

# 砂漠化と農業

## Desertification and Agriculture

久馬 一 剛\*

Kazutake Kyuma

### 1. はじめに

1977年に国連砂漠化会議（UNCOD）が開かれたのはその当時すでに砂漠化といわれるような現象が、世界中で放置できないほどの広がりを見せていたためであったと思われるが、それから15年を経た今も、砂漠化の危険のある地域は広がりこそすれ狭まってはいないように思われる。1984年の国連環境計画の調査によると、砂漠的な荒廃を示す土地の面積は、毎年、日本の全耕地面積を越える600万ヘクタールの早さで拡大しつつあり、また砂漠化による被災農村人口は1977年の5700万人から1983年には1億3500万人へと2.4倍にも増加したとされている（環境庁、1990より引用）。この15年間にはかなり大きい気象異変もあったが、これらは必ずしも砂漠化の拡大に導くような傾向性のある気候変化とはいえないであろうから、砂漠化が今も世界中で収束の気配を見せていないとすると、それは気候の乾燥化に起因するものではなくて、むしろ人間活動に原因を求めねばならないもののように思われる。ここでは、地球上の人口の過半が携わっている生業であり産業である農業と砂漠化の問題を考えてみたい。〔本誌の特集が砂漠の緑化であるにもかかわらず、もともとながしかの緑があって農耕や牧畜をしていた土地の、砂漠的な荒廃地への退化を論ずるのは、やや場違いの感を免れないが、本来の砂漠の緑化にも増して、既存農牧地の砂漠化防止が緊急であろうとの思いから、敢えて一文を寄稿することにしたものである。〕

### 2. 砂漠化とは何か

上ですでに、砂漠化という言葉を使ったのであるが、先ずは砂漠化とは何かについて述べておく必要がある。

砂漠化desertificationという言葉をもっと使った

のはフランスの植物生態学者、A. Aubreville (1949) であるが、すでに彼自身が、「砂漠化は気候の乾燥化によるサハラ砂漠の拡大によってではなく、誤った人間活動が行われれば、どこでもその地域の内部から始まる可能性がある」として、砂漠化の要因として人間活動の役割の大きいことを強調している（門村、1986より引用）。このような考え方の延長線上には、たとえば熱帯湿潤地域における森林破壊や、都市化、などによる環境の荒廃までも砂漠化に含めるような「広義の砂漠化」の概念が生れる。

これに対して、砂漠化を砂漠周縁部の半乾燥地域における砂漠的な状態の拡大に限定する「狭義の砂漠化」の概念が提出され、これをdesertizationとよぶことがLe Houerou (1959) によって提唱されている（門村、1986より引用）。しかしこの場合でも、気候の乾燥化よりも過放牧や燃料木の伐採などの人為の影響が大きいとされている。

広義の砂漠化でも狭義の砂漠化でも、植生の退化による生物生産力の低下が風食や水食による土壌侵食を激化させ、その結果としての土壌肥沃度の低下がさらに生物生産力を劣化させるといった悪循環を来している場合が多い。やや異なる例として、灌漑農地の塩類化・湿地化などによる土地荒廃があるが、この場合にも灌漑水路からの漏水だけでなく、土壌侵食による水路の閉塞が第一的な原因となっている事例が少なくない。広義の砂漠化における潤熱帯の事例は、すべて土壌侵食が原因となっていると考えてよい。

地球環境に関する論議の中で土壌侵食と土壌の塩類化を砂漠化と並列的に扱う場合も少なくないが、上に述べたように、これら3者の間では砂漠化の概念が最も広く、広義に用いればあらゆる土地生産力の減退を包含し得る。土壌侵食は砂漠化の部分過程として、広義にも狭義にも砂漠化の概念の中を含め得るが、塩類化は灌漑を前提とした特異な現象であって広義の砂漠化の概念にのみ包摂されるものである。以下の論議は、

\* 京都大学農学部教授

〒606 京都市左京区北白川追分町

農業との関わりにおける広義の砂漠化を対象としていることをお断りしておきたい。

### 3. 開発途上国の農業

人類が狩猟・採集の段階から作物栽培あるいは家畜飼養へ踏切った時以来、人間活動はありのままの自然を破壊し続けてきた。現在のサバンナのかなりの部分は、もともと森林であったものが人為によってサバンナ化されたものと考えられている。同様に現在の砂漠のあるものは古い時代の人間活動による砂漠化の跡かも知れない。しかし長い試行錯誤の後、人間の農業活動は第二の自然ともいべき農業生態系をつくりだし、比較的安定な自然との共生関係を維持してきた。これが少なくとも今世紀前半までの姿ではなかったろうか。現在、砂漠化問題がかくも緊急性を帯びるに至った背景には、農業の中に一体どのような変化があったのだろうか。まずは筆者が比較的良好に知っているアフリカと東南アジアを例として開発途上国の農業をみてみよう。

