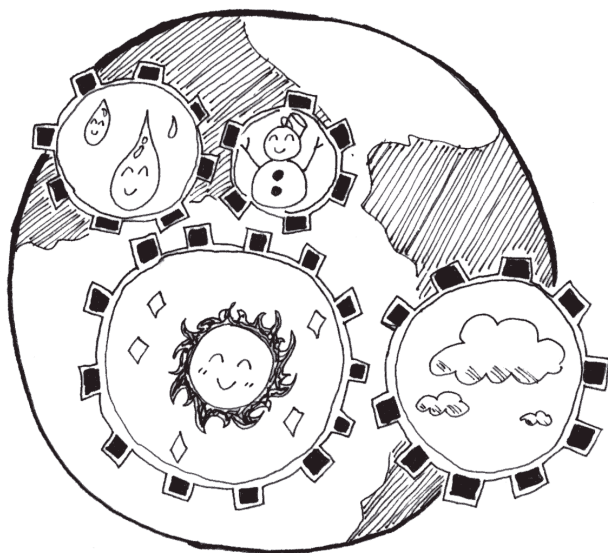


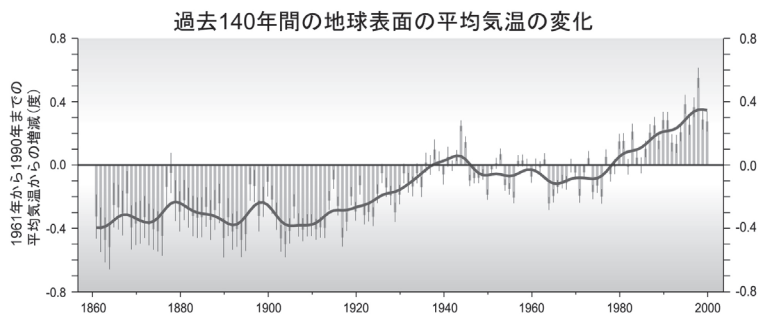
地球温暖化 50のなぜ

制 作

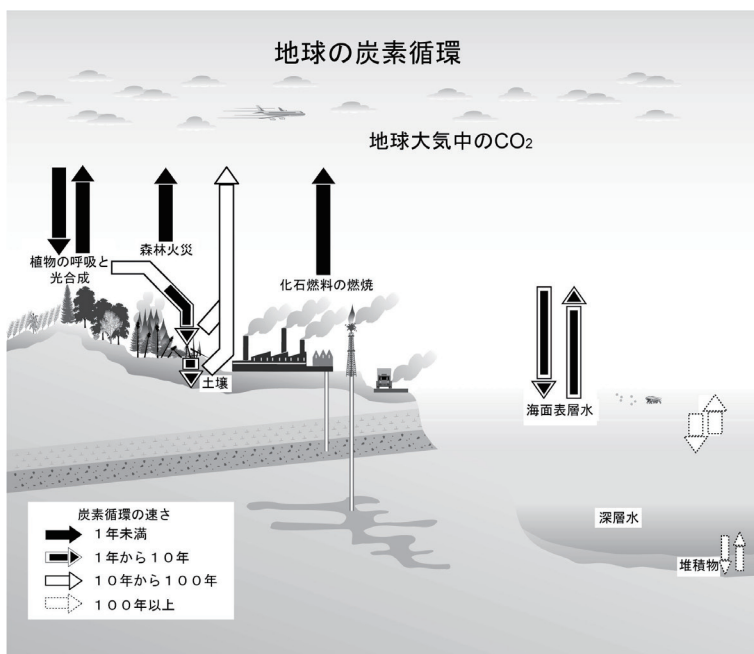
名古屋大学宇宙地球環境研究所
りくべつ宇宙地球科学館
豊川市ジオスペース館

大村純子・絵





過去 140 年間の地球表面の平均気温の変化（気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第三次評価報告書 2001 より）。1890 年ごろから気温が上昇を始め、1940 年代から 60 年代にかけて一旦止まりましたが、その後再び上昇しています。この一連の気温上昇が、地球温暖化と呼ばれるものです。



地球の大気・海洋・陸域での炭素循環（気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第三次評価報告書 2001 より）。大気中の CO₂ は地球上の炭素の流れ（循環）の一部として考えることができます。この循環の中で「大気中に炭素を多く溜めない」ことが、地球温暖化問題では重要になります。

も く じ

地球の大気とその歴史



1. 大気の「大」にはどんな意味がある？
2. 大気はどれぐらいの高さまである？
3. 地球の大気はいつごろできたの？
4. 地球温暖化はいつごろから始まったの？
5. 温暖化が進むとどれぐらい暑くなる？
6. 今は地球の歴史の中でどれぐらい暖かい？
7. 昔の気温はどうやって調べる？ - その1
8. 昔の気温はどうやって調べる？ - その2
9. 昔の気温はどうやって調べる？ - その3

温暖化の仕組みと温室効果ガス



10. 温室効果ガスって何のこと？
11. 気温ってなに？
12. 気温はどうすると上がるの？

13. 赤外線ってなに？
14. 赤外線はどこから出てくるの？
15. 温暖化と赤外線の関係は？
16. 酸素や窒素はどうして温暖化に影響しないの？
17. 温室効果ガスはどうやって調べる？

