

シヤールレの中の小宇宙

——粘菌から学ぶ未来社会のかたち

山形与志樹

1) 細胞性粘菌の研究

卒業研究で配属された研究室は、東大駒場キャンパスの銀杏並木沿いに佇む、古ぼけた学生実験用の研究棟三階にあった。独特な匂いが染みついた生物学教室の廊下には、年季の入った実験装置がところ狭しと置かれていた。おもむろに研究室の戸を開けた私を、研究指導を受け入れてくださった林俊郎教授（植物学）の温かいまなざしが迎えてくれた。

「この机を使ってください。」研究室を案内しながら、先生はこう言われた。大学で初めて専用に使うことが許されたその机は、木製ですっかり黒光りしていた。これまでどれだけ多くの大学院生が、この机で研究してきたことだろう。部屋いっぱいには顕微鏡や無菌培養実験の設備が並んでいた。

隣の部屋の先生の中には論文がうず高く積まれており、教授の研究生活を垣間見た気がした。大学の研究室に初めて立ち入ることが許された日のことは、今でもよく覚えている。

四十年前、ちょうど二十歳になった私は、教養学部に新設されたシステム基礎科学科に一期生として進学した。その学科はスタート時、たった八名の学部生に二十三名もの自然科学や工学系の教授陣という顔ぶれであった。新設学科の設立をリードされた平澤冷先生（科学技術政策）には、後に博士論文の主査にもなっていたのだが、未来工学研究所理事長として活躍されている先生とは、今でも連携させていただいている。

その学科は、システム工学的な数理・シミュレーション手法を自然科学や社会科学に応用する教育研究を目的として

設立されたが、多様な教養学部の教授陣が、参考となる教育モデルがない中で日々暗中模索しつつ、講義や実験・演習の準備を進めてくださった。昨年、私自身が慶應大学のシステム関連学科に着任し、改めて分野横断的な教育の難しさを実感しているところだが、当時の先生方のご苦労はいかばかりのものだったかと頭の下がる思いである。

その新設学科の二年間のカリキュラムは、数理・情報・システム工学的な手法、最新の物理・化学・生物学の実験、三宅島での現地調査、計算機演習、自然系・社会系の応用システム系の講義と充実していた。駒場祭で「システムとは何だろうか」というシンポジウムを企画した際の、「我々は反面教師であり、学生自ら考えて新しいシステム科学の分野を開拓してほしい。そのためには個別分野の専門家になつてはならない」と言われた教授の言葉が今でも強く印象に残っている。このように新分野の研究に直接、教授の先生方と議論しながらチャレンジできるとは、今にして思えば極めて稀で贅沢な教育環境であった。

そのほかにも、人文・社会系の授業をたくさん履修できたことが自分にとって重要なことであった。以前から少しばかり興味があった科学哲学科の授業では、広松渉、村上陽一郎、佐々木力などの論客の先生方から直接に教えていただいた。これをきっかけに、システム哲学者でもあるホワイト

ヘッドの「有機体の哲学」や、「存在と意味」や「生活世界」について学ぶ機会となった。実はこの学科への進学の前には、私は一年留年している。一度は数学科に進学したものの、到底数学研究者になれる実力がないことを自覚し、医学部に一人だけ進学できる枠と新設学科へのチャレンジのため、統計学の単位を（わざと）落として進学振り分け試験を受け直したのだった。留年は決して人に勧められることではないが、その時の私にとってこの一年の自由時間は極めて貴重であった。当時、大学では禅の同好会（稜禅会）と学生俳句会（東大ホトトギス）に在籍していたが、本郷では有馬朗人先生、駒場では小佐田哲男先生より薫陶を受けた。駒場の時計台下にあった小佐田研究室で毎週、句会の後に持たれていた楽しい懇親会のことを今でも懐かしく思い出す。公園をはじめとして、東大の寮がある妙高高原や下田などの各地に吟行に出かけ、自然や身の回りの出来事を見つめては俳句を創って批評し合う句会の進め方は、不思議とその後のフィールド研究者の道に通じている。日本文化の根底には、移ろい行く自然や社会に対して「もののあわれ」を感じる情緒が脈打っている。それを身にしみて感じる事ができるのが旅である。終の棲家を探し求めつつも、諸行無常のこの世をどこか達観して、一期一会の飯の庵の「わびさび」を楽しむことができるのは素晴らしいことではないだろうか。

駒場キャンパスの端っこに、一高時代から続く「三昧堂」という禅堂があることを知っている人は少ない。陵禅会では、卒業生とともに定期的に持たれていた三昧堂での座禅会や、海外からも多くの参禅者が集っていた三島の龍澤寺で、夏と冬に開かれた二週間の「接心」に参加し、故・中川宋淵老師（東大文学部卒）や鈴木宗忠老師などに親しくご指導いただいた。こうして『臨濟録』について学びながら参禅できたことは、私にとつてまさに西田が言うところの「直接経験」の体験であり、それが後の環境研究者としての価値観の基礎となったように思う。そこで高校時代から関心のあつた西田哲学が依拠する東洋的世界観や、行為的直観によつてものごとの本質を理解するという考えを、苦しい参禅の修行を通して初めて少し体で理解できたように思われた。その後、私自身はクリスチャンとなつたのであるが、この時の貴重な参禅経験を日本における自然と人間の関係を考える観点としてこれからも大切にしたいと思つている。

すっかり脱線してしまつたが、話を卒業研究に戻そう。生物教室の林先生は、親切にも毎日お茶の時間になると両切りの缶ピースをくゆらせては、煙の向こう側から目を細め、穏やかな口調で研究や社会に関する話をいろいろとしてくださつた。今となつては自分が何を話したかは詳しく思い出せないが、ある日、「自己組織化する生命の神秘に関心があ

るのですが、それについて研究するにはどのようなテーマが考えられるでしょうか」と質問させていただいたことは覚えていた。

生きているシステムとは何だろう。単なる物理的なシステムとは全く違う、生命の世界の神秘に私は惹かれていた。まだ高校生の頃、量子力学で有名なエルヴィン・シュレディンガーの『生命とは何か——物理学者のみた生細胞』という本を読み、物理的な説明では生命の本質は捉えられないと思つたことが、この問題を考え始めるきっかけだった。しかし、当時話題になつていたりチャード・ドーキンスの『生物Ⅱ 生存機械論——利己主義と利他主義の生物学』が生物進化を利己的な遺伝子間のゲームとして説明する理論は、全ての生物進化を説明する万能の理論のようであるが言いようのない違和感を覚えた。一方、神学者でもある科学哲学者らは、時計が海辺に落ちていたのを見つけた人はその時計が自然にできたと思うはずがないように、偶然だけでは物理や生命の精巧なシステムの進化を説明することが困難であると論じた。高度な法則に従う自然の存在を説明するために、創造者として神の存在証明を試みている神学には心惹かれたが、やはり形而上学的説明では科学的には納得することが難しい。

ここで哲学史の専門知識もない私が僭越なことを申し上げ

げることをお許し願いたい。デカルト以来の連続創造説からベルグソンの「エラン・ヴィタール」へと発展し、やがてホワイトヘッドの有機体哲学へつながるシステム哲学の系譜が、私には最も深い理論であるように思われる。特に *Prelension* に注目してシステム論の観点から実在論的な説明を行うホワイトヘッド哲学の立場は、高校生の時に初版版を丸善で購入して以来、未だに理解できていない『*Process and reality*』に詳しく執筆されているが、難解ではあるが今でもさらに深く学んでみたいと考えている。

いずれにしても、生命と物理的なシステムには明らかに違いがあるが、その差はどこから来るのか。物理学では説明できない生命の生きたシステムが、自己組織的に秩序を形成するとはどういうことなのか。その時、林先生に、自分にはこのような疑問があって生物学教室で卒業研究をすることに決めたとという話をさせていただいたような気がする。「それなら、君の研究テーマとしては、きつと細胞性粘菌を調べることが面白いのではないか。」そんなある日、先生はこう言われたのだった。

