

中国黄土高原での砂漠化防止と 生物生産向上のための基礎研究*

大 滝 英 治**

1. はじめに

1995年度から、文部省「新プログラム」方式に基づくグループ研究(創成的基礎研究)、「東アジアにおける地域の環境に調和した持続的生物生産技術開発のための基盤研究」(研究代表者:佐々木恵彦東大教授)が開始された。この研究には、中国黄土高原を舞台とする「中国黄土高原・安塞地区における砂漠化防止と生物生産向上のための基礎研究」(班長:松本 聡東大教授)が含まれている。研究全体の評価助言委員ならびに松本班の特別顧問である田村三郎東京大学名誉教授と松本班長に従って、我々班員は、1995年7月17日から31日にかけて延安から約100 km北にある中国科学院安塞水土保持総合試験站を訪問した。この試験站は、西安にある中国科学院西北水土保持研究所の附属施設の1つである。今回の訪中は、研究初年度ということで、現地の状況把握、調査研究体制の整備、並びに研究計画の妥当性を現地の共同研究者と協議することが主な仕事であった。現地を訪れてみると、文字通り「耕して天に至る」景色が展開されていた(写真1)。このような収奪的な農業、牧畜業はいつまで続けられるのだろうか。50年後あるいは100年後には、この地域は砂漠化するかもしれない、という気がしてくる。人口増加による食糧不足、貧困、環境破壊等々の事柄が互いに関連しあって抜き差しならなくなった状況を目前にして、気象学の面からどのような寄与ができるのか、私にははっきりした展望が得られていない。とにかく、黄土高原を訪問して感じたことを皆さんにお伝えした



写真1 頂上まで耕してしまった黄土高原。

い。問題解決に関する何らかのヒントがいただければ幸いである。

2. 研究概要

松本班の構成、研究内容を知っていただくために、班員が実施しようとしている研究課題とその内容を簡単に紹介しておく。

松本 聡 (東京大学大学院農学生命科学研究科, 土壌学)

研究課題 黄土高原・安塞地域における適切な土壌管理と農業生産力向上のための新展開。

研究内容 半乾燥地帯であり、しかも厳しい冬季の自然環境は農業生産力を増進する大きな制限要素となっている。特に、土壌-植物間の水の分配・収支を解明し、限られた水分をより効率よく植物に移行・吸収させるための土壌管理法の開発はきわめて重要な課題である。同時に、黄土の生物生産力を構造的に解明し、持続性のある植物培養土をどのように育成していく

* Fundamental Studies for the Prevention of Desertification and the Improvement of Biological Production at Loess Plateau in China.

** Eiji Ohtaki, 岡山大学環境理工学部。

© 1996 日本気象学会

- かを検討する。
- 一前宣正 (宇都宮大学雑草科学研究センター, 雑草資源学)
- 研究課題 黄土高原・安塞地域に適応する草種の選抜.
- 研究内容 黄土高原における厳しい土壌浸食を防止するためには, 急斜面を中心に長期間にわたって安定した豊富な植被を再構築することが必須の条件である。しかし, 黄土高原は現在, 自然の植被は完全に破壊し尽くされており, 今後, 現地の乾燥・寒冷な厳しい自然条件に適応し得る草類を導入することが重要な課題になっている。本研究においては, 耐寒性, 耐乾性に優れた草類で, しかも, 家畜の嗜好にも合うと考えられる草類を牧草も含めて多数現地に導入し, それらの生態適応性を検討する。
- 鈴木和夫 (東京大学農学部, 森林植物学)
- 研究課題 黄土高原・安塞地域に適応する林木の選抜.
- 研究内容 山地や丘陵地帯における水土流出を防止するためには, 現地の自然条件に適合した樹種によって構成された豊かな森林の存在が一般的に必要である。しかし, 黄土高原では有史以前は豊かな植生で被われていた状態が, 長期にわたる人間活動の結果として現在では完全に裸地化した状態になっている。かつて, 日本の研究グループは, 寧夏回族自治区固原県において, 林木の導入, 選抜試験を草種の導入試験と平行して実施するよう中国側に申し入れた経緯があるが, ついに実現されなかった。一方, 安塞試験所においては, 造林のための基礎研究が着実に進められているので, 本研究を通じて, 中国側の林木関係専門家と討議を重ね, 日本より林木の導入・選抜試験を開始する。
- 武田和義 (岡山大学資源生物科学研究所, 育種学)
- 研究課題 黄土高原・安塞地区に適応する麦類品種の選抜.
- 研究内容 寧夏回族自治区・固原県および河北省・南皮県におけるこれまでの経験を活かし, 陝西省・安塞県の環境に適応し, し

