

# 地球温暖化をシステム思考でとらえるヒント

## 枝廣 淳子

環境ジャーナリスト／(有)チェンジ・エージェント会長

地球温暖化の解決に効く、システムの特徴を4つご紹介します。

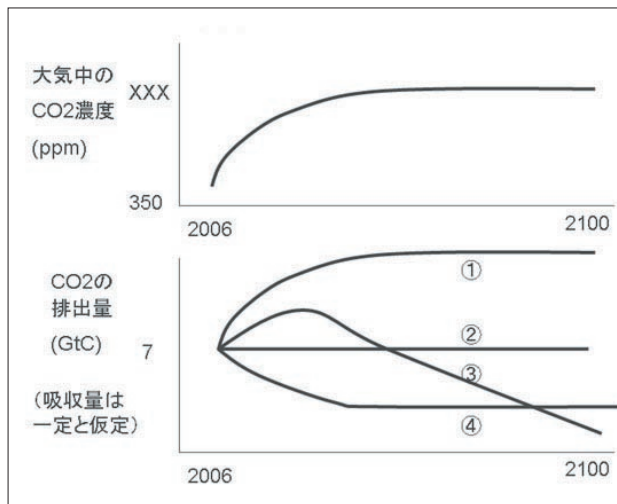
### ①「ストックとフロー」

1つは「ストックとフロー」です。私たちが大気中に二酸化炭素を排出する一方で、森林や海が吸収してくれています。ここにインフローとアウトフローの関係があるのですが、その結果ストックはどうなっているのでしょうか。年間63億トンの二酸化炭素がインフローとして大気に入ってきます。そのうち、陸上で吸収されるものが14億トン、海洋には17億トンが吸収されます。つまり合計31億トンのアウトフローがあります。インフローのほうがアウトフローよりも大きいので、大気圏のストックとしては増える一方です。アトキンソン氏の話にもありましたが、550ppmで止めないといけないのに、どんどん増えている状況にあります。

では、どうしたらいいのでしょうか。ここでクイズです。大気中の二酸化炭素の濃度を、上のグラフのような軌跡をたどって550ppmで抑えるためには、私たちが排出する二酸化炭素の量をグラフに描くと、今後どういうパターンを取らなければいけないのでしょうか。1番目は、上のグラフと同様に、しばらく増加を続けてから安定させる、2番目は現状維持、3番目はしばらく増えた後に急激に下げる、4番目は最初から下げてそのレベルを維持、という形です。大気中の二酸化炭素濃度を図のように安定させるには、4つのうちどれが必要となるでしょうか。

クイズ：

大気中の二酸化炭素濃度をXXXppmで抑えるには？



正解は4番です。私が最初にこのクイズをやったときは、「1番です」と言って見事に外れました。理工学系の優秀な学生が集まるMIT（マサチューセッツ工科大学）の学生たちでも、多くの人が1番と答えるそうです。大気中の二酸化炭素濃度のシナリオを描いた上のグラフとパターンが似ているので、私たちはつい誤解しがちです。実際には、今から急激に排出量を削減しないと、10年、20年先に450～500ppmで安定させることはできません。これはストックとフローの、システムの構造を理解していないと、なかなか分かりにくい問題です。何となく、まだ増やしてもよさそうな気がしてしまうのですが、実はそうでもないという例です。

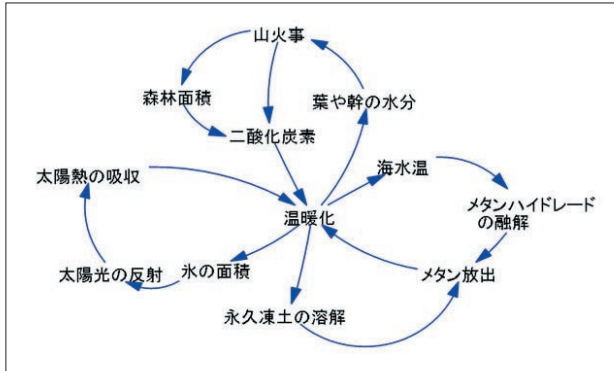
### ②フィードバック・ループ

2つめの特徴は「フィードバック・ループ」です。あるものごとがつながり、影響し合い、そのために何かが増えたり、あるいは、つながり方によっては、あるところで安定したりするという現象を、ループ図を使って描くことができます。私たちを取り巻く現象は、さまざまなフィードバック・ループが組み合わさることで起きているのです。

