

ビッグ・ヒストリーと生物多様性

本川 達雄

講義：2016年11月1日、公開：2017年2月3日

こんにちは。ただいまご紹介にあずかりました本川達雄と申します。片山先生には以前にも桜美林大学にお招きいただいて、専門のナマコの話をしたことがあるのですが、今度は皆さんがカンクンの生物多様性条約第13回締約国会議（COP13）に参加されるそうで、生物多様性の話とビッグ・ヒストリーとを結びつけた話を是非お願いしますと言われて参上いたしました。最近、「生物多様性」と題する中公新書を上梓したことで、お声をかけていただいたのだと思います。そこで生物多様性の話をまず行い、それを受けて、ビッグ・ヒストリーの話へとつないでいくという順番でお話ししたいと思います。

生物多様性は今、劇的に少なくなっているといっています。生物多様性を守らなければいけないとさかんに言われていますが、現実には守るための行動が、それほどとられてはいません。ではどういふふうを考えれば多様な生物を守る姿勢が生まれるのかを考えたのがこの本です。生物多様性には遺伝子の多様性、種の多様性、生態系の多様性の3つの多様性があり、これらを守らなくてはいけないというのが生物多様性条約です。それはそうなのですが、そもそも多様性を守るといふ発想を大事にするには、まず自分自身、「私の中の多様性」をも含めて考えなければいけないのではないかというのが拙著の主張です。この考えは、「生物とはそもそもどういふものなのか」を40年かけて考えてきたところから生まれたもので、それにもとづき、ビッグ・ヒストリーを考えるというスタンスで、今日はお話をさせていただきます。

続くことが生物の本質

地球の歴史は46億年ですが、生物の歴史は、38億年はあるんですね。地球の歴史のかなりの部分を占めています。そして今の私たちは、38億年前に生まれた生物の直系の子孫だと考えられています。ということは38億年前に生まれた生物が、延々と死に絶えることなく今の私たちにまで繋がっているということです。生物は38億年ずっと続いているのです。

38億年も続いているものって何があるの？ 大陸だって続かないよ。生物以上続いているものなんてあるのかしら？ 生物がこれだけ続いているということは、「生物は続くように出来ている」と考えていいんじゃないかしら。

ずっと続くことが生物の最も重要な特徴であると遷生（うせい）は考えています（この講義では、「私」という特別な使い方ができますので、本川自身のことは遷生と書くことにします）。さて、生物は極めて精巧なものです。そんなものがずっと続くようにするにはどうしたらよいか。私たちの個体は、当然、死んでしまいます。それなのにずっと続くとはどういふことなのか。

これは建築物をたとえにとるとイメージしやすくなるでしょう。建築物がずっと続いていくためには、どういふ建て方があるのでしょうか。「絶対に壊れないもので建てればよい」といふ考えるかもしれないけれど、それはできないよというのが熱力学の第二法則です。「秩序あるものは必ず無秩序になる」。形あるものは必ず壊れ、ずっと続くことはありません。

必ず壊れるなら、壊れたら直し壊れたら直しとずっと直し続けていけば続いていきますね。このやり方で続いているのが法隆寺です。世界一古い木造建築で、1300年続いています。ただし続いてはいる

けれど、使いにくいんですね。だって、いつ壊れるか分からない部分と新しい部分とがごっちゃになっているのですから、新築どおりの無茶な使い方は出来ません。つまり新築当時の機能は保たれていないんです。

生物のたとえとして建物を考えているのですが、生物の場合、機能が衰える、たとえば老いて足が遅くなったら、たちまち野獣に食べられてしまうし、免疫機能が衰えたら色々な病気になってしまう。だから機能が衰えたらそもそも話になりません。

機能が衰えずにずっと続いていく、そんな建物はどうやったら建てられるのでしょうか。実はそういう建て方があるんです。伊勢神宮です。伊勢神宮は20年ごとに全く同じに建て替えるんです。すると全く同じ新品になる。そうやって建て替え建て替えを繰り返し、これも1300年続いています。そして、生物が伊勢神宮方式なんですね。子供を作ることが建て替えに対応します。身体を新品に更新しながら続いていくのが生物であり、こうして38億年続いてきました。

「私」に多様性をもたせる

ただし、子供は親そっくりではありません。身体を更新していく際に有性生殖を行い、遺伝子を混ぜます。だから子はどちらかの親そっくりではなくなってしまいます。自分そっくりの子をつくりたいなら、無性生殖をすればいいんです。なぜそうしないのでしょうか。

もし今の「私」そっくりの子供を作ってしまったら、それは続きません。環境が変化したら今の「私」が新しい環境で生きていける保証は全くないからです。そこで、ちょっとだけ自分と違う子供を作る。つまり「私」に多様性を持たせて新たな「私」を作る。そうすると子の「私」のうちのどれかは新しい環境でも生きていける。そうやって環境に適応してきたからこそ、地球の環境がこれだけ変わっても、生物は38億年絶えずに続いてこられたのです。

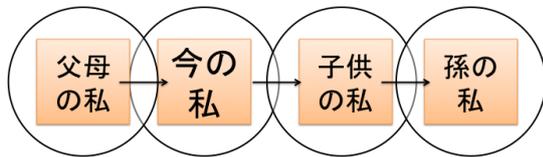
有性生殖の意義についてアリストテレスはこう言っています。「生殖することは・・・永遠なもの、神的なものにできる限り与るために自分自身のような他のものを作ること」（「靈魂論」）。神は不死であり、ずっと続くものです。生物はそういうものに与りたい。ずっと死なないで生きていきたい。でもこの世では熱力学の第二法則があるから、ずっと死なないためには体を更新せざるを得ない。それも、自分と同じものを更新したんじゃ環境の変化に対応できずに亡びるから、自分自身のような他のものを作る。するとずっと続いていける、これが有性生殖の意義だとアリストテレスが言っているのです。まことに正しいと思いますね。

