

第1回 8月18日(火)

環境問題は複雑にからみあったパズル

講師：大学院地球環境科学研究所・教授・池田元美

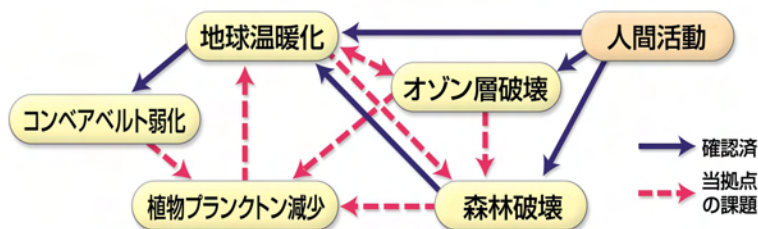
地球規模で環境劣化が進んでいる。身近に感じられる孫の世代まで住みやすい地球を残したいのは誰もが考えることだ。深刻な環境問題でも、ひとつひとつの要素は自然科学や人文社会学に基礎情報があるので、それらを集め、いろいろな分野の人たちが協力して取り組むことによって有効な対策を見出せるはずだ。また異なる視点から観ることで、一面的な問題解決策の逆効果を防げる。このようなパズルを作るのは、まず自然システムの中にある各要素の間のフィードバック、そして人類が直面する諸問題の間にあるフィードバックである。これらを解く具体例を見ていく。

右図に示すように地球システムでは複雑な相互作用が起こる。人間活動は二酸化炭素を排出し、地球から放射される熱を吸収する温室効果によって地球は温暖化する。冷蔵庫などの冷却剤として使われていたフロンは、成層圏まで達してオゾン層を破壊してきた。このため紫外線 B が増え、

人間に皮膚がんを起し、動植物にも悪い影響を与える。近年の開発によって森林が破壊され、微量でも有害な環境ホルモンなどの環境汚染物質が出されている。これらはそれぞれが独立に環境を劣化させるだけではなく、森林が減ると二酸化炭素の吸収量が減り、温暖化を促進する。また温暖化によって降水量に大きな変化が起こると、森林が減るといのように、相互に悪影響を及ぼす。全海洋をめぐっているコンベアベルトが弱まって、植物プランクトンのための栄養が減ると、二酸化炭素を吸収しにくくなるので、やはり温暖化を進めてしまう。これが自然システムの中にあるフィードバックだ。これによって生態地球圏システムに 100 年程度の時間スケールで劇変が起こる可能性があり、地球が自力で回復することを不可能にするかもしれない。

大気と陸域生態系の相互作用について、環境科学院のメンバーは生態モデルのパラメータを確かめる野外調査を進め、比較的乾燥した寒冷域では、気温上昇よりも降水量減少が

劇的変化メカニズムの解明



生物生産を低下させることを突き止めた。また寒冷域植生が衰退すると大気の流れに影響を及ぼし、シベリア森林域からアラスカへと変化が伝播することがわかった。大気陸面の相互作用を解明することを目的に、陸域植物モデルを開発し、その働きを確かめた後、大気モデルと結合して植生大気モデルを作成した。これらの成果をもとに、大気海洋陸面結合モデルを用いて、生態系応答も含んだ地球温暖化予測実験を行うことにより、森林が二酸化炭素吸収から放出に変わってしまう危険性を示した。

大気海洋相互作用のモデルに関しては、北西太平洋を題材にして地球温暖化に伴う変化を予測した。地球温暖化が進むと気温が上がるため、海洋混合層が発達しにくくなり、海面近くに上がる栄養塩の量が減る。またコンベアベルトが弱まることによっても、栄養塩が減り、植物プランクトンが成長しなくなる。この状態を定量的に予測することを目的に、海洋物理モデルに生物と化学の要素をいれてモデルを作成した。地球温暖化が進むと北緯43度までが今の黒潮域と同様になり生産量が減ることがわかった。

陸域と海洋のフィードバックも重要である。アムール川からオホーツク海にいたる測線で観測を開始した。アムール川は日本にない大河であり、道内の川の観測結果と合わせると多様な河川の役割を把握することができる。アムール川流域では、湿地帯の鉄が河川に溶け出てもすぐに川底に沈殿してしまうが、それを森林から供給される酸が再び溶解している。しかし、中国側の農地開発は土壌を乾燥させて鉄を溶けにくくし、またロシア側の森林破壊は酸の供給を減らして川底の鉄を溶けにくくする。その結果として、沿岸からオホーツク海に流出する鉄を減らし、生物生産を低下させていると考えられる。

汚染物質が生態系に及ぼす影響は複雑であり、世代を越えた追跡調査が必要となる。内分泌攪乱物質はいわゆる環境ホルモンと呼ばれる物質である。通常の有毒物質よりかなり低濃度でも生殖器官に影響を与え、オスのメス化、あるいは逆の変異を起こす。無数にある人工化学物質のうち、内分泌攪乱物質と確認されたものが数十ある。しかしそれは微量であるため除去するのが困難で、見つけるのさえ難しい。そこで標的となる物質に付着する酵素を用い、その酵素にさらに所在の確定が容易なセンサー物質をつけて、除去したい物質を見つける方法を開発した。また人類に有用と思われるカーボンナノチューブでも、体内に取り込んでしまうと有毒になることがあり、慎重な調査研究が必要である。

