

2. 1. 2 植生からみた砂漠化・土地荒廃

(1) 環境と植生

植物は、その生育地の環境に適応して進化してきた。そして、生育環境に応じた植物相を形成している。環境と植生との関係を地球レベルでマクロにみれば、気温と降水量が植生の分布を支配する主要因であることが知られている（図1）。例えば、熱帯地域の降雨が多い地域では、熱帯多雨林が形成されるが、季節的な乾燥が進むにつれて、熱帯季節林（常緑季節林、半常緑季節林、落葉季節林）へと変化する。そして、年間を通じて乾燥気候になると、疎林や棘性低木林、草原（サバナ）になる。温帯地域でも同様に、温帯多雨林から温帯林、そして、疎林や低木林、草原（ステップ）へと移行する。これらの地域で、さらに、降水量の減少と蒸発散量が増加し、乾燥化が進むと、半砂漠や砂漠が形成される。

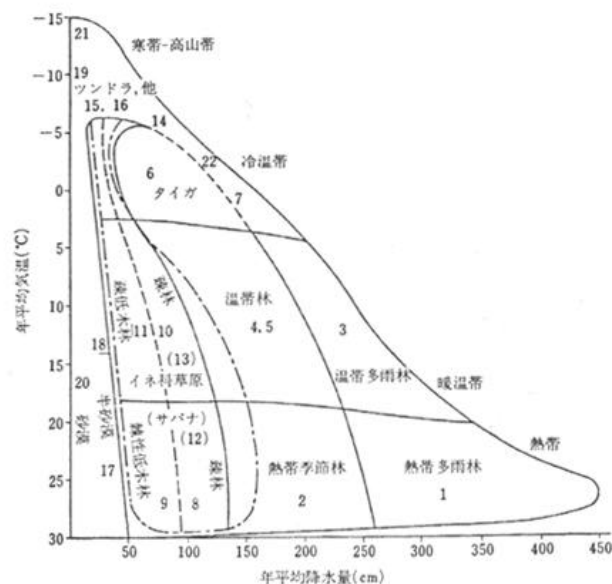


図1 Whittaker の年平均降水量と年平均気温による植生区分図（西村 1988）

一方、植物の生長（純一次生産力）と環境との関係については多くの研究があり、生育地の環境による純一次生産力の推定のために、幾つかの半経験式が提案されている。この中で、内嶋らが開発した筑後モデル（Uchijima and Seino 1985）は、実際の生産力を比較的良好に推定できることが知られている。このモデルは、植被と接地気層とのあいだでの二酸化炭素と水蒸気の交換過程および植生地の熱収支を考慮して、植生の純一次生産力 NPP (t 乾物/(ha 年)) を求めるもので、

$$NPP = A_0 R_n / d(1 + \beta)$$

で与えられる。ここで、 R_n は年間純一次放射量 (kcal/cm^2)、 d は飽差 (mmHg)、 β はボーエン比の年平均値、 A_0 は植被内外での二酸化炭素濃度と拡散抵抗にかんけいしている数値定数である。これを、放射乾燥度を用いた経験式で表すと、

$$NPP = \{ 0.29 \exp(-0.216 RDI^2) \} R_n$$

ここで、 $RDI(=Rn/lr)$ は放射乾燥度、 l は水の蒸発潜熱(kcal/gH₂O)、 r は年間降水量(cm)である。これが、気候データから自然植生の純一次生産力を求めるための筑後モデルである。このモデルを用いて、気候条件と純一次生産力及び自然植生帯との関係を求めたのが図2で、世界の純一次生産力分布を求めたのが図3である。乾燥地では、純一次生産力が極度に落ちることがわかる。

