

Biology for the Natural Scientific Culture in Junior College Course. Yasushi Washizuka

短大教養としての生物学

— 生命現象をどう理解してゆくか —

鷺 塚 靖

本稿は主に、「短大教養の生物学」として、講義時間数30時間にわたって履習させるために、まとめたものである。以下は副題に示したように、生命問題をどのように理解し、把握してゆくかを概括的に取り上げた一つの試論でもあり、この大きな目標を少しでも理解出来るようにするために筆者は努力した。だが時間数の関係もあつて多少、断片的となつた感じも少くない。そのため不足分は授業で補うことにしたことを、お断りしておく。その主な内容は次に示す通りである。

目 次

第1章 科学方法論と科学的認識	胞)
第2章 生物の相互作用論	4. 生物進化論
1. 個体、個体群、群集 2. 種内関係	5. 集団遺伝学
3. 個体群の増殖と密度効果 4. 種間関係	第6章 生体機能論 (生命現象の物理・化学)
5. 環境論	1. 物質合成と代謝 (呼吸、光合成、炭水化物、脂肪、蛋白質、等の代謝、代謝調節)
第3章 生態系	2. 細胞の機能 (細胞分裂と原形質流動、発生と成長)
1. 生態系の概念 2. 遷移説と生態系の進化	第7章 現代生物学の方向
第4章 社会生物学	以上をまとめるに際して、用いた主要文献は、この稿の終りに一括して紹介することにし、特に、筆者が文意中、必要と認めた資料については、その都度明記した。
1. 生物社会の概念 2. 社会性動物	
3. 人間の生物学	
第5章 生命の本質	
1. 生命論 (生氣論、機械論、唯物論)	
2. 生命の起源 (Oparine学説、Bernal学説)	
3. 生命の基質 (酵素と核酸、ウィールス、単細	

第1章 科学方法論と科学的認識

科学の目的は人間が、人類の発展、人間生活の向上、その他の人類福祉のために、宇宙 (自然界を含む) を構成している諸原理、諸法則を解明して、これを人間生活の発展のために運用してゆくことにある。このような目的のために、人類は有史以来、数えきれぬ位の多くの人々が、たゆまぬ努力を続けて、今日の人類文化の形成をみるに至つた。科学の果たした役割は、このような人間の歴史的な発展過程をみれば明らかのように、ここで改めて述べるまでもない。ところが解明されつつある宇宙での諸現象に対する運動の諸原理や法則、或いは、既成の

科学的認識に対して、これらを科学的価値という価値観からみると、それらのすべてに対して、常に絶体的評価を与えることは難しい。それは例えて云えば科学の持つ歴史的な生命価値に等しい。又、学問の研究は、登山にも例えられるように、結論に至る到達の仕方、或いは到達地点における認識等の解釈もあつて、研究者の進む方向 (研究の目的)、とり上げ方 (方法論)、更に技術等の相違によつても認識における解釈は異ってくる。つまり、この意味から、「実在一認識一価値」が一体として連る哲学的基盤に立つ科学方法論と科学的認識が、学問を手がける際の必然的な観念として必要になる。特に前者は科学的手法によつて解明される事実において、特に

重要である。古来、科学方法論は、多くの科学者、哲学者によつて数多くとり上げられて来たが、(注1.) それらの多くを克明に紹介して、その批判を試みることは、本稿の主旨でもなく、又、それらは、枚挙にいとまない。そのため、以下に私のとりあげる代表的人物についての紹介を試みる。

1. Claude Bernard (1813—1873)

実験生理学の始祖と云われるフランスの生理学者クロールド、ベルナルは、科学における「実験」を尊重し又、観念論的な哲学を否定して、科学の仕事にとつて有効な哲学を採用した。すなわち、「実験」に対する解釈は、「客体と主体との間の、すなわち、科学者と彼をとりまく現象との間の唯一の媒介者である」としてとらえ、実験を育てるもとなる実験的推理の急所が「探求の論理」であると考えた。これらを具体的に述べると、「科学者とは、実験の理論と実践とを同時に兼ねそなえた人のことである。(1)まず事実を確認する。(2)この事実について、ある構想が頭に浮ぶ(帰納)。(3)この構想にもとづいて、推理し、ある実験を設定し、その実験の物理的諸法則を考察し実現する(演繹)。(4)この実験から新しい現象が生れて来てこれを観察せねばならない。このようにして次々へと進んでゆく。」この場合、始めの「出発点として役立つ事実」と終りの「推論として役立つ事実」とに基いた「比較による判断」がなければ、探求もない。このような論旨から、主題となる問題は演繹、帰納を統一的に把握することに対する解釈と批判であるということが云える。(注2)以上、私がクロールド、ベルナルをとりあげたのは、当時、彼が実験科学に対する新しい試みを提示したということにある。

2. Friedrich Engels (1820—1895)、

武谷三男(1911—)、D' Auguste Comte (1798—1857)

マルクスと並んで弁証法的唯物論に立脚した科学論を称えて名高いのはエンゲルスである。彼はその主書「自然弁証法」(1873—1886)において、科学方法論としてヘーゲル(1770—1831)の示した観念的思惟法則すなわち、「(1)量から質への転化、その逆の転化に関する法則、(論理学第1部存在論)(2)対立物の相互浸透の法則(論理学第2部)(3)否定の否定の法則(全体系に対する根本法則)」を分析してこれを「自然」に展開させた。すなわち、彼の書の冒頭にある如くこれは、連関の科学としての弁証法の一般的な性格を形而上学との対立において展開する。故に、弁証法の抽出されるのは、自然の歴史並びに人間の歴史である。彼の立場を要約すると次の

ようになる。「自然そのものの中に矛盾があり対立するものの衝突の中から発展への糸口が開ける。従つて、この場合、矛盾は我々の思索の性質ではなく、対象の性格である。古い段階から新しい段階へと高まる際に、それまで目に見えないぐらいの量的変化が急速に集つて、もはや質的に新しい性格をおびてくる。量的変化が質的変化に高まつたのである。(注3)」この論理は、マルクスと連りのあつたと伝えられるダーウィン(Darwin)に大きな影響を与え、その後、多くの人々に反響を呼び、更にルイセンコ(T. D. Lysenko)、オパーリン(Oparine)によつて体系づけられるに至つた。本邦においては、坂田昌一、武谷三男(素粒子論の研究)等によつて、よくとりあげられ、生物学においては、徳田御稔、渋谷寿夫、等によつて、その分析がなされている。武谷は、その書「弁証法の諸問題」(1962)「続、弁証法の諸問題」(1962)で、エンゲルス以降の方法論としての弁証法を科学の立場から分析を行い、彼の「三段階理論」を世に出した。これは(1)現象論的段階(2)実体論的段階(3)本質論的段階という過程で発展し、事象の本質解明に達する科学方法論として、その有意性を主張した。これを要約して述べると次のようになる。「自然を科学的に認識してゆく過程を論理的に分析して、そこに質の違つた3つの段階を認めそれらの各段階の論理的内容と各段階の論理的関係を与えたのが三段階論である。→科学発展の論理学

第1段階→現象の記述、実験結果の記述が行われる。これは現象の事実のみを集めるだけである。(個別的判断のみ)第2段階→現象が起るべき実体的な構造を知り、この構造の知識によつて現象の記述が整理されて法則性を得ることである。但し、この法則的な知識は一つの事象に他の事象が続いて起ることを記するのみであつて、必然的な一つの事象に他の事象が起らねばならない。(

注1. 例えば、アリストテレス、ベーコン、デカルト、フオイエルバツハ、ヘーゲル、ハイデツガー、ライヘンバツハ、ラツセル、ポアンカレ、ベルガツソン、湯川秀樹等。

注2. 生物を取り扱うに対する扱いは、機械論的生理主義という立場に立つており、彼は実験室に入る時はすべて唯心論と唯物論を迫出すことから始めると説いている。

注3. 例えば、段々冷くなつてゆく水(量的変化)が、一定の点をすぎると、もはや冷い水でなく氷(質的変化)になつている。このように自然弁証法は機械論的唯物論に対立する。