かも, 生産力が高く, 品質の優れた小麦ならびに大麦品種を選抜する。それと共に, それらの特性を解析し, ストレス環境下における麦類育種の材料と指針を得る。そのため, 日本側からは, 小麦2000品種, 大麦8000品種, 合計10000品種の麦類を現地に導入し, 選抜試験に供する。

- 大滝英治 (岡山大学環境理工学部, 微細気象学)
- 研究課題 半乾燥地における気象と作物の光合成, 蒸散および生長に関する研究.
- 研究内容 植物は, 通常, 1 ha 当たり10-20トンの乾物生産を行うために, 数千トンの水を消費する。半乾燥地での作物の蒸発散による水資源の枯渇化を防止するため, それぞれの土地環境に適した栽培計画を確立する必要がある。本研究では, 安塞地区で生育している作物の二酸化炭素と水の輸送量を測定し, 限られた水資源下での作物の生育条件に関する指針を得ると共に, 作物生育モデルを検討する。

以上のように, 松本班は, 土壌学, 雑草資源学, 森林植物学, 育種学, 微細気象学等多方面から黄土高原の再生に取り組もうという班長の思想がよく分かる組織となっている。なお, 松本班長は, 1988年から3年間, 一前, 武田両班員は, 1988年から6年間, 寧夏回族自治区固原県において, 黄土高原の緑化を目標とした日中共同研究に参加された経験がある。鈴木班員と私は今回初めて安塞を訪問した。共同研究のために, 我々日本側の班員1名に対して, 中国科学院西北水土保持研究所と中国科学院西北植物研究所から専門家が3名選ばれていた。1チーム4人の体制で今後の共同研究を実施することになる。

今回の訪中では, 観測を実施する場合の問題点を探る意味で, 私は, 超音波風速計を持って行った。大きくて変な形をした風速計感部, 100 m のケーブル, パソコン等を機内に持ち込んだので, オーバーチャージ, 通関等で大変苦労した。さて, 安塞の研究圃場で風速と温度を測定する段になって問題が生じた。圃場には野ネズミが沢山いることがわかった。そのため, 西安からネズミ対策のために専門家が1人派遣されているほどだった。ネズミは超音波風速計のケーブルを好むということで, 急遽, 専門家に設計を依頼してネズミ返しを付けた支柱を鍛冶屋さんに特注した。苦心の支柱を利用した超音波風速計の野外テストの風景を写真

2に示す。1996年からは、二酸化炭素測定用のケーブル等がこの支柱に固定されるはずである。研究室には、超音波風速計のメインアンプとデータ収録用のパソコンがある(写真3)。パソコンは16チャンネルまでの信号を10 Hzでサンプルし、各種の統計計算をリアルタイムで処理するようにプログラム化されている。今回の超音波風速計の信号からは、気温や顕熱、運動量のフラックスが測定されるので、大気の安定度もモニターできる。顕熱と運動量のフラックスを1996年から予定している本格観測まで定期的に測定すれば、安塞での大気環境の動態が見えてくるだろう。

3. 黄土高原での問題点

黄土高原は陝西省、甘肅省、青海省、寧夏回族自治区、山西省、河南省、内モンゴル自治区の5省と2自治区にまたがる黄河中流地域にある。荒っぽくいうと、黄河が蘭州あたりから北上し、東に向きを変え、西安の近くまで南下している。黄土高原はこれらの地域を取り囲むように広がっている。黄土高原の総面積は約58万 km²、そこに約6000万の人が住んでいる。黄土は、約200万年前から北西方向にある黄色土状物質が風によって運ばれ、自重あるいは降雨によって黄土高原に堆積されてきたといわれている。確かに、報告されているデータは、黄土の粒径が北から南に下がるにつれて小さくなることを示している。我々の共同研究の舞台である安塞地区の黄土の粒径は、0.025~0.035 mm程度である。黄土の土壌は柔らかく、孔隙が多い(体積の40~50%)。また、垂直方向に筋目ができやすく、透水性が高い。黄土が長い期間にわたって維持されてきたのは、黄土の表面を森林や草類が覆っていたからだといわれている。しかし、最近では黄土表面の植物も非常に少なくなり、深い浸食谷が形成されている。