たとえば今、地球上の氷が次々に解けています。氷の白い表面が減って黒い表面が増えると、太陽光から地球が吸収する熱が増えていきます。するとそれが原因となって、さらに氷を解かしてしまいます。（「アルベド効果」といいます。）

システム思考的にループ図で整理するとこうなります。地球温暖化が進んで氷の表面が減り、太陽光を反射しにくくなるので、さらに太陽熱を吸収してますます温暖化が進みます。それだけではなくて、温暖化が進むと、たとえばシベリアにある、永久凍土というメタンをたくさん抱え込んで凍っている土が解け出します。実際のところ、既にならかなり解け出しているそうですが、温室効果ガスであるメタンが出ると、ますます温暖化を促進します。

#### 温暖化が「急に加速する」危険



### ③非線形の変化

地球温暖化に関して、このように「ますます」という悪循環がたくさん重なっているのが現在です。そのうちのどれか1つにスイッチが入ってしまえば、次から次へのほかのスイッチも入り、非常に大きな影響を及ぼします。温暖化というと、何となく徐々に気温が上昇するという、直線的な線形の変化のイメージを持っている人も多いでしょう。ところが実際には非常に急激な上昇なのです。システムの3つめの特徴である非線形の変化に、私たちは対応しなければなりません。

### ④「時間的な遅れ」

4つめの特徴は「時間的な遅れ」です。たとえば、今すぐに二酸化炭素の排出を止めたとしても、温暖化は急には止まりません。今日出している二酸化炭素は、30年後の気温を決めるのです。地球温暖化に関しては、これだけ大きな時間的な遅れがあります。

もっと身近な例でも考えてみましょう。皆さんの会社でも時間的な遅れがあります。「温暖化を何とかしなきゃいけない」と思って、上層部に通そうとしても、まずそこで時間的な遅れが生じます。会社として「そうしよう」と決めても、それから設備投資をして、実際に二酸化炭素の排出削減に成功するまでには、やはり時間的な遅れがあります。こうした遅れがたくさん重なってしまうと、大きく舵を切るのが遅くなってしまいます。

地球温暖化はもちろん、気候というシステムの中で起こっています。太陽の光や熱、地球上の氷や地表を取り巻くシステムです。今この温暖化の問題が深刻になっているのは、ご存じのように私たちが二酸化炭素を大量に排出しているからです。二酸化炭素を出しているのは主にエネルギーです。私たちがパソコンで電気を使う、あるいは自動車での移動にガソリンを使う。こうしてエネルギーを使うと、気候システムに影響が出てきます。

ところで、私たちはなぜエネルギーを使っているのでしょうか。ただエネルギーを使いたいから、という人はいないでしょう。さまざまな産業活動のための発電やモノづくりに使っているわけです。では、そもそも産業活動は何のためでしょうか。皆さんの会社はなぜモノをつくり、サービスを提供しているのでしょうか。それは、人々に幸せを届けるためではありませんか。消費者や市民に幸せを届けるために産業活動をし、そのためにエネルギーを使う。それが気候に影響を与えているのです。

このように考えてみると、人々の幸せのために始めたことが原因となって、当初の目的に悪影響が及んでいることに気がつきます。悪循環のスイッチが入って、この悪影響が生まれないようにするため、できるだけ早く温暖化を止めないとなりません。そうしたときに、ストックとフロー、フィードバック・ループ、非線形の変化、時間的な遅れなど、システムの特徴を踏まえた上で、それぞれの企業や組織で、そして1人ひとりがどうやって取り組んでいけるのでしょうか。ぜひそこを考えていきたいし、多くの方に考えていただきたいのです。■