特殊判断) 第3段階→認識は、この実体論的な段階を媒介として本質に深まる。(普遍的判断)更にこの3段階における一つの「環」とすれば自然認識は、この3つの段階の環をくり返して進むのである。すなわち一つの環の本質論は次の輪からみれば一つの現象論としての次の輪が進むというのである。以上のようにすべて、実践を理論の基礎におき(唯物論的な科学方法論として)、その根本的な特徴としては、まず何よりも、科学的認識の発展を「これの後に」から「これの故に」へと発展して把えている点にある(花田圭介、(1962)より要約)。

武谷に至る前段階に属すると思われるものとして、最後にフランスの哲学者コントを武谷との比較の意味からとりあげてみる。彼はその代表的遺稿となつた「実証哲学講義」において、実証哲学を次のようにとり上げた。すなわち、実証哲学の思惟作用を「三状態の法則」として提示し、人間の各知識の部門は (1)神学的或いは虚構的状态 (2)形而上学的或いは抽象的状态 (3)科学的或いは実証的状态、という異つた理論的状态を順次経過する。換言すれば、現象の探求において、人間精神は必然的に先ず、神学的方法、次いで形而上学的方法、最後に実証的方法という本質的に異なる3種の哲学的方法を採用する。(注4)これは武谷理論と比較して面白く、武谷理論が科学的にはコントをより上まわつていると云えそうだが。コントのいう実証的という意味は (1)、架空に対する現実、(2)、無用に対する有用、(3)、不確定に対する確定、(4)、曖昧に対する正確(現象の許す限りの正確度の把握) (5)、消極的に対する積極的、(建設する) (6)、絶体に対する相對(5つの意義の総合的、必然的に出てくるもので、実証哲学を最も明瞭に示すもの)等に要約される。以上のように、コントの実証哲学は科学的実証主義に連り、「相對」を中軸とした6つの觀念に特色づけられる。

3. Albert Einstein (1879—1955)

アインシュタインは20世紀における一つの「科学革命」をなし遂げたと云われるように、彼の「相對性理論」(注5)は余りにも名高い。それは彼の研究が結果的には、しばしば科学自体の局限された領域をはるかに越え得るという予測のもとに、又問題の哲学的見解をも変えさせることがあるという哲学的背景を基盤として、この理論が実証づけられた。アインシュタインとインフェルトの共著「The Evolution of Physics」の結びでは科学に対する印象的な発言として次のように述べている。「その態度は私達の物理学の理論の助けを借りて、私達は観測された事実の迷路を通じ、道を見つけ出し、感覺的印象の世界を秩序立て、かつ、それを理解しよう

とする。私達は観測された事実を論理的に彼等の実在の概念から結論づけようと望んでいる。私達の理論的構成によつて、この実在を握把することが可能であるという信念がなくては、私達の内的調和を持つているという信念を欠いては、科学はまるであり得ないであろう。この信念こそあらゆる科学的創造に対する根本的な動機なのであるし、又、いつになつてもそうなのである。」以上のような科学主義が一貫してここにみられる。この書の要約がアインシュタインの科学論を打ち立てるに至つた具体的な内容をよく表わしているので、参考までに追記する。「原子の現象の領域での沢山の事実が再び私達に、新しい物理的概念を發明させるようにします。物体は粒状の構造をもつています。それは要素的の粒子、すなわち物質の素量子から構成されています。そして電気も粒状の構造をもつているので、その上に——量子論の見地からは、最も重要な事柄なのですが——エネルギーをも、持つています。光子はエネルギーの量子であつて、光はそれから構成されています。光は波でしょうか、又は光子の驟雨でしょうか。電子線は素粒子の驟雨でしょうか、又は波でしょうか。これらの根本的疑問が実験によつて物理学の上に解決を強要します。これらに答えようとするのには、私たちは空間及び時間における出来事として原子の現象を記述することを見棄てなければなりません。そして私たちは古い力学的見解からなお一層後退しなければなりません。量子物理学は個々のものではなく、集団を支配する法則を形づくつています。性質ではなく、確率が記述され、体系の将来を明らかにする法則ではなく、確率の時間による変化を支配し、従つて個々のものの大きな集合に関する法則が立てられます。」通観してアインシュタインは、地球という閉鎖的な觀念における事実にとらわれなくて、又、逆にそれを捨象する態度をとるのでもなく、例えて云えば宇宙觀と

注4. プレハーノフによれば、コントが唱えた三状態の法則は、いかにも彼の思索による発見のようにコントが主張しているが、実はコントと特に知的交渉の深かつたサン・シモンの発見によるものを「自分が発見したものであるかのようにうまくごまかした」と鋭く非難している。(史的一元論)

注5. 特殊相對性理論(1905)、一般相對性理論(1915)統一場理論。

注6. 科学の領域においては、例えばカント哲学を觀念論哲学として、頭から否定してしまう態度が、時折見うけられるが、これは、人間の歴史的発展過程を無視した科学主義と云えるし、又、カント哲学の有用性のあることも認めたい。

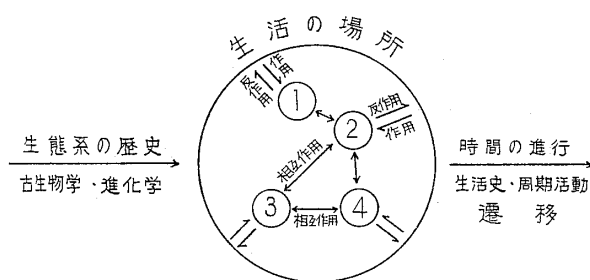
いう広い観点から、地球における物理的諸事象をとあげたとも云えよう。ここでは、唯心論、機械論、唯物論に特にとらわれない観念にたつており、又、同様にこれらを否定するような観念にも、とらわれていないようだ。つまり、唯心論、機械論、唯物論等を克服した論理とも云えるかも知れない。このような点で、アインシュタイン等の科学論は一つの新しい科学主義として、今後の発展を遂げるであろう。

生物学においては「生命現象における諸原理、諸法則の解明」を明らかにしてゆくことが大きな目標であり、ここには生物的次元における科学的解釈が期待され、そのためには、唯心論、(大脳が極度に発達し、進化して来た人類の場合、例えば心理学、精神医学の分野では、唯心論も真向から否定しなくともよい) 機械論、唯物論等に夫々固執せぬ観念に立つた系統的な分析と認識による発展が望ましい。(注6) この意味において、弁証法という科学方法論は、現在のところ、比較的有効な手法と云えるだろう。

第2章 生物の相互作用論

1. 個体、個体群、群集

生物としての基本単位は個体 (Individuals) であり個体は一個体のみで地球上に生存することは出来ない。すなわち、生物は環境との相互作用によつて生活を営むことが出来るのであり、個体はその意味において存在している。個体をとらまれているのは、環境 (外界) であり、これは無機環境と有機環境に大別される。後者は更に非生物的環境と生物的環境に二分する。どの種においても、一個体のみで構成されるという種は、殆んどあり得ないだろうし、この意味から、種はいくつかの個体の集り、すなわち、個体群 (Population) 「ある限られた空間にすみ、多少ともまとまりを有する一種の生物の個体の集合をなす、(伊藤嘉昭、1964)」として存在する。個体群は、このように一種類の個体群 (intra-species population) を指す場合と異つた種類の個体群 (inter-species population) とを指す場合とがあり、これらが混り合っている場合を混合個体群 (mixed population) と呼ぶ。生物はこのように、個体群を形成しているため、生物的個体の機能から、個体間に夫々のはたらき合いがあり、更に個体群としてのはたらき合いや、ある一つの場所で生活するすべての生物個体群にまで拡大された一つの系、すなわち、群集 (Community) 、にまでこのような生物相互のはたらき合いがみられる。