アリストテレスは「自分自身のような他のもの」と言っていますが、再生は、『少しだけ違う「私』』と言い直したいのです。すると、子供を作る時に「私」に多様性を持たせると「私」はずっと生き続けることができるのだ、これが有性生殖の意義だ、というように解釈できます。アリストテレスは個体は続かないが種としては続くと考えていました（「動物発生論」）。現代生物学では、種は続かず、続くのは遺伝子だと考えますが、遺伝子を主役にしてしまうと、私たちにとって最も大切なこの個体というものが、ごくわずかの重要性しか持たなくなってしまいます（ドーキンス「利己的な遺伝子」）。再生はそういう考え方は健康的ではないと思っていますので、あくまでも個体をベースにして考えたい。だから「私」を主役に考えるのです。

ビオスとゾーエー

「私」を定期的に更新し、その際、「私」に多様性を持たせる、そうすると、熱力学第二法則と環境変化の壁を克服して、「私」はずっと続いていくことができます。生物にとって「続くこと」が最高の

価値なのだと言生はみなしています。親の私がい、今の私がい、子の私がい、孫の私がい…と、私・私・私と私を渡していくのが「私」である。今の私は「私の連鎖」のひとつであって、今の私だけが「私」ではありません（図1）。



古代ギリシャには生物を指すふたつの言葉がありました。ひとつは「βίος（ビオス）」。「bio」の語源となっている言葉で、生物個体を表します。生物個体は必ず死にます。個性があって生物の体の輪郭が非常にはっきりとしています。それに対してもうひとつは「ζωή（ゾーエー）」。「これは動物園zooの語源になった言葉です。これは個体を超えるもので、死にません。

ゾーエーとはあらゆる個別的生命活動の源泉となっているものであり、今の言葉で言えば遺伝子です。遺伝子は親から継いでずっと続いていきますから死にません。そして遺伝情報をもとにして作られたタンパク質が働いて、私たちの日々の活動が発現していきます。

これは真珠のネックレスに喩えられます。1個1個の真珠の珠がビオス、それを貫いて延々と続いていくゾーエーがある。こういうものが生物だ、というのが古代ギリシャの生命観だったのです。

生物の個体としての私は必ず死んでいく。でも私の中にある遺伝子は死なないでずっと続いていく。必ず死ぬけれども死なないものが私。つまり絶対的に矛盾しているものが私たちの体において一体化しているのが私。だから私は絶対矛盾的自己同一なのです（西田幾多郎「善の研究」）。私の体の中に矛盾があるとは、多様なものを含んでいるとも言えるでしょう。そういうものが私である。だからこそ私はずっと続いていくんだと言えるのではないのでしょうか。続くためには多様性が大切なのです。

「私」に多様性を生み出すには、有性生殖する相手がいなければなりません。自分の遺伝子と混ぜ合わせられるほど似てはいるが、ちょっと違う他者の存在、つまり種内の多様性が大切になってきます。

ずっと続いていくには体のコピーを作らねばなりません。コピーをきちんと作る仕掛けがDNAの二重らせんです。二重らせんの鎖が互いに鋳型になってそっくりのコピーが作られ、増えていく。この仕掛けは大変精巧で、正確なコピーを作るのですが、ごくまれにコピーミスをする。また、DNAは放射線などで傷つくこともある。そうするとたまにちょっとだけ違ったDNAができ、それをもとにちょっとだけ違った個体ができる。その間違いが長い年月の間に積み重なり、初めのものとはかけはなれた個体ができ、それが新しい種となる。それがさらにずっと積み重なっていき、今の190万種という多様な種ができてきた、というのが生命のビッグ・ヒストリーです。

生物多様性と生態系サービス

生物多様性条約で問題にされているのは、種の多様性、遺伝子の多様性、生態系の多様性です。現在確認されている生物の種は190万種、実際には1000万種以上の種がいると言われています。そして近年、ものすごい勢いで種が絶滅し、その結果、生物多様性が激減しています。多い推計では1日に300種がいなくなっているなんて言われています。これは大変だということで、生物多様性条約が1992年

にリオデジャネイロで提案されました。

ある地域に住む全ての生物と非生物的環境をひとまとめにしたものが生態系です。生態系という考えでは、生物たちは物質循環やエネルギーの流れにおいて役割を持っており、生態系は機能している（働いている）のだととらえます。どういう機能を持っているかという、食物を生産する生産者、それを食べる消費者、これら二つが死んだらそれを分解する分解者。こういうふうに生態系の中で機能を持っている生物が存在して働いています。働くにはエネルギーを使用します。その源は太陽です。太陽のエネルギーが入ってきてこれが生産者によって化学エネルギーに変えられて食物になり、これを消費者が食べる。食物を分解する時に化学エネルギーが出てくるので、消費者はこれを使う。菌や細菌である分解者も遺体や排泄物を分解することによりエネルギーを得ています。分解する時に、外界から O_2 をとりこみ、 CO_2 を出します。生物の体に必須の水も外界から取り入れます。生物と外の物理的環境の間で、エネルギーや物質がやりとりされ、生態系は機能していきます。

生態系の機能のうち人類に利益となる機能を生態系サービスと言います。生態系が私たちにサービスしてくれていると考えるわけですね。これには①供給サービス、②基盤サービス、③調整サービス、④文化的サービスがあります。

①供給サービスは生態系が物（財）を与えてくれるサービスです。おもな物は衣食住ですね。衣も化学繊維以外は生物。住も木で建てれば生物由来。食はみな生物です。生物多様性が高ければ食卓がにぎやかになります。

なぜわれわれは食べなければいけないかといえば、動物は食べものからエネルギーを得ているから。なぜエネルギーを得ないといけないのかといえば、放っておけば熱力学第二法則で体はどんどん壊れていくから、日々、補修をしなければならず、それにはエネルギーがいるからです。だからじつは、生物は毎日法隆寺方式で補修をしてエントロピーの増大をおさえ、それでも間に合わなくなるから伊勢神宮方式で総とっかえをしているわけで、それらに多大なエネルギーを使っているのです。生物はエネルギーを使って負のエントロピーを生みだしているといってもいいものです。もちろん、環境に適応して自身を変えるためにもエネルギーを使います。すべてはずっと続くためです。