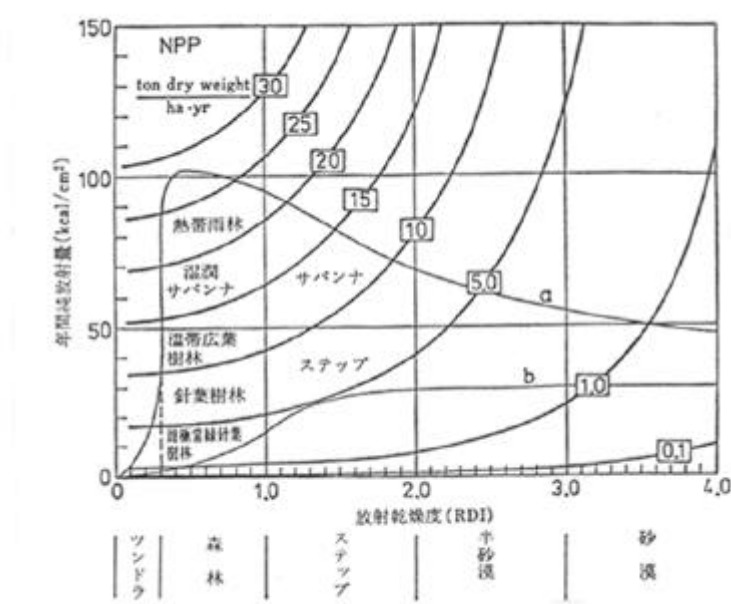


図2 筑後モデルによる気候条件と純一次生産力及び自然植生帯との関係（内嶋・清野 1987）

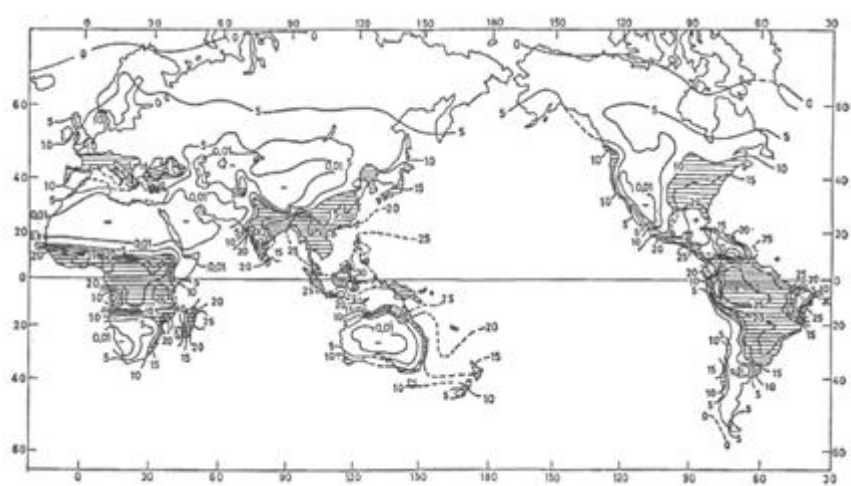


図3 筑後モデルによる世界の純一次生産力分布（内嶋・清野 1987）

(2) 砂漠乾燥地の植生

世界各地の砂漠乾燥地では、そこに適応した多くの特殊な植物が生育している。植生としてみた場合、一般的には、乾燥化が進むにつれて、植物の高さが低くなり、群落の階層の数が減少し、植物相が単純化する。また、落葉性の植物が増え、葉の大きさが小さくなる。亜熱帯や温帯の砂漠乾燥地では、一年生の草本類が特殊な光合成系を発達させ、短期間に種子を成熟させたり、乾燥耐性や乾燥休眠などの機能をもつようになる。また、深根性の灌木や草本類が生育する。これらの乾燥砂漠地に共通して生育している植物は、イネ科やアカザ科、キク科の短命植物、リュウゼツラン科の多肉植物、ギョリュウ科の深根植物、タデ科、マメ科、スベリヒユ科、トウダイクサ科などの植物である(酒井 1995)。

生育地の土壌の状態などの違いによっても、生育する植物種は変化する。中国の乾燥砂漠地を例にとってみると、塩類集積した場所では、耐塩性の里海塩爪爪(*Kalidium caspicum*)や塩穂木(*Halostachys caspica*)が生育し、流動砂丘地では、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)などのパイオニア植物がみられる。写真 1 は、新疆の塩類集積地に生育している塩穂木の群落である。写真からもわかるように、表層土壌に塩類集積がみられる。塩類濃度を変えた実験から、塩穂木のような耐塩性植物は、塩類濃度の高い土壌の方が、塩類濃度の低い土壌よりもよく育つ。この地域では、土壌の塩類濃度が下がってくると梭梭(*Haloxylon ammodendron*)などの灌木に置き換わる(写真 2)。逆に、塩類集積をしてくると、塩穂木のような耐塩性植物に置き換わる。

一方、内蒙古地域の流動砂丘地(写真 3)では、沙米がパイオニア植物として生育している。しかし、砂丘地が固定されてくると、沙米がみられなくなり、他の植物に置き換わる。図 4 は、流動砂丘地と半固定砂丘地の土壌含水量の経年変化である。この図から、流動砂丘地の方が、半固定砂丘地よりも一年を通じて含水率が高いことがわかる。沙米は、貧栄養の流動砂丘地には適しているが、水ストレスには弱く、流動砂丘の固定化に伴い、他の植物に置き換わっていく(Mo et al 1998)。

