

# オートポイエティック・システムとしての生態系

井庭 崇, 成瀬 美悠子

(慶應義塾大学 総合政策学部)

## 1. はじめに —— 「生態系」理解への新しい道

本論文の目的は、「生態系」理解の新しい道に光をあて、その道への第一歩を踏み出すことにあ  
る。具体的には、「オートポイエーシス」の概念、特にニクラス・ルーマンの「社会システム理論」  
におけるシステム理論を参考にしながら、生態系をオートポイエティック・システムとして捉える  
「生態システム理論」(Eco System Theory)の構築を目指す。

本論文では、《生態システム》(eco system) —— 一般的な用語としての「生態系」(ecosystem)  
と区別するために、便宜上このように表記する<sup>1</sup> —— を、従来の生態学のように生物を要素と  
するシステムとして捉えるのではなく、生命維持に必要な有機物をつくりだす《生産》を要素と  
するシステムであると捉える<sup>2</sup>。この生物的な《生産》は、生成された途端すぐに消滅してしまう  
「出来事」であるため、《生態システム》が存在するためには《生産》という要素が生成され続け  
なければならない。このようにして形成された《生態システム》は、「作動」的には閉じたシステ  
ムであるが、生物個体の「生命システム」と構造的にカップリングすることで、お互いに利用し  
合い、共進化する。このような観点に立って初めて、「生態系の保全」と「生物種の保全」の問題  
を分けて考えることができ、また、《生態システム》と社会システムの構造的カップリングについ  
て議論できるようになる。本論文の提案はあくまでも試論的なものであり、さらなる考察と議論  
が必要ではあるが、「生態システム理論」に向けての土台づくりに貢献できればと思う。

## 2. オートポイエーシスのシステム概念

「オートポイエーシス」(autopoiesis)の概念は、生物学者のウンベルト・マトゥラーナとフランシ  
スコ・ヴァレラによって、細胞や神経システムのためのシステム理論として提唱された (Maturana  
and Varela, 1980)。このオートポイエーシスの概念を、一般システム理論として捉え直して再構  
築し、社会の分析に用いたのが、社会学者ニクラス・ルーマンである<sup>3</sup> (Luhmann, 1984)。オート  
ポイエティック・システムの特徴を、筆者なりにまとめると、(I)「時間化された要素」、(II)「シ  
ステム境界の再生産」、(III)「システムに基づく要素の構成」の三つにまとめることができる (図  
1)。これらの特徴を、コミュニケーションを要素とする社会システムの例で説明すると、次のよ  
うになる。まず第一の「時間化された要素」とは、社会の要素であるコミュニケーションが、生成  
された直後に消滅してしまう「出来事」である、ということである。そのため、システム(社会)  
が成立するためには、要素(コミュニケーション)が絶えず生み出されなければならない。この  
ような要素の再生産のことを、システムの「作動」(オペレーション)という。

このとき、非持続的な要素の継続的な生成のプロセスと、それ以外のものとを区別する「境界」  
に注目すると、要素が再生産されるごとに、その境界も再生産されていることがわかる。これが、  
第二の「システム境界の再生産」の意味するところである。システムは作動の面では閉じており、

<sup>1</sup>このような表記を選択する理由には、ほかに、生命システム理論や社会システム理論において「システム」とい  
う訳語が用いられていることや、日本語における「系」と「システム」のニュアンスの違いなどがある。また、「生態  
系」を、「社会システム」に対する「社会」のように、経験の対象を指し示す言葉として利用できるように残しておく  
ためにも、「生態システム」と「生態系」を使い分けることにする。

<sup>2</sup>本論文では、「生態システム理論」特有の概念として用いる用語には、《 》をつけて明示する。用語の選択には、で  
きる限り生態学や生物学、生理学の専門用語を踏まえるようにしたが、それらの専門用語と厳密な意味で同じ意味であ  
るとは限らない。用語の選択についても、今後さらなる検討が必要であると思われる。

<sup>3</sup>ルーマンは、その著書『社会システム理論』において、「社会システム理論の領域での研究によって、自己準拠的  
システムの一般理論の形成に向けて寄与する」(Luhmann, 1984, p.11)という意気込みを述べている。