今、ご臨終ですと言われた時には身体の形は変わっていないんですね。形も身体を作っている材料も変わっていない。何が変わっているかという、生きていた時にはエネルギーを使って仕事をしているんです。主な仕事は環境への適応と、エントロピー増大への対策です。それをしなくなると死んだということになる。生きていたとは、目的のためにエネルギーを使って働いているということです。生物の目的は存続し続けること。それをエネルギーを使って行っているのが生物です。これからふれる話を先取りすれば、エネルギーを使えば生きた時間が流れる。生物はエネルギーを使って自分の時間を作り出している。それをしなくなると死です。死体には目的はありません。

②基盤サービスは、人間のみならずすべての生物が生きていく基盤を提供してくれるサービスで、これの主役は光合成生物です。陸なら植物。海なら藻類。かれらがエネルギー源となるでんぷんを作り出し、これが全ての生物の生命を支えています。すべての生物の使うエネルギーのもとを提供するのが基盤サービス。そして食物を「燃やして」エネルギーを得るのに必要な酸素も植物が作り出してくれますし、土壌も植物が作ります。

③調整サービスは、生態系が、われわれ人類に自然が与える害を少なくしてくれるサービスです。たとえば、森は天然のダム、サンゴ礁は防波堤として働きます。調整サービスも、サービスの受け手が人間だけに限られるわけではありません。たとえば、生態系の生物多様性が高ければ、植物に感染する病原体が発生しても、それに抵抗性の低い種がまばらにしか分布しておらず、抵抗性の高い種が低い種の間

に分布していれば、広がることは少ないでしょう。多様性が低く、同じ低いものばかりであったなら、たちまち病気が広がって植物がすべてなくなってしまう、連鎖的に草食動物も飢えと、生態系全体に大きなダメージが及びます。種の多様性が高いほど、生態系が安定します。つまり、外部からの攪乱が加わっても、影響の幅が小さく、生態系は長持ちします。

自分の生きている環境がなくなれば、その生物は生存できません。だから生存のためには、多様な他者の存在がとても重要なのです。種の多様性が大切なのです。また、生態系が多様だからこそ、これほど多様な生物が地球に存在することになったのです。

何度も述べていますが、続くということが生命の本質なんです。いくら有性生殖で遺伝子を混ぜ合わせて自分と違う「私」を作ることができるとはいえ、作れる違いはほんのちょっとです。だから環境はできるだけ安定していて変わらないに越したことはありません。生態系が安定しているに越したことはなく、だから生物多様性は大切なのです。

④文化的サービスは人間だけが享受するサービスです。花も鳥も美しく、詩人には靈感を、画家にも生物学者にも素材を提供してくれます。森林浴は癒やされます。サンゴ礁の海は綺麗でダイビングが楽しめます。みんな生態系が与えてくれる文化的サービスです。

生態系は、われわれの文化に大きな影響を与えてきました。私たちは風土によって考え方も影響を受けます。風土にはそこにいる生物も含まれますから、風土＝生態系です。たとえばキリスト教は砂漠という風土において生まれたものであって、あのような過酷な自然においては、神様という超絶的な力を持った方が無から有を作り出すような事がなければ何物も生まれて来ません。そういう発想がキリスト教を生んだのです。それに対して、日本みたいな高温多湿のところでは、あつという間にカビが生えますし、蒸せばたちまちむし（虫）が地面からわき出してきちゃうんです。むすこ（息子）だってむすめ（娘）だって生まれ出てくる。一人の神様が特別な計らいをしなくたって生物なんて生まれてきます。多神教的な考え方は、温帯モンスーンの生態系で生まれてくる発想なんです。このように人類のもつ文化の多様性を生態系は生み出してくれました。

広い利己主義

生物多様性は大切ですと大々的に喧伝されていますが、「本当に、1000万種もの生物多様性が必要なのですか？」と問われると、実は誰も答えられないんですね。わたしたちがスーパーで日々手に入れている食物はせいぜい100種。「農業・漁業対象種だけあればいい、文化的サービスなんてなくても済む。生態系が安定しないと困るけれども、では何種にまで減ったら不安定になって大問題が起こるんですか？」という質問には誰も答えられません。今までに190万種が学術的に記載されていますが、じつはそのほとんどに我々は生涯出会うことなどないものです。専門の学者が1個体見つけて論文を書いたが、そのあと見つからないなどという種がいっぱいあります。だから「それらを全部含めての種の多様性って、本当に必要なの？ 守る価値があるの？」と問うこともできるんですね。

だとすると、「生物多様性がどんどん減ってきている、大変だ！」と言ったって、「それほど大変かねえ？ 大して変わらないんじゃないの？」という態度を取る人に対して、「お前ダメだ」とは言えないんですね。

ハンス・ヨナスが『責任という原理—科学技術文明のための倫理学の試み』を書いています。その名著の中で、彼は「恐れの中の感情」を大事にすべきと言っています。これを生物多様性の問題にあてはめれば、「1000万種の多様性が必要かどうかは誰も知らないのだけれど、誰も知らないから少し減ったって良いと考えるのはやめよう、どこまで減ったら生態系が崩壊するのかという最後の線についてだっ

て誰も知らないのだから、恐れを大切に、現状を守るようにすべきです」となるでしょう。まことにもっともな態度なのですが、後の重大事よりは目先のことにあくせくしているのが現代社会ですから、こうはなかなかいかないでしょう。後の返済のことを心配せずに、借金をし続けているのが今の日本ですからねえ。

後の重大事を考えるようになるためには、「私」というものを捉え直す必要があると思うんですね。現代人は、今のこの個体のみが私であると考えています。今の個体が生きている時間だけが「私の時間」であるし、身体が占めている範囲だけが私の空間です。「私」の範囲が時間的にも空間的にも非常に狭いものです。そこが問題だと言いたいのですね。

