

アラブ首長国連邦における砂漠緑化 に関する共同研究について

村井 宏・湯浅保雄

はじめに

地球における自然破壊による砂漠化は、想像を越える驚異的な速度で進行しているようである。「砂漠化」してしまった土地を回復し、砂漠化現象を防止する手段は、「緑化」がもっとも有効といって過言ではない。私たち静岡大学農学部研究グループ（プロジェクトリーダー：農芸化学科松田敬一郎教授）は、国際協力事業団の援助のもとで、1985年8月から1989年3月までの期間、アラブ首長国連邦（UAE）の UAE 大学農学部と同国の砂漠緑化のための共同研究を実施している¹⁾。

同国における砂漠緑化の研究は、砂漠における農業開発を主目的として出発したもので、この研究の前段として松田教授らは、日本砂漠開発協会の支援のもと、1971年から1977年まで、アスファルト阻水盤（AMB）による作物栽培の研究を実施し、多くの成果をあげている²⁾。農業開発をより確実に進展させるためには、不安定な砂丘を固定し植樹によって防風防砂を図ることが要諦であるという観点から、現地からの強い希望もあって私たちも共同研究に参加することになった。

いままで、中国の西北地方の砂漠³⁾や地中海沿岸の半乾燥地等の調査を行う機会があったが、「砂漠緑化」のプロジェクトに直接タッチするのは始めてであり、いろいろと不安がともなったのは事実である。しかし、もともとわが国においては乾燥・砂漠地域に対する緑化技術は皆無に等しく、経験や技術が乏しいといって協力を放棄することも許されないと考え、現地で勉強しながら試行錯誤を覚悟で取組んでいる。

編集委員会からのお求めに応じ、いままで知り得た UAE における砂漠緑化の実態と問題点や現在取組んでいる UAE 大学との共同研究の計画や経過について、その概要を紹介する。

自然環境のあらまし

イラン・イラク戦争で知られるペルシャ湾一帯は、世界でも指折りの高温と砂漠の地であり、この湾岸の南東部にアラブ首長国連邦がある。わずか20年ほど前までは、この国は「アラビアンナイト」で知られる程度で、日本人にとってめだたない、縁遠

MURAI, Hiroshi and YUASA, Yasuo: The Joint Research between UAE University and Shizuoka University on Afforestation in Desert of the United Arab Emirates
静岡大学農学部

い存在であった。しかし、海底や砂漠の中から石油が産出するようになってから、世界有数の裕福な国に変わった。そして、ザイド大統領の「地から得たものは地に返せ」という明快な哲学に基づき、1960年代の中ほどからオイルダラーは「砂漠の緑化」につぎこまれている。

図-1に示すように、この国の中央を北回歸線が横断する亜熱帯乾燥気候で、夏季はきわめて高温であり、5月から10月までの日中気温は35~45℃に達する一方、夜間は20~25℃まで低下する。冬季の11月中旬から3月中旬までは日中25~35℃、夜間は最低10℃まで下る。海岸部は全般に年間を通じて湿度が高いが、内陸では乾燥し気温の日較差も大きい。

雨量は全土にわたってきわめて少ないが、その中でも地域的にかなりの偏りが見られる。同国の地域区分別の年降水量データ(1969~1979)⁷⁾による平均値をみると、①山岳地域:134.4 mm, ②礫原:97.8 mm, ③砂漠と西海岸:68.8 mm, 東海岸:102.6 mmである。共同研究試験地のあるアルアイン(Al Ain)は、②の地域に属し、同期間の平均値は45.3 mmである。なお、UAE全土の平均降水量は50 mm前後と推定される。

降雨強度は雨の総量とほぼ比例し、南部より北部の方がより高強度の降雨に見舞われる。1978~1979年の観測データ⁷⁾によると、北部のディグダガ(Digdaga)で1時間当たり30 mm、南部に位置するアルアインで11 mmの値が得られている。年蒸発量については、全域的に大きな値を示し、1968~1979年の観測データ⁷⁾によれば、全土の平均蒸発量は3,500 mm前後となっている。地域的にみると、蒸発量は山岳地域において低い湿度と高い風速が関係し最多であり、ついで礫原、砂漠と海岸地域の順となる。