温暖化に関連するいろいろな要因



18. 大気循環と温暖化の関係は？
19. 太陽活動と地球の気温は関係があるの？
20. 地球の公転や自転と気候変動は関係があるの？
21. 地球以外の惑星の大気はどうなっている？
22. 他の惑星でも温暖化はある？
23. 火山が噴火すると温暖化に影響が出る？
24. 雲は温暖化にどう影響する？

海と温暖化



25. 海の温度は温暖化には影響しない？
26. 海の流れにも大きな循環はある？
27. 海のベルトコンベアってなに？
28. 海水の温度や流れはどうやって調べる？
29. エルニーニョってなに？

私たちの暮らしと温暖化



30. 温暖化は私たちの暮らしにどう影響する？
31. 化石燃料ってなに？
32. バイオマスエネルギーってなに？

33. 「燃える氷」はエネルギーの救世主？
34. 森林破壊が温暖化を進めている？
35. 酸性雨ってなに？
36. 温暖化は農業に影響を与える？
37. 異常気象と温暖化は関係があるの？
38. オゾン層破壊と温暖化の関係は？
39. ヒートアイランド現象ってなに？
40. 温暖化が進み海面が上がるとどうなる？

温暖化を防ぐために



41. 温暖化は本当に起きる？
42. どうやって温暖化の予測をするの？
43. 温暖化はどうすれば防げる？
44. 温暖化を防ぐため世界の国々はどうしているの？
45. 京都議定書ってなに？
46. IPCC ってなに？
47. 温室効果ガスインベントリーってなに？
48. 日本は温暖化にどう取り組んでいるの？
49. 発展途上国は温暖化とは関係がない？
50. 温暖化は政治的な問題？ それとも、科学的な問題？

1. 大気の「大」にはどんな意味がある？



大気と空気、2つの言葉がありますね。これらはいったいどう違うのでしょうか？

「大」という字には、「大きい」という意味の他に、「広い」とか「あまねし」といった意味があります。言語学的にきちんと語源を調べたわけではありませんが、地球全体をあまねく覆いつくしている空気といった意味で、「大気」というのではないのでしょうか。

英語で大気は“atmosphere”です。これは、ギリシャ語で空気を意味する“atmos”と球体を意味する“sphere”が組み合わせられ

た言葉で、空気が球状の地球や天体を取り巻いたものが大気だということを表しています。

つまり、日本語では、大気圏と大気は同じものを表現しているといえるでしょう。ただ、英語の“atmosphere”には、「雰囲気」「ムード」といった意味もあります。この点は日本語と少し違いますね。「その場の空気がなごんだ」とは言いますが、「その場の大気がなごんだ」とは言いません。やはり大気という言葉には、大きく広がっているという意味が含まれているようです。

2. 大気はどれぐらいの高さまである？

ロケットの打ち上げやスペースシャトルの帰還などで、大気圏脱出とか大気圏再突入という言葉を目にしたことがありますね。大気圏というのは、一体どのぐらいまでの高さをいうのでしょうか？

だいたい地表から 500 km ぐらいまでが、大気圏です。500km といえはずいぶん高いように思うかもしれませんが、地球の半径の約 6370 km の 10% にも満たない厚さ(薄さ?)です。

地球大気は上に行くほどどんどん薄くなります。地球温暖化は、厚さ 10 km ほどの地球の薄皮の部分で起きているということです。



3. 地球の大気はいつごろできたの？



空気がなければ、私たちは生きていけませんね。私たちの体は、大気中の酸素を吸って、二酸化炭素を吐き出しています。では、大気中の酸素などは、地球が生まれたときからあったのでしょうか？

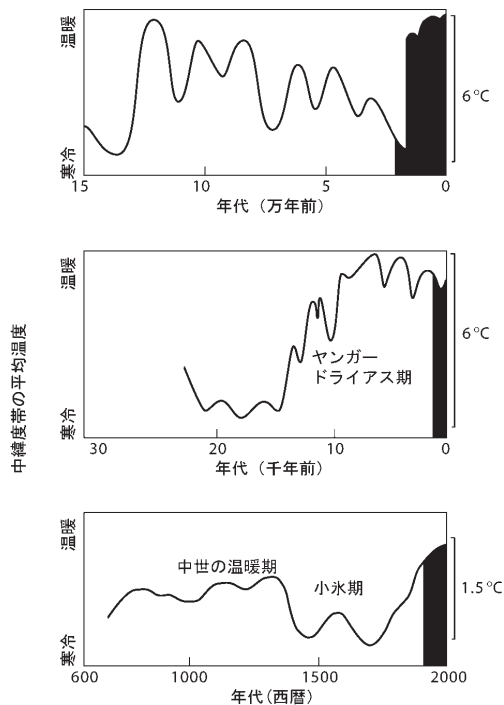
地球は、約 46 億年前に太陽の周りの塵や岩石がぶつかり、合体を繰り返して誕生しました。誕生したばかりの地球は「マグマオーシャン（溶岩の海）」と呼ばれるマグマに覆われた灼熱の世界で、岩石に含まれていた揮発性の物質が蒸発して最初の大気を作ったと考えられています。最初の大気の主成分は水蒸気（水）で、残りは二酸化炭素、窒素、硫黄を含む気体などが含まれていました。地球が冷えてくるにつれて水蒸気は凝結して海を作り、二酸化炭素や硫黄を含む気体は海の中に溶け込みます。このころの大気の主成分は窒素で、私たちが生きていくのに必要な酸素はほとんどありませんでした。