#### 3.1 アフリカの農業

開発途上国における農業関連の諸問題は、すべて人口の爆発に起因しているといえる。アフリカの人口は1950年には、あの巨大な大陸に僅かに2億であった。それが現在では6億5千万を越えていると推定される。このまさに爆発としかいいようのない人口増加の下で、食糧を確保するための手段としては、農地の外延的拡大しかなく、それが急速な森林破壊の原因となっていることはよく知られているところである。

アフリカの農業を考える時に忘れてはならないことは、現在でもサハラ以南アフリカ農業のほとんどすべてが、自然休閑に地力の回復を依存する焼畑によって営まれている事実である。この焼畑も休閑期に森林に帰る森林休閑とブッシュにしかならない叢林休閑の方式があり、基本的には気候の乾湿によって支配されている。一般に叢林休閑の方が森林休閑より生産性も安定性も低いといつてよいが、アフリカの焼畑には気候条件のため叢林休閑方式によるものが多いのが実情である。とはいいいながら、いずれの方式によるにせよ、もし十分長い休閑期間をとることができれば焼畑も持続的な食料生産システムとして機能し得る。しかし、人口が増加し休閑期間を縮めなければならないような状況、つまり過耕作的な状況になると、新しい土地を求めない限りたちまちシステムは悪循環的に崩壊への道を辿ることになる。その結果が乾燥地域では狭義の

砂漠化となるし、湿潤地域では森林の再生が阻害されて人工サバンナ化による広義の砂漠化となるのである。

アフリカ農業の中では生業としての牧畜の重要性を忘れることはできない。アフリカの牧畜は、サハラ南縁から湿潤な中央アフリカの森林帯をとりまいて広がる広大な乾燥地域のサバンナやステップで、遊牧民によって営まれており、牛、山羊、羊、ラクダなどが飼養されている。乾燥地の草や木の葉で人には直接食べられないものを、これらの反すう動物たちの胃を経て乳や血や肉に変えたものを利用するのが牧畜であるから、やはり人口が増えると家畜も増えることになる。平均的には1人あたり牛として3～5頭を飼養しているといわれるから、近年の家畜数の増加も極めて大きいものと考えられる。もともと植生が粗で、生育の遅い乾燥地では、土地の家畜飼養力も小さいために、家畜数が増えるとすぐにこの飼養力を越えて、いわゆる過放牧の状態となりがちである。砂漠化が世界の全放牧農地37億ヘクタールの実に84%で問題となっており、そのまた多くがアフリカで起こっているのが実情である(環境庁, 1990より引用)。

このようにアフリカの農業が、その全体として乾燥した気候によって強く支配されていることは明らかである。吉良(1986)によれば、アフリカではザイールなどの熱帯雨林地帯ですら、アジアのそれとくらべると、明瞭に樹高が低く、これは乾燥した気候の反映であるとしている。この乾燥に偏った気候こそが、砂漠化をアフリカに特有の問題であるかのごとく、クローズアップさせた最大の原因であるといえよう。

しかし、アフリカについて、一般には比較的知られていないことで砂漠化に強く関わる問題は、その土壌の劣悪さである。サハラ以南アフリカの土壌の大部分は、図-1に示すようにFAO/Unescoの分類名でFerralsol, Arenosol, Arenic Gleysolなどとよばれる不良土壌なのである。つまり風化の極限に近い鉄とアルミだけの土か、石英砂のような土か、石英砂が水に浸かった土かのいずれかということであり、肥沃な土壌は大地溝帯周辺地域だけにしか存在しない。しかもこの肥沃な地域にはすでに超高密度の人口があり、それだけでも養いきれない程になっていて、もはや外からの人口流入は不可能である。

上に述べたアフリカの状況は、折角森林や草原を開墾して農地化しても、水不足で生産が上がらないか、土壌が劣悪で生産が上がらないかのいずれかであって、この貧弱な作物が十分表面を保護しえないために、土