第1図 生態学の構造 (Alleeから改変)、1.2.3.4は個体又は生物集団、宮地、加藤、森 (1962)

これを生物の相互作用 (inter action) と呼ぶ。宮地伝三郎 (1962) は Allee (1949) から改変した生態学の構造を用い、このような相互作用を第1図のようにまとめている。このような個体、個体群、群集、としての相互作用系の実体は無機環境としての舞台装置のもとで成立して、生物の相互作用がみられる。以上の関係から、この方面の研究をなす分野、すなわち「生物の生活の実体を明らかにしてゆく」(生物の生活についての科学、渋谷寿夫、1959) 学問が、生態学と呼ばれる。生態学では、個体を追跡してその生態を知る 個生態学 (Autecology) と個体群を追跡する 個体群生態学 (Population Ecology) 、更に群集を取扱う 群集生態学 (Synecology) 等がある。これらは夫々取り上げ方において、各々重要な意味づけはあるが、私は種の構成単位である個体群が、種を論じる場合に特に重要な意義があると考えたので、この面から以下の問題を取り上げてゆきたい。

2. 種内関係

生物には、個体維持と種族維持という2つの大きな機能があり、これを人は、特に、生物の所有する本能 (instinct) として取り上げる場合がある (Timbergen, 1950)。この2つの機能は種の問題を論じる際に、両者の関係が、種の生物的特性を理解する意味で問題とされる。その関係は、相補的役割として夫々が連る場合と、両者が矛盾をはらむ解釈として、取り上げる場合がある。太田嘉四男 (1959) は、この関係について、「同種の個体は、同一の外部条件を要求するから、個体相互間は排他的となる。然し又、いくつかの個体の集りが、種族の生活であり、過少の密度は個体群の衰亡に導くので、種族保存のためには、ある大きな密度を保つ必要がある。この面で個体は相互に依存的である。結局、種の社会を形成する個体群の相互作用とは、個体保存と種族保存を基本的矛盾として、それによつて生ずる個体

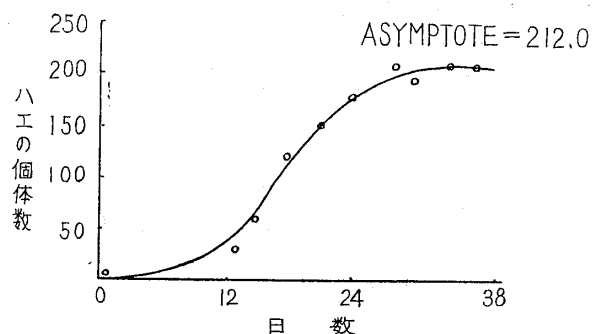
間の対立的(相互排助的)、依存的傾向をいうことにはかならない。対立が激化すれば、競争が起り、依存が緊密である時は、協調の現象となる。そしてこれらは矛盾する現象である。」という説を出し、「種内関係は、個体保存と種族保存の矛盾を契機として動き、これらは、夫々、対立と依存の現象に結びついている」と説く。この説は森主一(1962)が、解説しているように、多くの生物の生活を説明するのに有効であるが、Strecher(1954)「ねづみの例」Hamilton & Buchholtz(1955)「植物の忌地の実験」にみられるような適合性の少ない場合もある。生物の個体の生活にみられる動き(Behavior)は、以上のような2つの機能が関係して起る。種内関係で、個体間に起り得る現象は、基本形式として3つの型式があることを森下正明(1962)が指摘した。それは、「(1)相互の間に特殊の関係が存在しない場合、(2)相互の間に反撥性が存在する場合、(3)相互の間に誘引性が存在する場合」である。(1)の場合は、一般の動物の場合に、存在しないようだ。個体間の相互作用により、種社会では、食物及び生活の場、その他の生活条件をめぐって、個体間に、生物の機能から、順位制(dominance order)が生じる。Gause(1934)、Lack(1954)等の説とも関係するが、「要求を等しくする個体」においては、個体間の関係の基本形式(2)が必然的に起り得るし、特に高等動物の場合は、体の大きさ等が、順位制に関係すると云える。すなわち、具体的に云って、体の大きな力の強い個体が順位の位置を上位に占める(サル、ウマ、シカ、ニワトリ、アユ)。順位制は、生物の社会形成に関連し、社会性の進んだ動物において、特に、なわばり(territory)等と関係して、生物の社会構造を論じる際に、この問題がとりあげられる。(後述)

個体間の基本形式(3)は、種内においては、主に種族保存という機能、すなわち、性成熟に達した場合において、その融合がみられ、この場合、性結合に至るまでは、同じ要求の個体において、(2)の基本形式がみられることは云うまでもない。

3. 個体群の増殖と密度効果

種の成長過程には、個体群の増殖と呼ばれる現象があり、これは生物の種族維持の機能として取り上げる。この機能は、生物の食物に関係することが大きく、生れ出る個体数は、食物によつて影響を受ける。このことから、環境の保有する食物の許容量が個体群の成長に重要な意味を持つ。「食物以外でも、生物の生活に必要な資源で、許容量が有限のものは、環境の許容力の決定要因となる。」と云う考えが、Malthus(1798)「人口論」

によつて提示された。Darwin(1859)「種の起源」はこの理論を生物界に広く適用するものとして、取りあげ、彼の自然淘汰説(natural selection theory)を発展させた。彼は「どんな生物でも、もし有効な環境条件下にあるなら、種によつて増加速度の違いこそあれ、生物は無限にその数を増す能力を持つていること、然しその能力が、いかに高くても、生育の途中で死亡するものが多ければ、その生物は低密度に止らざるを得ないこと、卵や種子の多いことの重要な点は、生涯のある時期における甚しい破壊に対する補償である。」という主旨を述べた。その少し以前に、ベルギーのVerhust(1838)によつて、人口増加曲線はS字型曲線(Sigmoid curve)になることが明らかにされ、アメリカのPearl(1927)に至つて、これを数学的理論に基く数式化が明らかにされた。すなわち、Pearl(1927)は、キイロシヨウジヨウバエを用いて、これが、一般の動物の場合にもあてはまることを示した。これをロジスティック曲線(Logistic curve)と呼ぶ。



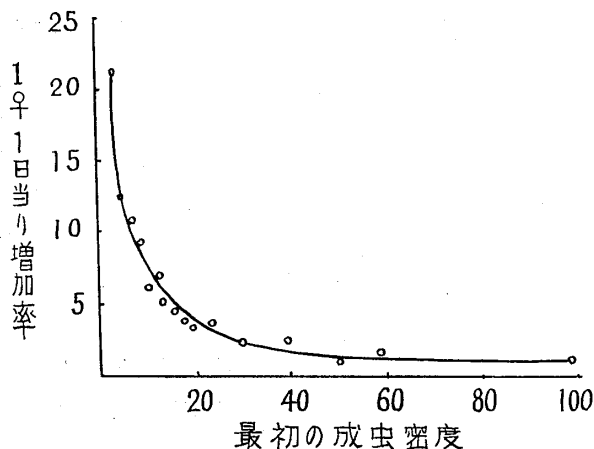
第2図 牛乳ビンの中でのキイロシヨウジヨウバエ個体数の増加曲線 (Pearl, 1927)