風速は、内陸地域よりも海岸地域の方が強い傾向がみられる。とくに東海岸地域で強くついで山岳地域である。風速が最も弱いのは礫原で、ついで中央砂漠と西海岸地域である。1968~1979年の観測データ⁷⁾によると、全地域の平均日風程は119.5 kmで、これは約5 km/mとなる。一年を通してみると5~10月の夏季が風が強く、砂漠において強風により砂じん嵐(Dust Storm or Sand Storm)が発生する。

国土の総面積836万haのうち、耕地、樹園地1万haで0.1%、牧草地20万haで2.4%、森林0.2万haで0.02%、砂丘・荒廃砂地の面積は不明であるが、前記の耕地等の植被地以外の残りのほとんど全部といえよう⁸⁾。砂丘(Sand Dune)は西

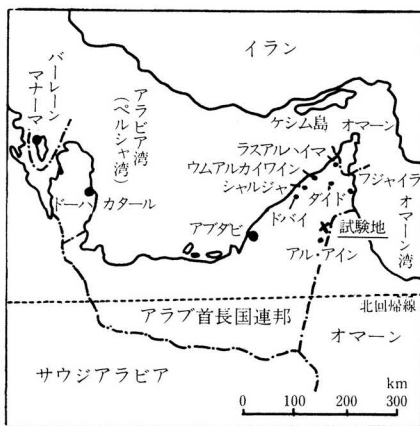


図-1 アラブ首長国連邦と共同研究試験地の位置

部と南部に多く、黄褐色ないし赤褐色の風積砂土から形成されている。

この間に広い砂漠土地帯 (Desert) が分布し、ついで礫岩から石灰岩地帯の山岳地につながっている。海岸地帯にはサブカ (Sabkha) と呼ばれる塩性多湿土が分布し、表層部に堅盤層が形成されることが多い。地表蒸発が激しいので、地中の可溶性塩類が地表に集まって、強アルカリ性となるのがふつうで、とくに排水の悪いところでは塩湿地を形成する。

この国には常時流水のある河川はなく、地下水に水源を依存している。地下水源は1979年の調査で、全土には5.3兆トンと推定され、年平均2億2千万トンの水が降雨により補給されるとしている。現在推定されている同国の水総消費量は6億5千万トンであり、そのうち4億トンは地下水源から吸み上げている。したがって、地下水に限っては消費が供給を大きく上回っており、年々地下水位の低下と水質の悪化を招いている。

農業用水や砂漠緑化のための植樹には、主に地下水が使用されており、ファラージ (地下水渠) や井戸が利用されている。生活用水や工業用水および都市周辺の緑化樹の育成には、地下水の量と質の低下から、次第に海水を淡水化した水に依存する割合が多くなってきている。近年の急速な地下水開発に伴うその量と質の低下に直面し、UAE 政府は新たな地下水源の探査と国土全域の水収支の調査研究を進めている。

自然植生の分布についてみると²⁾、海岸沿いのサブカ地帯には植物の発達が見られない。海岸沿いの泥土原や島の沿岸にマングローブ植生 (*Avicennia marina* が主体) が分布する。サブカ地帯から砂丘までのやや高い地帯には Harm (*Zygophyllum* sp.), Rims (*Haloxylon salicornicum*), Ghadha (*H. persicum*) が出現する。

内陸砂丘地帯には疎立の森林植生がみられるが、主要樹種は Ghaf (*Prosopis spicigera*), Samar (*Acacia tortolis*), Salam (*Acacia raddiana*), Nakhal (*Phoenix ductylifera*), Sider (*Zizyphus spinachristi*) で、これに Arta (*Calligonum comosum*), Markh (*Leptadenia pyrotechnica*), Zahra (*Tribulus terrestris*), Khadram (*Cyperus longus*), Haad (*Pennisetum divisum*), Thamam (*Panicum turgidum*), *Aristida* spp. 等の低木類や草本類が従属する。

砂丘の固定と砂防植樹法

砂丘はその移動の程度で3区分でき、その指標として植生の被覆度が用いられる⁵⁾。すなわち、植生被覆度が40%以上を固定砂丘、15~40%を半固定砂丘、それ以下は移動砂丘と呼ばれる。この区分にしたがうと、UAEの砂丘は写真-1に示すように移動砂丘が多い。雨量が極端に少なく、粒子が細いことから、飛砂によって農作物や人間の生活に大きな被害を与えている。しかし、人工密度が低いこともあって、直接的な悪影響はそれほど顕著ではないが、それでも近年農場や集落の周辺、道路沿いに防風、防砂の対策が講じられつつある。