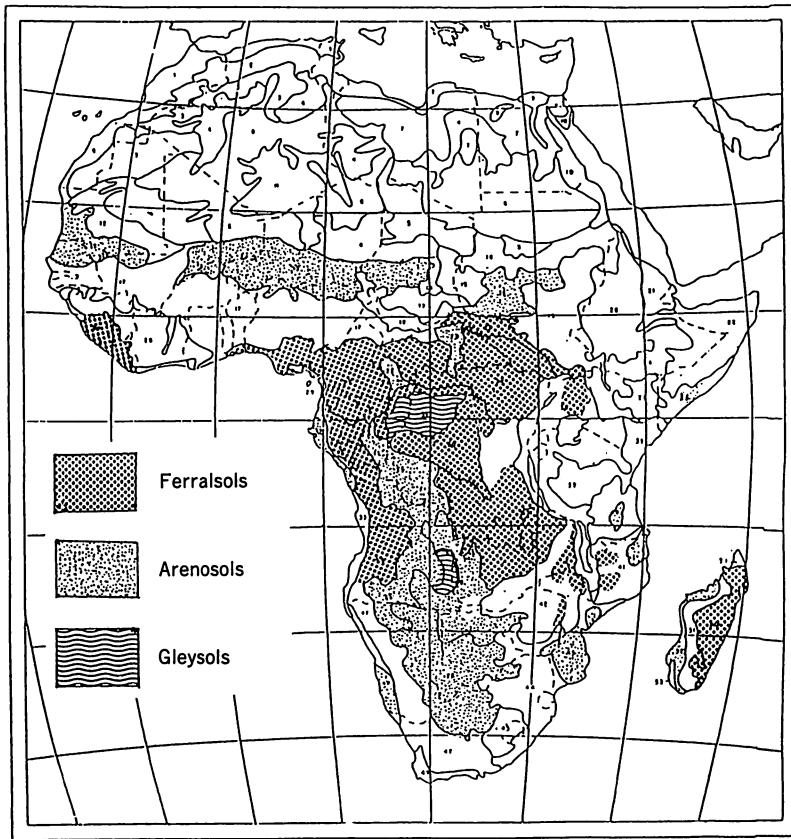


図-1 サハラ以南アフリカの不良土壌の分布。  
(FAO/Unesco, 1977により作図)

壤侵食を引き起こし、土地生産力を根こそぎ奪ってしまうという図式で捉えることができる。これこそ絵に描いたような砂漠化の過程にほかならない。

伝統的に、休閒期間に比して作付け期間の長いアフリカの焼畑が、人口圧のもとで一層土壌収奪的に営まれざるをえなくなっていることが、砂漠化に導く最も基本的な要因なのであるが、さらにそれに加えて、鋤を使ったり、マウンドを作ったりするアフリカの焼畑の技術的な特異性も土壌退化を加速しているかのようにみえる(久馬, 1989)。

### 3.2 東南アジアの農業

#### (1) 水田稲作の安定性と畑作の不安定性

同じ開発途上国でも、東南アジアの諸国は、アフリカほど深刻な問題には直面していない。何と云っても、湿潤ないし亜湿潤な気候条件の恩恵は大きく、一度植生を破壊しても、そのまま放棄すれば速やかに回復して、大きい土壌退化を来さない。またこの気候条件が、低地の多い地形条件とも相まって、水田稲作を農業の主要な形としていることの利点も、見逃すことのでき

ない点である。

水田稲作は、灌漑と湛水による養分の高い天然供給により、本来的に生産力が高い上に、土壌侵食に対する完全な抵抗性をもつために、生産の持続性が保証されている。さらに灌漑・排水などの基盤を整備すれば、環境に大きいマイナスのインパクトを及ぼすことなく、集約的な施肥栽培が可能になる。現に東南アジア諸国における水田稲作の収量増加には目覚ましいものがあり、1950年以降ここでもかなり高率の人口増があったにもかかわらず、米の輸入国から、完全に自給を達成して輸出国へ転じたインドネシアのような例もある。

東南アジアでは、このように、基本的な食糧生産システムとして、生産性が高くかつ持続性のある水田稲作を有することが、地域社会の安定化と繁栄を底支えしているといえるだろう。しかしもちろん問題がないわけではない。水田農業の安定性と高収性にひきかえ、畑作は極めて困難であり、生産性も持続性も低い。東南アジアの畑作として成功しているのは、ゴムや油ヤシ、コーヒ、ココアなどの永年生木本作物であり、そ

