

基研研究会「環境物理学 — 先端境界領域の創出をめざして」報告

2006年7月13日

研究会世話人（代表：蛭名 邦禎）

この研究会は、2006年6月12日から5日間にわたって、基礎物理学研究所湯川記念館大講演室にて行われた。研究会の目標は、「環境」を物理学の対象とするように物理学の境界を拡張するための契機を作ることにあった。例えば、非線形非平衡系の物理学におけるこれまでの成果を具体的な環境問題へ投影・発展させることや、逆に、環境の問題で現れるミクロからマクロにわたる空間構造形成や時間発展予測に関する問題群に触発されて物理学を新たに発展させることなどが想定された。その実現のためには、環境問題に興味をもつ物理学者のみならず、物理学的な世界理解に興味をもった様々な分野の専門家が一堂に集まり、個々の問題における詳細な情報を共有しつつ、統一的な視点を浮かび上がらせるための努力が必要となる。そのような場を設定することが、この研究会が目指したことであった。

研究会は、90名以上の研究者・学生・院生の参加があった。参加者の分野も、物理学、化学、生物学・生命科学、農学、生態学、気象学、海洋学、地球惑星科学、疫学・臨床環境医学、工学、情報学、心理学、社会学、哲学、脳科学、環境学など基礎科学から応用科学まで多岐にわたった。当初の申し込みの段階では、個別の話題の興味から特定の日のみの参加者も多いのではないかと心配されたが、実際には、研究会に参加して、その趣旨と雰囲気刺激されて参加日数を増やした参加者もあり、コンスタントに毎日30名以上(第4日目には46名)の参加者があった(一人当たり平均参加日数は2.0日)。実際に、研究会の中では、異なる分野の研究者間での活発な討論があり、まさに「基礎がぐらぐらした分野を研究するところ」という湯川秀樹の目指した基研の趣旨に合致する研究会であった。参加者は、分野だけでなく、その地域も北海道から九州までにわたり、「京大に局所化されない非局所的な研究の場である」という基研開所式典における朝永振一郎の言葉にも相応しい研究会となった。

研究会の開催にあたっては、セッション1～3を蛭名が責任担当し、セッション4を村瀬が責任担当し、最後のセッション5は本堂が責任担当した。

以下に、研究会で討論された内容を、セッションごとに分けて各責任担当者が報告し、蛭名が総括する。

1. 太陽系・宇宙の中の地球圏自然環境

初日である6月12日には、最初に世話人の村瀬雅俊によってこの研究会を開催するに至るこれまでの経緯の説明がなされた後、世話人代表の蛭名邦禎による「環境物理学」というタイトルを掲げた研究会を実施することの趣旨説明がなされた。

最初のセッションは、地球を、太陽系・宇宙の中にある存在としてみることによって地

地球上の「環境」を捉えるために、地球上の特徴的な気候・生命圏相互作用という視点と、宇宙線や超高層雷放電が地球大気に与えるインパクトという視点を中心に議論が進められた。この第1セッションでは、気象学・大気物理学の余田成男氏に座長を依頼し、気象学・気候学を中心に幅広く気候・生命圏相互作用の研究を進める安成哲三氏と、成層圏雷現象や雷・気候・宇宙線のリンクの可能性などに関する観測とモデル研究を進める佐藤光輝氏に講演をお願いした。安成氏の講演では、シベリアの永久凍土地帯やアジアモンスーン地帯における気候と植生の相互作用に関する新しい観測事実が示され、物理的地球と生物的地球の統合をめざす新たな研究段階に入りつつあることが示唆された。佐藤氏の講演では、大気化学へのインパクトや生命系への影響を含め、地球上での電磁現象を様々な視点から理解することの重要性が示唆された。セッションの最後に行われた総合討論1では、世話人の一人である高木伸の座長のもとに進められ、「地球磁場と生物」「環境影響のウィンドウ効果」などの話題についての議論の後、「モデル化が内蔵する問題」に議論が発展し、パラメータ化、物理の素過程をいかに組み入れるか、多スケールシミュレーションと階層間結合、植生・生物過程をいかに組み込むか、カオスとアトラクターの観点から見た長期予報の意味、気象予測と気候研究の違いなどについて、本セッションの講演者以外に、余田氏、地球シミュレーターの草野完也氏、翌日の講演者である馬淵氏、世話人の池田、高木などを含めて、活発な討論が行われた。