移動砂丘の固定のために、本格的な土木工事を実施している場所は少ない。UAE

を始め中近東各国における移動砂丘の固定法は、わが国の海岸砂防で施工するように、堆砂垣等の構造物によって砂丘頂をできるだけ水平にしようとする工法はとられない。

砂丘固定の一般的な方式としては、構造物による場合 ①高い堀式の囲障（板、塩化ビニール材、金網ネット等） ②半埋設式または埋設式の低い囲障（雑木、デーツ枝葉、粘土、ワラ等） ③石礫または粘土等による圧砂 ④有機物資材（デーツ枝葉、ワラ等）による被覆、に分けられる。化学的資材によるマルチングの場合 ①石油系（アスファルト乳剤、廃油等）、②化学薬剤（合成樹脂乳剤、高分子凝集剤等）に分けられる。

植生を導入しようとする際には、これらの工程の組み合わせの中で行なわれるが、基本的には ①防風防砂林帯の造成、②草本類や低木類による砂丘表面の固定である。

大型の移動砂丘を真正面から固定することは、事実上困難であり実行した例はない。道路、集落の周辺とくにオアシスの周辺では、この保護のために防砂フェンスを設け、その内側に樹木を植栽するケースが一般的である。また、植栽の前または後に飛砂防止のためにアスファルト乳剤の散布が行なわれる。

UAE 国の先駆的な植樹の事例⁶⁾として有名なのは、写真-2 に示すように首都アブダビ (Abu Dhabi) から約 100 km 離れた大学の所在するアルアインまでの間の、幹線道路の両側 50 m 幅のグリーンベルトの造成である。ここには、1969～1970 年に約 600 ha の場所へ、約 24 万本の植栽がなされている。樹種はユーカリ属 (*Eucalyptus*)、アカシア属 (*Acacia*)、モクマオウ属 (*Casuarina*) 等である。

1975 年以降になると、西部や南部の内陸砂漠地域で、大規模な植樹プロジェクトが実行された。これは主にアブダビ首長国との契約による民間ベースのものと、政府植林局の直営によるものである。民間ベースのものには各国の企業の参加があり、日本からも K・K タイキ（本社大阪市）が参加し、同社はすでに約 1,000 ha の植樹を完了している。

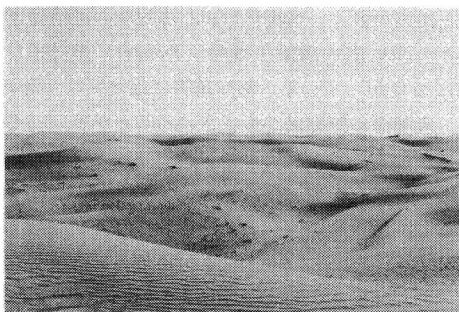


写真-1 UAE 内陸部の砂丘、アルアインの周辺

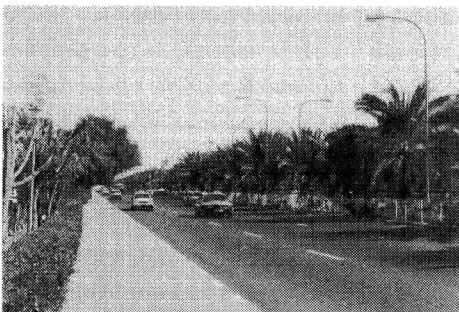


写真-2 アブダビ～アルアイン間の幹線道路沿いに造成されたグリーンベルト

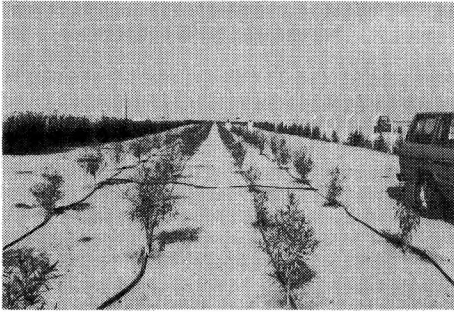


写真-3 ドリップかん水による新植地の状況、
ドバイ周辺

正確な数字は把握しがたいが、アブダビ植林局の管轄下で現在まで約 1 万 5 千 ha、約 3 百万本以上の植樹がなされたと推定される。植林局とは別に農業局でも幹線道路沿いや農用地周辺に、樹林帯の造成を行っており、1977 年以降にはアブダビ・ドバイ (Dubai) 間の幹線道路沿いの植樹プロジェクトを実行中である。