の栽培面積のシェアの大きさがこの地域の一つの特色となっている。しかし通常の一年生畑作物については成功の事例はあまりなく、未だに確立された持続的畑作の技術はない。

湿潤熱帯の畑作を困難にしている要因として、アフリカほどではないが、やはり風化が進み肥沃度の低い土壌を挙げなければならない。保肥力も保水力も小さく、酸性でリン酸に乏しい土壌の肥沃度管理は極めて難しく、その結果としての生育の悪い植被が土壌の表面を十分保護し得ないために侵食の危険がつきまとうことになる。それに加えて、湿潤温暖な気候条件下での単一作物の大規模栽培は病虫害を多発させ易く、安定した収穫を保証しない。1970年代に日本の大商社が中心となって開発輸入を企図し、スマトラ南部のランポン州でトウモロコシ栽培を試みたが、技術者、機械、肥料、農業など十分な知識、資金と資材の投入にもかかわらず、結局失敗に終わって撤退した事実はまことに示唆的である。

現在畑作においては、アレキクロッピングといわれる早生の木本（多くはマメ科）と畑作物を組合せる一種のアグロフォレストリーに望みが託されているが、これもなお試験の段階にある。東南アジアでも、すでに水田開発の余地がほとんどなくなった今、農地開発の中で最も重要な課題は、侵食力の強い降雨条件下で、耐食性も肥沃度も低い熱帯畑土壌の上に、しかも病虫害や雑草の厳しい中で、如何にして持続性の高い技術の体系を確立するかということである。

#### (2) 東南アジアにおける砂漠化の事例

東南アジアで、現実に問題となっている砂漠化の例として、三浦とタルサック（1991）の報告した、東北タイにおける土壌塩類化についてみてみよう。土壌の塩類化は、後で述べるように本来乾燥気候下の灌漑農業に付随した問題であるが、東北タイにおける近年の塩類土壌地帯の拡大は、この地域の地質的な特異性と人為の結びつきの中で、比較的湿潤な気候下に生じた問題として注目される。

東北タイは全体に波状地形をもつ台地であるが、近年の土壌塩類化の拡大は、地形的には低位にあって、地質的には白亜-古第三系のマハサラカム層が基盤岩となっている地域にみられる。このマハサラカム層は岩塩層と碎屑岩の互層からなっているが、碎屑岩層の砂岩やシルト岩自体が塩分を含み、これが東北タイの土壌の塩分の給源となると考えられている。

従来、この含塩層が地表面に近いところで、浅層の

地下水を汲み上げての食塩製造がスポット的に見られたが、最近の20年間に起った塩類化地域の拡大は著しく、現在多少とも塩類化した土壌は東北タイ全土の17%にも達しており、近い将来その面積は倍増するおそれがあるといわれている。

この原因として最も重要なのが森林破壊である。東北タイでも人口の増加と、キャッサバのような商品作物栽培のために、急速に森林を伐採して農地を拡大してきた。この森林伐採が土壌からの蒸発散量を減じ、地下水水位の上昇、低地への流出を増大し、低地の土壌の塩類化を招いたと考えられている。三浦らはこのプロセスを土壌と地下水の調査を通じて実証するとともに、高位部へのユーカリの植林が塩類化の軽減・防止に有効であることを示した。ユーカリは高い蒸散能と耐塩性、生長の速さなどの特性をもつために、その植林は地下水水位の低下に寄与するだけでなく、乾季には根域での急速な吸水により毛管水の連続を断ち、塩分の地表への上昇を阻止しているという。

## 4. 先進国の農業

わが国をも含め先進国の農業もいろいろな問題を抱えている。優良農地の潰廃、過度の機械化、化学化、連作・単作化、などによる環境汚染や、食品の安全性低下が多く、多くの国で問題となっている。ここでは、先進国農業における土壌侵食の問題と灌漑農業における塩類集積（塩類化）の問題について見てみよう。

### 4.1 土壌侵食

先進国農業は1970年代に高い生産性を上げ、アメリカでも西ヨーロッパ諸国でも大量の穀類の過剰を生ずるに至った。アメリカの例についてみると、この空前ともいべき高い穀物の生産性は、今世紀の初めごろから盛んになった農業機械の使用によって、単作化が進んだ結果であるといわれている（Power and Follett, 1987）。つまり、機械が入って家畜が要らなくなり、そのために飼料作物を入れて維持してきた輪作の必然性がうすれ、その分、市場価値の高い穀類の栽培面積が増えた。面積が広くなると大きい機械を効率的に使うことが必要になるが、高価な大型機械を有効に使うためには、それを特定作物の専用機にして、その機械が目的とする作物だけを作るのが得策である。こうしてとうとうたる単作化が進み、毎年毎年とうもろこしだけを作る耕地や、小麦だけしか作らない耕地が増えてきた。また規模のメリットを生かすためには、休閑地はもちろん、放牧草地、防風林まで潰して単作

