

つながりのいのち — 寿命の戦略

垣谷 宏子

I はじめに

地球生命系は多様な様式で命をつなぐことを実現してきた。その多様な様式が多様な生物種を生み出す。この進展の過程が地球生命系の進化過程である。生物の個体寿命はこの進化過程の中で創り出された。生き物の本性は次世代に命をつなぐことにある。この生物本性を実現する戦略の一環に個体寿命の創出がある。ヒトは個体寿命をもつ動物系統の進化過程で誕生し、知性をもつことで人になり、人の知性はみごとにまでの生の発展を可能にした。その人の知性が避けられぬ自己の寿命を認識する。それは人知性における最大の不条理である。個体寿命は命のつながりを実現するための生存戦略である。さらには、個体寿命創出への進化が人の知性獲得の源と重なる。この認識は人知性の不条理をさらなる深みに陥れる。人知性の越え難き現実の認識である。その認識が人の知を深め、人の生を豊かにしてくれることを期待したい。

本稿では、ヒト個体寿命の起源を動物進化過程の中で捉え、人の知性進化との関わりを考察する。ゲノム情報システムの自己展開（垣谷宏子 2007、2009）としての視点から、これらを地球生命系の生存戦略の中に位置付け、人の存在を捉えることとする。

II 命の終わりの多様性

II-1 寿命の存在

生物の命の終わり方は多様である。人には寿命が存在する。長寿の人も、やがて、寿命を迎えて命を終える。地球生命系の中で、ヒトと同じ様式の寿命を持つ生物種は動物界に多くみられる。それらは、ほ乳動物をはじめとする脊椎動物類、また、昆虫類などである。一方、植物界では、木本植物のように、環境条件によっては、数千年に亘って生き続けることも可能な種が存在する。さらには、無性生殖によって増え、広域に亘る生存様式を採る植物では、確定した命の終わりが不明となることさえある。また、細胞分裂によって増殖する単細胞生物においては、命の終わりが存在しないとの表現もなされる。

本稿では、このような多様な命の終わり方の中に人の寿命存在を位置付ける。その基本となる視点は次の二点である。第一点は寿命の発現機構、ヒト個体寿命が必然となる機構である。第二点は寿命の生存戦略における位置付け、ヒト個体寿命が可能にした機能効用である。

本章では、考察を進めるにおいて重要なキーワードとなる生物個体、個体の終わり、個体死、個体寿命の定義を明確にする。それは地球生命系における“命の終わり”を特性付けるものである。

II-2 個体認識の要素

生物個体の要素はゲノム同一性、および、システム統合性である。ゲノム同一性は生物個体

がゲノム情報システムであることの基本的な要素である。生物個体はゲノム情報を基盤として機能するシステムである。単細胞生物は特定のゲノムによって機能する単一細胞のシステムであり、個々の細胞が生物個体となる。多細胞生物は複数の細胞で構成されるが、各細胞のゲノム情報の基盤が同一であることは必然の生存条件である。多細胞生物は同一ゲノム基盤を持つ細胞の集合体として個体を形成する。

さらに、生物個体はシステムとして機能する単位である。ゲノム情報に基づく機能が有効に発現する単位として、個体システムは造り出される。従って、生物個体は同一ゲノム基盤を有すると同時に、そのゲノム情報に基づく機能を発現すべく統御されたシステムである。システム統合の実体は、物質、エネルギー等の移動、伝達であり、統御の様式は生物種により多様である。

この視点で捉えるとき、多様な生存様式を持つ生物に対して、それぞれの個体認識が確定されてくる。単細胞生物は細胞分裂によって増殖する。細胞分裂によって生まれる細胞は元の細胞と同一のゲノムを持つが、それぞれ、独立に生物機能を発現する。従って、単細胞生物は各細胞が個体として認識され、細胞分裂によってクローン個体の集団を形成する。

植物は有性生殖機能を有するが、無性生殖機能も保持している。挿し木、株分けなどの人為的な無性生殖で分割された植物体は、同一ゲノムを持つクローン存在である。これらの分割体は母体とシステム統合性を持つことはなく、独立の個体として認識される。また、自然状態で、地下茎等によって増殖する植物種では、増殖の一定段階を経た後、増殖体は独立の生物機能を展開する。システム統合性欠如の視点から、これらは別個体として捉えることが適切である。

近年、ほ乳動物においても、体細胞からのクローン個体生産技術が開発された。同一ゲノムを持つ体細胞クローン個体は、当然のことながら、体細胞の提供個体とは独立したシステムとしての生物機能を持つ。その別個体としての存在は、生物個体の認識要素として、ゲノム同一性とシステム統合性の両条件が求められることを明確に示しているといえよう。

