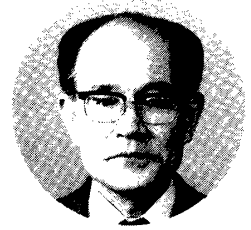


解説

地球温暖化の植物生態系
への影響予測Probable Effects of Global Climate
Warming on Plant Ecosystems

内嶋善兵衛

Zenbei UCHIYAMA

◎1929年8月生まれ

◎1950年に農業技術研究所入所、以来農業気象の研究に従事。1987年
お茶の水女子大学理学部教授、環境科学特に地球環境を研究。研究・
専門テーマは農業生産と気象環境

◎お茶の水女子大学理学部 (〒112 東京都文京区大塚2-1-1)

1. 植物-緑のアトラス

いま人類は科学技術力とばく大な化石エネルギーを使って、地球を自分たちだけの惑星に改変しようとしている。この傾向は人口爆発と科学技術のさらなる発達によって、21世紀へ向けてますます強くなるものと思われる。しかし、生物としての人類の最大の弱点は、2000~3000 kcalの熱量を含んだ食物と2lの水を毎日摂取しなければならないことである。この鉄則を無視すると、いかなる優れた科学技術も宝の持ちぐされになってしまう。

我々が日常摂取する食物のルーツは、すべて光合成を営む緑色植物である。よく知られているように、緑色植物は葉緑素の働きによって二酸化炭素(CO₂)と水(H₂O)とから炭水化物を作り出し、その中に太陽エネルギーの一部を蓄える。炭水化物の中に蓄えられたエネルギーは、植物自身を含めて地球上のすべての生物群の生存と進化を支えている生存エネルギーそのものである。

緑色植物のこの機能は、約35億年の大昔、原始海洋中に生命が生まれた頃獲得されたものと考えられている。植物たちは、この機能を通じて生存エネルギーを生産する一方で、多量の酸素(O₂)を環境中に放出した。これによって酸素大気が、そして成層圏オゾン層が形成された。このため有害な太陽紫外線の多くが地表へ入射しなくなり、陸上への植物そして動物の進出が始まった。それは3~4億年前のシルル紀であった。

このように物言わぬ緑色植物群は、地球大気の変更、生存エネルギーの生産、地球環境の保全を通じて、全生物群の生存と進化を支えている。この役割は人類にとってもそのままあてはまるだけでなく、化石エネルギーの準備ということを通じて計り知れない寄与をしている。それゆえ、緑の植物群は、全生物群の生存と進化を、過去から現在まで、そして現在から未来へかけて担い続ける『緑のアトラス』とよばれている。

2. 植物の分布、生産力と気候条件

上に説明したように、植物群は約3~4億年前に太陽光の豊かな陸上へ進出したが、地球上にくり広げられる多様な環境、特に気候条件のすべてに適応することは出来なかった。酷寒の南極大陸や暑熱、乾燥の砂漠中心域に植物がほとんどなく、高温、多湿な赤道域の熱帯雨林の茂りをみれば、そのことがよく理解できる。

地球上の各地域の植物のタイプが多様に異なることは、すでにギリシャ時代から知られていたが、本格的な科学のメスが入ったのは19世紀初めになってからである(たとえば Humboldt, 1805)⁽¹⁾。それ以来の研究によって、植物の分布と生産力は気候条件-温度状態、水分状態に密接に関係していることが分かった。吉良⁽²⁾は次式で定義される温量指数(WI, 度月)を用いて東アジアの自然植生の分布を研研し(\bar{T}_i は月平均気温°C),

$$WI = \sum_{i=1}^n (\bar{T}_i - 5) \quad \bar{T}_i \geq 5^\circ\text{C}$$

WI ≤ 15 を高山帯, 15 ≤ WI ≤ 40~50 をボREAL林帯, 40~50 ≤ WI ≤ 85 を落葉広葉樹林帯, 85 ≤ WI ≤ 180 を常緑広葉樹林帯, 180 ≤ WI ≤ 240 を亜熱帯雨林帯と分けている。この分類法は多湿気候帯ではかなりよく自然を表わしている。この他, 気温積算値と降水量とを用いて植生分布を研究する方法も数多く提出されている。