日本でも昔から、世界的博物学者として有名な南方熊楠（みなかた・くまぐす）をはじめ、粘菌を発生学の観点から研究した多くの先輩研究者がいたことは後日、知ることになったが、その時はまだ何もわからなかった私は、早速、細

胞性粘菌に関する書籍（前田ら、1978）や論文を調べ始めた。すると先生が話された細胞性粘菌（キイロタマホコリカビ）というものが、自分が想像もしていなかったほど不思議な生き物であることがわかった。植物でもなく、菌類でもなく、動物でもない。いかなる分類にもあてはまらず、変幻自在に生きる細胞性粘菌に生命の神秘を感じた。

林教授の勧めに従って細胞性粘菌を研究テーマとして選ぶことにした私は、当時、首都圏で細胞性粘菌の唯一の研究グループであった立教大学の生物学教室を紹介していた。また細胞性粘菌を実験用に株分けしてもらい、自分で培養して観察実験を開始した。それからの私の生活は、粘菌の培養と観察の日々となった。細胞性粘菌は、餌がなくなると危機信号を発して細胞間でコミュニケーションをし、それによって単細胞の細胞が集合中心に集まる行動をする。まるで細胞が社会を形成するようなプロセスに非常に関心を持った私は、コンピュータでその集合現象をシミュレーションすることを自分の研究テーマにしようと考えた。

細胞性粘菌は餌がある限り単細胞で生活できる。しかし周りに餌がなくなると飢餓状態に陥ると、他の細胞に危機的状況を知らせる化学物質（サイクリックAMP）を分散してリスクコミュニケーションを開始する。信号を受け取っ

散方程式で記述するには少々無理があつたが、このモデル結果や細胞性粘菌の行動をセンサーで実測して検証することは当時の技術ではまだ不可能だった。結果として十分な検証もできず、似たような集合分布パターンが示されたのみで、とても外部に発表できるような研究ではなかつたが、それでも新設学科の第一号の卒業研究としてはある程度、意味があつたかもしれない。今であれば、細胞間リスクコミュニケーションというものは、社会ネットワーク分析や行動変容論などといった数理社会科学的手法を用いて研究する必要があると思われる。生命がリスクコミュニケーションを通じて協力することにより、危機的狀態からどのように持続可能な状態へと「かたち」を変えていくのか。そのプロセスについて、ゲートのモルフオロギアの観点からもさらなる研究発展が期待できるかもしれない。(その後、この分野の最新研究を私自身はフォローできていないが、もし最新の関連研究をご存じの方がおられたら是非、研究動向をご教示いただきたい。)

このように細胞性粘菌からは、細胞が集合する現象を理解するだけでも現実社会への示唆が多く得られる。さらに、この細胞性粘菌が危機に陥ると分化して新しい集合体の「かたち」である多細胞生物「ナメクジ体」となって新天地に移動する様は、人間になぞらえれば集団疎開とでも言うのだから。

うか。「ナメクジ体」は、十分に餌が期待できる遠いところまで移動すると、そこで「子実体」という一種のキノコのような形態となり、胞子を生産して周辺に子孫を拡散させる。この時、最初に集合中心となつた細胞は、「子実体」の枝(え)となつてその役割を終える。後から集まつてきた細胞たちは、こうして単細胞体としての新たな人生を再びスタートさせるのだ。現在、ロシア侵攻と闘い続けるウクライナのゼレンスキー大統領のように、真のエリートとは自らを犠牲にしながら、リーダーとして集合中心となつて多くの人を救うものだ。こんなに小さな細胞性粘菌からも、この世の「いのち」をつなぐことの本質を学ぶことができるように思う。

残念ながら、リスク信号に反応し切れず取り残された細胞性粘菌は、そのまま移動できず死ぬことになる。人間社会にも偽りの情報があふれているが、その中から真のリスクを伝える正しいメッセージを見極めることこそ死活問題であることは言うまでもない。

このように他の生き物が想像もできないような方法で、環境の変化に応じて細胞性粘菌が「単細胞」と「多細胞体」という状態を变幻自在に行き来して生き延びる姿は、まさに生命の神秘そのものであった。極めて順応性の高いその特異な生態から、「生命とは何か」という問題について考える際には、全体的なライフサイクルを見据えてシステムの観

点から考える必要があることも深く教えられた。すなわち、「細胞性粘菌が何であるか」ということは、単細胞としての個体を見るだけではわからない。また、単細胞が集合して変容した多細胞体の「ナメクジ体」や次世代を生み出す「子実体」は、それぞれ機能が全く異なった「かたち」を持つているが、どちらが本来の細胞性粘菌の姿だと言うこともできない。確かにこの場合、単細胞であっても多細胞体であっても、それぞれに「いのち」があるのだ。細胞性粘菌の真の姿とはむしろ、変幻自在なその独特の生き方そのものにあるのではないだろうか。同様なことが、アリとかハチなどの社会性昆虫にも言える。確かにそれぞれの個体には「いのち」があるが、極めて統率されたその集団にも「いのち」があると考えられることもできるだろうか。この場合、その「いのち」がどこにあるのかという問いに対する答えは、何をもって「いのち」があると考えられるのかという定義によるであろう。翻って人間社会を考えてみたい。人の「いのち」とは何だろうか。もちろん個人それぞれに「いのち」がある。しかし人が集まり、協力して作り上げているこの社会にも、ある種の「いのち」があるのではないだろうか。これは今日まで答えが見つからない長年の私自身の「問い」でもある。もし社会に「いのち」があるとすれば、都市の「いのち」というものも考えられるのだ。

実際、物質面から考えれば、都市は多くのものを吸収し、生産しては消費する。その姿はあたかも、成長と衰退を繰り返すひとつの生物の代謝プロセスのようにも見える。だがその都市に、集団として意思決定する独立した精神的実体があると考えることが果たしてできるのだろうか。確かに現代社会の都市では、民主主義的なプロセスによって自治体の首長を選び、住民の総意を実現することが求められている。とは言え、細胞性粘菌のナメクジ体（多細胞が分業して行動する状態）のように、都市そのものにひとつの独立した「いのち」があつて自律的に行動する存在だと普通は考えない。私は決して個よりも全体を重んじる全体主義論者ではないが、都市にも自律的な「いのち」があるのではないかと考えている。すなわち、首長のリーダーシップのもとで自治体の組織をはじめとして、企業やNPOが役割分担して協力し、時には反対意見で対立することはあつても、最終的には目的に向かつて一つのシステムとして進んでいるように見えるのだ。

こうして細胞性粘菌の生態を知れば知るほど、生命の発生について「いのち」とは何かということを変えて考えるようになった。あえて言うならば、この世界における個と全体の関係というものは、実は便義的なものであつて、時とともに移ろいゆく環境の変動に合わせて、臨機応変かつ適応的に変化で

きるシステムとしての「いのち」そのものが、この世界に誕生したとも言えるのだらう。もちろん細胞性粘菌は例外的な生物であるが、その原初的な生きざまは、私たちに「いのち」というものの本質を示してくれているように思われる。そして、環境変動に臨機応変に適應するこの融通無碍な生き方にこそ、これからの危機の時代に生き残る真に持続可能な未来社会のあり方のヒントがあると私は考えている。

2) 生態系に見られる循環(湿原や森林の研究)

大学卒業後、公務員試験(情報工学職)を受けた私は、筑波山と田んぼに囲まれたつくばの研究所(当初は農林水産省農業環境技術研究所、数年して国立環境研究所に転職)に就職した。それまで都会で生まれ育った私にとって、のびのびした田舎暮らしは新鮮であった。そこで研究者として初めに取り組んだテーマは、湿原や森林を現地調査と人工衛星(リモートセンシング)のデータを比較して、空から地上の生態系の変化を監視(モニタリング)する研究であった。