防砂植樹には、当初多樹種が採用されたが水分要求量の多いユー

カリ属等は排除され現段階では Samar (*Acacia tortolis*), Ghaf (*Prosopis spicigera*), Ghwair (*Prosopis juliflora*), Sidar (*Zizyphus jujuba*) 等に選ばれてきている。樹種選択には大統領や政府筋の考えが反映しているとされるが、基本的には耐乾、耐塩性が強く、あわせて利用上の価値も考慮されるようになってきている。なお、これらの植栽には地下水吸み上げによるドリップかん水方式がとられており、植穴にはコンポストを施用している。

砂丘の固定と砂防植樹における問題点

UAE 大学と砂漠緑化に関する共同研究を開始するに当たり、事前調査として従来同国で行われてきた砂丘の固定や砂防植樹の事例を視察し、また、既存の各種資料調査を行なった。その結果、つぎに記すような問題点を整理することができた。

(1) 砂丘固定の長期的方策は、前述のように樹林帯の造成と考えられるが、その前処理として防風、防砂のためのフェンスの造成が必要である。これをできるだけ効率的に、しかも経済的に施工するために、使用材料や施工密度等について科学的な検討が必要である。

(2) 飛砂防止の速効的な手段として、アスファルト乳剤の散布が一部で行なわれているが、これの適切な施用量やこれに代わる新資材としての合成樹脂乳剤等について、効率的な施用基準を定める必要がある。

(3) 砂漠の中の安定地を求めて大規模な植樹プロジェクトが行なわれているが、地下水の量および質等立地条件を十分明らかにしないままに、実施に踏み切っている場所もみられる。適確な事前調査を行ない、立地区分の考え方をとり入れ、保全対象や植栽の目的を明らかにする必要がある。

(4) 現在導入されつつある樹種は、耐乾性、耐塩性等に富んでいるが、より少量の水でしかもよく生育できる樹種・品種の選択、育成がのぞまれる。砂漠緑化には、いまのところ高木類が主体となっているが、今後低木類、草本類の導入と導入方法の検討が必要である。

(5)砂防植樹には、1本当たり120 Dh(約5,000円)その維持費に同じく年間50 Dh(約2,100円)必要と試算されている。緑化が進めば進む程、関係予算は増大し、地下水源の消費枯渇が心配される。かん水量の節減のためのかんがい方式の改良や保水材利用等による節水技術の確立がのぞまれている。

(6)砂丘の移動量、飛砂量や砂防植樹の活着率、成長経過等に関する信頼すべきデータが乏しい。これからの事業を効果的に進展させるために、この種の観測資料を系統的に整備し、参考にする必要がある。

共同研究計画とその実施状況

1985年3月に、UAE大学と国際協力事業団との間に、正式の約束が交わされ、UAEにおける砂漠緑化および農業の開発・改善のために、つぎの3研究課題を4年間(1985～1989)にわたって実施することが合意された。すなわち、A.砂丘の固定と砂防植樹に関する研究、B.かんがいと土壤保水性ならびに作物の栽培法に関する研究、C.適応作物の選定に関する研究である。

ところで、UAE大学とはアラブ首長国連邦唯一の総合大学で、アルアイン市に所在する。この大学以外に単科大学もない。大学を所管するのは文部省ではなく、大学は最高学府として、行政的位置付けが省庁と同格となっている。大学は1977年に創設され、現在農学部も含め7学部で構成され、学生数は約3千人である。教授陣は主にアラブ諸国出身者で、他はアメリカ、カナダ、ヨーロッパ諸国の人である。

農学部は1982年に設置されたばかりで、農学系と畜産学系に分かれ、農学系は園芸学科、土壤学科、作物学科から成っており、林学科は存在しない。共同研究のカウンターパートは農学系の教官で、テーマAの林学領域の研究は主に土壤学講座のメンバーが対応している。なお、現在農学部の学生数は80名で、教授12名、助教授6名、助手9名となっている。

いままで研究農場は設置されていなかったが、本共同研究の開始が契機となって、アルアインードバイ間の幹線道路沿いに、34haの付属農場が新設された。この農場の一部約1haと農場に隣接する砂丘地約5haが、本共同研究の主な対象地である。日本側の研究スタッフとしては、松田敬一郎(土壤肥料)、永井衛(作物)、村井宏(森林防災)の3教授の他、湯浅保雄(造林)、横田博美(土壤肥料)、澤田均(作物)の3助手の他、国際協力事業用の専門家として湖東朗等が加わっている。