植物は生物界を支える生存エネルギーの生産者であるので, 生態系の大きさ, 活動度, 種多様性は植物の生産能力, すなわち純一次生産力 [NPP, t 乾物 / (ha · 年)] に密接に関係している。それゆえ, 純一次生産力の評価は植物生態学, 作物学, 林学などにおける第一級の問題である。植物の生産力は緑葉の光合成強度とその持続期間の長さによって決まるので, 植物への太陽エネルギーと水の供給度とその生活期間の長さ (気温に関係) によって決まる。

植物群への太陽エネルギーの供給量を表わす年間純放射量 (R_n , kcal/cm²) と水分供給量を示す放射乾燥度 ($RDI = R_n / lr$, l は水の蒸発潜熱, r は年間降水量) とを説明変数として, 植生の分布と純一次生産力とを表わすと図1のようなグラ

フがえられる。各植生帯は若干の重なりを持ちながらも固有の気候条件域をもっており, その域にはそれぞれ特有の純一次生産力曲線が対応している。RDI が1以上になって乾燥条件が卓越してくると, 植生タイプはサバンナ→草原→半砂漠→砂漠と変化し, 生産力が急減する。RDI が0.3~1.2の多湿な気候域では, 年間純放射量の増加につれボREAL林, 落葉広葉樹林, 常緑広葉樹林, 亜熱帯・熱帯雨林とかわり, 生産力も約5t から30t レベルへと直線的に増大する。

現在, 人類は土地利用を通じて陸上植生に大きなインパクトを与えている。それを評価すると次のようになる [TNP₀ と TNP_a は陸上植生のポテンシャルと現実の全純生産量 (t 乾物/年)]。現在, 地球上の生物圏を支えている生存エネルギー総量は, ポテンシャル値の60% に低下している⁽⁴⁾。

$$TNP_0 = 1\,360 \times 10^8, \quad TNP_a = 820 \times 10^8$$

この中から, 人類は食糧, 木材をうるため150~200億tを独占的に利用しており, 野生生物群の生存エネルギーのパイは著しく小さくなっている。

3. 気候温暖化の植生への影響

いま人類を支えている陸上植生の分布は, 約1.5万年前に始まる後氷期を通じての全球的な気候の温暖化 (約5°C上昇) を追って次第に形成された。最終氷期時代には, いま関東以南の平地に分布している常緑広葉樹林は, 九州南部の種子島, 屋久島付近に閉じこめられていたと考えられている。

現在の豊かな文明生活を支えるため, 地質時代の植物群からの贈物-化石燃料を大量に消費し, 年間約220億tのCO₂を大気中に放出している。その55%が大気中に残り, 大気中のCO₂濃度は年間1.5~2.0ppmvの割合で上昇している。これは熱力学的活性をもつ温室効果ガスで, 濃度上昇につれ地球気候は温暖化するといわれている。地球気候モデル (GCM) の予想によると, 2050年と2100年には1990年レベルより1.5°Cと3.0°C温暖化する。この上昇速度は後氷期の温暖化速度