安塞水土保持総合試験站付近での年間降雨量は約500 mmであるが、降雨量の大半は7~9月の3か月に降る。集中豪雨的な様相を示すことがあり、しばしば、深刻な土壌流失が起こっている。黄土高原での砂漠化防止と生物生産向上のためには、この降水を効率よく利用する以外に方策はない。そのため、中国の研究者は、次の3つの施策を提案している。

- (1) 降水を土壌中に浸透させやすくし、土壌中の水分含量を増加させること。
- (2) ダムや堤防を作り、耕地に降水が溜まりやすくし、降水の利用率を高めること。
- (3) 作物の蒸散量が降水量とほぼ平衡するように

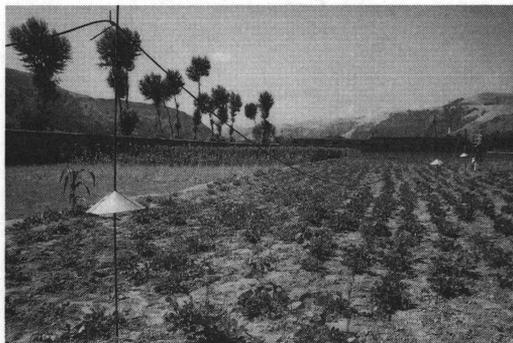


写真2 安塞の研究圃場での気象観測風景。ネズミ返しを付けた鉄製支柱に注目。

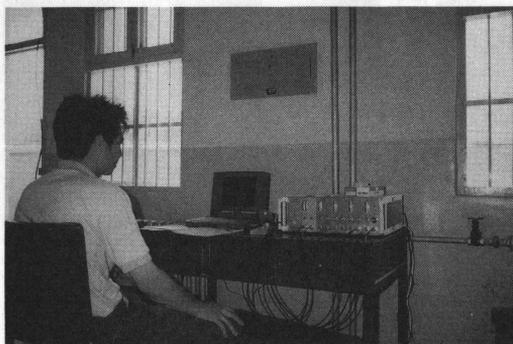
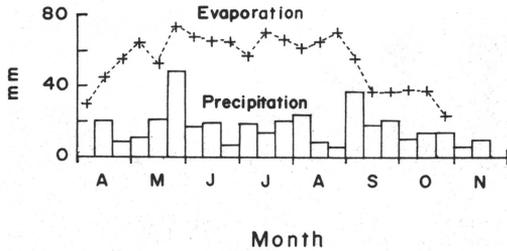


写真3 データ収録部と中国科学院西北植物研究所の李思峰氏。李氏は中国側気象班の実質的なリーダーである。

注意深く作物品種を選定すること。しかし、農民には資金力に問題があり、上の施策が実際にどれだけ取り入れられているかは疑わしい。

我々の訪中を機に、セミナーが開かれた。そのとき、中国の研究者がまとめた「水土保持型生態農業研究」という報告書をいただいた。その中に、我々の今後の研究のヒントになると思われる事項があるので紹介する。第1図は、冬小麦の生育期間中の降水量と可能蒸発量の変化を示している。4月初め、小麦は芽生え段階から本格的な生育段階に移る時期にあり、小麦群落から蒸発散量が急増しはじめる。降雨期は7~9月であるから、小麦は土壌中の水分を消費しながら生長する。このため、土壌中の水分は6月の小麦の収穫期までどんどん減少していく。特に、小麦の根が多くある深さ5~80 cmの層での土壌水分の減少は著しい。この土層の水分を乾燥土壌に対する重量比で表わすと、6%以下である。この土壌水分以下になると小麦は枯