大気中の酸素は、35 億年前ぐらい前、海の中で植物のように光合成（二酸化炭素を吸って、酸素を吐き出す）を行なう生物（シアノバクテリア）が発生して、増加したと考えられています。現在のような大気濃度になったのは、4 億年ぐらい前です。

4. 地球温暖化はいつごろから始まったの？

46 億年前、地球は灼熱のマグマオーシャンでした。その後、地球はどんどん冷えて、海洋と大気が形成されたわけですが、数十億年という歴史の中で地球は、氷河期のような数万年から数千万年にわたる大きな気候変動を何回も経験してきました。そうした長い大きな変動の中でみると、今は 2 万年ぐらい前から始まっている「温暖化」の途中の段階にあるといわれています。

ただし、これは最近よく問題にされている「地球温暖化」とは違います。最近問題となっているのは、ここ数百年程度の間の温



地球の気温の変化

度上昇、特にその原因として人類の生活・経済活動が関連しているかどうかということです。1980年代から、アメリカの議会などでこの問題が議論されるようになりました。1989年には、ある科学者がアメリカの議会で「99%の確率で温暖化は起きる」と発言したことにより、さらに注目を集めました。

注意しなければならないのは、人間の活動とは別な原因で起きる数年程度の異常気象や数十年程度の気候変動が、「もともと」存在するということです。後にも述べますが、この「もともとある」温度変動と、人間活動が原因と考えられる温度変動とを、しっかりと区別することは容易ではありません。

…ということで、「地球温暖化はいつごろから始まったの？」に正確に答えることは、そう簡単なことではないのです。

5. 温暖化が進むとどれぐらい暑くなる？

地球温暖化というのは、実際にどれぐらいの温度上昇を問題としているのでしょうか？ 南極や北極でも、常夏の島ハワイのようになるのでしょうか？

温暖化問題として議論されている温度の上昇は、100 年間で1～5 度程度です。「なんだ、たったそれだけか」と思われる方も少なくないでしょう。確かに人間の生死にかかわるような温度変化ではありませんが、農作物の出来高などを大きく左右します。農作物の出来高が下がれば、農家の人々は作物の種類を変えたり、引っ越したりすることになります。家畜を養う牧草も同じように影響を受けます。数度の変化で、人々の生活環境を変えるほどの影響があるのです。また、温度変化がこの程度なので、それが自然に「もともと」ある変動なのか、人間活動に原因があるのかを区別するのが難しいのです。



6. 今は地球の歴史の中でどれくらい暖かい？



地球ができた当時の太陽放射は、現在よりも25%程度少なかったのですが、大気中の二酸化炭素が多く、温室効果のため温暖であったといわれています。その後、二酸化炭素が減少して地球は寒冷化し、氷河期と間氷期を繰り返します。現在ははっきりとわかっている氷河期で最も古いのは、7億5千年前にあったものです。最近では、このとき（そしてこれ以前にも数回）、地球全体が凍りついた時期があったのではないかという考え（「スノーボールアース仮説」）も提唱されています。

その後気候は温暖になり、海中の動植物が繁栄しました。3億年前ごろには再び氷河期を迎え、多くの海洋生物が滅亡しました。そしてまた温暖化し、今度は恐竜時代に入ります。

6500万年ぐらい前からは、恐竜に代わって哺乳類などの時代となりますが、最初のころは現在より10度ほど温暖であったといわれています。そして3～4千万年ほど前に温度が下がりはじめて、現在へとつながっています。

過去100万年程度の間にも、数万年の氷期と間氷期が繰り返され、10度程度の温度変動がありました。現在は、2万年ぐらい前からだんだん暖かくなっている途中にあると考えられています。ただし、長い地球の歴史全体からみると、特に暖かいというわけではなく、どちらかというと涼しい時期にあたります。

7. 昔の気温はどうやって調べる？－その1

温度計がなかった昔の気温は、どうやって調べるのでしょうか？ 千年から2千年程度の範囲では、木の年輪の幅から温度を推定する方法が用いられることがあります。年輪のデータは地球上のいろいろな場所でとれるのですが、年輪の幅は気温だけでなく、降水量や二酸化炭素の濃度にも影響を受けるので、注意が必要です。

他には、古文書の記述を調べるという手があります。たとえば、どのような農作物が取れたとか、どこにいつごろ氷がはったとか、人々の服装はどうだったとかいうものです。ただし、古文書の場合には、何度ぐらい温度が高かったかという数値の推定は難しく、ごく大雑把に、暖かったか寒かったかという目安を与えるにすぎません。