人工衛星や航空機で測れる鳥瞰的な画像情報は、地上の全体像を知る上で大変に役に立つ。特に最新の技術発展により、我々人間が見ている可視光線だけでなく、近赤外線、熱赤外線、レーダの反射を用いて地球上のさまざまな地域の状

態を詳しく観測できるようになった。例えば植物というものは、青や赤の波長の光を吸収して光合成をする一方で、他の大部分の近赤外線を反射している。このため近赤外線で全体を見ると、植物があるところが輝いて見えるというわけだ。

実は私たち人間が普段、目で見ている世界は非常に限られた範囲にとどまっている。花は紫外線を多く反射しているが、昆虫はその紫外線を見ながら花を探す。このように生物はそれぞれ自分の生存に必要な情報だけがよく見えるように、視覚などの五感センサーを発達させているため、それ以外の情報には疎い。そこですべての波長の光を見ることによって、肉眼ではわからないような環境の変化を把握することができるのである。人類はこのリモートセンシング技術の発達によって、宇宙から地球をより正確に理解する手段を手に入れた。もしも今日、細胞性粘菌を研究することが許されるなら、超多波長のセンサーを顕微鏡につなげて、その動画をPCで分析できることだらう。

駆け出しの研究者だった私は、リモートセンシング技術を用いて作物の成長や病気を診断したり、湿原や森林の生態系を保全することをテーマにして博士論文研究に取り組んだ。宇宙からのデータを分析する研究とは言うものの、研究の現場は地上になる。実際に当時、現場で土や泥まみれになりながら植物の状態を詳しく調べるのが私の主な仕事だっ

た。たくさんの種類の作物を育てては毎週サンプリング調査をし、葉と茎と穂と根に分けて重さや葉っぱの面積を測った。また全国各地の湿原や森林で植生状態やバイオマス量を現地調査して、データを研究室に持ち帰っては、リモートセンシング技術を用いて種々の植物の反射スペクトル情報との関係をパターン認識技術で解析するという研究にも十年ほど取り組んだ。連日のように農作業で汗を流しては、さらに夕方にはテニスをしていたため、日焼けで真っ黒になることも多い仕事だったが、育てた作物の何とも言えない美味しさと併せて今では楽しい思い出となっている。

このような地道な研究に携わる中で、私が最も自然から学んだのは自然生態系の「循環」ということであった。それは自分にとっては人生の教訓とも言うべき重要な真実のように思われた。例えば湿原であれば、数百年という歳月をかけて美しいミズゴケが成長するのだが、生態系として極相（フェーズ）に到達すると、その状態を長期間維持することは容易ではなくなる。やがてミズゴケの上に寄生するハナゴケが現れて、美しいミズゴケは分解されてゆくのだ。こうして地盤沈下が始まる。ところが完全に水没するまで分解されると、またミズゴケが再生してくる。尾瀬などの湿原で、表面がところどころでこぼこしている場所を見かけた方も多いと思うが、この凸凹はこのような湿原植生の成長と分解

の循環によって形成されたものである。

一方、森林生態系では、成長具合の良くない木を間引きする間伐が行われ、下草に光が差すようになる、そこに次世代の木が育ち始める。自然林の場合、老木が倒れて発生する大きなギャップ（隙間）が同じ効果を持つている。前世代が倒木して残す落葉や枝が、やがて土（腐葉土）となって次世代の栄養となるのだ。天然林はこのような循環を自ら行うことで次世代を育てているが、長期間にわたって間伐されず放置された人工林の林床は真っ暗で雑草すら育たない。戦後、全国で一斉に植林され、手入れもされず放っておかれた無間伐の杉林では、次世代が育たないばかりか、土も養分も失われて〇〇の吸収や森木の成長も頭打ちとなってしまふ。そしていつの日か台風など豪雨や強風に襲われるなら、根元の脆弱な土壌では容易に土砂崩れが起こり、全面的な森林崩壊の危険すらある。

洞察力の深い読者の皆さんは、すでにお気づきかもしれない。これらのミズゴケの湿原や森林の生態系の運命は、文明や都市などといった人間の経済社会の成長と衰退の循環と、実はよく似ているのだ。長い目で見ればすべてものは循環している。栄えているものはやがて衰退する。このような定期的な世代交代が起こってこそ、新たな発展の機会が生まれるのだ。細胞性粘菌にライフサイクルがあるように、様々

な自然生態系は循環するという自然の理（ことわり）は深淵である。私たちはこのような自然の姿から、未来社会の在り方についてどのような教訓を学べるのだろうか。

3) 気候変動の国際交渉や IPCC から考える未来都市

自然生態系の「循環」と同様に、都市にも環境・地理条件に応じてさまざまな「かたち」があり、それらは時代とともに変化している。フラクタル理論やパーコレーション理論（小田垣、一九九三）は、自己組織化する多様な自然に見られる「かたち」の生成を説明する仮説であるが、この理論を応用して都市の形態を分析する研究にも学生時代から少しずつ取り組んできた。しかし自分の研究のメインテーマを、自然生態系から都市システムの分析やデザインに大きく転換するまでには、かなり複雑な経緯があった。そのきっかけは二十年ほど前、IPCC（気候変動に関する国際パネル）の代表執筆者に初めて選任された時に訪れた。

自然生態系のリモートセンシング研究に関する博士論文をまとめ終えたある日のことだった。当時、国立環境研究所の幹部を務めておられた西岡秀三先生（後に慶應大学 SFC 教授）から、創設時からご自身が取り組んで来られた IPCC に、私を代表執筆者として推薦したいとお話をいただいた。

た。ちょうどその頃、日本は気候変動枠組条約（UNFCCC）の第三回締約国会合（COP3）を京都に誘致し、自ら交渉の議長を務めることが決まっていた。IPCC は、世界中の研究者が気候変動に関する科学的知見をレビューしたものを国連の報告書としてまとめて、科学的立場から条約による国際交渉を支援する役割を担っている。このように五年ごとにとめられる報告書の執筆のためには、世界各国から推薦された多くの気候変動関係の研究者が、数年間にわたって国際会議を積み重ねるのである。こうして信頼性の高い学術誌に出版された研究論文の最新レビューに基づいて、気候変動に関する最新の科学的知見を報告書にまとめ、COP で政治的利益が対立する国際交渉の場で最新の科学的知見として提供するのだ。

IPCC の執筆者の仕事を引き受けた時、正直なところ仕事の大変さを全く理解してはいなかった。まだ国際経験も浅く英語力も十分ではなかったが、三十代の若さに任せて度重なる海外出張をこなし、国際会議でもきちんと発言できるようにならうと必死だった。参加当初は会議をレコーダーで録音し、後で聞き返してようやく意味が分かるといった心もとない状態であり、会議中に的外れな発言をして冷汗をかいたことを思い出す。私が担当した「土地利用（LULUCF）」特別報告書は、森林などの炭素吸収源に関して、京都議定書

の条文解釈のオプションを科学的に評価することを目的としていたが、参加していた研究者は一部のシニアな大教授を除いて、予想外に同世代の研究者たちであった。会議終了後に各国の街々で毎晩のように食事に出かけては、熱心に議論したことは本当に良い思い出となっている。特に、私が担当していた章の総括代表執筆者であったベルンハルト・シュラマディンガー氏（オーストリア）とは、IPCC終了後もしばらく連携する機会を得た。私が客員研究員を務めるIIASA（ウィーン）で、彼がオーストリアのバイオマス関連の研究者だったこともあり、我々が執筆した章のSPM（政策決定者のための要約）のドラフト作成を担当することとなった。そこで、SPMの編集のため二人でジュネーブのWMO（世界気象機関）の会議室に連日こもっては、報告書のメインメッセージに対する政府・専門家からの数百ページにおよぶ批判的なコメントに対応しながら修文したことを懐かしく思い出す。

