

## 解説

### 目的：

このゲームは、「地球温暖化と気候の変化のサイエンス、そして人間・環境への影響」のいろはを学ぶことを目的としています。

「地球温暖化」は広く知られている言葉ですし、「地球温暖化問題」は国際社会が解決していかなければならない大変な環境問題です。「北極の氷が減ってシロクマが困っている」とか、「モルジブが沈みそう」とか「今回の洪水が起こったのは地球温暖化のせいだ」などとはよく言われるところです。ですが、これらの結びつきが見えていない人、全体像が描けない人が少なくないと思います。

このゲームではその全体像を描くヒントを与えることを目指しています。カードの中には、よく耳にするであろうこと（キーワード）が描かれています。そのキーワード同士には原因と結果（因果関係）が潜んでいます。これを学んでいきましょう。4枚のシートからなりますが、順に、左上が「温室効果気体の増加⇒地上気温の上昇」、右上と左下が「地上気温の上昇に伴う気候の変化（大気、海と氷）」、右下が「人間・環境への影響」を示しています。

なお、「地球温暖化問題」と言うときには、「人間への影響」の次に「人間の対応（適応）」が、「地球温暖化」のまえに「緩和（排出の削減）」が加わることを、覚えておいてください。これらはこのゲームの対象外です。

### [1] 温室効果気体の増加⇒地上気温の上昇

地球温暖化の最大の原因は「石油など（化石燃料）の使用」です。化石燃料に含まれる炭素が燃やされて、大気中の二酸化炭素が増えています。

次は「森林伐採」です。森林（植物）は光合成をし、二酸化炭素を吸収し、酸素を出しますが、その森林を切ることでこの光合成活動が弱まり、本来は吸収されていたはずの二酸化炭素が吸収されなくなります。得られた炭素は幹・枝・葉・根などに蓄えられていますが、これが（使われた後に）燃やされてしまえばまた、大気中の二酸化炭素の増加につながります。

これらは主に工業化によって始まり、増加の一途をたどってきています。日本で言えば江戸時代のような循環型社会ではなくなってしまっています。

こうして、二酸化炭素などの「温室効果気体の増加」が起こります。二酸化炭素で言えば、工業化前のおよそ 1.5 倍に増えています。

その結果、「温室効果の強化」がおこり、「地上気温の上昇」につながります。（これらは、因果関係というよりは、同時に起こるものです。）もともと地球では温室効果は、生物が暮らしやすい環境にするのには必要なものとして存在します。（ある仮定の下ですが）これがなければ地球の平均気温は -18℃と見積もられています。これが温室効果のおかげで 33℃も高い、+15℃という暮らしやすい温度になっていました。これが、人間活動によって温室効果気体が排出されて、この温室効果が「ほんの少しだけ」強まり、1℃上昇しているのが現在です。

この、ほんのわずかの平均気温の上昇で、人間生活にほとんど影響がなければ、あるいは暮らしやすくなっていけば、なんの問題にもならないのでしょう。しかしこの、ほんのわずかな気温の上昇が

すでに様々な問題を引き起こし始めています。そのうえ、工業化前に比べて 1.5℃ の上昇につながるのはほぼ時間の問題であり、少し放置すれば 2℃、さらに、今後発展途上国も先進国と同じように化石燃料に頼った発展をしていけば今世紀末にはおよそ 4℃以上の上昇が見込まれています。IPCC という国連関係の期間の報告書には、2300 年にはおよそ 10℃上がる可能性があるという図が記載されています。

## [2] 地上気温の上昇 ⇒ 大気の変化

地上気温が高くなると、海（や陸）にある水分子の運動が激しくなり、大気中に飛び出しやすくなります（飽和水蒸気量の増加）。この反映で、大気中の「水蒸気量の増加」が起こります。

さて大気では、何らかの理由で地上近くの空気が上の方に持ち上げられると、（飽和に達して、）水蒸気が凝結して水（つまり、雲）になります。このとき凝結熱（気化熱の反対。潜熱と言います）が発生して、空気が暖められ、さらに上に上がろうとします。これが対流で、積乱雲はその典型的なものです。大気下層の水蒸気は、対流（積乱雲など）のエネルギー源（あるいは燃料）と言っていいでしょう。