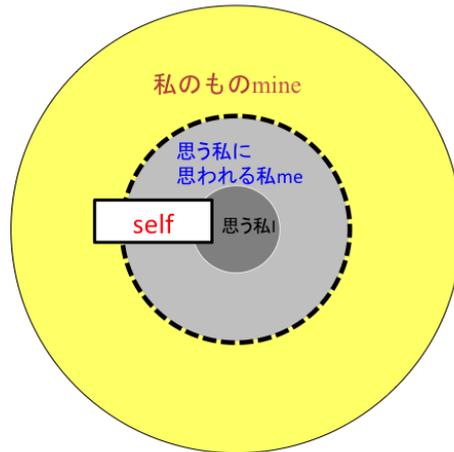
まず時間の範囲の問題。現代人は功利主義者で利己主義者ですから、各人が自己の利益を自由に追求します。ただしぶつかりあうことが出てくるから、渋々他人に配慮しますが、裁判で負けなければ配慮する必要はありません。そして次世代の人たちは裁判に立てませんから、次世代の人は配慮の対象にはならないのです。自分の世代のことだけ考えればよいわけで、資源が枯渇したり生物多様性が減少したりして次世代が困ろうが、地球温暖化で破滅的なことが起ころうがそれは自分の死んだ後のことならば関係ない、そういう態度に皆がなりがちなのですね。ずっと続くということに価値は置きません。ヨナスは「汝の行為のもたらす因果的結果が、地球上で真に人間の名に値する生命が永続することと折り合うように、行為せよ」と言います（「責任という原理」）。彼は生物に基礎を置くわけではありませんが、やはり永続を言うのです。

自分が死んだ後、人類がすぐに亡んでしまうと分かっている、人は安心して生きておられるでしょうか。未来に希望があるから、今を生きられるのではないのでしょうか。次世代に今の多様な自然を残せば次世代の私も生き残ることができるだろう。だからそのためにも今のままの生物多様性を残さなくてははいけないよねという、生物学的な世代間倫理が必要になると迂生は思うのです。でも先のことはまず考えないものですし、今の利己主義の時代に、利己主義をやめよう、次世代のことも考えようと言ったって、誰も聞く耳を持ちません。利己主義者には、利己主義に訴えるしかないんです。そこで、利己主義の己とは何かを考えてみようと言いたいんですね。子、孫まで含めたものが生物学的には「己」です。今の私だけが「己」ではないのだから、子も孫も含めた全部がトータルとして得になるような広い利己主義を考えるべきではないだろうか。こう主張すれば世代間倫理が成り立つんです。

環境は私である

次に空間の範囲の問題に移りましょう。デカルトの*cogito, ergo sum*「我思う、ゆえに我あり」という言葉の、*sum* (be動詞) は、ここでは「存在する」という意味ですが、*sum*を「である」ととって、「私は思うものである」と誤解されやすく、そうすると、考える脳が私であって、あとは私ではないとなりやすいんですね。だからこそ、脳死者から臓器を移植したって構わないんです。脳みそだけ自分だったら他のものは全部入れ替えてサイボーグになったって私です。これが西洋近代の考え方でしょう。

では仏教ではどう考えるかという、「私というものを、自分の意のままになって自分とずっと共にあるものだと考えているだろうが、自分自身ですら意のままにならないし、私は死ぬのだから、自分とずっと共にあるものではない、だから私なんていうものが存在すると考えるのは妄想である」とします。私のことを厳密に考えるとデカルト的になるか仏教的になるか、どちらかの両極端になってしまうものではないでしょうか。



ウィリアム・ジェームズというアメリカの心理学者・哲学者がいました。生物学を大学で学んだ人です。彼は、「思う私=I」と「思われる私=me」があり、その二つをまとめてselfとし、それが私だとするんですね。そして、meの境目は曖昧だと言います（図2）。彼の言を「心理学」から引用しますと、「人がmeというものと我がものmineというものとの間の区別をするのは困難である。……人のmeとは、考えうる最広義においては、人が我がものと呼びうる全てのものの総和である。単にその身体や心的能力のみでなく、彼の衣服も家も、彼の妻も子供も、彼の祖先も友人も、彼の名声も仕事も、彼の土地も馬も、ヨットも銀行の通帳もすべてそうである。…われわれは揺れ動いている対象を扱っているのである。同じ対象が、ときにはmeの一部として、ときには単にmineとして、さらに次に瞬間には全く関係ないものとして扱われるのである」。

他人が、あの人はこんな人ね、と思うと時には、素っ裸の私を見て判断しているわけではなくて、あの人は身なりが良いわねって、センスがいいもの持ってるわね、いい家に住んでいるわ、学歴がいい、大企業に勤めていて給料が高い、親戚に偉い人がいる・・・と、私が身につけたもの、家族、社会的な地位などのすべてを含めての私を見て判断しているものであり、素っ裸の私、過去の歴史も何もない私のことではありません。現実的に考えると、私というものはかなり周りに広がったものだという事になるでしょう。そして自分自身が自分が何者かを考える時にも、周りのものをふくめて私というものを考えるのではないのでしょうか。

ジェームズ流に私を広げていくと、私は地域の中で住んでおり、私は生態系の中で生きておりと、どんどんまわりに広がっていきます。自分の住んでいる生態系が無くなったら私は生きていけないんです。自分の生態系と私とは運命共同体なんですね。今、生物多様性がどんどんどんどん失われていますが、それは私たちが色々な生物をどんどんと撃ち殺しているわけではなくて、彼らの住んでいるその生態系、たとえば熱帯雨林のジャングルを切り開いたらそこにいるものが皆死に絶えてしまい生物多様性が減少していつているのです。環境が無くなったら私は生きていけないわけで、私と環境は一心同体であり、環境は私をの一部だと捉えてもいいのではないのでしょうか。

仏教では依正不二（えしょうふに）と言います。依報というのは環境です。正報というのは心身、不二というのは同じということ、つまり環境は私だと、そんな言い方をしています。吉川幸次郎は「論語」の中で、儒教のキー概念である仁を「仁とは連帯感の意であって、天地万物、すべて自己でないも

のではないと考えるのが、仁」と解説しています。こんなふうに考えると「私」の空間的範囲がぐんと広がります。

環境が安定して長続きするためには生物多様性が必要なんです。つまり、生物多様性は私というものの存続に必須。生物多様性を守るということは自己を大切にすることであり、「私」が永続するという「私」の究極の目的をかなえるために必要なことであり、だから広い意味での利己主義者は生物多様性を守るべきものなのです。