特にこの報告書では、極めて政治的な問題に対して科学的立場から評価結果を示す必要があったため、IPCCとしても異例のものとなった。その背景には、温暖化対策に世界で初めて「国別の数値目標」を定めた京都議定書に関する交渉において、当時、IPCCを率いていたボブ・ワトソン議長が科学的知見から貢献することの重要性に鑑み、COPの

科学技術諮問機関からBCCとして検討依頼を引き受けたという経緯があったのである。こうしてその後、約二年近く、世界中から代表執筆者らが集められて、議定書の条文解釈のオプション（選択肢）によって各国の地域の土地利用におけるCO₂の排出や吸収がどのような影響を受けるかについて、文字通り昼夜を分かたず包括的に議論することとなった。このように条約条文の解釈を科学的に評価することは、IPCCにとっても初めてのタスクであったのだ。ワトソン議長のリーダーシップの下、我々はほとんど暗中模索で、COPの交渉担当者らとも密に連携しながら検討を進めた。中でも、京都議定書で最も影響の大きい条文の一つであった第三条三項、いわゆる「京都フォレスト」の定義によってカウントされる炭素排出・吸収量が受ける影響の科学的評価が私の担当であった。

このIPCC特別報告書の出版後は、報告書に示された科学的知見を根拠とし、その後の議定書の解釈に関する国際交渉が数年間、継続的に行われることとなった。特に報告書の文言が文字通り引用され、国際交渉において各国の立場を主張するためのツールとして使われるようになった。その後、報告書の執筆において代表的役割を果たしたシュラマディンガー氏を、気候変動に関する国際誌「Climate Policy」誌の編集長であったマイケル・グラブ氏に当時、紹介したことが

きつかけとなり、後にシユラマデザインガー氏とグラブ氏が、共に気候変動関係のコンサルタント会社に移動したことは驚きであった。実は当時、シユラマデザインガー氏には、私が国際科学委員としてつくばに設立した「Global Carbon Project (GCP) 国際オフィス」の事務局長になってもらいたいと思いい、オーストリアからつくばに夫妻で招聘したことがあったのである。国際的な気候変動政策のアドバイザーとして有名なグラブ氏とチームを組んだ彼はさらに国際政治にも影響を与えるような活躍をすることとなり、その後のマラケシユ合意に至るまでの数年間、おそらく心身ともにほとんど休む間もないような日々が続いたのではないかと推察される。大変に残念なことに、詳しい理由はわからないが彼はその後自ら命を絶ってしまったのである。

このようにないきさつもあって、京都議定書の最終的な解釈案が確定した「マナケシユ合意」に至る COP の国際交渉に日本政府代表団の科学アドバイザーとして私自身もほぼ毎回、参加することとなった。こうして IPCC の報告書の評価結果を論拠として、国際交渉担当者が直接、そこから引用しながら国際交渉が伸展していったことは大変画期的なことであり、それは気候変動対策に関する科学と政策とのインターリンケージの歴史的一步となったと言えるだろう。ところで、この議定書のいわゆる吸収源条項（森林による炭

素吸収量の評価）の解釈がなぜそれほど重要と考えられたのだろうか。実は、京都会議では京都議定書の吸収源関係の条約文の解釈が曖昧なまま合意が優先されたため、締約国の炭素排出削減の数値目標が吸収源関連の条文解釈によって大きく変わってしまうことになった。京都議定書レベルの国際交渉においては、国の炭素排出削減の数値目標をたった一パーセント追加するにも、各国の首相レベルの決断が必要である。そのため、吸収源条項の解釈が確定するまでは、実質的には京都議定書の国際交渉が継続していたのである。

数値目標の達成のために国が負担するコストは数兆円単位であり、条文の解釈次第では目標達成ができなくなる可能性も生じることすらある。そこで各国は、この吸収源条文の解釈の交渉に数年間もかけて真剣に取り組んだのである。実際、COP の国際交渉が深夜に及ぶことは日常茶飯事だったが、特に交渉が最終段階に近づくと、しばしば朝まで会議が続いたものだった。COP 会場が、いわば国会期間中の霞が関官庁街のような状態になる。大変勉強にはなったが、徹夜の政治議論に慣れない研究者にとっては、心身ともにかなり疲弊する仕事であった。特にある日、早朝になってやっと議論が煮詰まってきたと、ようやく皆がほっとしかけたところで、ある有力な途上国からちゃぶ台返しのような否定的な発言が相次ぎ、普段は温厚な COP 議長（アイ

スランド)もついに怒ってしまい、木槌を強く叩いて「No Deal! (不都合)」と宣言したことがあった。うっすらと夜明けが近づくドイツのボンの街(COPの開催地)を、代表団の仲間と歩きながらホテルまで帰った時の徒労感は今でも鮮明に覚えている。

こうしたCOP3(京都議定書)からCOP6.5(マラケシュ合意)に至るまでずっと国際交渉が続いた数年間、ひき続き科学アドバイザーという立場で、政府代表団の一員として外務省や環境省に併任し、交渉に同行することとなった。また二〇〇一年、行政改革で新たに設立された内閣府では、科学技術政策・総合戦略担当の参事官補佐に着任し、環境以外の分野の科学技術分野全体の計画づくりに携わるという機会も得た。内閣府が設立された直後の年明けに、まだオフィスに机もない時に新米行政官として着任することとなった。私はいささか戸惑うことも多かった。内閣府の仕事は、政府の科学技術総合戦略をたった四名の参事官補佐で担当するという重い仕事であったため、それまでの研究とは全く違う職場に馴染むのに四苦八苦したことをよく憶えている。このように科学が政策とどのように関係しているかを、国内外の最前線の現場で体験できたことは、今日に至るまで自分の新しい研究の道を考える上で大変貴重な経験となっている。

研究して論文を書くことが研究者の最も重要な仕事であ

ることに変わりはない。しかし政策が実際に検討される現場で、必要な科学的知見をタイムリーに提示し、それに基づいた合理的な政策判断を支援することが、いかに重要かつ困難であるかということ、私はさまざまな経験を通して実感した。政策貢献を目指す科学的知見を研究することのような分野は、「社会実装科学」とでも呼べばいいのだろうか。PCCに見られるように、実際、科学と政策のインターリネージュがうまく進むためには、最終的な意思決定に関わるステークホルダー(PCCの場合は国際交渉担当者)と研究者らがアジェンダ(報告書のアウトライン)づくりに関して、検討の当初から協働し、信頼関係を構築した上で、それぞれのアジェンダに必要な科学的評価を実施することが必要である。だが大半の自然科学系の研究者にとっては、このようなアプローチはあまりに迂遠であり、ともすれば研究とは関係のない政府審議会に参加して社会貢献をする活動と思われがちだ。ところが、このきわめて地道で気の遠くなるようなステークホルダーとの共創のプロセスこそが、持続可能性の未来社会の実現への貢献を目指す「持続可能性科学」とっては、最も重要かつ不可欠な作法なのである。その後、自分が都市計画や地方創生の現場に研究者として具体的に関わっていくようになってからも、気候変動に関する国際交渉と同様、このプロセスが大変重要であることを改めて実感している。

