

# 流域圏生物システムにおける持続可能な社会の再構築

瀬戸 昌之

東京農工大学教授、日本学術会議会員

流域圏は様々な生態系から成る巨大な生物システムである。また流域人口の大部分は都市生態系に集中している。しかしながら、都市生態系は持続的でない。都市生態系と流域圏のあり方について何が問われているか、また、どのように対応すべきかについて、農耕地と森林生態系の比較、そして物質循環の完結を中心に考えてみよう。

## 流域圏一人の生活の場の基本単位

人の生活は流域圏の資源に支えられ、また、流域圏を改変する相互作用をつうじて営まれてきた。その意味で流域圏は人の生活の場の基本的な単位である。近年の交通網の発達人は人の生活の場を拡大することになった。この拡大は石油などの有限の資源の消費を前提としているから、この前提が成り立たなければ人の生活の場の基本的な単位は結局は流域圏に収れんする。

都市生態系へは農耕地や海洋生態系から食料が、森林生態系から水や木材資源などが供給され、海外から石油や鉱物資源などが供給されている。いっぽう、都市生態系からは他の生態系へ大量の廃棄物が吐き出されている。都市生態系が流域圏の中で占める面積はたとえば数%のようにきわめて小さいが、流域人口のおおよそ85%が都市に集中している。その

ため、都市は大量の資源を呑みこみかつ吐き出して流域圏に大きなインパクトを与えている。

このインパクトは物質文明の拡大とともに激化している。しかしながら、資源の有限性など流域圏生物システムの環境容量の有限性を考えればこのインパクトの拡大は流域圏のとりわけ都市の持続性を困難にすることは必至である。

流域圏と都市の持続性を高めるためにさまざまな工夫が必要である。このとき、全ての工夫に不可欠なことはとりわけ流域圏を構成する畑地や森林などの様々な生態系の諸特性を考慮して、都市のインプットと都市からのアウトプットを流域圏の物質循環の完結という環境容量の枠内に収めることである。

## 畑地生態系と森林生態系

### —食料生産か環境保全か—

畑地生態系における人のための食料の生産速度は森林生態系のそれよりはるかに高い(表1)。たとえば、同じ面積では畑地生態系の食料の生産速度は森林の1000倍程度である。

しかしながら、畑地生態系では栄養塩類などの物質循環の完結性はきわめて低い。たとえば、施肥された窒素などはせいぜい半分が作物に吸収され、他は地下水などに流出してしまうからである。いっ

表1. 畑地生態系と森林生態系の比較

機 能	生態系	
	畑地	森林
食料の生産速度	高	低
物質循環の完結性	低	高
浄化能、緩衝能	低	高
多様性、安定性	低	高
遺伝子の収容能	低	高
水の流出の平準化能	低	高

Odum(1969)を簡略化し、加筆した。

ほう、森林生態系では栄養塩類の大部分は樹木内などに保持される。そして、森林生態系では落枝落葉内の栄養塩類は従属栄養微生物によって無機化され、土壤に放出されるが、ただちに根から吸収され再び樹木内に保持される。このようにして、森林生態系では物質循環が完結して、栄養塩類などの系外への流亡はきわめて少ない。

浄化能、緩衝能はどうであろうか。緑色植物はグリーンフィルターなどといわれ、大気中の汚染物質である硫酸化物や窒素酸化物などを吸収し、大気から除去する。このような浄化能は緑色植物のバイオマスがはるかに少ない農耕地では低く森林生態系では高いことは明らかである。また、外界からの攪乱に対する緩衝能も農耕地生態系では低い。

生物の多様性は、畑地生態系では単一種の栽培に限るから、当然低い。化学的、物理的多様性も低い。また、畑地がさまざまな管理のもとでようやく維持されるのは、安定性が低いからである。森林はほうっておいてもずっと森林である。さまざまな遺伝子はさまざまな生物体に含まれている。遺伝子の収容能は森林生態

系ではきわめて高いことは言うまでもない。

さらに、洪水を防止し、用水を確保するために水の流出の平準化はきわめて重要である。森林は大雨を呑みこみ、ゆっくり吐き出して流出の平準化を行っている。

すなわち、森林生態系を開墾して、畑地生態系に改変することは、より多くの食料の確保を可能にしたが、それ以外の人の生存に不可欠なさまざまな環境保全機能を失うことになった。逆に、環境保全機能を確保しようとするれば、より多くの食料は望めない。このようなジレンマに人は立たされている。なお、海洋などは、巨大な水体による温度の恒常性、濃い塩類による強い緩衝性、その他の定常性を有するから、環境保全型の生態系と考えられる。

さて、水田生態系は以下の点で畑地生態系とは異なる。

すなわち、水田の大量の水は気温の激変を和らげ、とりわけ中山間地の水田は降雨を呑みこみ、ゆっくり吐き出して流出の平準化を行っている。これらをつうじて洪水害や土壌浸食を軽減するなどの