私たちが主に担当しているテーマAの試験について、若干詳しく説明すると、つぎのような3つのサブテーマとなる。すなわち、①砂丘の移動状況の観測およびその固定法についての試験 ②防砂垣の種類および密度別の防風防砂効果と植栽木の生育に及ぼす影響についての試験 ③侵食防止材および保水材等による飛砂防止と節水効果についての試験である。

①の試験については、新しく造成した高さ4m、延長約180mの人工砂丘とこれと同規模の自然砂丘を対象とし、両者の移動状況を測量と侵食ケージにより測定する。人工砂丘には丘頂部に堆砂垣(竹簀)を設置し、のり面には侵食防止材(アスファル

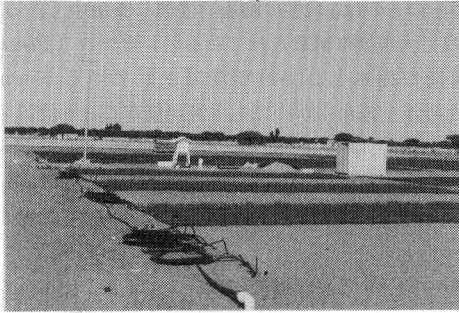


写真-4 UAE 大学付属農場内にある共同研究圃場

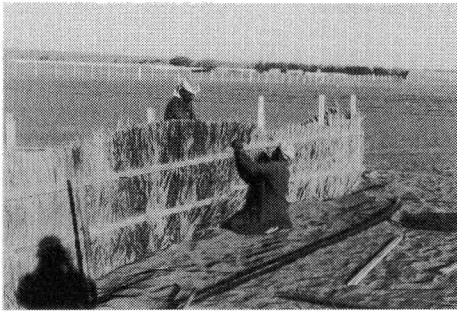


写真-5 試験区内へのデーツ簀垣の設置作業中

ト乳剤と合成樹脂乳剤)を散布し、脚部に砂防植樹を行ない、砂丘固定法を具体化する。

②の試験については、現地で容易に入手できるデーツ(なつめやし)の枝葉による簀垣の他、竹簀垣、黄麻ネット、プラスチックネット、金網等の防砂垣を施工し、主に防風、防砂効果を観測する。この中で最も実用的と考えられるデーツ簀垣について、施工密度を3段階(30 m, 20 m, 10 m の方形間隔)に施工し、無処理区と対比させながら、防風、防砂効果や植栽木の生育に及ぼす影響を調べる。

③の試験については、侵食防止材としてブローンアスファルトと合成樹脂系乳剤を、保水材としてソフトセラミックスと合成樹脂系粉剤およびバーク堆肥等を施用し、かん水量を2段階に変え、侵食防止と節水効果や植栽木の生育への影響を調べる。

上記の3試験に用いる植栽苗木は Samar と Ghaf の各1年生のポットによる育苗のもので、植栽密度は原則として400本/haとする。また、かん水はドリップ方式とし、施用量は植栽木1本当たりの基準量を10 l/dayとする。なお、植穴には基肥として化成肥料のほかコンポストを施用する。

テーマ A の研究に関連して、本試験の実施前に小規模な予備テストや現地事例の調査を行なっている。すなわち、予備テストとして前記両樹種の植栽適期を知るために、毎月定期的に植栽試験を行ない、また、侵食防止材や保水材の適量を把握するために、現地の砂土を用い資材の施用量を変えて、ポットによる比較実験を行なっている。現地事例調査としては、植林局が実施しているかん水停止植林地の生育状況調査と K・K タイキの契約植林地の塩類濃度の高いかん水地での土壌調査や生育状況調査等である。

テーマ C の研究については、UAE の砂漠で自然に生育している郷土種の中からの選抜、国内各地の植樹プロジェクト等の事例の中から好成绩をおさめている樹種の選択を行うとともに、世界各国の乾燥地・半乾燥地で導入されている有望樹種の選択

