科学の峰々 85

国立環境研究所 社会環境システム研究センター　フェロー
公益財団法人 地球環境戦略研究機関 研究顧問 工学博士

甲斐沼　美紀子 先生 に聞く

公害および地球環境研究の歩み 下

聞き手：柴田　眞利　日本科学機器協会　広報委員長
南　明則　同　広報副委員長
藏満　邦弘　同　専務理事
岡田　康弘　同　事務局長
（取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ㈱　安井久雄）

取材日：2015年8月4日
日本科学機器協会 会議室

甲斐沼 美紀子 先生のプロフィール

〈経歴〉

1973年　京都大学大学院工学研究科修士課程修了 工学博士
1977年　国立公害研究所(現国立環境研究所)入所
1990年　地球環境研究グループ温暖化影響対策研究室
1994年　第４回 日経地球環境技術 大賞
2003年　北陸先端科学技術大学院 客員教授
2006年　地球環境研究センター温暖化対策評価研究室長
2010年　2010ナイスステップな研究者
2011年　国立環境研究所 社会環境システム研究センター　フェロー
2011年　環境科学会学術賞
2014年　地球環境戦略研究機関 研究顧問を併任

〈専門とする学問分野〉

システム工学・政策学・経済学

〈専門とする環境分野〉

地球温暖化・緩和策・低炭素社会シナリオ

〈研究課題〉

低炭素社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価。
環境システム工学の専門家として、IPCC 第４次評価報告書、第５次評価報告書を主執筆する

地球温暖化によってもたらされるシナリオ

── 甲斐沼先生は地球温暖化を研究対象のひとつとし、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の評価報告書の執筆にも取り組んでおられます。気候変動の予測シナリオとはどのようなものか、概要をお聞かせいただけますか。

甲斐沼　2000年に出された温室効果ガスの排出に関するIPCCの特別報告書では、4つのシナリオが示されました。

そのひとつに、人口が増え、これまでのように化石燃料を大量に使い続け、温室効果ガスの排出量が増え続けて、気温が上昇することで農作物の生産量が減少してしまうという悲観的なシナリオがあります。

一方、その対極として地産地消などを進めると、GDPはそれほど上がりませんが、温室効果ガスの排出は抑えられ、安定した社会に到達するシナリオもあります。そのほかには、GDPを上げながら、省エネ技術の進歩によって、ある程度、温室効果ガスの排出を減らすシナリオもありました。

── このまま温暖化が進んでいった場合、地球はどのようになると考えられているのでしょうか。

甲斐沼　地球温暖化の対策をしない場合、2100年には地球の平均気温は条件によっては産業革命以前と比較して3℃近くから7℃以上まで上昇すると予想されています。それだけでも大変なことなのですが、人間活動の影響がなかった時には280ppmだった二酸化炭素の濃度が800～1000ppmに上がります。

日本のビルの建築基準では、室内の二酸化炭素の濃度を1000ppm以下にすることと決められており、換気のための窓の大きさや、その大きさの窓を確保できないときには換気装置を取り付けることなどが定められています。

二酸化炭素濃度1000ppmとは、敏感な人ならそこにいるだけで眠気を催すレベルの数値です。将来、地上の二酸化炭素濃度がそれに匹敵するぐらいになるおそれがあるわけです。

── 環境問題を考えるにあたり、何万年、何億年といったスパンの出来事も調べるのでしょうか。

甲斐沼　IPCCのメンバーには地質学者も入っていて、地球環境が過去からどう変化しているかも調べています。私は地質学の専門家ではありませんが、いろいろな条件を調べたうえで、モデルを作っています。

例えば、南極で掘削されたアイスコアを調べることによって、過去からの二酸化炭素濃度の変化が分かります。それによると、地球は1万年ほど前に氷河期から、現在の間氷期に入りました。間氷期に入るとき、急激に気温が上昇したことがありました。しかし気温は上昇しかけて、そのあと再び寒冷化しています。その頃、シベリアとアラスカが地続きになり、アメリカ大陸へ人々が渡っていきました。

再び寒冷化した原因は、急に温暖化したことで海洋の大循環が変化し、暖流が止まってしまったためと考えられています。これはたいへん大きな出来事で、そのあと再び地球は温暖化していき、現在に至っています。