作物のための農地にする、まさに過耕作ともいえるべき状況が現出する。こういう変化を助けたのは、農業機械メーカーだけでなく、種子や肥料・農薬などを扱うアグリビジネス、さらには銀行をはじめとする金融機関などほとんどあらゆる産業であり、政府の補助金政策であった。

こういう単作化の一つの成果が非常に高い農業生産性であったのであるが、同時にもう一つの結果として農地の侵食の激化、地下水の汚染や枯渇を広い範囲に引き起こした。なぜ単作化が土壌侵食の激化につながるのであろうか？

輪作の体系が崩れると、単作作物の収穫後の畑には作物が入らず、裸ではないまでも、土の表面を保護する働きは弱くなる。それに加えて、これまでなら牧草などを作った後で株も根も土にすきこんでいたのに、それがなくなって有機物の入り方が少なくなってくる。畑の土は団粒構造があるからこそ、大量に降った雨を地下へぬくことができると同時に、土の中に水を蓄えることができる。この良い団粒構造を作るのは有機物とそれを餌にする土壌中の生物たちである。有機物が入らなくなると土の中の動物や微生物の活動もにぶり、安定な団粒構造を維持することができない。それに加えて、化学肥料や農薬の多用が生物の活動を一層悪くしており、構造の不安定化に輪をかける。こういう条件の下で強い雨が直接土を叩くと団粒は壊れて、流れ出た細かい土の粒子は土壌表面の水の通り道をふさぎ、水の浸透を妨げる。そのために降った雨は地表を流れて土を削ることになる。かくして農地からは年々大量の表土が流れ、この土壌侵食がアメリカ農業の生産力の基盤を掘り崩しつつあるとして憂慮されている。

アメリカではこのため1985年の農業法によって、1986年から5年間に、1600万ヘクタールの表土流失の激しい農地を、荒廃地と化する前に草地や林地に転換することを決定した。さらに1990年の農業法でも侵食防止に大きい力を注ごうとしている（嘉田，1990）。

西ヨーロッパ諸国でも従来の農業集約化の方向を見直し、粗放化奨励策によって農地に対する過耕作的状況を改善しようとしている。わが国においても畑作における連作・単作化の咎めは、一部に土壌侵食や連作障害として顕在化しており、これらに対する政策的対応が急がれている。

#### 4.2 土壌塩類化

乾燥地で灌漑をすると、太陽エネルギーが豊かである上、湿度が低くて病虫害が少なく土壌も疲弊してい

ないために、適切な施肥管理さえしてやれば湿潤な地域におけるよりも遥かに高い生産性を上げることが可能である。このため砂漠の中のオアシスは、しばしば優れた農業地帯である。

かりに塩分含有量の低い良質の水が得られる場合でも、乾燥地では輸送過程や農地に入った後で、灌漑水は土壌中の可溶性塩類を溶かし込むために、土壌中の水（土壌溶液）の塩分含有量は必然的に高くなる。これは、湿潤な地域では岩石や土壌の風化過程で遊離される可溶性塩類は雨に洗われて究極的には海に流れ込むのであるが、乾燥地では土壌中に可溶性塩類が残っているためである。土壌溶液は下へ流れて地下水に入るか、蒸発や蒸散によって上へ動かいずれかであるが、乾燥地における灌漑の場合には、水の流入を止めると蒸発散が激しいために土壌溶液は毛管上昇によって上向きに動き始める。しかし最終的に大気中へ逃げるのは水だけであって、塩類は大部分表土の中にとり残されることになる。これが塩類集積あるいは塩類化に他ならない。

一般に乾燥地で確保できる灌漑水の水質はあまり良くない。日本の河川の平均塩分含有量は75ppm程度である（小林，1961）が、乾燥地域で灌漑に使われている水の塩分含有量はしばしばその10～20倍も高い。そうするとこの塩分だけでも長い間にはかなりの塩類集積を引き起こす恐れがあるのである。実際には灌漑による地下水位の上昇によって地表面と地下水が毛管でつながって連続的な水の動きを引き起こしたり、さらに地下水位が地表に達して湛水を来すといった状態になるのが塩類化の最も深刻な様相である。