もっと昔の、数万年より前の気候を調べるには、南極の氷（9を参照）や動植物の化石などが用いられます。また、陸地や海洋の地層の中にある堆積物（昔の微小生物の死骸が堆積したもの）などの酸素同位体比（8を参照）からも、数十億年前の温度を推定するデータがとられています。



8. 昔の気温はどうやって調べる？－その2

地球上の物質を作っている元素は原子核と電子からできており、さらに原子核は陽子と中性子からできています。電子はマイナスの電気、陽子はプラスの電気を持っており、中性子は電気を持っていません。通常元素は電氣的に中性（＝プラスマイナスゼロ）なので、電子の数と陽子の数は同じで、この陽子の数によって元素が区別されます。ところが、同じ元素（たとえば酸素）でも、中性子の数が異なるものが何種類も存在します。このような原子を「同位体」といいます。たとえば、酸素の原子核内の陽子の数は8ですが、中性子の数が8個の ^{16}O 、中性子の数が9個の ^{17}O 、中性子の数が10個の ^{18}O が存在します。

水は酸素と水素からできています。そして、同じ水でも、 ^{16}O を含んだ水は中性子2個分「軽い」水で、 ^{18}O を含んだ水は「重い」水です。水蒸気が凝結して液体の水になる温度は、軽い水の方が低く、温暖な気候では、「重い」水の方が凝結して雨粒や雪になりやすい性質があります。反対に気候が寒冷のときの雨は「軽く」なります。そこで、昔に降った雨や雪の重さ（＝ ^{18}O の多さ）を調べれば、そのときの気温を推定することができます。



9. 昔の気温はどうやって調べる？－その3

南極や北極では毎年雪が降り積もります。そのため、極地の氷床に穴を掘って深いところに行くと、昔に降った雪の状態が保存されていることになります。そこで、昔の氷の層に含まれている酸素の同位体比を測定すれば、昔の温度を推定することができるはずです。ボーリングで深い穴を掘り、円筒状の氷の柱を切り出し、円筒の上から下に順番に酸素の同位体比を調べることにより、時間を過去に順にさかのぼって気温を推定することができるというわけです。

日本のチームも、南極の標高 3800 m もある氷床の頂上近くにある「ドームふじ」というところで、氷の切り出しを行っています。これまでに 2500 m までの掘削に成功し、34 万年前までをカバーしています。岩盤までたどり着くと、100 万年ぐらい前までの気温の変動が予測できると期待されています。

北極にも同じような氷床はありますが、最も古いところでも 30 万年ぐらい前と考えられています。



10. 温室効果ガスって何のこと?

地球大気の主成分は窒素分子 (N_2) で、約 80% を占めています。残りの 20% のほとんどは酸素分子 (O_2) で、水蒸気が 1% ぐらいです。温暖化でよく問題にされる二酸化炭素分子 (CO_2) は、100 分の数パーセントとごく少量しかありません。どうして大部分の窒素や酸素は温暖化で問題にされずに、少量の二酸化炭素が問題にされるのでしょうか？

それは、それぞれの分子の性質によります。二酸化炭素分子 (CO_2) は、赤外線と呼ばれる波長の長い光（電磁波）をよく吸収する性質を持っています。このような赤外線を吸収する気体を、温室効果ガスといいます。二酸化炭素の他に、水、メタン、一酸化二窒素 (N_2O)、フロンなどはそのような温室効果ガスの仲間です。赤外線と温暖化の関係は、もう少しあと（13、14、15）で説明します。

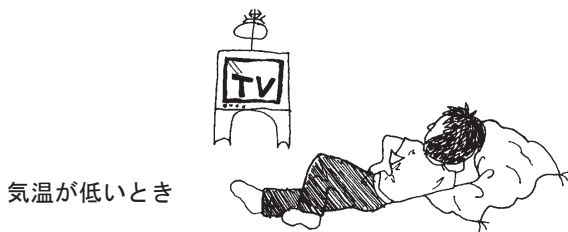


11. 気温ってなに？

温暖化とは、地球の大気の温度が上昇することですが、そもそも気温（気体の温度）とはなんでしょう？

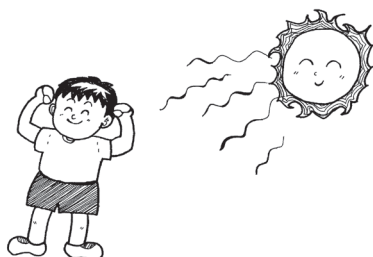
地球の空気は、窒素や酸素などの分子からできていますね。気温は、これらの分子の運動の速さと関係があります。気温が高いというのは、分子が速く、激しく運動している状態で、気温が低いというのは、分子がゆっくり運動している状態です。どんどん温度を下げていくと、分子の速さがゼロになり、運動が止まってしまいます。