個体認識においてはこれとは異なる見解も存在する。ゲノム同一性のみを条件とし、システム統合性を不問とするものである。この見解によれば、無性生殖によって増殖する同一ゲノム細胞群の総体が個体とみなされる。細胞分裂によって増殖する単細胞生物群、無性生殖で増える植物群生、それらが単一の生物個体と認識されることになる。これは定義の問題である。定義の有効性は、その定義を用いることにより、新たに有効な認識が得られるかどうかにある。植物生態学では、個体の用語に代えて、ジェネット（遺伝的同一個体）とラメット（生理的独立株）が用いられている（鷲谷いづみ 2004）。本稿の考察においては、個体の定義として、ゲノム同一性とシステム統合性の両者を条件とすることにする。

個体認識は生物理解における基盤をなすものである。しかし、上述のように、地球生命系における生物種の多様さは、その統一的概念規定をも越えている。単細胞生物と多細胞生物の違い、従属栄養生物と独立栄養生物の違い、それぞれの生物の生存様式は、それぞれに有効な生存戦略によって選ばれてきた。その生存様式が命のつなぎの様式を創り出し、さらには、命を終える様式を決めていく。

Ⅱ-3 個体死：無生物への還元

単細胞生物は細胞分裂によって次世代に命をつなぐ。このとき、現世代細胞は次世代細胞に吸収される。現世代細胞を構成する物質が次世代細胞を形成し、現世代細胞は消滅する。単細

胞生物の次世代形成においては、現世代個体の終わりは個体存在そのものの終わりである。

一方、多細胞生物では次世代個体の形成は特定の細胞が担う。有性生殖では生殖細胞、無性生殖では一部の体細胞が次世代個体を形成する。これらの細胞は、単細胞生物におけると同様、次世代個体に吸収され細胞存在が消滅する。しかし、直接の命のつなぎに与らない細胞は現世代個体として残り、次世代個体の生産の後も生命機能を継続する。それらは生物種の様式に応じて、やがて、生命機能を失っていく。自然の生態系では生命機能を消失した現世代の個体存在は無生物に還元される。生態系における物質循環の中で、再び、それらは生命体の素材として新たな命を造り出す。多細胞生物では現世代個体の終わりは個体としての生命機能の消失、これに続く無生物への還元である。この多細胞生物における生物個体の終わり、命の終わりの現象は我々が経験する個体死である。本稿では、個体における生命機能の消失、これに伴う生体形成物質の無生物への還元を個体死とする。

単細胞生物における次世代形成に伴う現世代個体の終わりは個体存在そのものの消滅であり、無生物への還元段階を含まない。それは次世代個体への昇華である。地球生態系における物質循環の視点からは、生態系を介さない直接の自己循環システムとして位置付けられる。当然のことながら、単細胞生物にも個体死は存在する。ゲノム変異、環境悪化等による生命機能の消失は生命体としての存続を不可能にし、細胞は崩壊する。細胞の壊死、ネクローシスである。また、単細胞生物においても、細胞の積極死、アポトーシスが観察されている。機能障害を起こした細胞における遺伝子支配の積極死である。これらの細胞死は単細胞生物における個体死であり、生命機能の消失、無生物への還元現象が起こる。

Ⅱ-4 個体寿命：予定された個体死

予め定められた個体死の存在、これが個体寿命である。個体としての生物機能の予定された消失、それは個体機能の継続性における限界である。寿命のある生物個体とは、機能の継続性に限界設定がある個体であり、そのように造られたシステム存在である。システムにおける予定は、プログラム化されている場合もあり、されていない場合もある。いずれも個体の終焉を迎えざるを得ない機構システムである。ヒトはこのシステム化された個体寿命を持つ。

単細胞生物には個体寿命が存在しない。単細胞生物の細胞分裂による世代交代では、現世代の個体細胞は消滅し次世代の個体細胞に吸収される。現世代個体は消滅、昇華する。それは単細胞生物における命のつなぎの様式であり、新たな個体はそうにして消滅、昇華することを運命付けられて生まれる。しかし、それは無生物への還元という個体死の予定ではない。

単細胞生物における個体死であるネクローシス、アポトーシスは予め定められているものではない。それは個体が生きていく過程において、様々な要因から突発的に引き起こされてくる。いわゆる、アクシデントによる個体死である。多細胞生物であるヒトにおいても、このアクシデントによる個体死は存在する。しかし、これは寿命とはみなされない。

個体寿命は多細胞生物の進化過程で創り出された。個体寿命の現象は、生殖細胞系列と体細胞系列の分化によって現われたと言えよう。生殖細胞系列が命のつなぎを担い、体細胞系列はこれを支える。生殖細胞は命をつなぐ実体として次世代細胞に吸収され、消滅、昇華する。これを支える体細胞系列は役割を終えた後、機能消失に至り、細胞死、個体死を迎える。この個体死の時期が予め定められているとき、多細胞生物個体は寿命をもつことになる。多細胞生物においても、個体寿命を持たない生物種は多く存在する。個体寿命の有無はそれぞれの生物種