2014年ドイツ・ボンで開催されたIPCC総会（気候変動に関する政府間パネル）
第３作業部会 第12回会合及びIPCC第39回会合
この会では、各国政府・国連などから600名以上の代表者が出席、世界中のメディアの関心を集めた。
写真出典：IISD

先進国だけが削減義務を負った京都議定書

── 温暖化に対する警鐘が鳴らされているにもかかわらず、対策はなかなか進まないようですね。

甲斐沼　1997年の京都議定書を定めるCOP3のときも、初めは日本では温室効果ガスの6%の削減など不可能だと言われました。

他の先進国でも5～6%の削減は厳しいとか、中国やインドなど新興国がやらないなら、先進国もできないといった意見もありました。途上国からは温暖化は先進国がこれまで二酸化炭素などを排出してきたことが原因なので、自分たちはやらないといった意見が出されました。

アメリカは気候変動枠組条約には入っており、京都議定書について決めるCOP3では温室効果ガスを7%削減するということで合意しました。しかし、条約の締結には大統領だけでなく議会のサインが必要で、議会が拒否したため、京都議定書には入りませんでした。

こうしたこともあり、京都議定書では、EU、日本、カナダ、ロシアなど先進国だけが削減義務を負うことになりました。

しかし、今日では温室効果ガスの排出を削減しなければいけないことを各国が認識しています。今年開かれる会合はCOP21になりますが、すべての締約国が温室効果ガスの削減目標を自主的に出し、話し合うことになっています。

2011年南アフリカ・ダーバンで開催された気候変動COP17/CMP7の様子。2015年末までに2020年以降の新しい国際枠組みに合意することが決まった。写真提供:久保田(国立環境研究所)

話し合いがまとまるためには難しい課題がいろいろとありますが、それでも各国が歩み寄り、ルールづくりを進めていきましょうという動きになっています。

問題は、短期的な利益を生まないところにはなかなかお金を向けないということです。

温暖化の対策のためには、2100年で3～11%の損失が世界の消費に生じると言われています。来世紀にも十分起こりうるような5～6℃の温暖化では、急激かつ大規模な気候変動の影響があると言われており、その影響による世界のGDP 損失は平均5～10%であり、貧しい国々ではGDP の10%を超えるとも予測されています。大幅な気候変動による影響を回避するためには、早めに対策をうつ必要があります。温室効果ガスを出し続ければ、被害は増大するので、どちらにしても、いつか排出量をゼロとする必要があります。

生態系や人類の経済活動を考慮に入れた温暖化対策を

── 環境対策を強化すると、ある程度、経済活動を制限することになるかと思いますが、温暖化対策についての反対意見などもあったのでしょうか。

甲斐沼　今は地球温暖化に対する理解も広がっていますが、特にCOP3のときはたいへんでした。国立環境研究所としては、日本が温室効果ガスを1990年比で2010年に7%削減するにはどうしたらよいかを検討していたのですが、それに対して、日本では省エネが進んでいるので、これ以上の削減は出来ないといった批判を各方面から受けました。

また麻生政権のころ、AIMモデルも含めて二酸化炭素の排出削減に関していろいろなモデルを比較し、2005年比で2020年に−4～−30%までの、実現可能性が提案されました。当時の麻生総理は−15%削減を提案されましたが、2013年に−3.8%（90年比換算では3.1%増加）に変更されました。削減への道は険しいです。

COP3では、日本は温室効果ガスを6%削減することになりました。その頃、炭素税に関する論文を

出したことがありました。低額の炭素税を導入し、それを省エネ機器の開発に使えば、日本の削減目標を実現できるという内容でした。

経団連に呼ばれ、炭素税について説明した時は、新しい税の創出には多大な費用がかかるので現実的ではない。実現可能性の低いことをなぜ研究するのかとこのときも言われました。現在では炭素税に相当する「地球温暖化対策のための税」が導入されています。

── 環境対策と経済活動との折り合いをどうつけるのか、方針といったものはあるのでしょうか。

甲斐沼　1990年に出されたIPCCの第1次評価報告書の中には、ただちにCO2の排出量を60％削減しなければならないという表現がありました。

その後、気候変動枠組条約が1992年にできたとき、条約の第2条には、温暖化対策を考えるとき、農作物や生態系、人間の経済活動に著しい影響を及ぼさないようにすることが明文化されています。