生物のデザインと「硬い文明」の問題点

ここまでは生物と生態系、そして「私」の話をしてきました。ここからがビッグ・ヒストリーの話になります。文明以降の人類の歴史に関することです。

人類の歴史の中で大イノベーションが幾つかありました。火・農耕・石器・鉄器・蒸気機関・電灯・車・コンピュータなど。文明を名づけるのに、石器時代、青銅器時代、鉄器時代と呼んでいますね。これは道具を作った材料の名前です。材料が文明を作るという呼び方です。これらの材料はみな、非常に硬いものです。こういう硬いもので効率よく生命を切り裂くのが狩猟、大地を効率よく切り裂くのが農耕。そして硬いもので野獣をはねつけて安全な家とする。それが文明だったんですね。「文明は硬い」ものです。切り開いてはねつけるんですから、自然には優しくない。まったく逆で、自然とできる限り相性の悪いものが文明なんですね。

近代以降になると蒸気機関が出てきます。蒸気機関は使うと楽に速くできます。紡績機を動かして物をたくさん作れ、汽車を走らせて速く物を運ぶことができます。そして20世紀は前半が車、後半がコンピュータの時代だったでしょう。これらは使うと速くできます。速いから物をたくさん動かせるし情報がたくさん集められる。つまり蒸気機関以降は「文明は速い」とまとめられると思います。

硬い文明と速い文明。それらと生物との間の相性がいいのかを問う必要があると思うのですね。生物のデザインと、文明の歴史が作りだしてきた人工物のデザインとの間の関係です。生物のデザインとしては、①身体を作っている材料の設計思想、②身体の形のデザイン、③生物の時間のデザインの三つを取り上げて考えることにしましょう。材料と形は空間を占めるものです。それに時間。時空があってそれを身体が占めています。身体の空間と時間のデザインがどうなっているかを見て、では文明の作りだしたものはそれと比べてどうなんだろうかと問うていきます。

①身体を作っている材料

生物の身体を作っている主な材料は水なんですね。身体の6割以上は水です。細胞の中身に至っては8割が水。なぜそんなに水なのかというと、生物は太古の海で生まれたからです。高分子が、周りの水とともに自身を油の膜で囲って包んで、「ここから内側は俺だ」として生命が誕生した。それが細胞に当たるわけです。なぜ海で生まれたかと言うと、水溶液という状態は常温・常圧で化学反応が起きやすい状態なんです。固体だと分子が動けませんから分子同士が衝突できず、化学反応は起きません。気体や液体だと動けるから反応が起きますが、気体は常圧では分子と分子の距離が非常に離れていますから衝突が起きにくい。だから液体がいい。液体の中でも水溶液がいい。水は非常に多くのものを溶かすことができるからです。そして水は地球にふんだんにあります。だから私たちの身体は水で出来ていると考えられます。

生物は水っぽい材料で身体が出来ていて、それが反応をどんどん起こして働きます。そのような材料はアクティブになります。アクティブだから多機能なのです。たとえば皮膚は物理的や科学的な保護・センサー・体温調節の役割も兼ね備えています。一方、工業においては、たとえば鉄という材料で箱を

作って内部を守り、センサーはセンサーで別、クーラーもヒーターも別と、鉄は物理的保護しかできないから、化学的な保護には別の素材で膜を作って、というふうにそれぞれ別に作ってとりつけますから、多機能にするほど装置はどんどんごつくなります。昆虫があんなに小さくても多数の機能もっているのは、色々な機能を果たすことが出来る材料（たとえばクチクラ）を使っているからです。ただし水っぽくて反応性が高く多機能である反面、手をかけていないとたちまち自己分解したりバクテリアに分解されて地面に帰ってしまいます。工業製品は完成したら出来るだけ反応が起こらないようにします。そうすれば長持ちします。そのために乾燥させる。木も乾燥して使います。だけど反応が起こりにくく製品を作れば作るほど、不要になっても分解されにくく、リサイクルが利きにくい。だから廃棄物の山ができてしまうことにもなります。

②生物の形

生物の多くは、円柱形が組み合わさってできています。われわれの場合は、腕・指・脚・胴体・首・骨・血管・腸・神経と、身体の中も外も皆、円柱形です。ミミズやヘビやウナギは、円柱形そのものです。木も幹・枝・根は円柱形。円柱形は丸くて長い形です。生物はエネルギーを手に入れなければいけません。植物なら光を集めやすい形、動物ならより速く動いて餌をつかまえやすい形が望ましい形であり、それに円柱形がぴったりだからです。

木なら背が高い方が、光を邪魔する物の影響を受けにくく光合成しやすいし、高層建築にすれば単位土地面積あたり光合成器官である葉をたくさん配置できます。だから丈高い細長い形がいい。ではその断面はどんな形がいいかというと、光は満遍なく四方から注ぎくるから、どの方向にも偏りない円形がいい。また、物は薄い方向に曲がりやすいものですが、円いとどの方向にも同じ厚さだから弱い方向がなく強いんですね。さらにもし幹が真円でなければ、風が吹いてくると幹が翼として働いてしまい、曲げる力が加わって危険です。ですから丸くて長い円柱形は、木にふさわしい形なのです。

動物の場合、進んで行く前面の面積が大きいと水や空気の抵抗が大きくなります。そこでその面積を小さくする。すると内臓を入れる体積を確保するためには、体を細長くするしかない。進行方向に対する左右上下で非対称だと、まっすぐに進めませんから、円柱形の体形になります。陸の動物の場合、脚が細長い円柱形です。動物は胴体と脚の付け根の筋肉を動かして脚先を動かして大地を蹴ります。脚が長ければ長いほど、脚の先端の動く距離が大きくなり、速く走れます。これは槌子の原理です。脚は軽いほど動かすエネルギーが少なくて済みますから、細くした方がいい。だから脚は細長くなりますが、すると折れやすくてたわみやすくなります。一番たわみにくくて強い断面の形が円ですので、脚は丸くて長い円柱形になります。