この理論の適用性は、その後 Gause(1934)、「ゾーリウムシ」内田俊郎(1941-43)「アズキゾウムシ」等の多くの人々によつて検討が加えられ、それについての是正がなされた。以上のような個体群の成長には、常に個体群密度(一定地域域内の種の個体数)が問題とされる。個体群の増殖には、密度に依存する要因(density dependent factor)と密度に依存しない要因(density independent factor)が、関係することが Smith(1937)によつて明らかにされた。Smithによれば、前者の要因は主として、種内競争、病気や天敵等の生物的要因があげられ、後者の代表的な要因には、気候等が示される。その中で、種内競争にみられる現象は、主に食物や生活の場をめぐり争いがあり、又、密度そのものが関係する密度効果(density effect)が大きく取り上げられ、これは特に個体群の増殖に伴つてみられる現象

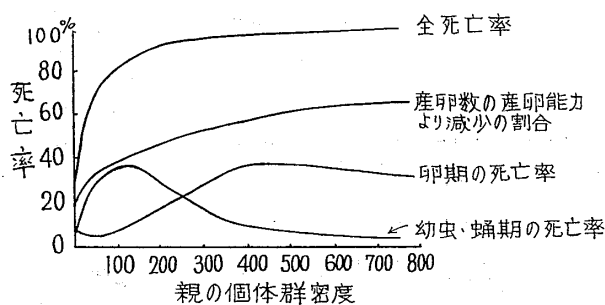
で、種の発展に大きく関係する。Pearl & Pearker (1922) は、キイロシヨウジョウバエで密度効果についての先駆的な実験を行い、又、内田俊郎は、この密度効果のあらわれ方について、アズキゾウムシを実験個体群として用い、精巧な実験から、その分析を行つて、実験個体群の研究の進め方や、個体群生態学の一つの方向づけをも明らかにした。密度効果にみられる生態現象を概括的にとりあげると、(1)産卵数(産仔数)の減少(増殖率の低下)(2)死亡率の増大(3)生理的機能の劣悪(4)個体の産出(4)友ぐい(5)形体変化等がある。内田(1949)は密度効果の誘因を次のように分析して整理した。↗

- 1. 個体間の干渉の影響
 - a. 直接的——機械的障害、友ぐい
 - b. 間接的——交尾、産卵に対する相互妨害
他の個体の存在によつて引き起される食物不足のための死亡、生殖能力の低下
- 2. 環境の条件づけの影響
各個体の生活作用により、変化した環境の直接又は、間接の害作用

このような諸要因の夫々の作用のしかたは、生物の種類や与えられた環境条件によつて著るしく異つてくる。↘



第3図 シヨウジョウバエの個体群における親の密度と増殖率との関係 (Pearl & Parker, 1922)



第4図 アズキゾウムシの個体群密度と发育の各会期の死亡率との関係 (内田, 1941)

(温度24.8°C、湿度74%、産卵能力は1雌当り一生を通じて90個とする。)

→ロジスチック理論より、環境が一定なら、密度が大きくなれば、増殖率は小となり、事実、多くの種類の実験個体群で、このことが明らかにされた。同時に極端な低密度では、かえつて、その増殖率が低下し、このことから増殖の最適密度 (Optimum density) が存在する。極端な低密度では、種の保存に必要な交尾の機会が少いことがあげられ、個体群の増殖率の低下をまねいている。この場合、ロジスチック理論の適合性はみられない。密度効果は、シャーレや牛乳びんのような閉鎖的な環境下では比較的顕著にみられる現象であるが、野外でこのような現象が、どれだけその適合性があるかということが、問題となる。これについては、種々の論議もみられたが、今日では密度効果が、野外で認められないという人は少い。内田(1959)は、本邦におけるニカメイチュウの個体群変動の分析を行い密度効果の実在を実証した。又、Lack (1954) は鳥類 (イワヒバリ等) で、Raett (1939) は、ハドツク (タラの一種 *Gadus aegleifimus*)、Nikolskii (1958, 61) はニシン、吉良、等、(1953) はコカブ、ハツカダイコン等で、(最終収量一定の法則、注7) このことが実証されている。個体群の

増殖に伴う問題で、最近、特に生命表 (life table) (一定の個体が時間の経過につれて、どのように減少してゆくかを記載する方法) と呼ばれる分析法が大きくとりあげられ、種の特質的な違いを明らかにしてゆく方法が採用されて、研究が進められている。最後に相変異 (Phase variation) と呼ばれる現象を追記する。これは、個体群が密度の影響を受けた時、個体群が移動に適した形質に変異を獲得するという相に発展する、という問題等がその中に含まれる。トビバツタとして名高いアフリカや南米地方にいるこの種は、大群をなして大移動

注7. 最終収量の法則：同種同令の植物個体群で個体群密度を変化させると、はじめは収量に大差はあるが、時間と共に、その差が縮り、十分生長が進んだ後には、密度の大小に関係なく、収量は、ほぼ一定となることを発見した。この現象は、きわめて普遍的で、植物の生活形をとわず、非常に広い密度範囲にわたつてなりたつので、The law of constant final yield となづける。

を行い、3つの生態的位相を生づる能力を持つている。
 (1)孤独相 (Phasis solitaria) (2)群棲相 (Phasis gregaria) 及び両者の転移相 (Phasis transiens) が、同一種内で認められ、各相は、行動、形態、色彩において、異つた特徴を持つ (Uvarov, 1921, 1938)。このようなことは、仔虫 (Nymph) 自身の個体群密度が関係していると云われており、類似の実験については、巖俊一 (1962)、がアワヨトウを用いて、このことを実証した。(移動性の時は、黒化型の幼虫が現われる。) 又、内田 (1954, 56) はヨツモンマメゾウムシを用いて、個体群の中に飛ぶ相と飛ばぬ相のあることを明らかにした。以上は、すべて密度依存的要因によつて誘起される現象である。

4. 種間関係

種間関係は大別して、(1)近縁種間の勢力競争の関係 (2)食うものと食われるものとの関係 (3)共生関係の3点について述べる。

(1) 近縁種間の勢力競争の関係

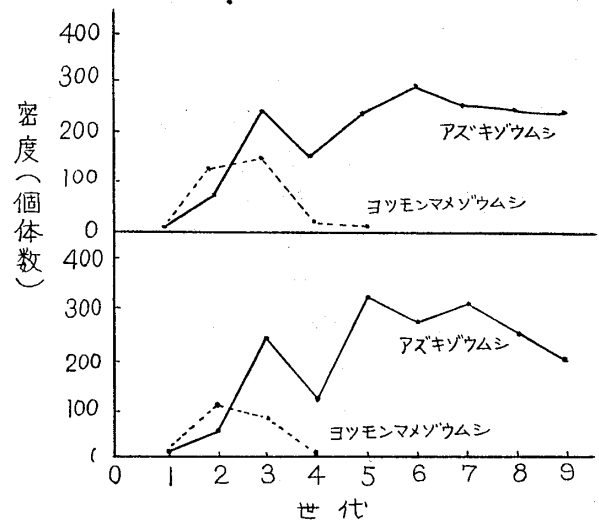
Darwin (1859) は近縁種間の関係において生存競争が特に著しいことを明らかにした。特に生態的地位 (Ecological Niche, Elton, 1927) の近いもの間で、この現象がみられるようである。アメリカの生物統計学者 Lotka (1925) 及び、イタリアの Volterra (1926) 等がこの両者の関係を次のように数式化した。

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1 + \alpha N_2}{K_1} \right)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(1 - \frac{K_2 + \beta N_1}{N_2} \right)$$

N_1, N_2 は両種の時間 t における棲息密度、 r_1, r_2 は内的自然増加率、 K_1, K_2 は夫々単独個体群として増殖した場合の飽和密度、 α, β は生存競争係数である。これを Lotka & Volterra のモデルと呼ぶ。その後、このモデルの分析と適用性が問題とされ、Gause (1934) は2種のゾーリムシ (*Paramecium caudatum* と *p. aurelia*) を用いて実験した結果、食物の奪い合いから2種の共存を許さないということを明らかにした。このようなことは、Crombie (1945-46) のナガシクイとヒラタコクヌストモドキ、内田 (1943) のアズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシ等の多くの実験で更に実証づけられている。Lack (1954) は鳥を中心にこの問題をとりあげ、Gause の法則 (前述) が、種内競争を通じてもたらされるものとして考えた。云うまでもなく2種の競争関係には、両者の個体群密度が関係し、これが勢力的な争いの基本原理となり、その関係は時間を通して夫々の変