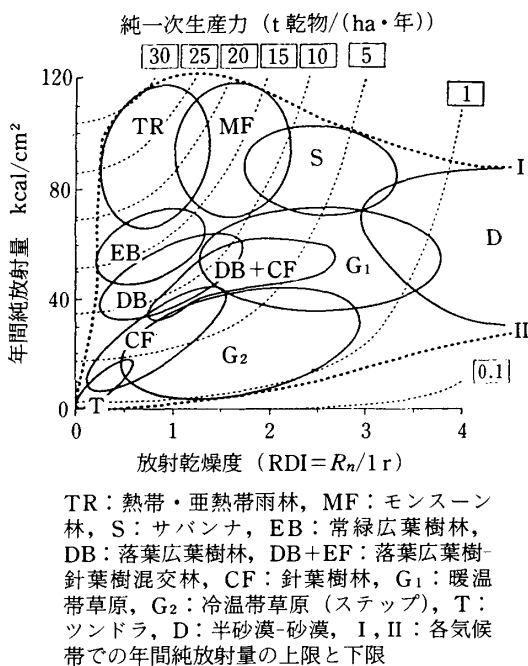


図1 自然植生のタイプ, 生産力, 気候条件の相互関係のグラフモデル⁽³⁾

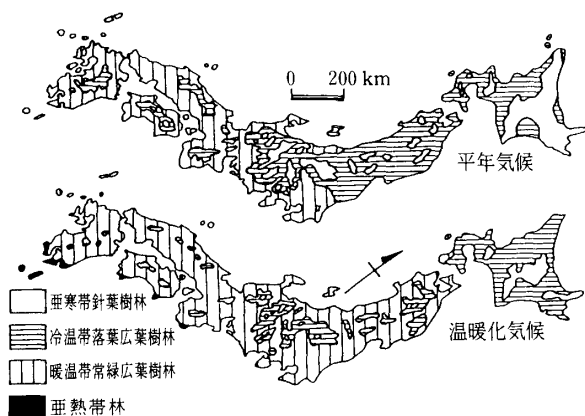


図2 気候の温暖化(2・CO₂気候)による日本の植生気候のシフト⁽⁵⁾

の約80倍の大きさである。

このような急速な温暖化は各植生帯の生存に適した気候帯の高緯度方向と高さ方向への急激なシフトを当然ひき起こす。また、降雨状態や蒸発散を大きく変化させて、植物への水分供給を乱す心配がある。植生の分布と生産力の乱れは、生態系の全機能と構造に波及し、ひいては食糧、木材の生産にも及んでくる。それゆえ、植物生態系への気候温暖化の影響の評価は極めて重要な課題である。そのため、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)などを中心に研究調査が進められている。

GCMの結果(2倍CO₂)を用いて、日本列島における植生帯のシフトを研究した結果が図2に示されている。2・CO₂気候の出現が予想される21世紀末には、北海道のせまい山頂付近を除いてポリアル木の分布域は消え去る。そして、いま関東平野の周辺山ろく域にあるWI=100度月の線は東北地方の北部までシフトし、そのあとには西南日本の南岸地域にあるWI=140度月の線が位置する可能性がある。そして、現在の140度月線の位置には、いま琉球諸島の中央部を横切っている180度月の線が北上してくる。このような急速な気候帯移動に植生帯が追従するには、植物群は4~5km/年の速度で移動する必要がある。しかし、花粉分析の結果が示すように、後氷期1.5万年間の移動速度は25~40km/100年で、気

候帯のシフト速度との間に大きなギャップがある。しかも、地表上には植物群の移動を妨げる多くの人工的な障害(大都市など)が立ちはだかっている。

植生帯が気候帯シフトに追従できるという仮定をおくと、純一次生産力評価モデルとGCMからの2・CO₂気候シナリオとから、気候温暖化の植物生産力への影響を評価できる。多湿な日本では約10% TNPが増す可能性がある。世界的には15~25% TNPが増すと予想されている。上に説明した二つの移動速度間のギャップは、予想されるTNPの増加をかなり抑えると考えられている。逆に、病虫害や異常気象(暴風雨、干ばつなど)の多発によりTNPの低下も予想される。

世界人口は爆発を続け、2050年には100億に達する。現在の中国なみの穀類消費(300kg/(人・年))でも30億tが必要で、これは現在の生産量(17億t)の1.76倍に相当する。急激な気候温暖化、異常気象の頻発、砂漠化の進行、肥沃な耕地の減少という悪条件のなかで、現在の1.76倍の穀類を生産することは相当困難な問題である。しかも、肥料・農薬といった食糧増産の切札による環境汚染を防止するという制限づきである。それゆえ、植物生態系への影響もさることながら、食糧生産-農業への影響はさらに重要な問題である⁽⁶⁾。

文 献

- (1) エフ・アイ・ウッドワード、内嶋訳、植生分布と環境変化、(1993)、205、古今書院。
- (2) 吉良、農業地理学の基礎としての東亜の新気候区分、(1945)、24、京都帝国大学農学部園芸学教室。
- (3) Ohta, S.ほか、Probable Effects of CO₂ Induced Climate Change on Net Primary Productivity of Natural Vegetation in East Asia, *Ecol. Res.*, 8 (1993), 199-213.
- (4) 内嶋、気候と植生、地学雑誌, 102 (1993), 745-762.
- (5) Uchijima, Z.ほか、Probable Shifts of Natural Vegetation in Japan Due to CO₂ Climatic Warming, *Ecological Processes in Agro-Ecosystems*, (1992), 189-201, NIAES.
- (6) 内嶋、地球環境の変化と食糧生産、化学工業, 45 (1994), 17-24.

(原稿受付 1994年11月29日)