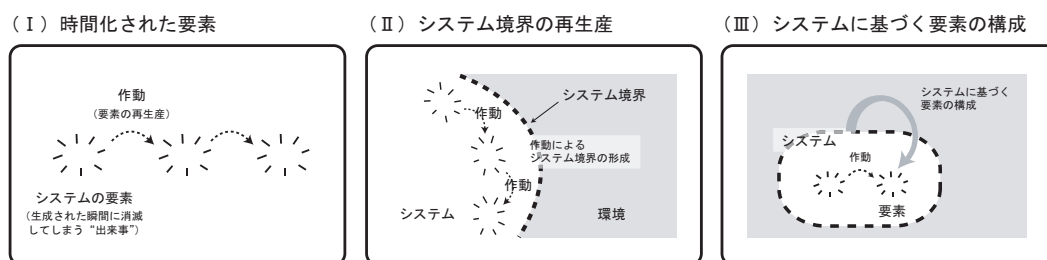


図 1: オートポイエーシスの三つの特徴

それゆえひとつの統一体として存在する、ということができる。オートポイエーシスのシステム理論では、この境界の内部を「システム」と呼び、それ以外の外部を「環境」と呼ぶ。

システムが、システムを構成する要素の絶えざる生成によって成り立っていることは、すでに述べたとおりであるが、その要素はでたらめにつくられるのではなく、その要素が構成するシステムに基づいて生成される。これが、第三の「システムに基づく要素の構成」である。システムを構成する要素が、システムに先立って存在するのではなく、システムの存在があって初めて構成され得るということであり、システムと要素はいわゆる「鶏と卵の関係」にあることになる。

このような特徴をもつオートポイエーシスの概念をベースとして、ルーマンはオートポイエティック・システムのさらなる理論拡張を試みている。本研究では、ルーマンによって拡張された概念・理論に基づいて、生態系の理論化に取り組む。なお、本研究では、社会システム理論を参照する際には、単なるアナロジーによる適用ではなく、社会を対象とする理解からの「一般化」と、生態系の理解のための「再特定化」を行っているということを明記しておきたい。

### 3. 「生態システム理論」の構築

#### 3.1 オートポイエティック・システムとしての《生態システム》

一般に、「生態系」は、「生活空間を共有する生物の集合である生物群集に、それらの生物の活動に影響をおよぼす非生物的環境要素を加えたシステム全体を指す」(鷲谷ほか, 2005, p.28)とされる。「生態系」(ecosystem) という用語を提案したアーサー・G・タンズレーは、かつて生態系を「生物群集とその無生物的環境を含んだシステム」と定義した。1992年に「環境と開発に関する国連会議」で採択された『生物多様性条約』でも、生態系を「植物、動物及び微生物の群集とこれらを取り巻く非生物的環境とが相互に作用して一の機能的な単位を成す動的な複合体」とであると定義している。ここで、生物群集とは、同じ場所や同じ生態系で暮らしている植物や動物の集まりのことであり、非生物的環境とは、太陽光、大気、水、土壌など、生物が生きるために必要となる生物以外のすべての要因のことである。

生態系のこのような定義は、直感的にわかりやすいが、「システム」の定義としては、あまりにも曖昧であると言わざるを得ない。特に非生物的要因について、どこまでを生物に「必要」なものとして捉えるのか、すなわち、何が生態系というシステムの要素であるのか、という点については、分析者の判断に拠るということになってしまう。このような分析的なシステム概念では、生態系の本質的な意味での「システム」性を捉えることができない。ここでいう「システム」性とは、現実世界において対象となるシステムそのものが、いかにして「システム」として成り立っているのか、というメカニズムのことである。この問題について考えるとき、オートポイエーシスの理論が有力な候補となる。なぜなら、オートポイエーシスの理論では、「何らかのシステムがシステムであるのは、そのシステムがそのシステム自体のオペレーション〔作動〕をとおしてそうしたシステムへとみずからを作り上げている場合にかぎられる」(Luhmann, 1984, p.ii, [ ]は引用者)と考えられているからである。