第二のタイプのパズルについて、下図を見ながら考えていこう。地球温暖化を抑止することは大事だが、人類が直面している問題は地球温暖化にとどまらない。あるいはそれ以上に緊急の課題と思えるものもあるだろう。地域によって深刻さは異なるものの、その影響が世界に及ぶ課題を挙げる。貧困国の飢餓と大量病死は待たなしであり、先進国に住む人の多くが認識しているような人道問題として片づけられるものではなく、内戦や環境破壊など先進国の責任が問われる事態がほとんどである。開発が続く途上国で人口が急速に増加することによって、世界全体の産業活動は増大し、エネルギー資源の不足が顕著になると、原油価格は高騰する。増えた人口の食糧をまかなうために、大量の肥料を施す必要が生じている。農業だけでなく都市生活にもより多くの水資源を求めるようになるが、地球温暖化の進行と共に降水が減り、水資源不足が深刻になる地域もでるだろう。人類共通の財産である生態系は多様性があってこそ、自らを維持することができる。人間活動が

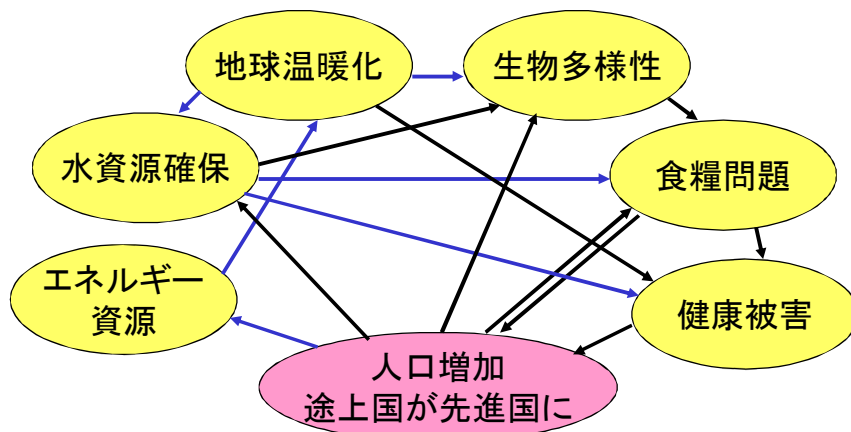
拡大して生物多様性が低下したことはない。グローバル化のもとで産業活動が活発化すると、勤労者の生活条件はむしろ劣化し、そのため精神的ストレスを受けるようになって、心身の健康を損なう。このようにみると、先進国の責任は重大であると同時に、そこに住む人たちも激しい競争にさらされていることがわかる。

これらの課題はそれぞれが深刻であるものの、個別に存在しているのではない。それらが相互に関係しあっていることを見てみよう。図の青線を産業活動増大からたどっていく。先進地域が拡大しその人口が増大することによって、より多くの化石燃料を使うようになり、資源の枯渇が問題になると共に、大量の二酸化炭素を大気に放出して地球温暖化を進める。地球温暖化によって年平均気温が2度上がると、緯度に換算して200kmも低緯度方向に移動したことになり、すぐに移動できない森林生態系は適応できないので、多様性は低下する。地球温暖化は土壤水分を蒸発させると共に、降水パターンを変化させ、ある地域では降水量が減る。21世紀の温暖化予測を参照すると、亜熱帯高圧帯が高緯度に拡張して、南欧から北アフリカの地域、米国南部、オーストラリアでは年間降水量が100mmも減少すると示されている。これらの地域では食糧生産が減ることは間違いない。一方で、降水量増加が好ましいとは限らず、水害という直接的な被害に会う。またこれまでもアフリカ東部で降水量が多い年はマラリア患者が増えたことを考えると、地球温暖化にともなう降水量増加によって健康被害が増えると予想される。

これらの因果関係以外にも、人間活動一般の増大によって水資源が不足しつつあり、それを確保するためにダムを建設すると、河川流域の生物多様性が低下する。また食糧不足や健康被害によって社会が不安定になると、難民の増加や、貧困層が増えて都市に集中するなど、大きな社会問題を引き起こす。これ以外にもさまざまな因果関係があり、またここにあげていない課題もあるだろう。

このような因果関係をみると、ひとつの課題を解決あるいは改善すれば、他の課題の解決にも貢献すると思うだろう。その考えは間違っていないが、あくまでも関連した課題に目を配り、総合的に解決することをめざさなければだめだ。それが持続可能な世界に至る第一歩である。もし相互の関係を見誤ったり、無視すると、個別課題の解決策が他の課題に悪影響を及ぼすことがあると認識しなければならない。

世界が直面している課題



ひとつの課題が悪化すると他の課題も深刻化する
ひとつの課題の解決が他の課題も解決する？