第1図 冬小麦の生育期間中における降水量(□)と可能蒸発量(+)の変化。



写真4 選抜試験をした冬小麦の収穫。50～60年ぶりの大旱魃を生き抜いた小麦。左端は武田氏。

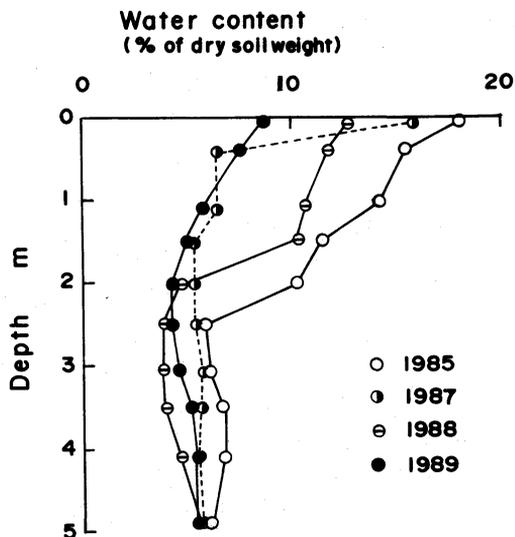
れてしまうので、小麦の生長のために土壤中の有効水分が殆ど利用し尽されていることを意味している。小麦が収穫された後、7～9月の降水によって土壤中には再び水分が補給されることになるが、第1図に示した例は降水量が少ない年のようである。第1図に示した可能蒸発量は、小麦畑からの蒸発散量とは一致するものではないが、測定された期間の降雨による水分の補給量が少ないことだけは確かである。黄土高原での作物の栽培は、水資源ぎりぎりのところでバランスさせているようである。

話は変わるが、1995年は50～60年ぶりの大旱魃で、1995年1～7月の間で数回雨が降っただけであり、総降雨量は50mm以下とのことであった。それでも武田班員が実施した小麦の選抜試験で厳しい自然環境を生き抜いた品種があった(写真4)。十分に結実した品種は少なかったけれど、その健気さに感動してしまった。これらの品種の中から将来黄土高原に住む人々を豊かにするものができるかもしれない。

今回、我々は西安から安塞まで自動車移動した。約8時間のドライブであった。沿道には切れ目なくニ

セアカシアが植えられていた。1992年、シルクロードのオアシスの1つである張掖で気象観測をしたことがあるが、蘭州から張掖への道中もニセアカシアばかりであったことが思い出された。中国の半乾燥地にニセアカシアを植えようという強い意識があったことを感じた。黄土高原の土壤流失を防ぐためには根が深くまで伸びる樹木を植えなければならない。ところが、根が伸びるということは、深い所の土壤水分を吸い上げてしまうことになる。上述の報告書の中に、16年生のニセアカシアの周辺土壤の水分を測定したデータがある。結果を第2図に示す。図の横軸は土壤中の水分(乾燥土壤の重量に対する水分比、%表示)である。ニセアカシアの根は、鉛直方向に約7m、水平方向に約5m伸びていた。深さ2.5mまでの土壤水分の鉛直分布は測定年度によって乱れている。1985年(約930mm)と1988年(約730mm)の例は降雨量が多かった年のものである。注目すべきことは、2.5mより深い土層での土壤水分が4.5～6.5%に収束していることである。このことは、降雨の影響は2.5mより深くには届かず、2.5mより深い土層では既に土壤水分が植物が生きていけるぎりぎりのレベルにまで低下していることを意味している。安塞水土保持総合試験場の試験区にあるニセアカシアの幹がヒョロヒョロと妙に細いことも納得できる。とにかく、黄土高原に樹木を植えるときには深層の土壤水分まで消耗してしまうので注意が必要である。このことに関して気にかかることが1つある。西安と延安の間で、100km以上にわたって延々とりんご畑が続いているところがあった。それも黄土の丘の上部に位置する場所であった。植えられていたりんごの木は小さかったので、現在は土壤の表面近くの水分で間に合っているかもしれない。しかし、りんごの木が成長するとどうなるのだろうか。地下の深いところまでの水分が失われた不毛の地が残るのか、あるいは、りんごの過剰生産によって価格が大暴落し、りんごの木が切り払われることになるのだろうか。いずれにしても、たくさんの人々が悲しい思いをするにちがいない。