国土保全の機能を果している。また、灌漑、排水をつうじて雑草の進入や地表における塩類の集積を防ぎ、かつ、有機物や栄養塩類の分解や放出を制御している。さらに、とりわけ工業化されていない水田は多様な生物の棲息の場でもある。以上のように、水田は畑とは異なって、食料生産の機能のみならず、環境保全の機能もあわせもつので多目的生態系の一つである。畑地と樹林帯を組み合わせたアグロフォレストリーや里山も多目的生態系と考えられる。これらの多目的生態系によって上述のジレンマを克服し日本を含む東南アジアは高い人口密度を維持してきた。

### 区画モデル—物質循環の完結—

都市生態系は物質循環が完結しないから単独では持続できない。すなわち、都市は外部から大量の資源の供給、および、廃棄物などの排出の場がなければ持続できない。そこで都市の物質循環を流域圏生物システムの性質の異なるいくつかの生態系と組みあわせて、完結させる工夫が必要となる。

流域圏生物システムの一般的な姿は上流域に森林などの環境保全生態系が、中流域に畑などの食料生産生態系と水田、アグロフォレストリー、里山などの多目的生態系が、そして、河口域に都市生態系が配置され、さらに海洋生態系へと連続している（図1）。

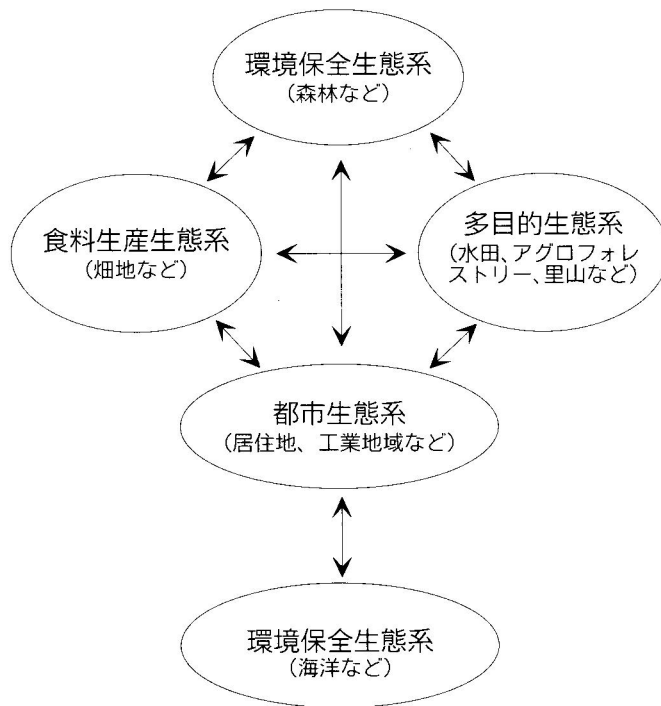


図1. 区画モデル

性質の異なる5つの区画（生態系）を生態学的特性に基づいて配置・管理し、流域圏における物質循環を完結させる（Odum 1969などを参考に著者作図）。

たとえば、都市生態系が必要とする食料は畑地や水田生態系などから供給される。食料に含まれるリン・窒素などの栄養塩類は都市で消費されたあと、し尿などに含まれて排出される。リン・窒素は水界などに流入すれば水質を悪化させるから汚染物質である。しかしながら、再び畑地や水田生態系などに還元されれば作物などの肥料となるから資源である。すなわち、都市が必要とする物質は様々な生態系から供給され、都市が不要とする物質はそれを必要とする生態系が受け入れる。このような組み合わせをつうじて、流域圏の物質循環を完結させひいては都市を持続的にする。これが区画モデルである。

また、食料生産や物質循環の完結のみならず、たとえば、気温の激変を和らげ汚染大気などを浄化する環境保全機能も人にとって不可欠である。したがって、森林や海洋生態系のみならず、水田、アグロフォレストリー、そして、里山生態

系などの適切な配置は都市を人にとって快適に保つために常に考慮されねばならない。

さらに、都市への物質の流入・排出を削減して、都市の他の生態系への依存度を低下させれば、都市を支える他の4つの区画はより小さくてすむし、逆に都市の拡大もありうる。このように、それぞれの区画の割合は固定的ではなく、都市のあり方や他の生態系の利用のしかたによって変化する。したがって、今後は、各々の流域圏の様々な生態系の諸特性を定量化し、都市の他の生態系へのインパクトを最小化する研究が最も重要な課題となる。

われわれがめざすべき質の高い持続可能な社会は、流域圏生物システムの多様な生態系の特性を考慮した、物質循環が完結する社会の再構築である。豊かな生活はそれぞれの流域圏の気候風土に融和した独自の文化を育む過程の中にこそ期待できるのである。

## 参考文献

- Odum, E.P. (1969), The strategy of ecosystem development. Science, 164, 262-270.  
瀬戸昌之 (1992), 生態系—人間存在を支える生物システム, 有斐閣  
瀬戸昌之 (2002), 環境学講義—環境対策の光と影—, 岩波書店