自然エネルギーを利用した造水, 集水, 保水システムの開発も重要であることはいうまでもない。

(2) 土壌管理の適正化

降雨依存型農業では, 古くから行われている防風のための生垣や林帯の設置, 裸地期間の短い作付体系や輪作の採用などは, 無作付け期間や幼苗期の畑の風食防止に役立つとともに, 土壌の肥沃度や水分の保持に貢献している。また, テラス栽培, 等高線栽培, 畦立て法なども傾斜地の水食防止に役立っている。さらに, グラベル・マルチは畑の表面に小石を敷き詰めるものであるが, これは降水の表面流去を少なくし, 土壌中への浸透を高め, かつ土面蒸発を防ぐのに効果的である。こうした伝統的知識を広く活用するとともに, それらの効率性の向上や造成経費などの削減を目指した改良が待たれる。

灌漑農業においては, 過湿害や塩類集積を軽減するため, 地下水位を低下させることや, リーチング排水を行うことが求められる⁸⁾。地下水位を低下させる方法としては, 開水路による地表排水, 暗渠などによる重力排水, 井戸 (管井) 排水が効果的である。ただし井戸排水は, 暗渠などに比べて初期投資や年間維持費が安価であるが, 別に排水処理施設を必要としたり, 技術的に複雑であるといった問題点を有する。また灌漑農業では, 灌漑用水の水質にも注意を払い, その使用基準を遵守することが大切である。特に土壌のアルカリ性が高い場合には, 土壌改良材を用いて, 吸着したナトリウムを陽イオン交換によって可溶性イオンとした後にリーチング排水を行うのが効果的である。よく用いられる土壌改良材には, 価格の安い石膏や硫黄などがある。しかしながら, 以上の塩害・アルカリ害対策は, いずれも多くを資金を必要とし, 零細な農民には簡単に実施できるものではない。より簡便な方法としては, 土中の硬盤を破碎すること, 土壌の表面をワラやビニールマルチなどで覆うこと, 高畦栽培を採用することなど

があるが、その適用範囲は限られる。いずれにせよ、まずは塩類集積やアルカリ化を招かない、作物の要水量に見合った灌漑を行うことが何よりも重要である。またその一方で、新たな発想に基づく除塩剤などの開発が必要とされる。

(3) 作物種（品種）と栽培法の選択

作物は、体重の70～90%が水分からなり、1日に体重の1倍から10倍もの水を蒸散する、いわば水の大消費者である。蒸散量は、極乾燥地域のように太陽光が強く、乾燥したところより多い。したがって乾燥地では、作物による耐乾性の違いを考慮して、その地の乾燥度に適した作物種を選択する必要がある。また同じ作物種であっても、品種により耐乾性や水分欠乏に弱い生育段階が異なるので、この点も考慮しなければならない。また耐塩性についても大きな作物間差異や品種間差異があり、土地の塩性化の程度に応じて作物種や品種の選択を行なうことが必要である。さらに、耐乾性や耐塩性のみならず病虫害耐性などにも目を及ぼして、在来種を育種材料とした品種改良を行なうことも忘れてはならない。その一方、バイオテクノロジーを利用した、新たな不良環境耐性作物や品種の育成が必要なことはいうまでもない。

栽培法についても、長く乾燥地に伝わっているものから学ぶ必要がある。たとえば、多様な作物種を組み合わせた輪作、間作、混作、リレー栽培（relay cropping、第1作を収穫する前に第2作を植える栽培法）、保護栽培（草高の高い木本と低い草本との間作）などの利点の活用である。また、ナツメヤシなどの高木を植栽し、強い日射、高温、乾風を防ぎ、その下で果樹や野菜、牧草などを栽培するオアシス農業に見られる多層栽培にも学ぶ点が多い。さらに、アグロフォレストリー（agroforestry）に見られるような農業、牧畜業、林業を連関させたシステムの下に、作物生産を行なうという視点も大切である。要するに、水や物質の循環が図れる栽培方法の選択とその改良が欠かせない。

5. おわりに

以上に述べたように、砂漠化の対処には、その最大原因となっている現行の農牧業を持続的なシ

ステムとすることが急務である。また同時に、このシステムを現地の人々が進んで受け入れられる、新たな社会・経済システムの構築も必要である。前者の構築に当たっては、シンプルなものとする、現地調達可能な材料を使う、化石エネルギーは極力使わない、保守管理が容易であるという視点が大切だ。なぜなら砂漠化に悩む人々や国の多くは、貧困に喘いでいるからである。また後者の構築に当たっては、地域住民の利益を中心に据えたシステムとすることが大切だ。なぜなら砂漠化を引き起こすのも、それを防ぐのも、その土地に住む人々だからである。

参考文献

- 1) United Nations : Convention on combating desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa, pp. 26, 1994.
- 2) UNEP : World atlas of desertification, Second edition, Anold, pp. 182, 1997.
- 3) 日本砂丘学会編：世紀を拓く砂丘研究，農林統計協，pp. 387, 2000.
- 4) 農林水産省熱帯農業研究センター編：乾燥地における作物生産，農林統計協会，pp. 309, 1989.
- 5) 日本土壌肥料学会編：塩類集積土壌と農業，博友社，pp. 204, 1991.
- 6) 稲永忍：地球環境学6 生物資源の持続的利用（武内和彦，田中学編），岩波書店，pp. 97-122, 1998.
- 7) UNCCD : Traditional knowledge, ICCD/COP (3) /CST/2, pp. 56, 1999.
- 8) 緑資源公団編：世界の農地水管理，緑資源公団，pp. 366, 2000.