気候の変化で水蒸気量が増加して燃料が増えた結果、「対流が強ま」ります。それは「強い台風の割合の増」や「大雨の増加」につながります。

地上の平均気温が上昇すると、気温の変動も大きくなる（たとえば、気温の高い日と低い日の差が大きくなる）こともわかってきました。これは、極端に気温の高い日、たとえば猛暑日（日最高気温が 35℃以上の日）が（平均気温の上昇から想像する以上に）増えることを意味しますし、気温がとても低い日も思うほどには減らないことを意味します。

このゲームには反映していませんが、降水についても、水蒸気の増加による増加、の他に、（地上付近よりも上空、対流圏の中層部分など、の気温の方が上昇するため）安定度がよくなって降水が起こりにくくなる仕組みがはたらく、などのために、先に書いたように強い雨が増えるだけでなく、雨の降らない日（や雨があまり降らない地域）が増えることもわかってきています。降水についても、時間空間的に、変動が大きくなるようだとすることを意味しています。これは水不足・干ばつ・渇水の増加につながります。

なお、水蒸気は実は、強い温室効果気体です。前に、温室効果によって地球の温度は +33℃になっていたと書きましたが、このほとんどは水蒸気の温室効果によっています。気候の変化で水蒸気量が増えることは、温室効果がさらに強まることにつながっています（水蒸気フィードバック）。つまり、人間の出した温室効果気体によるだけでなく、自然のもともとの仕組みが持っている温室効果気体（水蒸気）もまた、地上気温をあげることに加担してしまっているのです。

## [3] 地上気温の上昇等 ⇒ 海や氷の変化

地上気温が上がると、夏の北極海などの海氷が融けやすくなり、「海氷の減少」が起こります。北極海の海氷は 9 月に最も面積が小さくなるのですが、20 世紀の末に比べていまは顕著に減少していることがわかっています。気候モデルによれば、今世紀半ばには 9 月の北極海の海氷はなくなるかもしれないという予測も示されています。

また、陸上の氷も減っています。山岳氷河の末端の後退はよく観測されるところですし、グリーンランドや南極の「氷床がとけ」ています。こうして陸で融けた氷の水は海に流れていき、結果、海の

水の量が増えるので「海の水面上昇」につながります。

空気の温度が上がるので、海もあたためられます（「海水温上昇」。（鉄はあたためると膨らむことは線路が延びることなどで知られていますが、）水も基本的には温度が高い方が体積が大きくなります。海があたためられて膨らむと、それは上に上がるしかないので、「海の水面上昇」がおこります。水位の上昇は、今世紀末で最大およそ 1m とされていますが、もしも氷床の融解が想定よりも大きく進む場合には数メートルの上昇につながる可能性も示されています。

こうした陸の氷や海の膨張は、かりに温暖化が止まり、大気温度が変わらなくなったり、逆に下がり始めたとしても続きます。下がったと言っても大気温度は工業化前などに比べれば高いままで、氷を融かし続けるし、（まだ温度が上がりきっていない）海をあたため続けるからです。つまり温暖化が止まったとしても、水位の上昇は長期にわたって続くことになります。

大気中の二酸化炭素が増えると、海に融けこみ、これは「海洋酸性化」を引き起こします。海洋の温度や酸性度（・アルカリ度）の変化は「海洋生態系への影響」を引き起こします。

#### [4] 様々な気候の変化⇒人間生活への影響

こうした気候の変化は、人間生活や生活環境にさまざまな影響を与えます。

たとえば、気温や降水量の変化は「農作物への影響」を引き起こしています。適地が変わっているほか、夏の高温により『白未熟粒』が増えるなど、品質の劣化が見られてきています。海洋生態系への影響は「漁業への影響」につながります。

海面水位の上昇は海岸線の位置を後退させます。特に海拔の低い島国のなかには、遠くない将来に国全体が沈む可能性があります（たとえばモルジブは最高標高がおよそ 1.5m にすぎません。）

気温が高くなると、感染症を媒介する蚊が高緯度でも生きることができるようになり、「感染症の増加」が心配されています。シベリアの凍土が融解することにより、そのなかで生きながらえているウイルスなどが出てきて、現代人にとっては新たな感染症を引き起こす可能性も指摘されています。

異常高温の増加は、「熱中症の増加」にもつながってきています。そして大雨等の増加は、山の近くでは「がけ崩れの増加」、川や海の近くでは「洪水の増加」を引き起こします。

以上

作者：ほさかまさひろ

問い合わせ先： mhosaka@mail1.accsnet.ne.jp

件名のはじめの方に「地球温暖化クイズゲーム」を入れてください

著作権：CC BY-ND（改変不可）