先進国による温暖化対策の数値目標を定めた京都議定書の合意（一九九七年）から約二十年近くの歳月を経て、ほぼすべての国が参加するパリ協定（二〇一五年）が合意された。その際、パリ協議に合わせて出版されたIPCCの第五次評価報告書は、パリ協定の合意に少なからぬ役割を果たしたと言われている。ちょうど今年、IPCCの第六次評価報告書が完成したところだが、中長期的な気候変動リスクを管理するためには、現在の合意では十分ではないことや、パリ協定における各国の排出削減目標をさらに深掘りする必要性がその報告書で示されている。この最新の報告書では、これまでの縦割りのセクター別の対策を統合するため、新たに「都市システム」という章がつけ加えられている。今回、私はIPCCの温暖化対策ワーキンググループの議長の依頼を受けて、代表執筆者の一人として参加したが、約二十年間のIPCCへの関与を通じて、脱炭素化社会の実現には都市システムの視点が重要であることが、次第に認識されてきたことは嬉しい限りである。

わが国における戦後の土地利用の変化を振り返ってみると、それは世界に例を見ないスピードで大都市圏が形成された時代だったことがわかる。そこで私は、過去50年間の人工衛星の画像を収集して、日本におけるこの間の都市化の詳細を分析する研究に着手した。その結果、都市化のほとんどが

近郊農地の市街化に起因していることや、バブル経済の発生と見事に連動して、都市のドーナツ化現象が発生していることもわかった。東京は今や世界最大のメガシティとなり、かなり離れた郊外からも満員電車で遠距離通勤して、オフィスで長時間労働するライフスタイルが当たり前のようになっている。しかしビジネス街が都市圏の中心としてにぎわう一方、地方では極端な過疎化が進み続け、多くの地域が高齢化と人口減少に苦しむという極端なアンバランスが生じていることもまた事実である。もし生態系における循環の理が、都市システムにも当てはまるとするならば、東京をはじめとする日本の大都市圏は、すでにある種の極相状態（フェーズ）に到達しているようにも思える。コロナ禍を経て、これからはむしろ大都市が縮退していく、逆向きのフェーズに進む可能性も考えられるかもしれない。ちょうど食料危機に直面した細胞性粘菌が急速に集まって全体で移動し、子実体を形成して胞子を散らすように、また成長が頭打ちとなって極相を迎えた森林が倒木によって世代交代をしていくように、あるいは湿原で成長し切ったミスゴケがハナゴケによって分解されてゆくように、東京をはじめとする大都市圏では都心におけるリアルな仕事が減り、テレワークや二地域居住の拡大によって人口が地方に再分散する新たなフェーズに入る可能性があるのではないかと私は考えている。

と言つても、このような再分散は必ずしも社会の本当の衰退を意味するものではない。ちょうど細胞性粘菌の子実体のように新しい集積（中核都市）が形成され、そこから新世代の胞子が再生拡散してゆくように、むしろ地方への再分散が起こつて新たなフェーズを迎える時、新しい都市の「私たち」がスタートすることになるのだ。森林では大樹が倒れてはじめて真つ暗な林間に光が差し込み、新たに次世代の若木が育ち始める。この再分散にこそ、日本が長期間の経済停滞を乗り越え、新たに持続可能な未来社会の「かたち」を共創できるチャンスがあるのではないだろうか。

地方では「田舎には何も無い」という固定観念がまだ根強いようで、若者たちは早ければ高校から、遅くても大学に入学するまでには自然と故郷を離れ、都市圏に移り住むようになる。都会に出て大学に行ったり、就職することによって、自分の可能性を伸ばせるようなチャンスに巡り会えることも多いだろう。確かに都会には多くの魅力があり、学校や仕事、各種サービスがあふれている。しかし、これからの日本にとつて、本当に貴重な価値とは何だろう。社会人で言えば、都会で働くために自由時間や休養、健康、また家族と過ごす時間なども犠牲にしながら、身を削つて懸命に働き続けることが、果たして本当に幸せなのか。そんな思いを、コロナ禍によってさらに強くされた方も少なくないだろう。

もはや都会、「中心」を指さないところにも、より多様な心地よいライフスタイルがあるのではないだろうか。地方には、長い歳月の中でゆつくりと育まれてきた、豊かな自然の恵みや伝統や文化がある。これらは市場経済ではこれまでに十分な評価がされていないが、国際的視野からみてもそこそが本当にかけがえのない日本の財産ではないだろうか。その有形無形の価値に注目しながら、人が健康に暮らすことができる未来社会を求めて、自然と人間の関係の本來あるべき姿を改めて考えてゆかなければならない。特に、成熟したヨーロッパ社会がそうであるように、都市と地方の良いバランスの回復が、日本に持続可能な未来社会の実現をもたらす重要な鍵であると私は考えている。

細胞性粘菌は、その形態を変幻自在に変えることによつて環境変化に適應する術を身につけた。残念ながら人間にはそのような遺伝プログラムはないが、私たちには洞察に基づいて未来について思念する想像力や知性が与えられている。このように細胞性粘菌の生きざまは、多くの危機に直面している私たち人間に、未来社会の「かたち」を考えるためのヒントをいろいろ与えてくれているのではないだろうか。

4) 細胞性粘菌から学んだ地方創生の展開

気候変動リスク管理の視点から、日本の地方における持続可能性の研究重視へと、私自身が研究方針を大きく転換したのは十年ほど前のことである。特にJSTの「地域に根ざした脱温暖化研究」のアドバイザーに就任し、温暖化対策を地方創生に活用するべく全国の社会実装型研究に関与する機会を得たことは大いに勉強になった。日本の地方における人口減少や高齢化は、国際的にも深刻なレベルにある。今後、こうした地域が生き残ってゆくためには、自然環境や資源を共有する隣接した地域間でコミュニティを形成し、協力関係を構築するによって持続可能性を実現することが期待されている。特に平成の大合併によって全国で生まれた多くの広域自治体では、残念ながら既存の旧市町村間の微妙な力関係が残っており、自治体としての統合的な機能を十分に果たすことが困難な場合も多いのが現実のようだ。細胞性粘菌が多細胞体を形成して、全く新たなシステムとして生き延びる目的に向かつてゆく姿は、市町村が協力して持続可能な地域を実現するという新しい目的に向かつて役割分担することの良いモデルである。特にここ数年、顕著になってきた台風や集中豪雨、それに伴う土石流や土砂崩れなど、これからますます気候変動に伴う大規模な気象災害が予想

される。地域がこれらの未曾有の災害リスクに直面するとき、そのような自治体間の対立を早急に解消し、一つの集合体として生まれ変わることが喫緊の課題となるであろう。

気候変動、パンデミック、戦争、インフレなど、現代は多くのリスクが世界的に同時多発するような危機の時代を迎えつつある。それらの危機が、何の前触れもなく突然襲いかかってくることもしばしばである。地方自治体の首長は限られた予算やスタッフで想定外の環境変化にも柔軟に対応し、長期的に持続可能な新たな地域の「かたち」を改めて考えることを余儀なくされるだろう。そのような変化にレジリエントに対応するシステムの在り方については、先程の細胞性粘菌の細胞間でのリスクコミュニケーションがとても参考になる。すなわち、地域における自治体、企業、NGOなどのステークホルダーが互いに協力して集合体を形成するには、各主体が直面するリスク（問題）や情報を共有するコミュニケーションションが何よりも重要である。さらに集合を呼びかける司令塔（集合中心）となるようなキーパーソンが、自ら情報発信するだけではなく、関係者間の協力的なコミュニケーションを調整する必要がある。このようなプロセスによって、リスク状況の共通認識が初めて可能となり、問題解決に向かつて各主体が役割分担しながら協力をスタートできるようになる。このような「かたち」での地域内連携の実現

は、今後の持続可能な地域共生圏形成に向けて、社会転換のモデルとなるだろう。危機における細胞性粘菌の集合体の形成プロセスは、限界集落化した地方で近隣地域が協力し合う「かたち」を共創し、持続可能性の実現に向けて新たな運命を拓いてゆくための知恵を与えてくれているように思える。