人類には多種多様な価値観、文化、宗教観がありますから、それらを互いに認め合いながら、ルールづくりを進めることが重要だと思います。

温暖化対策に関するEUの取り組み

── 地球温暖化に関する議論や対策で、リーダーシップをとっている国はあるのでしょうか。

甲斐沼　温暖化対策に熱心なのはEUの国々です。研究の分野でもさまざまなところに資金を提出していたり、積極的に低炭素社会を目指している国があります。

例えば、デンマークにあるサムソ島では、島ぐるみで再生可能エネルギーを率先して使用しています。風力発電やバイオマス発電を組み合わせ、島で使う電力を再生可能エネルギーで100%賄っています。電力が余った場合は、デンマークの本土へ売却しています。

また、EUの国々ではかなり自転車専用道路が整備されていて、デンマークのコペンハーゲンでは、車道よりも広いのではと思うくらい、広くとってあり、感心したのをおぼえています。

新たに開発された街にも見学へ行ったのですが、買い物などには自転車で行く方が便利なように設計されていて、車では逆に遠回りになり、車が街の中をあまり走らないようなっているとのことでした。住宅は地中熱を冷暖房に利用し、屋根の上には太陽光発電と風力発電の装置がありました。あまり陽の照らない冬だけ電気を購入するということでした。

── EU諸国が環境問題に対して意識が高い理由は何かあるのでしょうか。

甲斐沼　温暖化の前に大気汚染があったのも一つの要因だと思います。ドイツでは酸性雨によって森林が枯れるという被害がありましたし、オランダは、土地が低いため、水位が上がると、堤防の水を汲み上げなくてはならなくなります。水を管理するために協同組合がしっかりしていたため、早くから話し合いが持たれていました。こうした背景があるため、ヨーロッパでは地球温暖化や海面上昇に対して意識が高いようです。

オランダ・ライデンの駐輪場風景

オーストリア・ウィーンの街を走る市電

南南協力に取り組み始めたASEAN諸国

――EU以外の国々でも温暖化に対する意識は変わってきているのでしょうか。

甲斐沼　インドネシアやタイなどでも、最近は雨期や乾期、稲の植え付け時期などが変化してきていると感じていて、温暖化に対する関心も高くなってきました。

タイではJICAのサポートで、低炭素社会実現のためのトレーニングセンターが完成しました。東南アジアというと、これまでは先進国からの技術協力が主でしたが、『南南協力』といい、ASEANの国々同士で協力する体制も進んできています。タイはベトナムやカンボジアなどASEANの国を対象に、研修を通じて二酸化炭素の排出削減の方法を伝えていこうとしています。

――大気汚染問題を抱える中国はどうでしょうか。

甲斐沼　中国も太陽光発電や風力発電など新しい技術に熱心に取り組んでいます。風力発電設備量世界一。太陽光発電装置投資と売り上げ世界一です。大気汚染対策の必要に迫られていることが大きいです。そのため、非効率な石炭火力発電所を閉鎖するなどの対策が取られています。中国の研究者と話をしていると、日本の温暖化対策は消極的だと指摘されることもあるくらいです。

日本はすでに省エネが進んでいて、技術的なエネルギー効率も高く、削減目標を出したにもかかわらず、産業界の反対にあって、大幅な削減目標は出せないといった話をしたことがあります。中国の研究者からは「世界は温室効果ガスの更なる削減や再生可能エネルギーの普及に向かって動いていて、中国もそれに向かって進んでいる。日本だけができないと言っている場合ではない」と言われてしまいました。

技術や経済モデルを示して政策的な検討を促す

――地球温暖化や低炭素社会に関する研究の成果は、どのように政策へフィードバックされているのでしょうか。

甲斐沼　私たちは温暖化に対してどういう対策が有効かを検討する計算機・シミュレーションモデルを作っています。1つは『技術選択モデル』と呼んでいて、どういう技術を入れると、どれだけ二酸化炭素の排出が削減でき、それにはどのくらいの費用がかかるかというモデルです。もう1つは『経済モデル』で、その対策を取ったとき、経済にどれだけの影響が出るか。その2つを連動させながら、予測を立てています。