の生存戦略に関わる。寿命を設定することで命をつなぐことがより確実にならねば寿命設定戦略は不毛である。

次章からは、動物での寿命創出の機構を考察し、さらに、寿命戦略の効用について、人知性との関わりも含めて明確にしていく。

Ⅲ 個体寿命の創出

Ⅲ-1 有性生殖との関わり

“人の寿命は有性生殖の代償である。”といわれる。これは正確ではない。たしかに、有性生殖のしくみは寿命創出の基盤である。しかし、有性生殖をとりいれた生物種の全てに寿命が存在するわけではない。植物、動物の中で有性生殖を行い、しかも、明確な個体寿命を持たない種は多く存在する。千年を超えて生きる樹木はその例である。個体寿命は有性生殖の代償ではなく、これに続く新たな進化が加わることで避けられないものとなる。それは動物の個体形成における特定の進化である。動物個体での部位別制御を可能とする運動機能の獲得、この進化段階で生殖期を終えた個体の死が必然となる。寿命の到来である。この必然の機構は第Ⅳ章で考察することにする。

本章では個体寿命創出に至る生存戦略の進化を考える。個体寿命は多細胞動物段階の進化過程で創出される。しかし、寿命創出の基盤となる機構は単細胞生物段階で既に開発されている。ゲノムの二倍体化、減数分裂による生殖細胞の形成、ゲノムの初期化等を含む有性生殖機構は寿命創出の重要な基盤である。さらに、寿命創出の戦略的な原型は真核単細胞生物において機能している。

Ⅲ-2 個体寿命の戦略的原型

個体寿命創出に至る戦略的原型はゾウリムシにみられる。ゾウリムシは高度に発達した真核単細胞生物であり、大核と小核を持つ。細胞分裂により増殖を繰り返すが、やがて、小核による有性生殖が始まる。この段階で減数分裂による小核ゲノムの初期化が起こり、この小核から新たな大核と小核が形成される。このとき、旧大核は消滅し、新たな大核と小核による細胞分裂が始まる（高木由臣 2009）。

この旧大核の消滅は多細胞動物における個体寿命の始まりであると言われる。しかし、旧大核の消滅は個体死を伴わない。現世代細胞は次世代細胞として生き続ける。無生物へ還元されることはない。現世代個体の昇華である。それは単細胞生物における命のつなぎの様式そのものである。予め定められた個体死を寿命とする定義では、旧大核の消滅は個体寿命とはみなされないことになる。

情報システムとしての生物個体の基盤情報はゲノムに存在する。ゲノムの視点でこの現象を捉えれば、旧大核の消滅は多細胞生物における個体寿命の戦略的な原型とみなすことができる。大核ゲノムの消滅は予め定められている。それは個体寿命ではなく、核ゲノム寿命である。この核ゲノム寿命の戦略は、多細胞動物における個体寿命創出に至る戦略の原型と位置付けることができる。

その基本戦略は二点ある。第一点は初期段階での小核分離である。小核ゲノムは次世代へ継承されるゲノムである。これを初期段階で分離し温存する。小核ゲノム情報は現世代の個体維

持において使用されることはなく、細胞分裂において完全に複製される。この小核での完璧なゲノム保存により確実な命のつなぎは実現される。第二点は効用を重視した一代限りの大核利用である。旧小核からの新大核ゲノムの形成では生存に必要なゲノム部分のみが複製され、この大核ゲノム情報を用いて個体は維持される。小核の厳重管理と大核の効用重視、これらの戦略を基盤に、次世代ゲノムは完璧な小核ゲノムを基に形成され、旧大核ゲノムは消滅する。

Ⅲ-3 寿命創出への戦略

真核単細胞段階における基本戦略の重要点は、次世代への伝達ゲノムの厳重な保管体制にある。それは初期段階で分離され温存される。この基本戦略は多細胞動物の生存戦略として発展していく。単細胞生物であるゾウリムシの小核と大核は、多細胞生物の生殖細胞系列と体細胞系列に相当する。動物の受精卵からの発生では、その初期段階で生殖細胞系列と体細胞系列への分離が起こる場合が多い。ほ乳動物であるヒトでは、分離された生殖細胞系列は特定の段階で分裂を停止し、生殖期まで厳重に保管される。そのゲノム情報が生殖以外の機能に使われることはない。

次世代への伝達ゲノムの生殖細胞系列での厳重な保管。この体制の基に、体細胞ゲノムの自由な利用が可能になる。個体の生命活動を担う体細胞ゲノムは効用重視で活用される。体細胞は個体の分化細胞として特定機能を担う。それぞれの分化細胞で必要とされる特化がゲノム段階で進行する。また、一定の確率で生じる生存過程でのゲノム変異も、必要に応じたレベルで修復を施せばよい。次世代に伝達されることのない体細胞ゲノムは効用重視で利用される。次世代への伝達ゲノムと個体維持ゲノムの使い分け。真核単細胞段階で開発されたこの基本戦略は、多細胞動物における細胞系列の分離戦略となり、システムとしての有効性を確立していく。