このように、植物は、生育地の環境に適応しており、その環境が変化すると、他の植物に置き換えられたり、ひどい場合には植生がなくなったりする。それゆえ、植物相や植物種の遷移を観察すると、その生育環境の変化、例えば、砂漠化や土壌荒廃などの指標となる。



写真 1 新疆の塩類集積地に生育している塩穂木の群落



写真 2 新疆の梭梭の群落



写真3 内蒙古地域の流動砂丘地



写真4 流動砂丘地のパイオニア植物の沙米

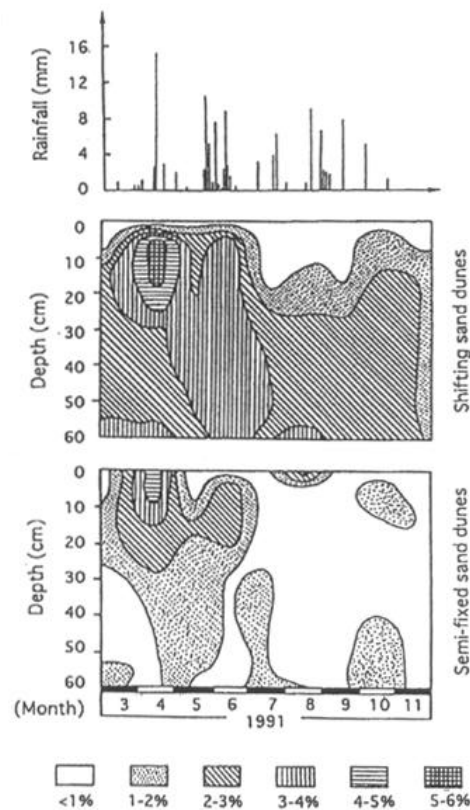


図4 流動砂丘地と半固定砂丘地の土壤含水率の経年変化

(3) 気候変動と砂漠化

サハラ砂漠のような大砂漠は、地球規模の大気大循環によって引き起こされる。熱帯で上昇した空気が、中緯度で乾燥した下降気流となり、中緯度高気圧帯が生じる。これが、中緯度到大砂漠ができる原因となる。しかし、中緯度高気圧帯といっても、中緯度を帯状に取り巻いて地球全体にあるのではなく、海洋の存在や陸地の地形によって変化する。特に、海洋上では、高気圧帯が発達するが、中緯度高気圧帯の東側の部分では、寒流が高緯度の方から低緯度の方に向かって流入するので、高気圧帯は、この部分では下方から特に冷やされ、下降気流が強くなり、海面近くの気圧は高くなる。その結果、大陸の西の地域に海岸砂漠ができる（吉野 1997）。

この大気大循環の僅かな変化が、異常気象をもたらす。大砂漠の周辺の乾燥・半乾燥地域の土壌は一般に脆弱で、長期の干ばつや集中豪雨によって土壌の荒廃や浸食が急激に進行し、砂漠化する可能性が高い。また、脆弱な土壌は過放牧や無秩序な耕作の影響を受けやすく、生活形態の変化や人口の急激な増大がこれに拍車をかける。

地球温暖化は、地球規模のレベルで植生の遷移を引き起こすが、気候変化に植生の遷移が追いつかない地域では、砂漠化が進行する危険性がある。また、温暖化に伴う蒸発散量の増大は、降雨の少ない地域をより乾燥化させる可能性があり、一度、砂漠化や土壌荒廃により、生態系が破壊されると回復が困難であることが、IPCC 1995(Watson et al. 1996)

の報告でも指摘されている。地域レベルでの温暖化影響を予測することは非常に困難であるが、図5に、線形多項ロジットモデルによる中国の植生分布図と Robock et al. (1993)の温暖化シナリオ（年平均気温2℃上昇、年降雨量20%増加）に基づく潜在植生の推定図を示す。植生分類と気候条件から、多項ロジットモデルにより植生分布を推定したときの的中率は、各植生帯で異なっていたが、平均で68.7%であった。これに基づき、年平均気温2℃上昇、年降雨量20%増加時における潜在植生の推定をおこなったところ、中国西部、特に砂漠周辺地域では、気温の上昇による水分条件の変化と乾燥化が、ステップやサバンナが砂漠化していく可能性があることが示唆された。この問題については、今後、種々のシナリオを用いて検討していく必要がある。