この温度は、私たちが日頃使っている摂氏の温度目盛りでは、マイナス 273 度に相当します。摂氏というのは、水の凍る温



度を 0 度とし、沸騰する温度を 100 度とした温度の測り方で、1742 年にスウェーデンの物理学者セルシウスが考え出した尺度です。一方、分子の動きがとまる温度を基準（= 0 度）として、摂氏と同じ幅で温度を測るのが絶対温度です。絶対温度の単位はケルビン（K）で、摂氏 0 度は絶対温度で 273 ケルビンとなります。分子の速さは、絶対温度の 2 乗に比例して大きくなります。

12. 気温はどうすると上がるの？



朝、太陽が昇ってくると気温が上がり始めるのは、誰でも知っていますね。太陽が昇ってくると、どうして気温が上がるのでしょうか？

大気の温度は分子の運動と関係していますので、温度を上げるには、外部からエネルギーを供給する必要があります。エネルギーの供給の仕方には、大きく分けて2通りあります。ひとつは、温度が高い（速い）空気分子が、すぐ近くの温度の低い（遅い）空気分子にぶつかってエネルギーを与え、温度が上昇するものです。こうした衝突が次々と起こり、温度が高いところから低いところに熱が伝わっていきます。これを「伝導」といいます。

もうひとつは、光（少し広い範囲で、赤外線や紫外線なども含めて電磁波と呼ばれます）のエネルギーをもらって、分子の運動エネルギーに変えるというものです。このような熱の伝わり方を「放射」といいます。

太陽と地球の間には空気がありませんから、太陽からの熱は、伝導ではなく、放射で伝わります。温度が上がるためには、放射のエネルギーを吸収する必要があります。空気は光を吸収しませんが、紫外線や赤外線を吸収します。太陽からの光はまず地面を暖め、暖まった地面から赤外線が出てきます。この赤外線が空気を暖めます。また、大気中のオゾン層（「オゾン50のなぜ」をみてください）では、太陽からの紫外線を直接吸収して空気が暖められています。

13. 赤外線ってなに？

赤外線も目で見える光も、電磁波と呼ばれる電気の波の一種です。電磁波は波の波長により、いろいろな呼び方がされます。波長が1 ミリより長い場合は電波（テレビ、ラジオ、携帯電話で使われている電波も光の一種なのです）、1 ミリより短く 7700 オングストローム（1 オングストロームは 0.00001 ミリメートル）までは赤外線、3800 オングストロームから 7700 オングストロームが可視光、3800 オングストロームから 10 オングストローム程度までは紫外線、それより短いところではX線（レントゲン写真撮影に使われていますね）と呼ばれます。

赤外線は、プリズムで虹を作ったときに、一番端にくる赤い色のさらに外側にやってくる電磁波であることから、こう呼ばれます。1800 年イギリスの天文学者ハーシェルは、プリズムで太陽の光を分けたときに、目では見えなくても、赤い色の外側でも温度計の温度が上昇することから、赤外線の実在を見つけました。

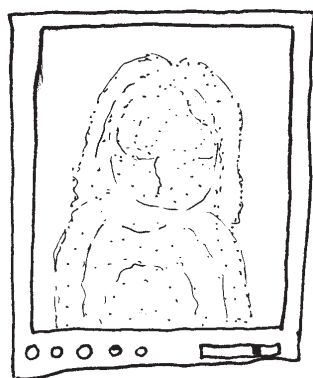
見えないけれど、
存在する！



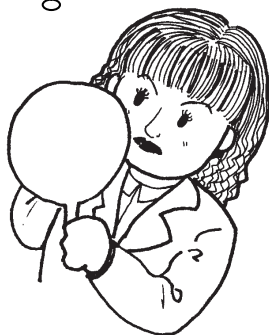
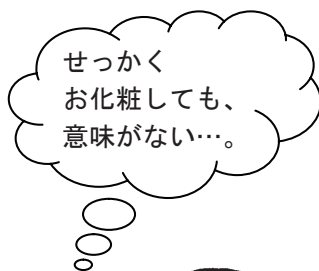
14. 赤外線はどこから出てくるの？

実は、すべての物体は、物体の温度で強さと波長が決まる「熱放射」と呼ばれる電磁波を出しています。温度が高いものは波長の短いところに、温度が低いものは波長の長いところで放射を最も多く出す性質を持っています。絶対温度で5600 ケルビン(K)の太陽は、ちょうど可視光のあたりで放射を最も多く出しています。また、地球の表面のような、温度が絶対温度で300 ケルビンぐらいの物体は、10 ミクロン程度の赤外線ですべて光っています。実は、私たちの体からも赤外線が出ています。

暗闇で物を見るのに赤外線カメラが使われるのも、物体から赤外線が放射されているからです。SARS 対策で使われた体温計（サーモグラフ）も、人体が発する赤外線を利用して体温を測っています。