約二十間にわたって、私自身も多くの地方自治体の関係者や研究者の方々のご支援をいただきながら、北海道（釧路、余市など）、長野（鬼無里、富士見町など）、山梨（北杜市、身延町など）、九州（延岡、奄美など）の中山間地域や沿岸地域の各地域を訪問し、それぞれの地域に根ざした持続可能な「まちづくり」の提案づくりを研究で支援してきた。それに類するプロジェクトは、日本各地で我々の想像する以上に数多くあるが、研究者が実際に関与できるのは、ほんのひと握りの縁のある地域に限られているのが現状である。実際、どの地域においても各種の利害対立があり、外部から研究者が参加するのは必ずしも容易ではない。コミュニティの中で信頼を得るまでには時間がかかるし、立ちほだかる壁に打ちひしがれることも少なくない。しかしどの地域にも、それぞれ素晴らしい自然環境や地域文化があり、その価値を守るため現地で懸命に活躍されている方々と共同研究に取り組むことは大変やりがいのある仕事である。

思い返してみれば、地域の方々は、PCCにも参加してい

る研究者である私のことを、どこか地球温暖化対策の指導者のようにも感じておられたかもしれない。しかし実際のところ、地域に根ざした気候変動対策の社会実装研究はまだスタートしたばかりで、私自身も地元関係者の方々と暗中模索を繰り返してきたというのが実情である。

このような地域研究に取り組むことになったきっかけは、二十年以上も前、博士論文に関する研究で実地調査を繰り返してきた釧路湿原をどうすれば保全できるかを考え始めたことであつた。リモートセンシングで湿原の豊かで貴重な生態系を観測する中で、その生態系が外部からさまざまな影響を受けて劣化しつつあることが分かった。湿原を守るためには、湿原の変化を把握するだけではなく、湿原に影響を与えている釧路川の上流域における人間活動を持続可能なかたちに転換する必要があるのだ。上流域での土地利用活動（酪農、森林管理、観光など）への対策を施すことによって、湿原に流れ込む河川の汚染負荷（富栄養化）を低減させることが可能となる。そこで持続可能な流域管理シナリオを検討するため、流域圏の生態系サービス（自然の恵み）を地理的に評価分析する手法を開発して、地元の鶴居村の関係者の方々とワークショップを繰り返した。また地域環境への負荷を低減させるだけでなく、地産地消で脱炭素化を実現する新しいライフスタイルに関する実践的な研究が重要であること

から、私がこの十年ほど担当してきた北大での講義の実習として、北大出身の坂本氏によって立ち上げられた北海道エコビレッジ（余市）と連携し、周辺地域の未来構想作りについて学生と共に勉強しているところだ。

その他にも、海外での先進事例からも多くのことを学んできた。すでに二十余年に及ぶウイーンの国際応用システム研究所（IIASA）との共同研究では、オーストリア国内で広範囲に普及しているバイオマスエネルギー利用に関する調査のため、実際に地域のテストサイトを何度も訪問した。特にIIASAで知り合った林業モデルの専門家である青木氏（現在、FAO）から紹介され、調査に入ったザルツブルク州ヴェルフエンゲ（WW）村では、ペーター・ブランダウアー村長を通じて「アルパインパール・プロジェクト」というネットワークづくりから大変貴重なことを学んできた。これはヨーロッパの脱炭素化だけではなく、地域活性化も視野に入れて中山間地域間で協力するという画期的な取り組みである。同氏は三十年近くにわたって村長を務めているが、根っからのアイディアマンでもある。例えば、WW村をバイオマスと電気自動車でカーボンニュートラルな観光地とするビジョンを提唱し、二十年の歳月をかけて実現してきた。その結果、WW村は今やエコロジーを重視するドイツ人観光客の支持を得て、多くの観

光客がクルマではなくICE（ドイツの新幹線）で町にやって来るようになった。環境意識も所得も高いドイツ人の集客に成功したことで、寒村であったWW村はカーボンニュートラルな高級リゾートへと見事に変身を遂げたのである。ペーター村長はこのようにして、脱炭素化「村おこし」の先駆者となったのだが、村長のビジョンはさらなる飛躍を見せた。この活動をWW村を起点として、同じような目的意識（価値観）を共有するヨーロッパアルプスの自治体のネットワーク全体の活動として展開するという構想にまた発展させた。その名も「アルパイン・パルズー山岳の真珠」という団体を立ち上げ、共通カード「SAMO」を発行して地域間の経済的な連携も実現した。持続可能な社会への意識が高いヨーロッパの観光客が、このネットワークを喜んで利用して、オーストリア、スイス、イタリアにまたがる壮大なアルプス地域の脱炭素化観光を現実に楽しみつづける。こうしてペーター村長は独創的なアイディアと優れた実行力によって、アルプス地域における複数の自治体が、ひとつの「集合体」として、さまざまなニーズに応じるシステムを構築することに成功したのである。

リーダーとしての村長の情熱にも心打たれるが、長期的視野に基づいた決断力や機動力には本当に教えられることが多い。今から十数年前、当時まだ日本がリードしていた電気

自動車に、村長はいち早く注目していた。ちょうどWW村でのプロジェクトにEVが必要と考えていた村長は、そんなコンパクトなEVを三菱が発売すると聞きつけて早速、来日したのである。その際、私も依頼されて三菱自動車の本社の訪問に同行し、「i-MiEVの欧州への輸出第一号のクルマを、ぜひWW村にお願いしたい。」という村長の熱心な交渉に立ち会ったことを思い出す。残念ながら、その話は東日本大震災の影響によって実現しなかったが、現在WW村では、ルノーが日産の技術で実現したコンパクトEVが活躍している。このような経緯もあって、私もその後、WW村と以前より人的交流関係があったという長野県鬼無里村を何度も訪れて、オーストリアと日本の両地域の共通の課題である「地域に根ざしたバイオマスを用いた脱炭素化研究」にも取り組んだ。

一方、長野県富士見町では、当時、環境省から長野県副知事に出向されていた中島氏との共同研究を進めていた。地方創生の観点から実施する持続可能性プロジェクトでは、自然環境が共通な地域間における「県境を超えた」連携の必要性について学んだ。このような協力関係の実現には、国や県が積極的に連携し合うことが欠かせないであろう。

その時、長野で考えたことは、さらに山梨県北杜市での八ヶ岳観光圏での地域循環共生圏のプロジェクトの提案に

発展した。四十年前の清里ブーム以来、北杜市には何度となく足を運んでいたが、十年前に八つの市町村が合併した直後から、将来の持続可能な町づくりについて町や県の方々とワークショップを実施してきた。この中山間地域での持続可能性プロジェクトの発展は、これから見どころである。また、ゼロカーボンな山梨の実現を目指す「ゼロエミやまなし」というNGO創設にも関わった。このように地元の関係者の皆さんとの出会いを通じて、脱炭素化社会実装プロジェクトのアドバイザーとして、今も毎週のようにオンライン会議で、それぞれの連携の仕方について相談しているところだ。特にこの二年間は、環境省からの地域循環共生圏形成支援も受けながら、持続可能な未来社会の共創を目指した活動も継続してきた。その中でも昨年は、ウエルビーイング（健康かつ幸福）な山梨の実現を目指すため「ウエルビーイングやまなし研究所」というものを設立し、所長を任された。そこで慶應大学の未来共創ラボと共同でも早速、「持続可能な未来社会の共創」をテーマにして、地域に根ざした研究に取り組み始めたところである。この研究所のメンバーには、一般住宅の他、北杜市の別荘や施設等も数多く設計し建設している建築関係の方（ゼロエミ窪田代表）にも加わっていた。いることも大変心強い。研究所の活動としてウエルビーイングNGO「ゼロエミやまなし」と連携しながら、長期間