（4）植生からみた砂漠化防止

植物と環境との関係は複雑で、植生の存在もまた、環境に影響を与える。図4で示した流動砂丘地と半固定砂丘地の含水量の違いは、植生の繁茂状態の違いに起因している。砂漠化防止のために、植生回復を図る場合、その対象地域の極相にちかい植物相を最終的な目標とし、緑化初期の初期相から極相にスムーズに移行していく手法を導入することが重要である。機能的に優れているからといって、対象地域の環境になじまない植物を導入すると、遷移の過程で、環境を破壊し、かえって砂漠化を助長することになりかねない。農牧畜や生活のために利用する植物種も同様であり、地域の環境や特殊性を考慮した持続性のあるものを選択し、利用していくことが必要である。

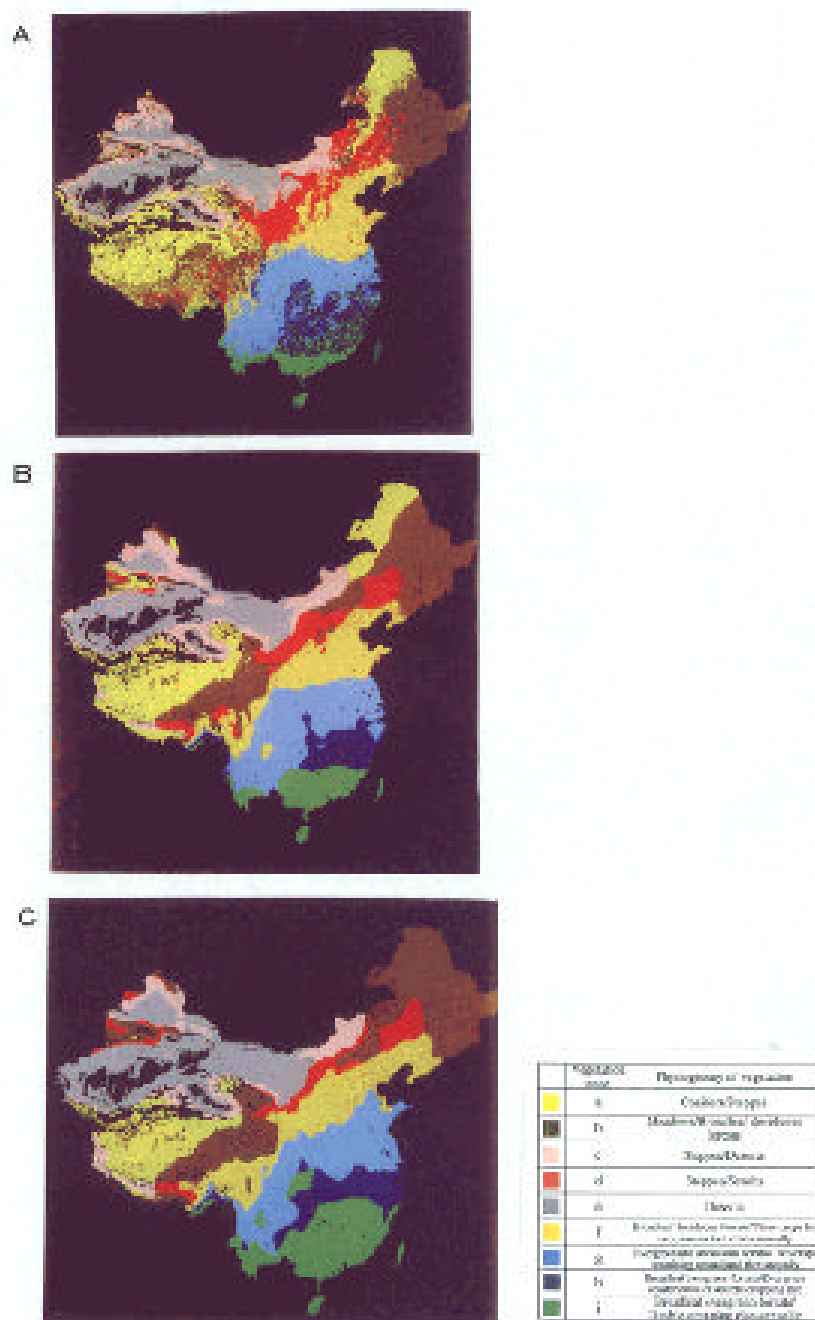


図5 線形多項ロジットモデルによる中国の植生分布図の推定と温暖化影響予測 (Tsunekawa et al 1996)

(A) 現存植生図 (中国科学院植物研究所作成)

(B) 推定された植生分布図

(C) 潜在的な植生分布図 (Robock et al. 1993 のシナリオ (年平均気温 2 °C 上昇、年降雨量 20 % 増加) に基づく予測)

大政 謙次