2. 気象・気候と物質循環の物理（生物過程・化学過程との関わりを含む）

6月13日(月)の第2セッションは、ちょうど前日最後の総合討論1の問題意識を引き受ける形で、気候システムの物理的モデリングと生態システムとの相互作用や物質移動とのかかわりについての講演と討論が行われた。座長は大気圏環境情報学の塩谷雅人氏と講演者の一人である大気海洋物理学の渡部雅浩氏にお願いした。

渡部氏は、気候システムのモデルがどのような物理を組み込んでいるか、また組み込み損ねているかについての概説があり、気候モデルのリアリティや気候システムのフィードバックに関する課題を提示した。その上で、温暖化予測と熱帯対流活動の組織化という具体的な問題に気候モデルがどう答えるか、またモデリングの性格理解について議論した。気象学者の馬淵氏は、物理気候モデルに陸域生態システムをどう組み込むかの考え方を提示し、具体的な植生組み込みモデルに基づく植生の気候への影響評価研究の紹介を行った。また、下川信也氏は、熱力学的な観点から海洋大循環を理解するために最大エントロピー生成原理の有効性を議論した。武田博清氏は、農学・森林生態学の立場から、土壌分解系が光合成とならぶ生態系の主要リサイクルシステムの一つであるとの観点を提示し、トビムシによる解析によって明らかにされた有機物組成変化（糖・セルロース・リグニン）、C/N比の緯度による違いなどを議論し、地球上での物質動態理解への視点を提供した。総合討論2では、安成、余田、塩谷の3氏によるコメントがあり、「生命圏も環境(気候)を変える」「観測・概念理解モデル・詳細動力学モデル間の関係とこれらの間のギャップをどう埋め

るか」「成層圏における水とメタンの分布がもたらす新たな問題」について議論が行われた。これらを通じて、気候系とその生態系との相互作用の問題において、物理学者による基礎的な研究が今後果たしうる役割や、気象・気候学者や生態学者との連携の重要性の示唆が得られた。

3. 生物の世界認識と生物間相互作用 — 複雑適応系の空間構造と時間発展(ミクロ細胞内システムからマクロ生態システムまで) 第1部

6月14日(水)に行われたこのセッションは、研究会前半の気候系・生態系の議論と、研究会後半の環境認識や環境への生体応答の議論をつなぐ要の役割を果たした。湯川・朝永生誕百周年記念講演会シリーズ第3回午前の部として行われた日高敏隆氏の講演では、動物の環世界認識を一種のイリュージョンとして捉えるとともに、それを研究する科学者自身もイリュージョンから自由ではないことが示され、本研究会のような機会に、種々の分野の研究者が交流することの重要性が示唆された。

これに続くセッションでは、生態学の理論的な立場と実験的な立場から、山村則男氏と高林純示氏からの研究報告があった。山村氏の議論では、従来の生態学には現実の環境を扱う上でどのような限界があったかが触れられた。高林氏は、アリとキリギリスの寓話から出発し、植物からの微量物質の放出が昆虫などの捕食者・被食者の進化にどのような影響を与えているかに関して実験に基づいて得られた知見を提示した。ここで、匂いの拡散における乱流拡散の間欠性をどう正しく扱うかという物理的な問題が一つの課題として浮かび上がった。

さらに、湯川・朝永生誕百周年記念講演会シリーズ第3回午後の部として、ミシガン大学心理学の北山忍教授による「文化と自己：心理学からのアプローチ」が開催された。この講演は、翌日の人間現象としての環境認識の問題を心理学者が今どのように捉え、何を問題にしようとしているかという観点を総括する上で意義ある内容であった。