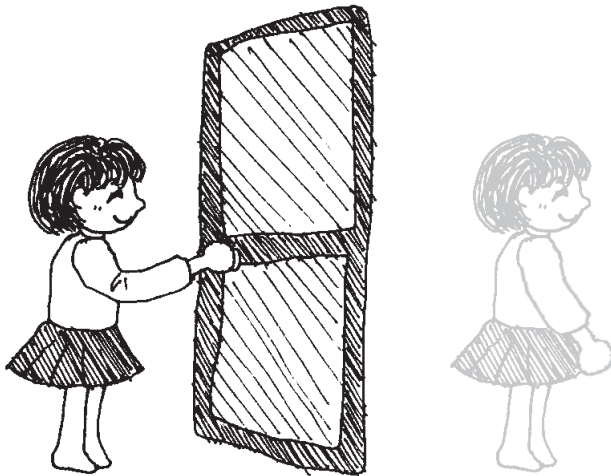
サーモグラフ



15. 温暖化と赤外線の関係は？

10 で、温室効果ガスは赤外線をよく吸収すると言いました。太陽からの光のエネルギーは可視光にピークを持ちますが、大気は可視光に対しては透明なため、大気を素通りして地表を暖めます。一方、暖まった地球は太陽ほど熱くないために赤外線で熱放射します。この「入ってくるときは可視光」で「出て行くときは赤外線」というところに、温暖化のカラクリがあります。

温室効果ガスは赤外線を吸収するため、地表から地球外に逃げようとする熱を吸収します。またそれと同時に温室効果ガスは赤外線を放出しますが、それは、地表方向にも地球外の方角にも同じように熱を出します。たとえば言うと、入ってくる方はほとんどすべて熱がはいってくるのに対して、出て行く方は布団をかぶせて熱が逃げるのを防いでいるようなものです。温室効果ガスが増えると、この布団が分厚くなって、地球から外に熱が逃げにくくなるのです。

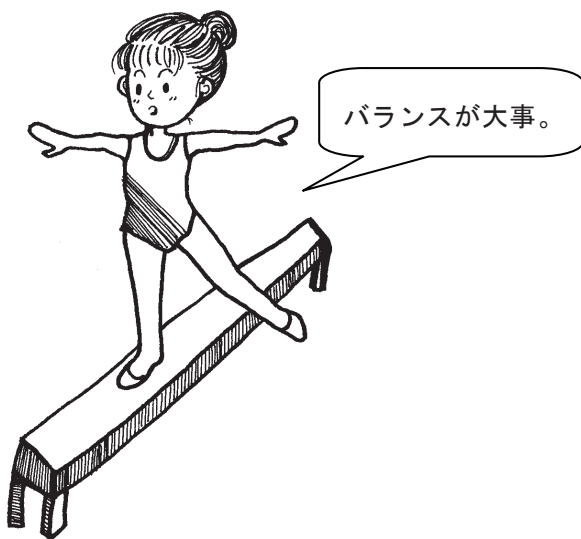


16. 酸素や窒素はどうして温暖化に影響しないの？

地球大気の約 8 割は窒素分子 (N_2) で、残りの 2 割のほとんどは酸素分子 (O_2) です。しかし、これらの分子は温暖化には関係ありません。なぜでしょうか？

太陽からの可視光や地球から宇宙に逃げていく赤外線などの電磁波は、電氣的な振動が空間を伝わることで進んで行きます。宇宙空間などの真空の場所では、電氣的な振動が次々と連鎖して起こるため、電磁波は何も影響を受けず、どんどん先に進んで行きます。一方、物質のあるところでは、物質の影響で振動の連鎖が起こりにくくなることがあります。大気の場合には、大気中の一部の分子がこのような震動が先に伝わって行くのを邪魔するというわけです。

分子は原子からできています。そして原子は、原子核と呼ばれるプラスの電気を持った粒と、原子核を中心に広がって分布



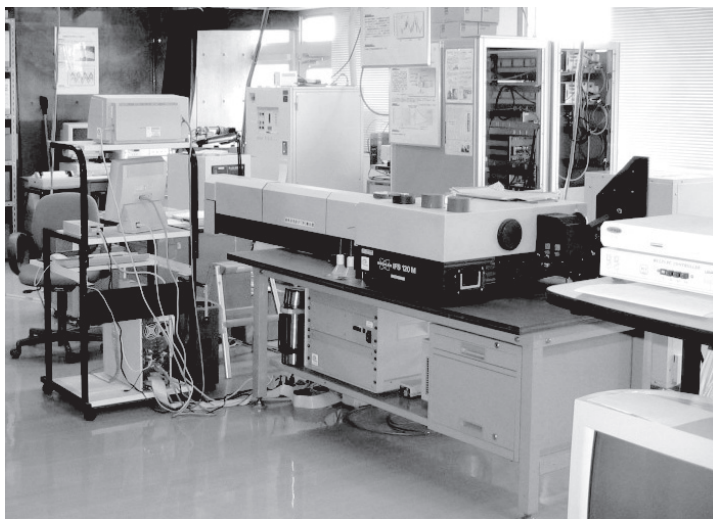
している、電子と呼ばれるマイナスの電気を持った粒から構成されています。 N_2 も O_2 も、同じ原子からできているため、この電子の分布のバランスが取れています。