利用されていない別荘を省エネ改修し、地元の木材で家を建築し、バイオマスを熱や暖房で利用し、電気自動車を太陽光発電で充電してコミュニティでシェアして、環境価値(削減された炭素排出量等の経済価値)を地域通貨で還元するというシステムを開発中である。またその地域に都市からの二地域居住者やワーケーション利用者を新たに受け入れるため、タイニーハウスを活用するユニークな街づくり構想にも着手している。山梨は、冬はそれなりに寒いが雪もなく、日本一日照時間が長いと聞いている。また縄文時代以来の知られざる歴史的名所も数多い。そのような自然豊かで魅力的な場所では生活しながら、ゼロカーボンでウェルビーイングな暮らしの実現を目ざして、新しいライフスタイルを検討する研究プロジェクトは学生にも人気の研究テーマである。実際にテストサイトには、慶應大学の大学院生と一緒に現地調査で数日間滞在して、自然の中で若い林業経営者が施業を進める様子や、古民家の改修、バイオマスボイラー、タイニーハウスの建築などを、それぞれ専門の方に詳しく説明を受けながらその様子を間近で見学する実体験は、やはり新鮮で興味深いようである。

さらに今年からは、間伐材をドローンを使って森から運び出し、近辺の別荘でバイオマスとして有効利用する研究にも着手した。その他、ワーケーション宿泊者が、地域間でいく

つかの宿泊地を「はしご利用」できるような連携システムも検討中である。こうして実際に八ヶ岳山麓と富士北麓を結びつけることにより、すでにヨーロッパの山岳リゾート地で立ち上げられているゼロカーボン地域ネットワーク「アルパイン・パールズ」(アルプスの真珠)の日本版を実現し、将来的にはヨーロッパと日本のアルプス地域でゼロカーボンプロジェクトの連携を進めることが私の夢である。そのため今後、八ヶ岳山麓、南アルプス山麓、富士山麓の地域を結んでワーケーションや観光滞在をゼロカーボンでできるようなシステムを構築してゆきたい。

具体案としてはまだ検討段階ではあるが、例えば日本アルプスとヨーロッパアルプスの双方で使える共通カードを作れば、地域コイン(通貨)で日本とヨーロッパの両地域を結ぶことができる。それにより、それぞれの地元の物産を購入し、宿泊や交通機関の割引に使えるなど、CO2を出さずに観光や滞在を実現することでグローバルな環境付加価値(炭素クレジット)を生み出し、国を越えた環境問題への取り組みを活性化することが可能だ。私は昔から旅が好きで、現地調査は楽しみでもある。このような地方での社会実装研究を理解し支援してくださっている多くの関係者の方々にこの場を借りて感謝を申し上げたい。

こうして多くの地方での現場研究に取り組む中で、これま

での「まちづくり」のありかたについて改めて見直す必要を感じることがあった。十年ほど前のことである。従来の「まちづくり」ではインフラ整備による町の利便性の改善も、環境福祉対策の視点から立案されてきた。しかし計画が予定通り進んでも、思ったように人が動いてくれるとは限らない。これからの「まちづくり」で大切なことは、行政観点から持続可能なインフラを整備することではなく、むしろ住人が「ずっと住んでいたい」と思う快適さや、観光客が「是非また来たい」と思えるような魅力があるなどの観点から、都市や地域のシステム全体のデザインを再度検討する必要があるのではないだろうか。

例えば、大きな道路の横に単に歩道を整備したとしても、人は必ずしもそこを歩くようになるとは限らない。むしろ歩きたくなるような安全で快適な道がなければ、人はあまり外に出歩かないものである。そして何より歩きやすい街には、心癒やされる緑や、足を向けたくなるような楽しい行き先が不可欠だ。そのような快適な道や魅力的な目的地がなければ、たとえどんなに立派なインフラが整備されても活用されず、宝の持ち腐れになってしまう。反対に、昔ながらの古びた路地であったとしても、そこに人間の生活があり、緑豊かで人が好んで集う空間があるなら、心地よく歩きやすい道と言えるのだ。新しいものが必ずしも常によいとは限らない。

学生時代、私は細胞性粘菌の細胞がどのように移動するかをつぶさに観察していたが、東京の人々がどのような場所を何時、どれだけ歩いているかについて、数年前、ビックデータ（携帯位置情報）を用いて細かく分析してみたことがある。すると細胞性粘菌と人の行動には、興味深い類似点があることに気づいた。細胞性粘菌が集合中心から発せられる信号によって集まるように、人も何かの信号に吸い寄せられるように移動しているように見えたのだ。例えば、平日には都心のオフィスや大規模商業施設などに向かって、駅から怒涛のように押し寄せる大きな人の流れが、休日になると、地元のお店街や公園などに向かってゆく無数の小さな流れが観察された。もし四十年前の学生時代にその画像を見たとしても、細胞性粘菌の動きとすっかり勘違いしたかもしれないほど似ていて、とても不思議な印象を受けたのかもしれない。平日と休日では人が歩いている道の特徴は大きく異なる。平日には駅からビジネス街に向かって、大通りを直線的に歩いている多くの人の流れがみられるが、休日になると想像以上に多くの人が、昔ながらの曲がりくねった小さな路地を、駅から公園やお店などに向かって寄り道をしながら歩いていることが分かった。

歩きやすい「まちづくり」は、いつから都市計画の大きな目的になったのだろうか。これまで私たちは、あまりにも平日

のサラリーマンの行動に合わせた「歩きやすさ」を意識し過ぎたのではないか。平日の満員電車、高層ビル、高速道路、巨大なオフィス街、大商業施設での人の流れとは異なり、休日には人が歩いて心地よく感じ歩いてみたくなる場所は平日とは全く違うのだ。東京都圏で言えば、谷根千と呼ばれる地域（谷中、根津、千駄木）や鎌倉などがその良い例であろう。人を惹きつける魅力的な場所は、もちろん他にもたくさんある。そのような場所や道は、実際にどのようなところなのか。それを求めて現地調査をし、研究するうちに、昔から各地にあった本来の「まち」の姿をいきいきと復活させることもまた、「まちづくり」の上で大切ではないかという考えを、私は次第に持つようになった。

未曾有のコロナ禍のために多くの人がテレワークを経験するようになった。それに伴い、東京は以前ほど多くの人が歩かない街になった。いや、むしろ人は本当に歩きたいところを探すようになったのではないか。コロナ禍を経た今、「まちづくり」にも大きな転機が訪れていると感じている。ちょうど細胞性粘菌がリスクによって集まるように、これからは本当に暮らしやすいまちが各地に生まれ、発展していくことだろう。実際、通勤から解放された人たちによって、東京郊外にすでに新しい「集合中心」が形成されつつある。この流れは東京郊外にとどまらず、首都圏から特急や新

幹線などを利用して片道二時間程度で行き来できる場所であれば、長野、山梨、静岡をはじめ、さまざまなか所で、次第に二地域居住者の流れが生まれているようだ。これらの地域は、単に歩きやすく暮らしやすいというだけではない。何より、海や山などその土地の豊かな自然の恵みを大いに享受しながら、より人間らしいコミュニティで地域密着型の生活することも可能である。実際、そのような地域に入り、ワーケーションをしながら新たなライフスタイルを楽しんでいる人たちも増えている。これまでの東京一極集中型の「まち」の形態が、地方分散型の「まち」へと次第に変わりつつあるのだ。都市も今、大きく転換するフェーズにあるように思われてならない。

繰り返しになるが、ちょうどエサがなくなった細胞性粘菌は、一箇所に集合して多細胞体となり、エサを求めて移動する。そして新しい土地で子実体となって次世代の胞子を作って散らし、そこで単細胞として新たに生き始めるのだ。そのようなことが、生活の場を変えることによって人間にもできるのだろうか。その際、次世代がその土地で生きていけるかどうか重要な課題になる。将来的には、その地域の自然の恵みを生かした新たな生業を創ったり、さまざまな地域の活動に参画していけるようになるかも問われる。確かにテレワークは当面、必要だろうが、やがては地域に根