多細胞動物におけるこの戦略の帰結が個体寿命の到来である。生命機能の向上を目的とする体細胞ゲノムの利用、それは次世代に伝達されることを前提としない活用である。生殖細胞系列の命のつなぎを支える体細胞系列は、生殖期を経た後、機能不全に陥る。個体としての生物機能は消失し個体死を迎える。それは生存戦略において予め定められた個体死、個体寿命の出現である。真核単細胞が開発した核ゲノム寿命、その戦略的原型が多細胞動物において個体死を設定する個体寿命として確立するに至る。

Ⅳ 動物の寿命戦略

Ⅳ-1 寿命創出への原点

前章では、動物の個体寿命に至る戦略の原型が単細胞生物の段階で開発されたことを示した。当然のことながら、この戦略の目的は寿命創出ではない。戦略の帰結が寿命の到来である。元来、生物進化は目的に合わせて起こるものではない。それはゲノム情報の突然変異から始まる。ランダムに引き起こされる突然変異は、それによる変化が生存に有利なときは新たな機能として固定され発展していく。一方、その変化が生存に不利であれば淘汰され消滅する。突然変異の多くが消滅していき、新機能として固定される確率は微小である。しかし、この微小な確率の累積が地球生物の進化をもたらす。

寿命創出に至る戦略への突然変異は体細胞の特化である。この変異の効用は動物の運動機能、感覚機能の獲得にある。従属栄養生物である動物の生存には有機物の摂取が必然となる。運動

機能は食料獲得のための必須機能であり、感覚機能は外界の状況認識に不可欠の機能である。動物個体の有効な運動機能は精巧で密な部位別制御が可能にする。さらに、高精度で正確な感覚機能には個体全体の統御が求められる。これらの有効な実現のためには、動物の個体構造は厳密な定型構造であることが要求される。動物個体はその発生過程において定型構造を持つべく形成され、さらに、この定型構造は生存過程で維持されねばならない。動物における体細胞特化の変異がこれを実現したのである。

Ⅳ－２ 体細胞の特化戦略

単細胞で開発された核ゲノム寿命の基本戦略は、次世代への伝達ゲノムの小核での温存、個体維持用大核ゲノムの積極的活用である。これらの基本戦略は多細胞動物に継承され、より効率的にシステム化されていく。その戦略の第１は生殖細胞系列の分離温存であり、第２は体細胞系列の積極的活用である。多細胞動物では目的に応じた細胞別の制御が可能になる。戦略１では、伝達ゲノムを生殖細胞系列として分裂停止状態で生殖期まで温存することが可能になる。戦略２では、体細胞系列の各細胞に応じた特化により高度な個体統御が可能になる。第Ⅲ章で述べたように、戦略１が戦略２の採用を保証する。本節では、戦略２の基本戦術である細胞脱分化の抑制と細胞分裂の制限を考える。これらの戦術が動物個体の定型構造を実現する。

Ⅳ－２－１ 細胞脱分化の抑制

多細胞動物の個体形成は受精卵細胞から始まる。受精卵細胞は全能性を持ち、個体を構成するあらゆる細胞に分化可能である。胚発生段階で、体細胞系列は生殖細胞系列と分岐し全能性を失う。個体形成の進行に伴い、体細胞の分化可能性は制限されていく。多能性幹細胞、単能性幹細胞から特定の機能のみを担う分化細胞へと進む。

この細胞分化過程は不可逆である。幹細胞、特定分化細胞など、全ての体細胞で、それが担う機能の変更、脱分化は抑制される。この脱分化の抑制が動物の定型構造の個体形成、その維持を可能にする。動物個体における構造部品は、定められた時期に、定められた部位で、定められた数、形で形成されることで、個体全体としての統御が可能になる。特定の機能を担うべき分化細胞に脱分化が起これば、定型の個体構造は壊され、個体全体を統御することは不可能になる。個体統御の不全は運動機能、感覚機能の不全となり、動物としての生存が危うくなる。動物進化は定型個体構造を基にした進化である。分化細胞の脱分化抑制を基盤に、動物個体構造の高度化は進展していく。

分化細胞の機能特性はゲノム情報の発現制御に基づく。動物個体を形成する全ての細胞は原則として同一ゲノム情報を持つ。それは受精卵細胞から複製されたゲノム情報であり、個体一式を作り出す情報である。分化細胞は、その分化特性に応じた遺伝子部分を発現させることで特定の機能を担う。このとき、必要のない遺伝子部分の発現は嚴重に抑制される。抑制がなければ細胞、さらに個体は大混乱をきたす。この抑制機構は多細胞動物における個体統御の基本機構である。発現抑制はゲノムの後天的な修飾（エピジェネティック変化）に基づく。個体形成における細胞分化の進行はゲノム修飾の進行である。このゲノム修飾によって、動物個体の各分化細胞は目的に応じた遺伝子部分のみを発現し、特定の機能を担うことが可能になる。