ところが、分子が異なる原子からできていると、原子によって電子を引き寄せる傾向が異なります。すると、分子の中の電子が均等に分布せず、プラスに偏った場所とマイナスに偏った場所ができます。この「分布の偏り」が、バネのように、振動したり回転したりすると、電気的な振動が生じ、電磁波を放出します。また逆に電磁波がやってきて、電磁波のエネルギーが分子の中の電子の偏りを揺するエネルギーに変えられると、電磁波はその分子に吸収されます。温室効果気体は、このような電子の分布に偏りがある分子なのです。ちょっと難しすぎたかな。

17. 温室効果ガスはどうやって調べる？

地球大気の温室効果ガスは、最も多い二酸化炭素でも、大気中にわずか 0.03% くらいしかありません。こんな少量の温室効果ガスの量を正確に調べるのによく使われるのは、空気に赤外線をあてたときの赤外線の吸収量です。これは、「温室効果ガスが赤外線をたくさん吸収する」という性質を利用しているのです。遠くから観測するのではなく、「その場」で大気を測るときには、二酸化炭素の濃度が良くわかった空気（標準ガスといいます）と大気とを交互に測定することで、正確な濃度が得られます。

地上から遠く離れたところの大気を測るときには、太陽光に含まれる赤外線の吸収量から濃度を求めます。赤外線の吸収量を使う手法以外では、ガス・クロマトグラフを使った測定方法などがあります。



二酸化炭素などで吸収された赤外線のスペクトルを計測する、フーリエ変換型赤外分光器(名古屋大学宇宙地球環境研究所陸別観測所)。

18. 大気循環と温暖化の関係は？



地球は太陽からの光（すなわち、放射）によって暖められ、赤外線を宇宙空間に放出することによって冷えて、その両方が地球全体としてうまくバランスがとれています。しかし、部分的にみると、赤道付近では入ってくるエネルギーの方が出て行く量よりも大きく、反対に南極や北極などの緯度が高いところでは、出て行く量が大きくなっています。うまく熱のバランスをとるためには、赤道付近で過剰になった熱を高緯度帯に運ぶ必要があります。

赤道で暖まった空気が上昇し、高緯度帯に流れ、高緯度帯で冷えて下降し赤道に向かって流れる空気の流れ（対流といいます）が

起きれば、熱の輸送ができます。このような地球規模の大気の循環は、18 世紀にハドレーという人が考え出しました。実際には、ハドレーが考えたように赤道で上昇した流れは極域までは達せず、緯度 30 度あたりで下降することがわかっています。ですが、ハドレーに敬意を表して、こうした大規模な大気の動きのことを、ハドレー循環と呼んでいます。

緯度 30 度より上では、緯度 50 ないし 60 度ぐらいから上昇し、赤道方向に流れてくるハドレー循環と逆方向のフェレル循環、さらに緯度 60 度より上の極域では再びハドレー循環と同じ向きの南北循環があり、ハドレーが考えていたよりも実際の流れは複雑になっています。いずれにせよ、このような太陽の放射によって作られた大気の循環は、地球規模の気候変動に大きく影響していることは事実です。

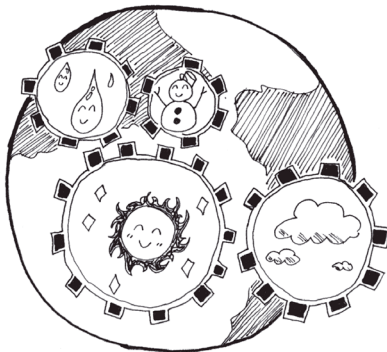
19. 太陽活動と地球の気温は関係があるの？

地球は太陽からの放射で暖められています。そのため、太陽活動は地球の気候に影響を及ぼしているのではないかと誰もが考えることでしょう。

太陽は、ほぼ 11 年の周期で、活動が活発になったり静かになったりします（詳しくは「太陽・太陽風 50 のなぜ？」を読んでください）。しかし、この太陽活動の変化によって、太陽から放射される可視光の量は、0.1% ぐらいしか変化しないことが観測でわかっています。では、太陽活動は気候に影響しないのでしょうか？

17 世紀から 18 世紀にかけて 70 年間ほど、太陽活動が衰退し不活発だったマウンダー極小期と呼ばれる時期がありました。その時期は、気候が寒冷化した小氷期とほぼ一致することが知られています。また、これより昔にも、太陽活動と小氷期がほぼ一致していることを示すデータもあります。太陽活動と地球の気候の間には、何か関係がありそうですね。

最近では、太陽から出てくる太陽風の変化によって、宇宙からやってくる宇宙線の量が変化し、それが雲の量を変化させ、それによって地表に降り注ぐ太陽からの放射が変化するのだという考えもあります。「風が吹けば桶屋が儲かる」的な複雑なカラクリですが、そのカラクリはまだ定量的に証明されていません。



20. 地球の公転や自転と気候変動は関係があるの？



地球が太陽の周りを回り（公転）、地球自身も回転（自転）していることはよく知っていますね。また、地球の自転軸が23.5度だけ公転軸から傾いているので、夏と冬が毎年やって来こともご存知でしょう。しかし、地球の自転軸が4万年ほどの周期で22度から25度の間で変化することや、自転軸が2万6千年ほどの周期でコマのように「ゴマすり運動」していること（歳差運動といいます）は、あまりご存知ないのではないのでしょうか。