4. 人間の環境認識とメタ認識 — 複雑適応系の空間構造と時間発展(ミクロ細胞内システムからマクロ生態システムまで) 第2部

6月15日(木)に行われた上記セッションの第2部では、特に人間による環境認知機構を複雑適応系として捉え、そのシステムにおける空間構造や時間発展の様相を明らかにすることを目的とした。また、認知心理学と非線形物理学の先端境界領域を創出するという趣旨から、世話人の一人であるカオス物理学者が池田研介に座長やコメントを担当した。

当日は、村田勉氏による心理物理学、郡司幸夫氏による理論生物学、大沢真幸氏による認知心理学、板倉昭二氏による比較生物学などの研究発表が行われ、非線形物理学や原子核物理学の専門家との学際的な意見交換が行われた。例えば、村田氏は100人程度の被験者に対して様々なあいまい図形を提示することによって、視覚認識過程の実験を精力的に行った。その結果、被験者の認識成立のプロセスが、化学反応で周知のアーレニウス反

応曲線を示すことを明らかにし、心のレベルにいくつかの離散状態が存在するのではないかと、という魅力的な推論を紹介した。また、大沢氏は、内と外の視点の二重性にカオスの意味づけを試み、複雑性に関する独自の理論を展開した。これに対して非線形物理学者からは、物理学の拘束条件下での意味づけや解釈などのコメントが寄せられた。こうした異分野交流ははじまったばかりであり、そのために、しばしば専門用語の不統一などによって、相互理解が困難であるような局面も散見された。しかし、このような異分野交流を軸に、先端境界領域の創出に向けた確実な第一歩が、心理物理学、理論生物物理学などで得られたことは、意義ある成果と思われる。特に、村田氏の報告では、心における確率的な遷移状態の存在という観点が提示されたことは、これからの学際的・先端的共同研究の可能性を考案していく上でも、極めて重要な成果である。

5. 環境ストレスと非線形応答 (環境因子の生体影響、化学物質、電磁場等)

6月16日(金)に行われた上記セッションは、物理・化学的環境が私たち生体に及ぼす影響の統計的定量化と、生体と環境の相互作用メカニズムを明らかにすることを目的とした。この目的のためには、熱力学と統計物理学の対応と同様に、マクロな巨視的現象とミクロメカニズムの連関を明らかにすることが重要である。そこで、本セッションでは、人間と環境との相互作用を個体レベルで記述する疫学の講演から始め、臨床環境医学、分子生物学、生体電子物性を経て電子物性に至るプログラムを組み、それぞれの階層間の有機的繋がりを明らかとすることにより、環境の生体影響の全体像が浮かびあがり、今後の課題を明らかにすることを意図した。

当日は、複数の専門分野にまたがって第一線の活躍をしている講演者と、多様な専門分野を背景に持つ参加者を得て、真に学際的で活発な議論がなされた。津田敏秀氏の講演における討論では、高周波電磁波と脳腫瘍に関する Lonn の研究の前提に、熱的相互作用と非熱的相互作用の混同があることが分かった。坂部氏の講演では、低周波磁場を浴びた場合の脳血流の変化に周波数特異性があること、石堂氏の講演では磁場による MCF-7 の細胞のシグナル伝達性変化に、磁場強度や周波数依存性が大きい可能性が示唆された。これらは、外力に対する系の非線形応答という物理学の概念によって、正しく解釈出来る可能性が高い。

講演者と会場の活発な討論によって、予定時間をオーバーする講演が相次いでしまったが、疑問点を徹底的に議論出来る雰囲気の中で、参加者間で今後の研究への議論・打ち合わせが活発に行われた。

6. まとめ

以上を通じて、種々の多彩な現象を研究し、「自然のバールをはぐだけでなく、バール自身の性質を調べる」(朝永) 諸科学と、真に確実に言えることは何かを求めて根源的な探究を進めようとする物理学の間の接触の場を、稔りある形で作り出すことが、ある程度成

功したといえよう。まさに、「新しい基礎的な問題が、既知と未知の境界の移動に伴って、新しく生まれ」(湯川) るための契機を作ることができたのではないだろうか。今後も、この成果を引き継いで、諸領域の専門家の間の交流や、物理学の記述による環境科学全体の共通言語化を図ることなどを通じ、環境科学としての物理学の可能性を明らかにして行きたいと考えている。