動がみられる。



第5図 アズキゾウムシ、ヨツモンマメゾウムシを同時に容器に入れた場合の両種の消長、内田 (1953)

これは次に示す食うものと食われるものについても同様であり、後述するような個体群消長が自然にみられる。これを個体群の変動 (Population Fluctuation) と呼ぶ。(注8)

(2) 食うものと食われるものとの関係

この関係について Lotka & Volterra のモデルでは次のように示されている。「 N_1 を食われるものの個体数 (餌又は寄主)、 N_2 を食うものの個体数 (捕食者又は寄生者) とし、 r_1 を前者の自然増加率、 d_2 を食われるものがない場合の食うものの減少率とする。そして、一個体の食われるものの死亡が一個体の食うものの出生に対応すると仮定すると、次の式が導かれる。

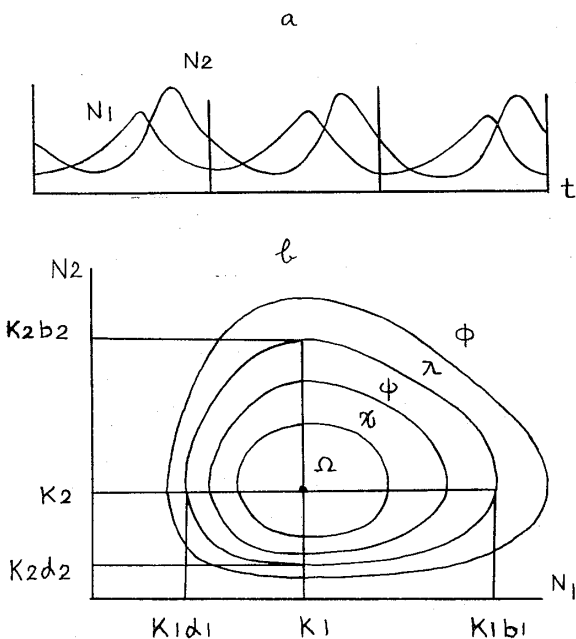
$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - C_1 N_1 N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = C_2 N_1 N_2 - d_2 N_2 \end{cases}$$

ここで t は絶対時間であり、この式によつて数の変動が計算される。

Volterra (1931) は、彼の理論式から次の3法則を導いた。(1)週期的消長の法則 (食うものと食われるものの密度変動は週期的で、その振幅は r_1, d_2 及び最初の密度比で定まる) (2)平均値保持の法則 (r_1, d_2, C_1, C_2 が一定ならば、夫々の種の平均密度は最初の密度の如何にか

注8. 個体群の変動には、周期的な変動を示すものと不規則的な変動を示すものがあり、これは種に位置づけられた生態的条件から環境との相互作用によつて、夫々の諸相を示す。

かわらず一定である) (3) 平均値かく乱の法則 (もし2種の個体をそれぞれの密度に比例して殺してゆけば、食われるものの平均密度は上昇し、食うものそれは低下する) が、それである。(伊藤嘉昭、1964より要約) 更にオーストラリアの昆虫学者、Nicholson (1933) 等は、昆虫のような世代の不連続なものについて、寄生者と寄主との関係を数式化、(Nicholsonモデルと呼ぶ、注9) したが、これについては実験による検討が加えられ、現在では賛否両論の対立がみられる。以上のような種間関係における個体群消長は、実際には、多くが、野外という複雑な構成による自然環境条件下におかれているため、単純にモデル化した数式理論で、広く一般の生物に適用することは難しい。カナダのWatt (1959, 1962) は、トウヒノシントメハマキとその寄生蜂を用いて、寄生者とその寄主の関係をモデル化し、その有用性が伊藤 (1964) によつて紹介され、この方面における一試論として注目をあびている。以上のように、野外での自然個体群にみられる食うものと食われるものとの関係は群集構造の中でも特に重要であり、人間が、害虫駆除を行うに際して、(特に天敵を用いる生物的防除 (Biological control) の面で、) 重視される関係である。



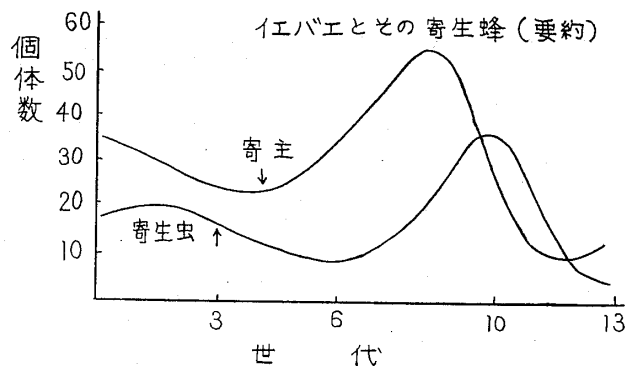
第6図 食うものと食われるもの密度の相互影響によつてあらわれる消長 (Volterra, 1931)

- a. 時間の経過にともなう両種の消長
- b. 両種の密度の相互関係

N_1 = 食われるものの密度

N_2 = 食うものの密度

$\alpha, \phi, \gamma, \delta$ などは、 N_1, N_2 のそれぞれの最初の値によつてきまる。 N_1, N_2 は N_1, N_2 のそれぞれの平均値



第7図 Nicholson-Bailey (1935) の理論による寄主-寄生虫の相互作用にもとづく密度の消長 (DeBach & Smith, 1941)

(3) 共生関係

種間関係の相互作用では、以上のような関係でなく、2種が、(1)生活上互いに存在しなければ生活が成立せず生活上2種が相互に有利に作用する関係、(注10) (2) 2種間の作用で、一方のものには有利に、他方のものには有利、不利のいづれとも云えない関係 (注11)、とがある。この関係を総称して、一般に共生 (Commensalism) と云う。(1)の場合の作用には、種内における家族的或いは社会性動物の場合をも含むが、種間関係においては、アリとアブラムシ (アリはアブラムシより密の供給を受け、アブラムシはアリによつて外敵より保護を受ける) や、根粒菌と豆科植物にみられる窒素同化作用の例は余りにも有名である。(2)の場合は、フジナマコとカクレウオ、(カクレウオはフジナマコに附着して、外敵よりの危険を避けるが、フジナマコには害はない) との関係、更に、大型のサメ類やウミガメとコバンイタダキの関係等が挙げられる。宮地、森 (1953) によれば、「協同作用と云つても、関係する生物に、皆同じ程度の利益があると考えるわけにはいかないのは当然であつて、しばしば偏利的関係に移行する」と云う見解を述べている。

注9. 各個体の行動の行動面積の総計を探索面積と呼ぶとき、実際に有効に寄生することの出来る面積 (有効面積) に対する探索面積の関係は

$$\text{有効面積} = 1 - e^{-\text{探索面積}}$$

探索面積は寄生者の個体数 Pr (r は世代番号) に寄生発見面積 a を乗じたもの故

$$Pr (P) = 1 - e^{-aPr}$$
 という関係で示したもの。

注10. 協同作用と呼ぶ。(Cooperation)、Clements & Shelford (1931)

注11. 片利共生 (Synekosis)、Barradile (1923)