定型個体構造の形成、維持に必須である分化細胞の脱分化抑制は強力なゲノム修飾によって可能になる。このゲノム修飾は極めて強固に施され、正常な状態では解除、変更されることは

ない。この強力なゲノム修飾を人為的に解除、変更する技術が、体細胞クローン個体作成、iPS細胞（人工多能性幹細胞）作成などのゲノム操作技術である（帯刀益夫、杉本正信 2009）。体細胞クローン個体技術は体細胞を基にこれと同一ゲノムを持つ新たな個体を作成する技術であり、iPS細胞技術は特定の分化細胞から異なる分化細胞を作成する技術である（山中伸弥、高橋和利 2006）。共に、分化細胞の脱分化抑制を解除する技術であり、人為的にゲノム修飾を変更する。

Ⅳ-2-2 細胞分裂の制限

動物の体細胞系列における特化戦略、その第二の基本戦術は細胞分裂の制限である。多くの脊椎動物では体細胞の分裂回数に制限があり、無限の分裂は不可能である。この細胞分裂の制限は、個体の定型構造の形成、維持のための効果的な戦術となる。

生物の生存過程ではさまざまな原因によるゲノム変異、ゲノム修飾変異が起こる。生体は細胞の内外でこれらの変異に対処する機能を持つ。細胞核内で機能する P53 タンパク質グループはその代表例であり、アポトーシスを含め、ゲノム変異を監視、検出し、修復、処理する機能を持つ。また、免疫機構は細胞単位での変異に対する処理機能を持つ。これらの異常修復、処理機能は生命活動維持の基本機能であり、生物は進化過程で多様な対処機能を開発してきた。細胞の分裂停止戦術は異常細胞に対して確実な効果を持つ戦術である。修復不能、処理不能に陥った異常細胞の分裂続行は異常の拡大をもたらす。異常細胞の分裂を停止させ、消滅に至らしめることは最強の策となる。

細胞分裂の回数制限をもたらした機構はテロメアである（井出利憲 2006）。それは単細胞段階で開発された生存機構である。テロメアは直鎖状 DNA 末端の塩基配列部分で、細胞分裂におけるゲノム複製を確実にする機構である。ゲノム複製は生存のための必須機能である。単細胞生物段階での直鎖状 DNA への進化を可能にした機構がテロメアの機構である。テロメア部分は細胞分裂によって短縮するが、細胞にはこの延長機能を持つテロメラーゼが存在する。

多細胞動物は直鎖状 DNA を持ち、テロメア機構は生存の基盤である。動物は体細胞系列の特化戦略で、テロメラーゼを不活化する戦術を選んだ。このため、染色体のテロメア部分は延長されることはなく、細胞分裂毎に短縮していく。テロメアが一定の長さに短縮した段階で細胞分裂は停止し、欠陥ゲノムをもつ細胞への分裂は回避される。この結果として、体細胞の分裂回数は限定されることになり、変異を起こした異常細胞を消滅させることが可能になる。それは定型構造の個体形成、維持を実現する有効な戦術である。

Ⅳ-3 寿命の戦略

Ⅳ-3-1 寿命の到来

脱分化の抑制、分裂制限の設定という体細胞の特化戦略により、動物は定型構造の個体を獲得する。精巧で精密な部位別制御が可能になった動物は高度の運動機能、感覚機能を発展させていく。それは動物の生存能力を飛躍的に向上させ、巧妙でみごとな生存様式の発展へとつながる。

一方、この体細胞の特化戦略が動物の個体寿命を必然とする。脱分化抑制、分裂制限設定によって、体細胞の全能性は消失し体細胞からの無性生殖は不可能となる。さらに、体細胞の分裂制限の結果、新陳代謝に要する細胞供給は限界を迎える。個体を維持し、生殖細胞系列によ

る有性生殖を継続することも不可能になる。やがて、個体は老化し機能不全に陥る。個体死の到来である。それぞれの種の生存様式に応じて、命をつなぎ、命を終える様式が展開する。それは、それぞれの種の個体寿命の様式でもある。動物としての生存戦略が個体寿命を必然としたのである。動物の個体寿命は、個体の部位別制御による高度な運動機能、感覚機能の代償である。

Ⅳ－3－2 有性生殖の確立

第Ⅲ章で述べたように、個体寿命は有性生殖の代償ではない。しかし、個体寿命に至る体細胞の特化戦略は有性生殖を確立した。体細胞の全能性を消失し、無性生殖を放棄した動物にとって、有性生殖の確立は命のつなぎの保証でもある。高度な運動機能、感覚機能を獲得した動物は、有性生殖のコストを下げ、無性生殖の放棄を凌駕するまでになる。有性生殖による次世代生産のためには、両性個体の出会い、受精のための生殖機能が重要となる。発達した運動機能、感覚機能を最大限に活用することで、それぞれの種の生存様式に基づく有性の生殖機構が確立していく。この成果として、次世代個体群のゲノム多様化が実現し、生息環境の変化への適応力が高まり、さらなる進化が展開する。