以上の考察から、水を膜で包んだもの（細胞ならば細胞膜、個体ならば皮膚が膜に相当）が生物であり、だから生物の基本はふにゃふにゃと軟らかい。つまり生物は丸くて水っぽく軟らかいものです。それに対して、人工物は四角くて硬くて乾いている。デザインが真逆なんですね。結局、技術というものは、丸く軟らかく水っぽい生物を、四角くて硬くて乾いていて角があるもので効率よく切り裂く。これが文明が硬いという意味です。硬ければ角が作れるのです。我々の技術は、生物にできるかぎり優しくない物を作るべく努力してきたのでした。そういう生物に対する「敵対感むきだしの」製品に取り囲まれているのが文明生活です。そんな中で私たちは安心感を感じられるのでしょうか。幸せと感ぜられるものなのでしょうか。

③生物の時間のデザイン

時間というとは普通は時計で計るものであり、万物共通のもので、その背景にあるのが古典物理学の絶対時間です。なにものにもよらず一直線に一定の速度で同じ方向に進んで行って戻らない、直線的な

時間が絶対時間です。これが普通にイメージしている時間ですが、生物の事を考えると本当にそれでいいのか疑問に思えるのです。

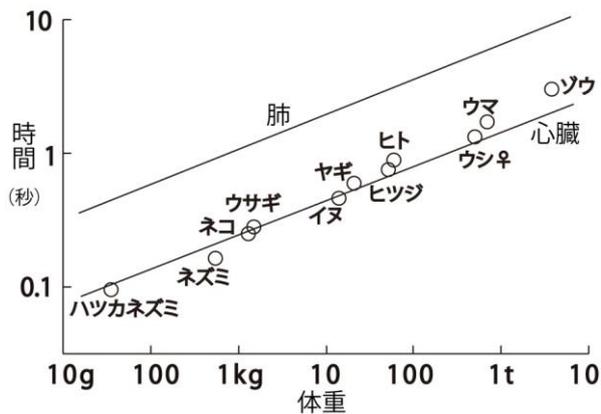
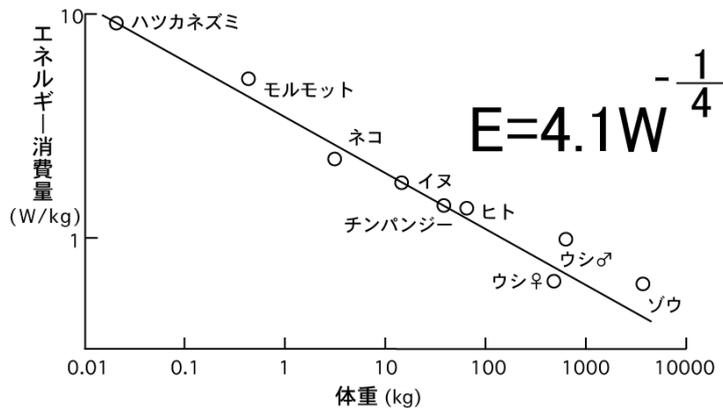


図3は心臓の1拍の時間です。縦軸が時間で横軸は体重。ハツカネズミからゾウまで、さまざまな大きさの動物のデータがあげてありますが、身体が大きいものほど1拍の時間が長くなっていきます。このグラフは縦軸も横軸も対数目盛です。こうして両対数グラフでプロットすると、体重と心拍の時間は直線関係になる。両対数グラフで直線とは、時間は体重のべき乗の関係になるということです。直線の傾きがべき乗の乗数を表します。この場合は0.25 (すなわち1/4)。1/4乗ですから、心臓一拍の時間は体重が10倍になると2倍くらい長くなる、そしてまた体重が10倍になると2倍長くなる、そういう関係です。

心臓の直線の上にもう一本、肺の動き、つまり1呼吸の時間のグラフも載せてあります。これもほぼ心臓と平行な直線となっており、つまり呼吸の時間も体重の1/4乗にほぼ比例しています。じつは身体の中で起こっている繰り返しの時間はかなり多くのものが体重の1/4乗にほぼ比例するのです。たとえば、心臓から血が出発して体内を一巡してまた心臓に戻るまでの時間とか、大人になるまでの時間、寿命など。以上は、動物の時間がそれぞれの動物ごとに異なるのではないかと思わせるデータです。

さて、こういう身体が大きさが変われば何がどう変わるかという研究を動物スケーリングと呼びます。この分野は、身体大きさによりどれだけ餌を食べる量が変わるかの研究から始まりました。動物が餌を食べるのは、餌からエネルギーを得る必要があるからです。食べる量とエネルギー消費量とは正比例しています。そこで、身体大きさとエネルギー消費量との関係を調べたのです。

エネルギーを使うのは細胞です。細胞は身体大きさには、ほとんどよりません。ですから細胞の数に比例しただけ個体はエネルギーを使うということになるでしょう。細胞数は体重に比例しますから、体重に比例しただけエネルギーを使う。だから、体重あたりにすれば、エネルギー消費量はどの動物でも同じになるはずですが。しかし実際に測ってみると、身体大きいものほどエネルギーを使わないのです。体重当たりのエネルギー消費量は体重の $-1/4$ 乗に比例する、つまり体重の $1/4$ 乗に反比例します(図4)。ここでも $1/4$ 乗が出てくるのです。



エネルギー消費量は体重の $1/4$ 乗に反比例し、時間の方は体重の $1/4$ 乗に正比例します。だから時間とエネルギー消費量は反比例の関係になります。時間の逆数は時間の速度と考えられますから、「エネルギーを使うと時間が速く進む」のが動物の時間です。

なぜ時間とエネルギー消費量が関係するかのところで、先ほどの伊勢神宮の話につながってきます。生物はずっと続いていく。そのためには体を更新させなければなりません。体を更新する時にはもちろんエネルギーが必要です。身体を更新する、つまり世代交代の速さとエネルギー消費量は正比例することになるでしょう。だから時間の速度とエネルギー消費量は正比例すると考えても良いのではないのでしょうか。

生物においては時間が回るようになっていきます。エネルギーを注ぎ込んで真っさらな状態にしてやる、つまり時間を回して元の状態に戻す。そうやってくるくる回っていれば永遠に続く。