### 3.2 《生態システム》の要素

本論文で提案する「生態システム理論」では、《生態システム》の要素を、生物的な《生産》(production)であると捉える。ここでいう《生産》とは、生命維持に必要な有機物や無機物を、他の有機物や無機物からつくることを指している。緑色植物が参加する《生産》では、光合成によって無機物から有機物がつくられ、動物や微生物が参加する《生産》では、外界から有機物が摂取され、それが同化可能な有機物や無機物へと変換される。本論文では、《生産》を「生物」内の出来事ではなく、《生態システム》を構成する要素であると捉える。《生態システム》における《生産》は、単なる物質(無機物もしくは有機物)の移転のことではない。例えば、捕食関係においては、被食者がもっているどの物質をどのように変換するかということは、捕食者がどのような物質を同化できるのかということに依存している。このように、《生産》は、捕食者や被食者という個体レベルに還元できないのであり、生態系レベルの創発的な出来事であるといえる。

《生産》は、生成された途端すぐに消滅してしまう「出来事」である(I. 時間化された要素)。そのため、《生態システム》が存在するためには、《生産》という要素が生成され続けなければならない。要素の再生産の結果、《生態システム》の境界が規定され、システムが形成される(II. システム境界の再生産)。定義上、《生態システム》の外部に《生産》は存在し得ないため、《生態システム》に《生産》という要素をインプットしたり、アウトプットすることはできない。それゆえ、《生態システム》は「作動」の面では閉じたシステムだということができる<sup>4</sup>。《生態システム》において、どのような《生産》が生成され得るのかは、《生態システム》に依存しており、その意味で、システムによる複合性の縮減が行われているといえる(III. システムに基づく要素の構成)。

《生態システム》の要素が《生産》であるということは、生物そのものは要素ではない、ということの意味している。「人間は社会システムの部分ではなく、その環境の一部であるとみなされる」(Luhmann, 1984, p.vi)というルーマンに倣って言うならば、「生物は《生態システム》の部分ではなく、その環境の一部であるとみなされる」ということになる。このことは、理論における生物の位置づけが変わっただけであり、生物の重要性が損なわれたというわけではない。むしろ、生物を生態系の「部分」とみる捉え方は、個々の生物の生命システムとしての存在を真摯に考察・理解していないと言わざるを得ない。これに対し、「生態システム理論」では、《生態システム》と「生命システム」(これもオートポイエティック・システムである)が、に構造的にカップリングしていると捉えることで、生態系と個別生物の関係を考える。

### 3.3 三極の選択の総合としての《生産》

《生態システム》の要素である《生産》は、生物内の単なる変換作用でもなく、生物間の単なる物質移転でもない。そうであるならば、《生産》はどのように定義できるのだろうか。ここでは、《生産》を、《物質》(matter)、《栄養》(nutrition)、《消化》(digestion)という三極の選択の総合である、と捉えることにしたい。つまり、《栄養》として《物質》を《消化》することによって《生産》が成立するという捉え方である。このことは、社会システムの要素であるコミュニケーションが、「情報」(information)、「伝達」(utterance)、「理解」(understanding)の三極の選択の総合であることに対応している(表1)。より厳密にいうならば、《生産》は、《物質》の選択、《栄養》の選択、《消化》の選択という三つの「選択」が同時に起こるときに成立する<sup>5</sup>。それぞれの選択において、別様でもあり得る「コンティンジェンシー」(偶有性)があるが、それぞれ何らかの選択が行われたときに、《生産》が成立する<sup>6</sup>。逆にいうならば、この三つのうちの一つでも未規定

<sup>4</sup> 《生態システム》は、作動の面では閉じているが、エネルギーや物質の面ではその環境に開かれている。

<sup>5</sup> 《生産》では、《物質》において《生態システム》の外部への参照(他者言及)が行われ、《栄養》では《生態システム》自身への参照(自己言及)がなされる。この自己言及は、本論文で提示したオートポイエティック・システムの第三の特徴である「システムに基づく要素の構成」に対応している。