動物の進化過程において、寿命に至る戦略が始まった段階は明確になってはいない。本稿の推論に基づけば、体細胞の特化戦略につながる突然変異が有効に活かされる段階、それは全身対称運動から部位別制御運動への進化段階であると考えられる。この戦略の展開が無性生殖の放棄、有性生殖の確立、さらには個体寿命の到来につながっていく。従って、現在、全身の対称運動を主とし、再生能を保持している動物種は、本稿で述べた体細胞の特化戦略を採らなかった進化の系統であると考えられよう。

Ⅳ－3－3 植物の命のつなぎ

動物と対照的な生存戦略を展開してきたのが植物である。植物は独立栄養生物である。移動、摂食のための運動機能は必要なく、感覚機能も必須ではない。このため、動物に求められるような定型の個体構造は不要であり、生息環境に応じた柔軟な個体構造を形成することができる。個体を構成する細胞の分化においても柔軟な制御が可能であり、個体細胞は原則として脱分化可能で全能性を保持する。

この個体細胞の分化における柔軟性が植物の生殖様式の特性をもたらす。それは有性生殖と無性生殖の併用である。単細胞段階で開発された有性生殖を発展させながら無性生殖機能も保持し、状況に応じて有効な生殖法を選択する。運動機能を持たない植物の有性生殖は他者に依存する方式である。動物や自然機構を利用することで雌雄の生殖細胞の融合が実現する。この有性生殖の不安定さを補い、次世代生産を確実にする方策が、全能性を保持する体細胞からの無性生殖である。個体構造、細胞分化、生殖様式、これらのすべてに柔軟な植物の生存様式は、生息環境に適合するための生存戦略である。

千年を超えて生きる樹木は壮大な命のつなぎを展開する。個体細胞の全能性を維持することで、樹木には明確な寿命が到来しない。新陳代謝で供給される新たな細胞が現個体を維持し、有性、無性の生殖様式で新たな個体を生産する。現個体の終わりは、環境変化、ゲノム変異の蓄積などの要因による個体死である。それらは予め定められた個体死、個体寿命とは異なる。

動物と植物の対照的な生存戦略、それは従属栄養と独立栄養という栄養様式の違いに基づく。

栄養様式の違いが異なる生存戦略を生み出し、それぞれの様式で命のつながりを展開していく。

V ゲノムの戦略

V-1 命のつながり方式

V-1-1 ゲノムのつながり

個体寿命に至る動物の生存戦略、それは高度な運動機能、感覚機能を発達させ、有性生殖を確立した。その基本戦略は、生殖細胞系列の分離温存、体細胞系列の積極的活用である。これらの戦略は地球生命のシステム特性が可能にしたものである。

ゲノム情報システムとして創り出された地球生命(垣谷宏子 2007)、その命の継承はゲノムの伝達による。始原細胞において開発された細胞分裂の過程で、現世代細胞のゲノムは複製され、細胞分裂で生まれる2つの次世代細胞へ伝達される。このゲノム情報を基盤に次世代細胞の生命活動が営まれる。それはゲノム伝達による命のつながりの始まり、命をつなぐことを本性とする地球生命の始まりである。このゲノム伝達による命のつながり方式は、多細胞生物においても変えることはない。多細胞生物の命のつながりも単一の細胞から始まる。この細胞に伝達されたゲノム情報に誘導されて、次世代の個体形成は進行する。

ゲノム伝達による命のつながり方式、それは地球生命系の命のつながりの基盤である。完璧なゲノムを確実に伝えることは地球生命の生存戦略の基本である。多細胞生物である動物における基本戦略は、生殖細胞系列の分離、温存によって、損傷のない完璧なゲノムを次世代に伝えることにある。それは確実な命のつながりの戦略である。この戦略の下で、次世代へのゲノム伝達に与らない体細胞ゲノムの修飾が強力に進められる。次世代へのゲノム伝達、生殖を確実にするための戦略である。動物におけるこの生存戦略はゲノム伝達による命のつながり方式、そのシステム特性が可能にした戦略である。

V-1-2 命のつながりのトレードオフ

動物の個体寿命戦略、それは体細胞系列の特化段階における進化の選択である。脱分化抑制、分裂制限による体細胞の特化は、運動機能、感覚機能、有性生殖機能などの生存機能の向上を可能にし、次世代への命のつながりを有効にする。しかし、この体細胞特化が体細胞系列の永続的な維持を不可能にし、個体死の到来を必然とする。体細胞の特化戦略は多細胞動物における進化系統の分岐点である。生殖細胞系列で確実に命をつなぐことができれば、体細胞系列を永続的に維持し生殖を継続する必要はない。この選択がヒトに至る進化の系統を生み出した。体細胞系列の細胞死、個体死を必然とする個体寿命の設定である。