日々の身体内の反応でも、やはりエネルギーを注ぎ込んで時間を元に戻すという例がたくさん見られます。たとえば筋肉の収縮において。ミオシン分子の頭がアクチン分子を捕まえてカクンと首を振る。すると筋肉がわずかに縮む。首を振るときにATPのエネルギーが使われます。カクン・カクン・カクンと早く首を振ればよりエネルギーが消費され、より速く筋肉は収縮する。つまり収縮時間の速度とエネルギー消費量とが正比例します。首を振るとは働いて壊れたと言っていいでしょう。そこにATPのエネルギーを注入して元の首を振る前の壊れていない状態に戻してやる。そうすることにより、筋肉はずっと働いて行けます。これをミオシンサイクルと呼びますが、このようなサイクルを描く反応が身体の中にたくさんあります。筋肉は個体のエネルギー消費量の $2/3$ を占めていますから、身体の時間の速度がエネルギー消費量に比例する関係が生じるのは、もっともなことでしょう。

現代における時間環境の破壊

さてここまでは身体の時間の話。では私たち文明人の暮らしの時間はどうなのかと考えてみると、やはり時間はエネルギーを使えば速くなると思うんですね。なにせ私たちは車や、携帯やコンピュータなど、便利な機械に取り囲まれて暮らしています。便利とは、それを使うと時間が短くなる。だからエネルギーを使って時間を速めているわけです。エネルギーを使うと時間が速くなるという関係は、私たちの日々の生活でも成り立っています。現代はビジネスの時間が世を席卷していますが、ビジネスとは busy + ness 忙しい事、つまりは時間が速いことなんですね。エネルギーを注ぎ込んで時間を速くする。すると同じ時計の時間の間にたくさん物が作れたり情報が集まったりして金になる。これがビジネスです。時は金なりとはその事です。

逆に消費というのは、お金を払ってエネルギーを買う、そしてたとえばガソリンを買って車を動かし

て速く行けば、余裕の時間が生まれてくる。それを使ってさまざまに楽しむ事が出来る。金とエネルギーと時間とが三つ組みになってくるくる回っているのが現代生活だと迂生は理解しています。

より速くすることに技術は寄与しており、技術はより速くを追求しています。その恩恵を日々受けているのは確かなのですが、より速い事が無条件でより幸福につながるのかというところは考えなくてはいけないでしょう。

現代日本人のエネルギー消費量は、体が食べて取り込むエネルギーの 30 倍です。もし社会生活の時間もエネルギー消費量に正比例して速くなると仮定すれば、私たちの社会生活の時間は、石油や天然ガスなどのエネルギーを使わなかった縄文人の暮らしの時間よりも 30 倍速くなっていることになります。迂生の子供の頃（まだ車が珍しかった時代）を思い起こせば、生活のペースが桁違いに速くなっているという実感はありますね。でも、心臓の拍動のペースは同じ体重のヒツジと同じ。だから、身体的时间が昔のままのはずです。それなのに、暮らしの時間が桁違いに速まってしまった。こんなに速くなった社会の時間にちゃんと身体が追いついていけるのだろうか。追いついていくのにあっぴあっぴあして、それがストレスになってみんな不機嫌になっているんじゃないの、疲れているんじゃないの、だからこんなに豊かで便利になっても 2 万 4000 人も自殺するんじゃないのと考えても、それほど見当外れではない気がします。残業が多すぎての自殺が問題になっていますが、電灯のない時代だったら、残業のしようもありません。

時間というのは、その中でわれわれが生きていく環境の一要素だと思います。環境は安定していてこそ、その中で安心して暮らしていけますし、もちろん、環境は私たちが適応可能な範囲でなきゃいけません。ところが現在、エネルギーを使ってどんどん時間環境は速くなっており、安定していません。そして、適応可能な範囲をもう超えているかもしれないんですね。これは「時間環境の破壊」と言っている事態だと迂生は思います。時間環境をもう少しゆっくりにする必要があるのではないかと。解決策は簡単です。エネルギー消費量を減らせばいい。そうすればエネルギー問題も解決し、地球温暖化問題も解決してしまいます。エネルギー消費量を減らせば物資の生産速度や消費速度が抑えられますから、資源の枯渇の心配が減り、熱帯雨林の開発もしなくて済む。そうなれば生物多様性の問題だって解決します。サンゴ礁の白化は温暖化によるものですから、これも阻止でき、サンゴ礁での生物多様性の減少も止められます。

時間環境問題を解決することが重要

現代の私たちが直面している大きな環境問題の全ての根っこに「時間環境問題」があり、これを解決すれば全部解決してしまいます。でも、時間環境なんていう認識を持つ人はいません。なぜかというとなニュートンの絶対時間的な考えが世を支配しており、何をしたらって時間は変わらない、時間是不変の速度で進む普遍的なものだと皆が考えているからです。このニュートンの絶対時間的な考えに背景にあるのはキリスト教の神の時間です。神の時間は創世の時から世の終末まで一直線に流れていきます。私たちが何をやって時間はず変わりません。ニュートンはプリンキピアというすごい本を書いて、その中で彼は絶対時間を言うのですが、プリンキピアを読んでみると、本文中には書いていないんですよ。注のところにちよろっと「時間は…だれにでもよくわかっていることとして、規定しませんでした」と書いてあります。キリスト教徒にとって、時間は神の時間以外あり得ないから説明するまでもないものなんです。その時間をニュートンが古典物理学の中に持ちこみ、その時に、神の時間とは書けないから絶対時間と名づけたわけ。今は科学の時代であり、市民はみな古典物理学的世界観を学校で学びます。そして古典物理学を支えている絶対時間を頭から信じて疑わないのが、現代社会でしょう。ここ

に問題があります。

絶対時間に対応するものも、たぶん存在するのでしょうか。でもそのような時間の中で、生きものたちはそれぞれのペースで生きています。そういう生きもののペースを生きものの時間とし、生きものを扱う際には、それを主役にして考えなきゃいけないのではないですかと言いたいですね。「生きものファースト」です。

138億年のビッグ・ヒストリーの最後の4000年において、われわれ人類は、硬い道具で自然を切りとり、蒸気機関・内燃機・コンピュータという時間加速機によって、より速く自然から物を取り出して使えるようになりました。これは偉大なことではあるのですが、ずっと続くという生物の根本思想と、今や抵触する事態に立ち至っています。より硬く、より速くはそろそろ卒業して、さらなるビッグ・ヒストリーを作っていくことを考えねばならぬ時期に来ているのではないのでしょうか。それを作るのは君たちの責任です。