<sup>6</sup> 「選択」概念は、社会システム理論における定式化と同様に、生物(主体)の「意識」によるものではなく、可能性や複合性の縮減という事態を指している。「選択」概念は、いわば「主体を欠いた」概念なのである。

表 1: 社会システムと生態システムの比較

| システム (system)                          | 社会システム (social system)    | 生態システム (eco system) |
|----------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 要素 (element)                           | コミュニケーション (communication) | 生産 (production)     |
| 三 極 の 選 択<br>(three-part<br>selection) | 情報 (information)          | 物質 (matter)         |
|                                        | 伝達 (utterance)            | 栄養 (nutrition)      |
|                                        | 理解 (understanding)        | 消化 (digestion)      |
| 成果 (result)                            | 受容 (acceptance)           | 吸収 (absorption)     |
|                                        | 拒否 (rejection)            | 排出 (elimination)    |

であったり、選択不可能である場合には、《生産》は成立しないことになる。

ここで注意が必要なのは、《生産》における《消化》が、そのまま生物体内での活用や蓄積を意味するわけではない、ということである。《生産》において《消化》された有機物は、生物自身の選択によって《吸収》(absorption)される必要がある。そうでなければ、《吸収》されずに《排出》(elimination)されることになる。《消化》された有機物が、《吸収》されるか《排出》されるのかは、《生態システム》の問題ではなく、生命システムの側の問題なのである。このことは、コミュニケーションにおいて「理解」されたものが、受け手の選択によって「受容」(acceptance)されたり「拒否」(rejection)されたりするのと同様である。

#### 4. おわりに —— 生態学のオートポイエティック・ターンに向けて

本論文では、社会システム理論を参考にしながら、「生態システム理論」の構築に向けての若干の検討を試みた。すでに述べたように、今回、「社会」を対象とした社会システム理論を取り上げたのは、オートポイエーシスの理論拡張が社会システム理論において行われたからであった。しかし、科学的にみても、社会学と生態学には興味深い共通点があることがわかる。

生態学では、20世紀初頭の有機体説の後、その比喩的な表現を避けるためにシステム概念が導入されている。その後、物理学の影響を色濃く受けて数量的なモデル化や分析が進められた。現在では、非平衡や不安定性、変化などが強調されるとともに、数量分析で捨象された生物の「個別性」や「多様性」などが議論の俎上に上るようになってきた(鷲谷, 2001; Matagne, 2002)。このような潮流は、社会学においても同様に見られるものである。そのなかで、ルーマンが新しいシステム理論の精緻化と社会学への適用を行ったことで、社会学の方が一歩先に進んでいると考えることができるのではないだろうか。そこでの着想や理論構築から学ぶことで、生態学においてもパラダイム・シフト(オートポイエティック・ターン)が起こるかもしれない。本論文で試みたのは、そのようないささか大袈裟な目標を掲げて、その第一歩を踏み出すことであった。

最後になるが、本論文は、生態学の既存理論の不備を告発するために書かれたものではない。現状の理論を批判的に検討したが、これはあくまでも学術的な理論発展のためのものであり、このことが前向きな議論へとつながることを切に願う。

#### 参考文献

- [Luhmann, 1984] N. Luhmann (1984). *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main. ニクラス・ルーマン, 『社会システム理論』, 上下巻, 佐藤勉 (監訳), 恒星社厚生閣, 1993.
- [Matagne, 2002] P. Matagne (2002). *Comprendre L'écologie Est Son Histoire*, Dekachaux et Niestlé SA. パトリック・マターニュ, 『エコロジーの歴史』, 緑風出版, 2006.
- [Maturana and Varela, 1980] H. R. Maturana and F. J. Varela (1980). *Autopoiesis and Cognition: The realization of The Living*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht. H.R. マトゥラーナ, F.J. ヴアレラ, 『オートポイエーシス: 生命システムとはなにか』, 河本英夫 (訳), 国文社, 1991.
- [鷲谷, 2001] 鷲谷 いづみ (2001). 『生態系を蘇らせる』, 日本放送出版協会.
- [鷲谷ほか, 2005] 鷲谷 いづみ, 武内 和彦, 西田 睦 (2005). 『生態系へのまなざし』, 東京大学出版会.