その中で、高断熱住宅や電気自動車を普及させるとどうなるか、高効率な照明に変えるとどうなるか。そういったことを定量的に示して、政策的に検討してもらうモデルです。

――日本において低炭素社会を実現するには、どのようにすればよいとお考えでしょうか。

甲斐沼　大量生産や大量消費は抑えながらも、利便性はある程度確保しながら、なおかつ二酸

COP18のインドネシア・パビリオンにてインドネシアの人たちと語らう甲斐沼先生

エチオピア・アジスアベバにて、IPCC執筆者会合の際に、建設が進む街中で住民の方と話す甲斐沼先生

化炭素の排出量が少ない暮らしが望ましいわけです。

例えば、2050年までに1990年と比べ、二酸化炭素の排出量80%削減を実現したいとします。化石燃料だけで電気を賄おうとすると、これは1965年ぐらいのエネルギーの消費量に相当します。そんな昔には戻りたくないという人もいますが、二酸化炭素を出さないエネルギー源を使えば、豊かに暮らしていけるはずです。

街の機能を集約し市電を利用する富山市

── 具体的にはどのような取り組みが考えられるのでしょうか。

甲斐沼　今、海外でも有名になっているのが北陸の富山市です。富山市では街の中に中心的な機能を移し、高齢化社会を見越してそこに人を集め、交通には市電を活用して生活できるよう取り組みを進めています。これにより、高齢化が進んでも利便性のある生活が可能です。二酸化炭素の排出量を削減するために、エネルギー需要を減らしながら、再生可能エネルギーを導入する。富山市はこうした形で低炭素社会の実現を目指しています。

とはいっても地方では車は必需品で、一人当たりの交通に関する二酸化炭素の排出量は、東京と比べ、北海道の方が多くなっています。

これに関しては、電気自動車の導入で解決を図ります。これまでは電気自動車はパワーが足りないとか、1回の充電での走行距離が短いと言われてきましたが、こうした課題はだいぶ改良されてきたようです。

先程、デンマークの住宅の話をしましたが、ヨーロッパでは暖房費がかかるため、高断熱住宅が普及しています。壁にはたくさん断熱材が入っていて、窓は二重で、ドアも厚く作ってありました。デンマークで伺ったお宅では、庭で遊んでいる子供の声が、家の中ではまったく聞こえませんでした。

ヨーロッパに比べると、日本の住宅の冷暖房費は少ないのですが、温暖化が進むと変わってくるかもしれません。つまり、家の断熱にお金を使った方が、トータルにみると冷暖房費が安くなり、快適に過ごせるようになります。

温暖化対策や低炭素社会実現のための取り組みは、国や地域によっても変わってきます。

例えば、タイでは国王が『サフィシエンシー・エコノミー』すなわち『足るを知る経済』を提唱しています。今の経済状態に満足し、余計なものを求めないようにしましょうと言っています。あるいは、カナダのバンクーバーは、2030～40年ごろには再生可能エネルギーだけで電力を賄うことを目指すと言っています。

── 最後に、日本の理科教育や子供たちに対して感じていることや伝えたいことはございますか。

甲斐沼　日本の子供たちは、どうしても受け身的で、自ら発言をしたり、ディスカッションしたりすることを苦手にしていると感じます。それに比べると、欧米人やインド人、韓国人などは、会議でもワークショップでも積極的に発言してきます。何か疑問に思ったり、分からないことがあったりすると、彼らはその場でどんどん質問してきます。

日本の学校でも、もっとディスカッションなどのトレーニングを取り入れてみてはどうかと思います。それとともに、日本の子供たちには、勉強だけでなく、いろいろなことに興味を持って、自分自身の幅を広げるようにしてもらいたいと思います。

── 本日は、ありがとうございました。温暖化対策や低炭素社会の実現に向け、甲斐沼先生のご活躍に期待いたします。

本年「平成27年度地球環境論文奨励賞」を受賞した藤森研究員（左前）と長谷川特別研究員（左後）、戴特別研究員（右後）と甲斐沼先生（社会環境システム研究センターにて）

次号の「科学の峰々」12月号では、
東京大学大学院工学系研究科
化学生命工学専攻 教授
野崎京子先生にお話しいただきます。