5. 環境論

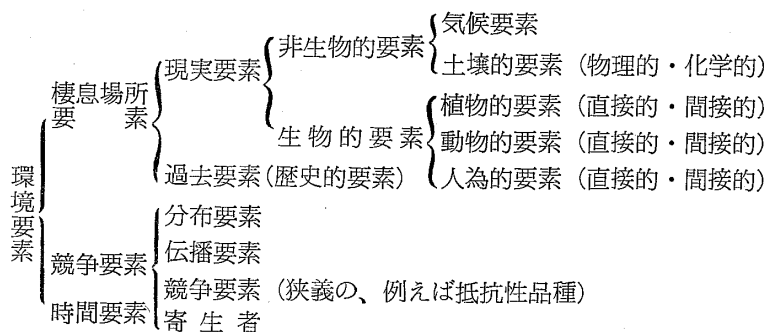
前述して来たように、生物はそれをとりまく環境 (environment) との相互作用により生活を続けているが、次に環境という概念をとりあげてみる。この言葉は広く諸方面で利用されることが多く、利用分野において、その解釈も異つており、この意味から、環境の内容や規準から、その区分けや類型化がなされて来た。環境の定義については、諸説があり、(注12) 又、環境観については、渋谷 (1960) 等の哲学的基盤に立つ論議がみられる (理論生態学)。今、環境を綜括的に取り上げた場合筆者は、「環境とは主体をとりまく客観的実在である」と定義する (鷲塚1961)。環境の分類は、野村 (1960) によれば(1)環境の格による分類、(2)環境要因の性状による分類、(3)環境要素の内容による分類等に整理されている。このようなとりあげ方は、研究者の実験上の方法論的操作という意味で認識しておけばよく、要は研究者の環境をとりあげる立場というものを明確にさせる

→という意味で価値づけがあり、以下に野村による体型化を紹介する。

I 環境の格による分類

- (1) 原因環境 (生物に対する作用機構が明らかにされ、真に原因たり得ると認められた環境)
 - a. 直接的環境 (例えば越冬幼虫の致死要因としての低温)
 - b. 間接的環境 (例えば食物の多寡決定要因としての気候条件)
- (2) 原因指標環境 (原因と考えられる要素を大まかに示したもので、原因要素の指標となり得るもの、例えば平均気温)
- (3) 見かけの環境 (生物現象に対し、直接的にも間接的にも因果関係はないが、対象生物に何らかの関係を持ち、ひいては対象生物とも一種の相間関係を示すもの、例えば、春の昆虫の出現期に対する桜の開花期)

II 環境要素の分類 (Du Rietzを北沢右三が修正)



III 環境要素の内容による分類 A

- | | | |
|------|---|--------------------------|
| 環境要素 | { | (1) 棲息場所の状況 (立地条件、気候も含む) |
| | | (2) 栄養源の状態 |
| | | (3) 関係ある他生物の状態 |

IV 生物の分布と環境との関係 B

- | | | | | | |
|------|---|---------------------------------------|---|--------------------|------------|
| 環境要素 | { | (1) 系統的要素 (その種の発生年代及び、その後の地史的、気候的変遷等) | | | |
| | | (2) 狭義の分布要素 | { | 内的要素 (繁殖力及び適応性等) | |
| | | | | 外的要素 (普通の意味での環境条件) | |
| | | | | { | 生活に関するもの |
| | | | | | 分散移動に関するもの |

以上は、野村健一 (1960) より抜粋。

環境の解釈については、(1)客体的環境 (主体の反応程度を基準としないで、物理・化学測器の目盛によつて、温度、pH等として環境をとらえた場合) (2) 主体的環境 (

注12. 例えば、「環境とは、生物の生活に関係する外的条件の総和である」野村健一 (1960)

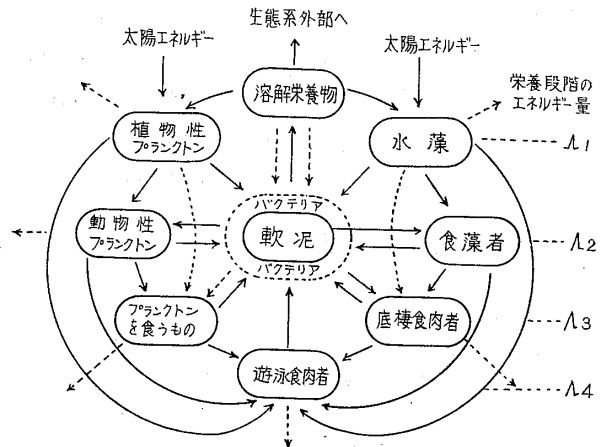
生物主体の反応を通じて、とらえた場合、) (3) 現在環境 (現に主体が反応しつつある環境) (4) 過去環境 (過去にへて来た環境) (5) 未来環境 (主体の反応を予測出来る環境) (6) 個体環境 (個体を中心に考えた環境) (7) 群環境 (群を中心としたもの) (8) 外環境 (体外的環境) (9) 内環境 (体内的環境) 等があつて、いずれも、とり扱う者の立場が明示されておれば、このような環境概念について、とりわけて異論はないと云つてよいだろう。ついで乍ら、大川信明 (1950) は、動物心理学的環境について論じ、「環境とは、特定の行動反応の確率母集団である」と説いており、又、Allee (1949) は、環境の中で、特に重要なものに対して「effective environment」(有効的環境)と呼ぶと上げ方も明らかにしている。以上のような環境と生物の概念は、次に述べる生態系という概念によつて、更に統一的な系へと拡大される。

第3章 生態系

1. 生態系の概念

以下に述べることは、各種が、ばらばらで存在するものでなく、その意味は一つの物質系としてのまとまりを持つて存在しているということである。又、前述して来たように、自然構造の中から、生物の集合体だけをその中から取り出すことも、この意味で不自然である。このようなことから、前記のような〔生物+無生物〕の物質系を総称して、Tansley (1935) は、これを Ecosystem (生態系) と呼んだ。この概念の思想的基礎を要約すると、(宮地、森1953) 「宇宙構造として、広く段階構造を認め、各々の段階は、それぞれ何らかの意味で、全体的なまとまりを持った物質系の集合体であること、(ある意味で閉鎖的)、より低次のものは、その同列のものと共に総合発展して別のより高次なものとなり、この過程をくり返して原子から宇宙に至る」という観点に立ち、「自然科学の研究は方法的には、その対象とする系を隔離することから出発する」という。従つて、素粒子、原子、分子、生物、個体、個体群、群集、更に気候体、地球、太陽系、にしてもすべて研究の対象となる。隔離された系は、より大きい系の一部を作るのみならず、互いに重複し干渉し組合つている。生態系は、このように操作された物質系列の中での一つの種類に属するという概念から生れたものである。Tansley は、「隔離の程度が強く、自律性が大きい程、その系の結合完成が高く、動的平衡は安定性を得ている。」と云い「およそ系には、すべて組織体制があり、地球の歴史は、このような系の変遷の歴史であつた」と説いている。以上のように、

Tansley から生れたこの概念は、宮地、森 (1953)、McFyden (1958)、宮地、加藤、森下、北沢等 (1961) 等で本邦でも広くとりあげられており、生態系生態学の体型化も強調されて、生態学の諸分野で研究の進展がみられる。生態系を形成しているその基本的な構造と機能については、前章でも触れて来たので、第7図にその一例を示して、以下に次の問題をとりあげる。

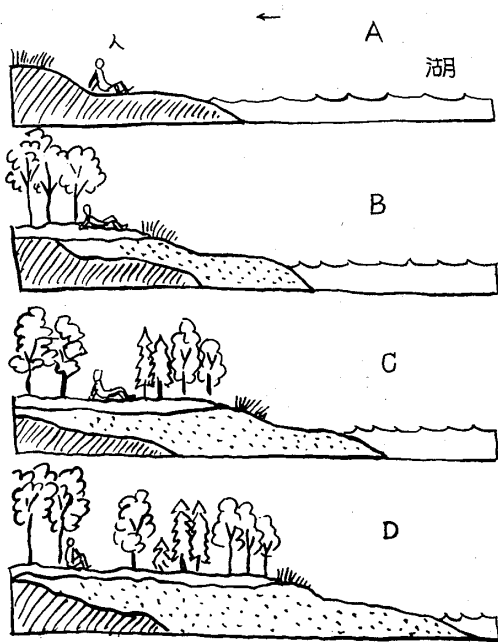


第7図 湖の生態系の食物連鎖にともなう栄養段階の模式図、Lindeman (1942)