このように灌漑による土壌塩類化の危険は大きく、Rozanov（1990）によれば、1986年の世界の灌漑面積2億2800万ヘクタールのうち約50%が塩類化を受けており、年々100万ヘクタールに及ぶ灌漑農地が強度の塩類化によって放棄されているという。またこのようにして放棄された灌漑農地は過去300年間に約1億ヘクタールに上るが、そのほかに1億1400万ヘクタールが塩類化による生産力の低下に悩んでいるともいっている。

塩類化を回避するためには植物に利用されなかった水を地下深くへ排除してやればよい。すなわち灌漑と同時に排水の手立てを講じてやればよい。しかし灌漑工事だけでもかなりのコストがかかる（1ヘクタールあたり1～2万ドル）のに、排水工事までやるとなると、プロジェクトが成立たなくなって、当面のニーズ

に應えられなくなる恐れが生ずる。そのために先進国においてすら、塩類化のリスクを先送りにして灌漑だけをするようになるものであろう。一度塩類化した土地に再び生産力を蘇らせることはほとんど不可能であることを思えば、人智の浅はかさを嘆かざるを得ない。

### 5. 砂漠化防止のために

上に述べた東北タイの塩類化の例に明らかのように、砂漠化は地域毎の自然と人間活動の相互作用の特異性の中で起こっており、その原因も、したがってそれに対する対策も一様ではありえない。ただ、一つ共通点を求めれば、自然のもつ復元力を越えて人間のインパクトが及ぶ時に、砂漠化といわれる現象が起こっているということであろうか。問題は、われわれがこの自然の復元力を定量的に計る術をまだもっていない、ということである。これまでに砂漠化の最も重要な原因とされている過放牧も過耕作も、いつでも後追いの説明であって、ある地域のもつ生産力の限界を、事前に示すことができていない。つまり“適正な”家畜の飼養頭数、あるいは“適正な”焼畑の休閑期間を事前に的確に示し得ていないのである。

もし、ある技術と投資のレベルの下で、一つの地域がどれくらいの集約度の土地利用に耐え得るかを定量的に示す方法を開発し得れば、砂漠化の防止に大きく貢献できるであろう。非常に難しい課題ではあるが、まずはそれぞれの専門分野で、この目的に向かって努力することが必要であると考えられる。その上で、個々の分野の成果が学際的に総合されることが、このような方法を確立するためには必須であろう。

さらに、砂漠化が基本的には人間活動の結果であるということであれば、地域の社会や経済状況をも自然環境との関わりの中で全体的に捉えることが必要であろう。いわゆる地域研究 (area study) の考え方や方法が、このような研究にとって有効であるに違いない。ここでも自然科学の範囲を超えた、人文・社会科学の研究者との学際的な協力が、地域の実態を捉え、砂漠化の原因を明らかにし、その地域の実情に即した有効な砂漠化防止対策を立てる上で不可欠であると思われる。

### 参 考 文 献

- 嘉田良平, 1990; 環境改善と持続的農業. 家の光協会, 東京.  
 門村 浩, 1986; Desertification と Desertization. 国際農林業協力, 9(3): 12.  
 環境庁, 1990; 地球環境キーワード事典. 中央法規出版株式会社, 東京.  
 久馬一剛, 1989; 焼畑. 海外学術調査コロキウム記録「東南アジアとアフリカ: 地域間開発へ向けて」, 89-106.  
 吉良竜夫, 1986; アジアの熱帯林の位置づけ. 海外学術調査コロキウム記録「アジアの熱帯林」, 8-31.  
 小林 純, 1961; 日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究. 農学研究, 48(2): 63-106.  
 三浦憲蔵, タルサック・サブハラサム, 1991; 東北タイにおける森林破壊による土壌の塩類化と植林による防止対策. 土壌の物理性, 63: 51-59.  
 Power, J. F. and R. F. Follett, 1987; Monoculture. Scientific American, March: 57-64. (久馬一剛訳, 1987. 見直しを迫られる米国の単作農業, サイエンス, 17(5): 9-19.)  
 Rozanov, B. G. 1990; Human Impacts on Evolution of Soils under Various Ecological Conditions of the World. Trans. 14th Int'l Congr. Soil Sci., Plenary Papers: 53-62.