体細胞系列では、脱分化抑制、分裂制限のための強力なゲノム修飾がなされ、目的に合わせた細胞機能の特化が強力に進行する。ゲノム損傷の修復、新陳代謝による消耗細胞の補充、これらの機能は生殖可能期間の終了までは持続する。しかし、その後の保証はされない。むしろ、体細胞系列でのゲノム修復機能、新陳代謝の維持期間が生殖可能期間である。その期間は種によって異なる。一度の生殖で寿命を迎える種もあれば、数年に亘る生殖期間をもつ種もある。ゲノム修復機構、テロメア機構などの生命機構が体細胞系列の維持期間を定め、生殖可能期間を決定する。生殖期間を長くする為の投資と新たな個体を生産するための投資のトレードオフである。

V-2 使い捨て戦略

V-2-1 使い捨て戦略の始まり

個体寿命、それは予め定められた個体死の存在であり、体細胞系列の一代限りの利用、使い捨ての戦略である。第Ⅲ章で述べたように、動物における個体寿命戦略、その戦略的原型は真核単細胞で開発された大核ゲノムの寿命設定、大核ゲノムの使い捨て戦略である。

これらの使い捨て戦略の始まりは、地球生命の起源である始原細胞段階にある。地球生命は始原細胞におけるゲノムとタンパク質のシステム化によって始まった。それは情報分子としてのゲノムと機能分子としてのタンパク質のシステム化である。タンパク質はゲノム情報を基に生産され機能を担う。このシステム化が情報システムとしての地球生命の始まりである。機能分子であるタンパク質は消耗品である。疲弊したタンパク質は消滅し、ゲノム情報を基に新たなタンパク質が生産される。ゲノムは情報分子として保管され、タンパク質が機能を担う。実働分子としてのタンパク質は使い捨てである。始原細胞における機能分子タンパク質の使い捨て戦略、ここに動物個体の使い捨て戦略の原点がある。

V-2-2 動物個体の使い捨て

実働部品の使い捨て、これは情報システムの有効特性である。この特性はシステム基盤情報の確保を基に有効に機能するリセット方式である。情報システムとして創り出された地球生命において、この使い捨て戦略は命のいとなみを実現した基本戦略である。単細胞生物から多細胞生物である動物への進化、それぞれの段階で、この使い捨て戦略は生存の基本戦略として活かされてきた。上述したように、地球生命の始まりである始原細胞では、情報分子ゲノムと機能分子タンパク質のシステム化において、使い捨てのタンパク質を創り出した。真核単細胞生物の段階では、小核ゲノムを基盤情報として確保することで大核ゲノムの使い捨てを可能にした。情報分子と機能分子のシステム化、この基本戦略は多細胞動物において細胞系列のシステム化に発展する。生殖細胞系列と体細胞系列、この両系列の個体としてのシステム化、これが多細胞動物の基本戦略である。生殖細胞系列で基盤情報を確保し、体細胞系列を機能部品として活用する。特化の自由度を獲得した体細胞系列は高度で巧みな機能を開発する。多細胞動物における細胞分化の効用が、生存様式のみごとく多様化として進展していく。それは一代限りの個体の使い捨て戦略、個体寿命の戦略に基づく展開である。情報システムとしての地球生命は、その有効特性として、リセット方式の動物個体を開発したのである。

V-3 生物存在の情報システム特性

生物存在の特性についてはワイスマンの「生殖質連続」説、ドーキンズの「利己的遺伝子」(ドーキンズ 1991) 論、カークウッドの「使い捨ての体」論 (カークウッド 2002) など、多くの説が提唱されてきている。これらはゲノム情報システムとしての生物のシステム特性を指摘するものである。

ワイスマンの「生殖質連続」説、その発展としてのドーキンズの「利己的遺伝子」論は地球生命のゲノム情報による命のつながりを指摘するものである。情報の重要性は当然のことではあるが、情報は発現されることで存在価値を持つ。命をつなぐゲノム情報は、この情報を発現するシステムが存在することで機能する。複製により伝達されたゲノム情報、この情報を基盤とするシステムが作り出されることで命のつながりは実現する。このシステムが生物細胞、生物個

体であり、ゲノム情報を基盤とする命のいとなみ、地球生命系のゲノム情報システムである。システムの存在、さらに、このシステムにおけるゲノム情報の明確な位置付けが重要となる。

また、動物の個体寿命についてのカークウッドの「使い捨ての体」論は、情報システムにおける実働部品のリセット方式、使い捨て戦略の指摘である。生物進化戦略の考察においては選択対象の明確化、具体化が重要である。第Ⅳ章で示したように、動物の個体寿命に至る戦略において、選択の具体的な対象となるのは細胞の脱分化抑制、細胞分裂の制限設定による体細胞特化の戦術である。戦術の効用は高度な部位別運動能力の獲得であり、その代償は個体の永続的な機能維持の放棄である。この体細胞特化の選択が個体死を必然とする。