2. 遷移説と生態系の進化

生態系の構造と機能は、時間の経過に従つて変化する。その変化の様相には (1) 周期的な変遷 (Periodic change, Periodic succession cycle) と、(2) 非周期的な変遷のものゝ知られている。前者には、潮汐週期にみられるヨメガサ、フジノハナガイ等の貝類の動きや、ゴキブリ、オサムシ、シデムシ等、肉食動物の活動にみられる日週期的変遷等があげられる。又、後者には突発的な山崩れや山火事等の後にみられる植物群落の変遷等があり、更に、長年にわたつて生態系に変遷がみられるような場合もある。このような生態系の変遷を Clements (1916) は、Ecological succession (生態遷移) と呼んだ。第8図はアメリカの北部インディアナ地方の湖岸砂丘の遷移を模式的に示したものである。(注13)

注13. 最初は砂丘で風が砂を運んでいるが(A)、草が砂の動きを固定して草原となり(B)、次第に腐植質も出来て、マツ、カシワ、ポプラの類が生え(C)、数千年もたつと、カエデとブナの森林となつて安定する(D)。インディアナ州では、カエデ、ブナの林には必ずサンシヨウウオがすんでいる。従つて、カエデ、ブナ、サンシヨウウオの3種が、指標種 (Indicator species) と考えられる生態系が極相となる。



第8図 北部インディアナの砂丘地帯の遷移
Buchsbbaum (1937)

Clements は「植物群落の生長発達には当然、発生、生長、成熟等がある」という。すなわち、「群落そのもの」を一個の生物に例えて考え、遷移が進行するにつれて、最後には、気候条件、土壌条件によつて決定された安定な相、すなわち極相 (Climax) に導かれるという考えを出し、裸地から極相に至る系列を遷移系列 (Sere) と称した。そして、このような遷移は前進的で退行的遷移は確認出来ないと説いた。これは進化的な面を自説に持ちこもうとした見かたである。このような見かたに対して Tansley (1935) は、「植物群落の変遷の研究から比較の立場に立つた結果より、一定の確認出来る法則に従つて、次々に起る植物相 (Flora) の移り変りを生態遷移と呼ぶ」と定義した。Cooper (1926) は「植物群落の変遷を遷移と認め、Climax に至る過程は、Clements のような簡単なものでない」と主張し、その解釈に是正がなされた。このように、遷移の過程は一樣でないことは明らかであるが、大別して(1)、水生遷移 (湖沼において水生植物群落が発達して沼沢化し、草原を経て森林に至る) と、(2)新しい岩上にみられる乾性遷移とに区別出来る。細川隆英 (1960) によれば、「一般に陸生植物群落では、遷移の過程を通じてみると、群落構造の複雑性及び多様性、群落の背丈の高さ、集団性及び生産量、土壌の成熟度、種個体群の相対安定度や、個体分布の正規性等について、極相に近づくに従つて、前進的な増進が認められる。しかるに退行的遷移 (Retr-ogressive succession) と云われている群落の構造と組成に退行的な方向性をもつた変遷過程も認められてい

る。」と説いている。

補1 細川によれば「退行遷移とは一つの植物群落内で認められる群落構造の退行的変化及び群落の生産量の減少を最も有意に表現する有用な術語と考えている」と説く。

補2 Whittaker (1953) は、「退行遷移とは生産量その他の特徴に著しい低下が認められる変遷過程をいう」と定義する。

補3 Clements や Philips (1934) は退行遷移を否定する。植物群落は環境との相互作用によつて変化してゆくが、結極、ある一定の気候状態のもとでは気候に最も適した一定の極相に達する。従つて生態系の状態を最終的に決定するのは、気候であり、単一の気候のもとでは、単一の極相状態しか存在し得ないという。これを単極相説 (monoclimax theory) という。

補4 これに対して前述した Cooper (1926) 等の解釈のように、例え同一の気候条件下にあつても土壌条件、地形条件、その他いろいろの条件に到達する極相は異なるという主張を、多極相説 (Polyclimax theory) という。

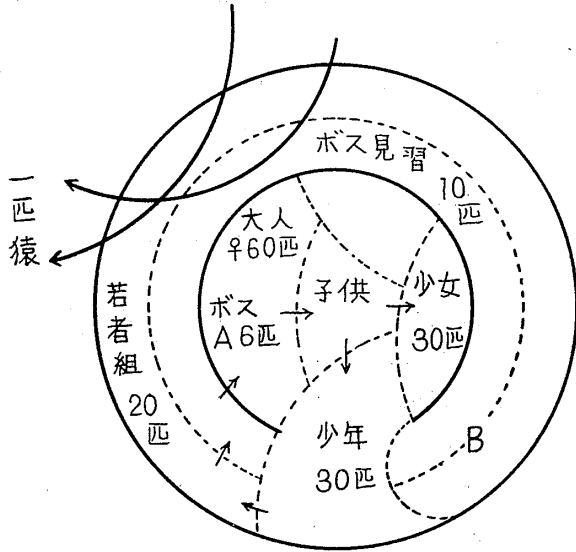
群落の遷移はどのような原因で起るかについては、諸説があるのみで、未だその実体は明らかにされていない。その要因をどこに求めるかについて、例えば植物自体の能動性、すなわち内因的要因か、又は、環境から加えられる因子、すなわち外因的要因等について論議があるのみで、現在では、その実体は、不明である。その中で、細川 (1960) は、今述べた2型要因のすべてが、生態遷移に関係していると考えている。

第4章 社会生物学

1. 生物社会の概念

ある生態系が、同種の2個体以上で構成されている時、これらが要求を等しくする場合には、必ずと云つてよい程、個体間に一方が一方を抑えようという作用がみられると云うことは、前にも述べた。この力による作用は個体の持つ機能により優劣が決り、優者 (dominance) が劣者 (subdominance) を抑える結果となる。このような現象から、一つの「むれ」の中で、個体間に優劣の差が生じ、その結果、個体間に位置づけが生じ順位制が生れる。例えばニワトリを一つの籠の中で2羽以上飼育をすると、ツツキの順位 (Peck order) をみる。この場合「むれ」という一つの構造の中で順位をとりあげ

ると、順位の差が必ずしも、下位の順位の個体を抑えて行動することがあり得ない場合もある。(川村俊蔵のシカの研究、1951) (注14)、「むれ」にはこのように順位制が確立し、その構造が主体となつて行動をとるようになる、「社会化」が発達する。このような「社会化」が顕著に発達した動物を社会性動物と呼び、又、この方面を研究する学問を社会生物学という。第9図は、伊谷純一郎(1954)が、高崎山におけるニホンザルのむれの構造と順位制の確立を模式的に示したものである。



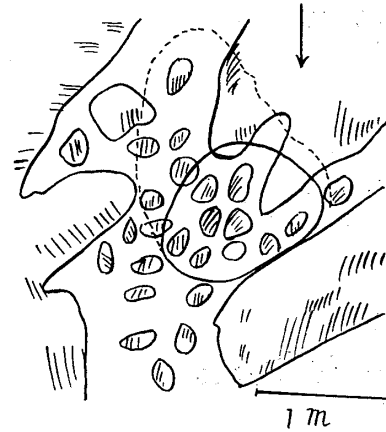
第9図 高崎山のニホンザルの「むれ」の社会構造と順位制、伊谷純一郎(1954)