ざした暮らしを営んでいく必要がある。そこには地域に合った新しいライフスタイルが求められるだろう。これからの時代は、ただ地域に適応していただくだけではなく、将来的にはその地域の農、食、観光など、新しい分野で地域の活性化にも貢献し、高付加価値の産業に発展させ、新たな雇用も生み出せるという視点も重要である。またそのために最新のスマート技術も活用できるだろう。ロボットが畑を耕し、ドローンが材木を運び出す、自動運転の車が宅配サービスや高齢者の病院搬送をし、空飛ぶクルマで観光をするなど、山や海など自然に恵まれた地域には、将来的に発展する新たな可能性がたくさん秘められている。これらのいくつかのアイデアについては、すでに私の研究室でも研究に取り組み始めている。

5) 未来社会の共創に向けて

私の慶應大学への転職は、まさにコロナ禍が始まった直後のことだった。在宅勤務となった私は、毎日のように田舎道を散歩しては、研究室の構想を考えながら過ごした。細胞性粘菌よりも人間が優れている点は何だろうか。確かに人間には知恵がある。それによって人間は幾多の困難を克服し、新たな発展や可能性を追求し続けてきた。しかし今回のロシアによるウクライナ侵攻にみられるように、人間の考えるこ

とは、時には恐ろしいほど悪知恵に満ちている。そのような人間が創り上げた文明もまた自然を破壊しつつあるのも現実だ。より速く、より便利にと、これまで人類が最先端技術を駆使して発展させ続けてきた文明は、実は地球や人類を最終的な自滅に導くような道でしかなかったのかもしれない。いまだかつて、持続可能な「未来社会」についてこれほど深く考える必要があった時代はなかったことだろう。そのために、「Future Earth」をはじめとする多くの国際的なプロジェクト研究もすでに始まっている。しかし、これまでの私のささやかな経験から考えると、このような持続可能性研究が本当に役に立つものとなるためには、「未来社会」のビジョンについて研究を始める前から、ステークホルダーとの協力関係を構築し、研究自体を「共創」することが不可欠である。この地域では何が本当に問題なのか、解決のためどのような対策に取り組めばよいかなど、自治体、そして地域の関係者が協力し合って「共創」する必要がある。そして研究者も自らそのプロセスに参画して、関係者と認識や理解を共有し合えば、ビジョン作りから一緒になって研究するのでなければ、その地域問題の解決に本当に資するような、意味のある研究をすることは難しいだろう。これは私自身の多くの研究が、残念ながら実際には「絵に描いた餅」に終わってしまった苦い経験を通して気づかされた点である。

このような観点からも、それぞれの地域の課題をよく理解して、危機感を持って問題解決に向けて真剣に取り組んでおられる地元のキーパーソンの存在は極めて重要である。このような人は、言わば細胞性粘菌の集合中心と言える。こうしてステークホルダーと研究者が「共創」することこそ、今の時代に必要とされているイノベーションであると考え、慶應の自身の研究室を「未来社会共創イノベーション研究室（未来共創ラボ）」と名付けた次第である。

昨春、着任したSDM（システムデザイン・マネジメント）研究科は社会人大学院である。幸いなことに、新卒生から企業幹部まで、この分野に関心のある経験も年齢も異なる多才なメンバーが、三十名近く「未来共創ラボ」に集まってくれた。[「半学半教」は慶應義塾の創設者、福沢諭吉の理念と聞いているが、実際、私自身、教えるよりも、エネルギー、IT、自動車、航空、住宅、商社、設備、計測、金融、そして多くのシンクタンクから来られている社会人大学院生から学ぶことの方が多く毎日である。慶應義塾への着任は細胞性粘菌さながら、私にとっては「新天地」にたどり着いた気持ちである。国立環境研究所時代には政府関係者との連携が多かったが、慶應大学では断然、自治体の首長や企業の経営者の方々との連携が多くなった。またこれまでの環境分野に加えて、新たに医学研究者と連携させてい

ただく機会も増えている。そこで、持続可能な未来社会の実現における重要な方向性として、「健康」と「環境」の好循環を旨とし、スマート技術で両者を結びつける研究を「未来共創ラボ」として進めている。

特に、昨年来、延岡市（読谷山洋司市長）と研究の連携協定を結び、「デジタル田園都市構想」事業に、「サービスとしての救急活動（On-Site as a Service）」の構想を作成し提案した。幸いにも先日、事業提案の予算が認められ、急病や事故で一刻を争う救急医療が必要な人に、より迅速かつ適切な医療サービスを提供する事業をスタートすることとなった。従来の救急車、ドクターカー、ドクターヘリに加え、さらに慶應大学の研究室（未来共創ラボ）で研究を進めているドローンや空飛ぶクルマなどを活用することで、緊急性の高いケースにも対応可能なシステムの開発を旨としている。救急医療関係者が現場で患者の医療情報に携帯端末からシステムを用いてアクセスし、即座にリスク判断を行う。こうして各種のモビリティシステムを組み合わせて、救命に必要な処置や医療機関への救急搬送を実現するというサービスである。

生存の危機に直面した細胞性粘菌は一個の細胞だけでは生き残れない。直面する危機を周囲にも知らせ、他の細胞も的確にリスク情報を受け取り、自らの状態も踏まえて、さら

にリスク情報を伝達する。こうして多くの細胞が協力し合っ
て初めて生き残ることができるのだ。こんなに小さな細胞
が、高度なリスク情報通信システムやリスク情報に基づいた
行動変容システムを構築していることには、ただただ驚嘆
するばかりである。二〇一年の東日本大震災の時、多く
の人が一秒間に何千件という大変な規模でSNSのツイート
やリツイートをやり取りしていたことが報告された。大き
な危機に直面した時、人間も瞬時にリスクコミュニケーション
を行う姿に、私は思わず細胞性粘菌の姿を重ねていた。

動的かつ自在に形を変えていく細胞性粘菌のモルフオル
ギアは、環境変動のリスクに備えて生き残るためのシステ
ムである。細胞性粘菌をはじめ、驚くべき天与の才能を持
つ自然界の生き物から学んで、人間が遅まきながら開発し
たさまざまなスマート技術を組み合わせつつ、社会が持続
可能になるためのシステムをぜひ考えてみたいものである。
これから戦後の都市化の逆流が始まり、やがて危機の時代を
迎えることが懸念される都市から、いかにして地方に向けて
人口還流を果たすかという課題について考える際、持続可能
性の問題は特に重要となる。人が自然とともに、健康かつ幸
せに暮らせるような持続可能な未来社会の在り方について、
これからも知恵を絞りながら考え続けてゆきたい。

学生時代に眺めていたシャーレの中の小宇宙からは学ぶ

ことが無尽蔵にありそうだ。

引用文献

1. エルヴィン・シュレーディンガー著、鎮目恭夫訳『生命とは何か…
物理的にみた生細胞』岩波新書、一九五一
2. リチャード・ドーキンス著、日高敏隆訳『生物Ⅱ生存機械論―利
己主義と利他主義の生物学』紀伊国屋書店、一九八〇
3. 小田垣孝著『パロレーションの科学』裳華房、一九九三
4. Alfred North Whitehead [Process and Reality] Free Press, 1979
5. G・ニコリス、I・プリゴジンス著、小島陽之助訳『散逸構造―
自己秩序形成の物理学的基礎』岩波書店、一九八〇
6. 前田みね子、前田靖男著『粘菌の生物学』東京大学出版、一九七八

(やまがた よしき・都市システムデザイン学)