Ⅵ 人知性への発展

寿命に至る動物体細胞の特化戦略は人の知性への進化につながる。従属栄養様式の動物に求められる運動機能、感覚機能は定型個体構造の形成、維持のみで獲得されるものではない。各部位の機能は個体全体で統御されて初めて有効な機能となる。この個体の全身統御を司る機能システムが神経系統である。動物の個体統御は脳による集中処理方式が基盤である。個体各部位の感覚器官で得た情報を脳で集中処理し、脳からの統一指令で各部位の個別運動を制御する。この個体統御の中核機能を担う脳の進化発展が人の知性を生み出すことにつながる（山森哲雄 2006）。人の知性創出の基盤となるゲノム進化は、別稿（垣谷宏子 2009）で示したように、大脳神経細胞の大量形成、神経細胞による回路形成機能、さらに、他者との関わりの能力である。これらのゲノム進化を基に、ヒトは脳による知性を獲得していく。動物にとって必須の機能である運動機能、感覚機能。これを獲得する生存戦略がヒトの個体寿命を必然とし、さらには、この生存戦略が人の知性獲得への進化につながったのである。人知性の源はヒト個体寿命の源と同一である。

人の知性による知識情報システムについては別稿（垣谷宏子 2009）で述べたが、それは地球生命系のゲノム情報システムが創り出した新たな方式の情報システムである。ゲノムに依存しない自己展開の方式、その効率性、指向性が強大な人の知識情報システムを構築し、人社会の急速な発展を促進し、地球生態系におけるヒトの絶対的な生息地位を実現した。それは人知性の勝利であり、また、ヒト、人存在の危機をも生み出してきている。寿命に至る生存戦略が可能にした人知性、その知性が獲得した絶大な生存能力。人知性の戦略、この戦略の帰結は現在を生きる人の社会が決めることになる。壮烈な繁栄の中にある人の生き様を包み込んで、地球生命系、そのゲノム情報システムの自己展開は進展している。

人の知性が自らの寿命存在を認識する。それは知性の不条理である。その不条理の中で、人は知性の源が寿命到来の源と重なることの認識へと至る。この知性認識の到達が人知性の進化を促し、生きることを豊かにする心の発展につながることを願う。自らの寿命存在の認識が生みの豊かさをもたらすものとなる時、人における個体寿命は、人の知性、人の豊かさの代償ともなるのであろう。

Ⅶ おわりに

地球生命系は物質系を基盤として創り出された。それは無生物系との物質交換によって維持

され、発展していく。生命系における機能単位は個体である。生物個体は始原細胞に始まる細胞分裂によって造り出され、次世代個体へとつながる。それは生命系内での命のつなぎ、直接の自己再生産である。この命のつなぎに与らない細胞は生命系から物質系に還元される。これが細胞死であり、多細胞生物を含めての個体死である。生命系における死は無生物である物質系への還元である。それは生物個体におけるシステム統合崩壊の帰結である。生命系と物質系を含めた物質循環系。生命体はその中に生まれ、その中で生き、その中に還る。還元された物質は、やがて、次なる命の形成に与る。生態系を介した命の再生産である。

生あるものが滅び、生なきものを経て、新たな生につながる。それは物質を基盤とする生命存在であり、生あるものと生なきものとの循環である。生命存在は命のつながりであるとともに、生なきものとのつながりでもある。生命の本性として命をつなぎ、自らは生なきものへ還り、ふたたび、命に生まれくる。この循環の中に死の認識は生まれ、その認識が人の死生観を育む。輪廻の思想、循環の思想はこの死生観に基をおくものである。死生観は、さらに、生命観、自然観、宇宙観に発展する。人の知性による寿命認識が生認識を深め、生きる心を豊かにしていくことを期待したい。それは命のつながりを心のつながりへと発展させていくであろう。

参考文献

- 井出利憲 2006：「細胞の老化」サイエンス社
帯刀益夫、杉本正信 2009：「細胞寿命を乗り越える」岩波書店
垣谷宏子 2007：「つながりのいのちーゲノム情報システムの自己展開」名古屋商科大学論集，Vol.51-2,P33
垣谷宏子 2009：「つながりのいのちー知の戦略」名古屋商科大学論集，Vol.53-2,P59
カークウッド 2002：「生命の持ち時間は決まっているのか」三交社
高木由臣 2009：「寿命論」日本放送出版協会
ドーキンス 1991：「利己的な遺伝子」紀伊國屋書店
山森哲雄 2006：「脳の進化」『ヒトの進化』P109 岩波書店
鷺谷いづみ 2004：「植物の寿命の多様性」科学 Vol.74 p1425
山中伸弥、高橋和利 2006：「分化した体細胞から人工幹細胞を作成」科学 Vol.76 p1177