を実施中である。すでに種子の入手済みのものは、現地の圃場で播種し養苗中である。

この中には、地中海沿岸やサハラ砂漠で大規模に植栽されているアレポマツ (*Pinus halepensis*) 熱帯の多目的利用可能な樹木として近年注目されている Neem (*Azadirachta indica*)、中国の西北砂漠で無かんがいでも生育可能なことが実証されている花棒 (*Hedysarum scoparium*)、樟条 (*Caragana korshinskii*) 等のほかに、日本からもウバメガシ (*Quercus phylliraeoides*)、アキグミ (*Elaeagnus umbellata*) 等を加えている。UAE の砂漠に適する他の樹種について、御教示賜われれば幸いと考えている。

このテーマ C の試験では、私たちの関与する砂防樹種のほかに、工芸、園芸的な木本類や草本類を含めて、見本園のような試験区を造成する計画で、同種の複数の試験区についてかん水量やかん水の塩類濃度を変え、比較検討することになっている。この際に、テンションメーターによる土層の深さ別の水分測定、スーパーポロメーターによる葉面からの蒸散量の測定も行う予定である。

おわりに

本国際共同研究が開始されてから、今年で3年目に入ることとなるが、現況からみて当初の予定よりもその進捗状況は遅れている。しかし、国際協力事業団の御理解ある援助とオイル価格が下落し苦しくなった国家経済の下でも変わらない UAE 大学側の熱心な協力によって、研究の内容としてはほぼ順調に実行されている。私たちにあって、実行の遅れは正直に言って現地での試行錯誤の時間がとれ、むしろ有難いことだと考えている。

現地まで、各種予備試験や現地事例調査等はほとんど終了し、本試験の中では人工砂丘と自然砂丘の移動状況調査、デーツ簀垣による施工密度別の効果調査、被覆材・保水材による侵食防止と節水効果の試験に着手実行中である。そして、テーマ A の各試験区に対する砂防樹種の植栽は、この春に完了している。

植栽木の生育が早いとしても、本研究の成果を十分に把握するためには、残された2年間では不足と考えられる。研究協力期間の若干の延期の必要性も考えられるが、このあとは UAE 大学の研究陣に引き継ぎ、長期間の成果の観測を期待している。このこともあって、相手国の複数のカウンターパートが本年から明年にかけて数か月間、研修のため来日し静岡大学農学部附属乾燥地農業実験実習施設等で、一緒に勉強することになっている。

「砂漠緑化」などという夢や情熱に満ちた仕事と感じられるが、現実にはたづさわってみてこのような条件の良い国でさえ、研究・生活の両環境面で容易なことではないと思う。私たち短期派遣者はともかく、横田助手ら家族ともども現地に長期滞在して頑張っている人達の苦労は並たいていでない。このことを考えるとき、是非ともこの共同研究を成功させ、相手国にほんとうに役立つような成果を示したいと念願している。

〔引用および参考文献〕 1) 国際協力事業団：アラブ首長国連邦砂漠緑化研究協力事前調査報告，(1985) 2) M.I.R. Khan：Taming of the desert in Abu Dhabi, UAE. The Pakistan Journal of Forestry, January, (1979) 3) 村井 宏：黄河上流域の砂漠と黄土地帯の水土保持のための緑化状況，緑化工技術，8 (3)，(1982) 4) 日本砂漠開発協会：日本砂漠開発協会研究報告 (1971～1977)，(1978) 5) 日本緑化センター：世界における砂漠ならびに砂漠化の概況，(1982) 6) 佐藤一郎：地球砂漠化の現状，清文社，(1985) 7) United Arab Emirates, Ministry of Agriculture and Fisheries, Water and Soil Department：Water and Soil Year Book No. 2, 1977-1979, (1981) 8) 古今書院：地理統計，86 年版 (1986)

新刊紹介

◎乾燥地の造林 (F.R. Weber with C. Stoney 著：Reforestation in Arid Lands, Volunteers in Technical Assistance.

注文先：1815 North Lynn Street, Suite 200, Arlington, VA. 22209. USA,
1986 年 6 月発行，定価 11.50 US\$, 送料 11.75 \$)

本書は，1977 年の初版を現状に反影して全章を拡大し，さらに新たにアグロフォレストリーの章を加えた改訂版である。内容はアフリカの亜砂漠地域について，計画策定・計画設計・土壌特性・立地と樹種の選定・苗畑管理・植栽立地・アグロフォレストリー方式および特別の課題について解説し，これに による理解を助ける図解をつけ，Margaret Crouch によって編集されたものである。熱帯アフリカの林業および天然資源の管理に関与される方々に極めて有益な実践に役立つ手引であり，必読の書としておすすめする。 (坂口勝美)