質疑応答

学生：僕は、小学校3年生の時に理科を始めるわけですが、その時からずっと苦手だったんです。理科は何を言っているか全然分からなくて、疑問も多くて、例えば化学式だったらこれとこれを足したらこうなるんだよ、とか計算で分からないことがいっぱいあるので大嫌いだったんですけど、本川先生の、先ほども話してくださっていた「生き物は円柱形」の歌を聞いた時にすごく分かりやすくて、曲だから頭にも残るしなぜそうなのかというのがよく理解できたんですね。

今回の授業とはちょっと関係ない質問になるかもしれないんですが、どうやってそういった曲、ポップな曲調で理科の難しい話題を作っているのか、歌詞とカリズムとかどうやって考えているのかなっていうのをちょっとお聞きしたかったので、お答えいただけたらと思います。

本川：沖縄に長い事いたんですけども、沖縄では歌が根づいてましてね。その辺の飲み屋のおばちゃんがたちまち、今、目の前で起こった事を、自作自演の歌にして振付けまでして踊るんです。あれを見てすごいなあって衝撃を受けました。私は子供の時からバイオリンやフルートを習っていましたし、小学校から大学まで合唱団にいましたので、音楽には時間もお金もかけ、それなりの腕前はあったのですが、でも自分で音楽を作ろうなんて思ったことはなかった。素人は作詞作曲などという不遜な事はやっちゃいけないと思っていたんですね。それが、音楽ってプロだけのものではないと、沖縄で分かったんです。芸術性などまったく無縁のものなら、俺にだって作れるのじゃないか。そこで生物学の歌を作ってみたら、簡単にできちゃったんですね。教養の文化系の1年生に生物学を教えていたのですが、みんなよく寝るんです。試験も酷い点数だった。そこでこの授業のポイントは何か、キーワードを並べた歌にして、居眠りし始めたら歌う。そうするとみんなぱっと目が覚めるんですね。沖縄だからノリがよくて物凄く盛り上がる。一番大事なところを歌詞で教えるようなものですから試験の成績も上がる。歌にすると覚えやすいし、面白いんですよ。

学生：ということは、本川先生は沖縄出身の人なんですか？

本川：違います。北の方の人間です。

学生：先ほどの話を聞いていると、生物というのは環境の中で与える・与えられるという調整を受けながら、サイクルの中で生きているのだと思うんですけど、そうすると生物というのは環境に対して適応し調整されるものであってするものではないと思います。ところが、人間というものは数の力を持ちすぎているのではないか。その結果、調整をされるのではなく環境や他の生物を調整しているのではない

か。であれば、倫理観というものを失くして考えれば、人間というのはまさに調整されるべきなのではないかなと思うんですが、その辺りはどう思うのでしょうか。

本川：生物というのは環境に適応します。あるいは環境に自分自身を開いていて、環境に影響されて自身を変えるのが生物です。それに対してあなたの言う「調整」は、自分自身は環境に対して閉ざしてしまって、こっちが環境に適応するんじゃなくて環境を自分自身に適応するように変えていくということですね。そういう意味では文明は調整するわけです。自分に必要のないような生物多様性というものは全部排除しちゃって自分だけが生き残るという形に調整している。それをどんどんやって、はたして人類がずっと続いていけるのかは大問題です。持続可能にするためには環境も持続可能にしなければなりません。もちろん宇宙に出て行けば良い、地球みたいな星はまだいくらでもあるんだという議論もあって、技術者というのは、地球なんかどうなったって良いから宇宙開発にお金を出せという事を言う人たちがいないわけじゃないんです。でもね、自分の足元を大事にするのが常識的で健全な発想でしょう。技術は、できることは何でもやっちゃいますから、きわめてあやうい面があります。軍部を文人がコントロールしなければいけないように、技術者たちを普通の市民がコントロールする必要があります。

学生：有り難うございます。やはり人間は自分自身の環境と相反する技術を用いて手を加えているわけですけど、そういう意味で考えて、ビッグ・ヒストリーという点で考えるのであれば、極端な話、人間というのは技術を持っている以上、地球に対して害悪的なものに捉えられる面も考えられるのではないかなと。であれば人間は今の、自分たちの環境と相反する技術・知識を使って既存の環境を守っていくべきなのか、それともそれをどうにかして環境に即した形に変化させていくべきなのかどちらだと思いますか？

本川：両方やれば良いんじゃないですか。結果として環境を守れるのであれば。

学生：先ほどはじめの方に、生命は「私」を更新し続けて続いていっているとおっしゃっていましたが、僕は双子なんですけど、双子っていうのはどういう意味合いで生まれるのでしょうか。

本川：たまたま1個の受精卵が発生の過程で二つに分かれてしまった。これは間違ったとも言えますが、子供は、育つなら多ければ多いほど良いわけだから、ちゃんと二人とも育てていれば、かえってずっと良かったのであり、万々歳ですね。

学生：時間環境を適切に、もっとゆっくりにすればとのことでしたが、具体的にはどんな事が出来ると考えてらっしゃいますか？

本川：エネルギー供給を止めれば時間はゆっくりになります。東日本大震災の時がそうだったでしょう。でも強制的にはそれはできません。そこで自分でルールを作って23時になったらテレビもネットもやめて寝る、歩ける距離は乗り物を使わない、都会では自家用車を持たない、などなど、自分でやればできることはあると思いますよ。桜美林の学生だったら、日曜は安息日として、余計なことをせず、ただ祈り、聖書を読めば、ゆったりとした永遠の神の時間で暮らせるのではないのでしょうか。週に1日ぐらい、世俗の忙しい時間から離れてみるのは、精神の健康のためにも、いいことだと思います。この忙しい時間が支配している現代において、精神の健全さを保つためには、仕事中はどうしても忙しくする必要があるのでしょうから、夜や休みの日は、意識的にゆっくりと、身体の時間にあった、つまりネットやテレビと付き合わずにゆっくとした時間を作り出す努力をする必要があると思います。