- A. 中心部 順位制
 B. 周辺部 (1) ボス猿一リーダー、むれの統率
 (2) ボス見習一オトナ♂、むれの中心に入れぬ、ボスに追われる
 (3) 若者猿一2~3才、むれの外周辺部の警戒を行う、順位明瞭
 (4) オトナ♀猿一ボスと共に暮す、順位不明
 (5) ムスメ猿一2~3才、順位不明
 (6) コドモ猿一1~2才
 (7) アカンボ猿一1才まで、母と共にいる

このような社会形成を確立した集団は、生活に必要な勢力圏を確保しており、これを「なわばり」(Territory)と呼ぶ。「なわばり」は、このような社会性の進んだ種に保持しているとは限らず、一般に、多くの種はその種の生活に必要な勢力圏を持つているので、かなり、広範囲に解されている。唯、「社会性の進んだ動物程、他種の侵入を許さない傾向が強い」ということは云えそうだ。

(サル、ミツバチ、アリ類、人間)。「なわばり」についての研究は、鳥類(Lack, 1954)やアユ(宮地、河端

植田、1952、宮地、森、1958)でよく調べられている。「なわばり」は見かたを変えて云えば、「小規模の生態系の空間構造」を示すものであり、更に、「大規模での生態系の空間構造」という立場で生態系をとらえると、「すみわけ」(Habitat segregation)という現象がみられる。



箱メガネによつて水深1.2mのところで観察した。矢印は水流の方向。白地は砂地、他は岩石

第10図 アユの行動圏となわばり、宮地、川端、植田(1952)点線内は行動圏実線内はなわばり。

これは今西錦司、可児藤吉(1941)の研究によるもので、賀茂川に生活するカゲロウの各種幼虫は、川底の土質、すなわち、泥土、砂利、小石、岩盤等によつて、すみわけられて生活しており、又、川の上流や下流、或いは、流速等によつても異つてることが明らかにされた。例えば、賀茂川中流の下鴨附近でみると、川の流れの速いところから、ゆるやかなところに従つて、次のように区別されて生活している。(夏期) *Ecdyonurus yoshidae* — *Epeorus latifolium* — *Ep. curvatulus* — *Ep. uenoi*

今西のこれに続く研究は日本アルプス山岳帯の植物の垂直分布相を調べ、その「すみわけ」理論を発展させた。彼は、多くの研究からDarwin以来の自然淘汰とは

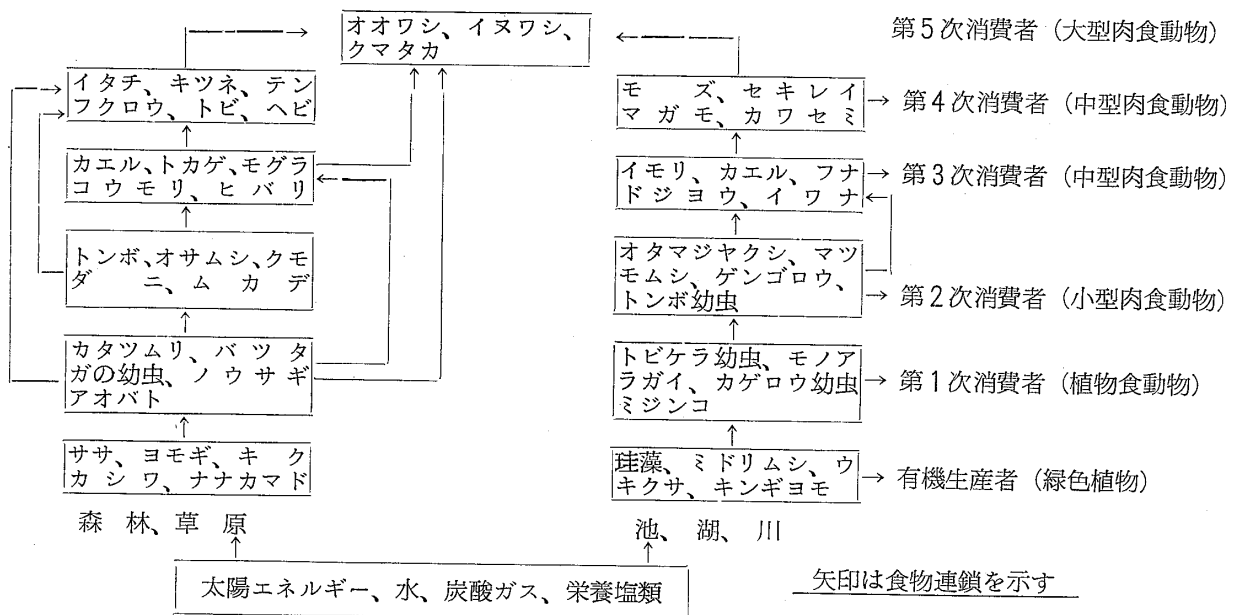
注14. ニワトリでは順位1位の個体が必ずリーダーとならず、むしろ順位中等のものの何羽かの集団が、リーダーとしての役をもたらずという。又、人間の労働組合のリーダーの例等も、この場合が多い。

異なる進化思想に到達し、(注15)彼の生態学理論は、Clementsの遷移説の影響のもとに形成され、20年間これと取り組んだと云われている。(今西錦司、「自然と文化」1950)

補5. Clements説と今西説の相違、徳田御稔(1951)「進化論」より、「アメリカの生態学を代表するClements & Shelfordの遷移説は、生物社会の構造論(自然淘汰説)に準拠して打立てようと試みたものである。これに対し、わが国の生態学者、(今西)は、「すみわけ」の原理によつて社会構造論を打ち立てようと努力している点に注目される。「すみわけ」は内容的に生物のもつ競争的性格も又、協調的性格も同時にとらえられており、したがつて、生物社会の構造は、「すみわけ」原理なるものとして、一貫してみようとする努力に、より一層の期待がかけられる。」

→補6. 今西錦司の主書、「生物社会の論理」(1949)毎日新聞社より発行。1956年に至つて陸水社より、再版。

最後に、生物の社会形成に連る問題でもあり、又、生態系構造の特色でもある生物の「生態的地位」について追記しておく。これは、Elton(1927)が、食物連鎖(Food chain)(生物が食う食われる関係にある時の位置づけで、種の生態的な位置を表すもの)の中で与えた言葉である。云うまでもなく、種の勢力圏や種社会の形成に関係し、長い生物進化を通じて、種は位置づけられたのである。生態系構造を示すこの食物連鎖の一例を、北沢右三等(1954)の研究から抜粋要約して示したのが、第11図である。この図で明らかなように、オオワシ、イヌタカ、クマタカは、尾瀬ヶ原地方における食物ピラミットの頂端を占める生態的地位を示している。



第11図 尾瀬ヶ原地方の食物環の質的な模式図、バクテリアを除く、北沢、倉沢、高田(1954)より抜粋要約

→更に、今西(1949)は前述したカゲロウ幼虫のように、これらを中心とする、生態系は、夫々自然の生態系の段階として、同じレベルにあるので、このような構造を生物社会における「同位構造」と呼び、種を単位とした場合に、同位社会と呼んだ。この概念は種の社会形成や社会進化を論じる場合の一つの目安となり、生態学的な立場で生物の社会構造を論じる際に、重要な意義を持つものと云えよう。(次回は2.社会性動物より)

注15. 自然淘汰説の欠点は、(今西錦司(1952)、「人間」毎日ライブラリー)「形態の方でも行動の方でも同じことだが、生存競争が起つて、優勝劣敗で敗れたものが淘汰されるというところにある。或いは、より進化したものによつてより進化したものが置きかえられる。そうすると、カリウドバチやハナバチの生活にいろいろの段階のものが認められるということと矛盾してくる。進化の段階の低いものが、いまでも高いものと一緒に平気で共存しているということになるからである。……中略……」これにかわるものが「すみわけ」説であると主張している。