再び写真1を見ていただきたい。「耕して天に至る」農法は理にかなっているのだろうか。松本班長をはじめ日本の研究者の話では、どうもマズイらしい。夕食後のひととき、皆で話した内容をまとめると次のようになる。山の頂上部は風が強いし、雨量を稼ぐ面積がないので牧草を植えるとよい。世界中の山は全てそうになっている。斜面の上部には樹木を植えて有機物を生



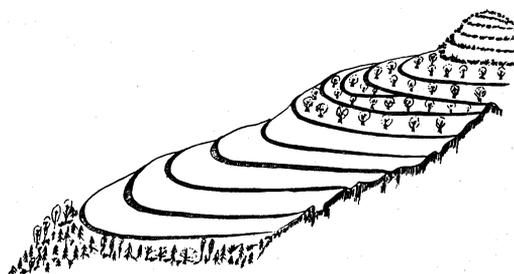
第2図 16年生のニセアカシヤ周辺の土壌水分の鉛直分布。

産するとともに、土壌の流失を防止する。一部は根の浅い果樹を植え、収入の増加をはかってよい。斜面の中部と下部はだんだん畑とし、高収入あるいは安定収入が見込める作物を栽培する。浸食の進んだ谷の傾斜面には樹木と牧草を植えて、水土流失を防ぐ。中国では、家畜の値段が羊、牛、とり、豚の順に低くなっている。そのため、農民は値段の高い羊を浸食谷に放牧して飼っている。ところが、羊は、牛と異なり、草の根まで掘り起こして食べられるような顎の構造をしているので、羊を放牧することは、その場所の草類を無くすことになり、結局、水土流失を招くことに結びついている。家畜は畜舎で飼うのがいい。そして、必要な飼料は人間が丘の頂部や浸食谷の草地から刈り取って与えればよい。そうすれば、浸食谷は傷まず、家畜の糞尿も管理しやすく、有機肥料として有効利用できる。

中国の研究者も黄土高原の利用形態について検討をしていた。「水土保持型生態農業研究」の中に理想的な水土保持型の模式図が示されている(第3図)。日本の研究者の考えと驚くほど一致していた。考えることは同じである。残念なことは、報告書に書かれていることが、農民に取り入れられていないことである。

4. おわりに

2週間の短い中国訪問であったが、現地を訪れ、現



第3図 中国の研究者による理想的な黄土高原の利用形態模式図。

地の状況を肌で感じる事ができたことは有意義であった。安塞の研究圃場、周りの荒れ果てた山々を見て、何が問題なのか? どうすればよいのか? 等々、連日議論した。水資源を確保し、作物生産力を高めることの必要性は理解できるが、増加する人口圧の問題を解決しない限り、イタチごっこになってしまうことは明らかである。その意味からも、中国の農民の方々の意識改革を推し進める必要があるのではないだろうか。中国では、科学者と農民の方の意識には、日本の場合よりはるかに大きなギャップがあるように思える。例えば、中国科学院西北水土保持研究所でまとめている「水土保持型生態農業研究」成果は、我々が西安から安塞までの沿道で見た農民の生活には生かされていない。両者を繋ぐチャンネルを構築することが目下の急務であると思う。

かつては一大穀倉地帯であったはずの黄土高原が水不足のために悲鳴を上げている。地下水位の低下、水質汚染の状況も深刻なはずであるが、目前の問題に対処するだけで手いっぱいの状態である。このまま過去の遺産を消費して行けば、近い将来、きっと破綻をきたすだろう。我々のささやかな研究活動ではどうすることもできないかも知れない。しかし、何とかしようと、現地で黙々と気象観測を続けている中国の研究者がいる。黄土高原の砂漠化防止と生物生産に関する研究について、皆様にも少しでも関心を持っていただければ、幸いである。

今回の訪中では、東京大学名誉教授田村三郎先生、松本聰先生をはじめ、武田和義、鈴木和夫、一前宣正の各先生には大変お世話になると共に、土壤化学、土壤物性、作物生理・生態について多くのことをご教示いただいた。ここに記して、謝意を表したい。