太陽の周りを回っている公転の軌道は完全な円ではなく、楕円軌道であることはどうでしょう。そのために、太陽と地球の間の距離は、近いときと遠いときで、500万kmほど違います。このように、自転軸の変化と公転軌道がからみあって、太陽と地球の位置関係は数万年の時間で変化しています。

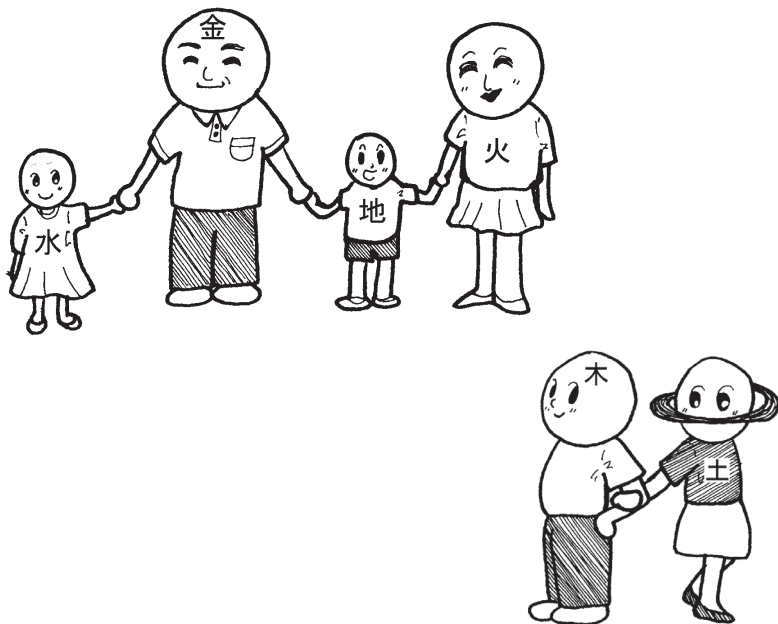
太陽-地球の位置関係の長期的な変化と、地球上の気候変動の間に関係があることを計算し、指摘したのがセルビアの数学者ミランコビッチです。ミランコビッチは、1万9千年、2万3千年、4万1千年の周期的な変動があると予測しましたが、その計算結果を発表した1920年から1930年には、彼の理論と比較できるような観測データがなく、評価されぬまま一生を終えました。彼の死後、酸素の同位体を用いた温度推定が行われるようになり、予測と合致することが明らかになりました。こうして、彼の研究は脚光をあびることになったのです。

21. 地球以外の惑星の大気はどうなっている？

これまでずっと地球の大気をみてきましたが、太陽系の他の惑星の大気はどうなっているのでしょうか？

太陽系の惑星は、大きく地球型（水星、金星、地球、火星）と木星型に分けられます。惑星大気はもともと、太陽とほぼ同じで、水素とヘリウムが主な成分でした。しかし、地球型の惑星は太陽に近いため、太陽からの影響によって、もともとの大気がなくなってしまったと考えられています。最も太陽に近い水星には、現在大気はありません。金星と火星の大気は、惑星内部から出てきたガスでできていて、二酸化炭素が主成分です。地球の大気は、3にも書きましたが、バクテリアなどの生物の光合成により酸素が作られたため、火星や金星とは違った成分を持っています。

木星や土星などの木星型惑星は、太陽とほぼ同じ水素とヘリウムが主成分となっています。



22. 他の惑星でも温暖化はある？

大気の主成分が二酸化炭素の火星や金星には、温室効果があります。木星や土星では、太陽から吸収する熱量が少なく、惑星自身から放出する熱の方が大きいため、地球型惑星とは事情がかなり違ってきます。

特に金星では、過去に暴走温室効果というのが起きていたと考えられています。金星の大気が形成されたとき、金星内部からは二酸化炭素とともに水蒸気も出てきました。水蒸気は温室効果により気温を上げます。温度が上がると水の蒸発量はさらに増え、温暖化を一層進め、水の蒸発をさらに促進します。地球では、大気中の湿度が上がって雨が降り出すことにより、この水蒸気の蒸発が止まりました。ところが金星の場合は、太陽に近く、温度が高いため、水蒸気は液体の雨や雲になることができません。そのため、水分上昇による温室効果は、地表の水分がすべて蒸発するまで歯止めなく進みました。歯止めがない温室効果という意味で、暴走温室効果と呼んでいるというわけです。



23. 火山が噴火すると温暖化に影響が出る？



火山が噴火すると、エアロゾルと呼ばれる小さな粒々が大気中にまき散らされます。

エアロゾルには、黄砂のような砂あらしによってまき散らされるものや、化石燃料やバイオマスの燃焼など人によって作られるものもあります。比較的大きなエアロゾルは数週間で地面に落ちてきますが、小さなものは 1 年以上も大気中をただよっています。

エアロゾルは、日傘のように太陽からの放射を反射して大気が暖まるのを抑えるため、基本的には温暖化を抑制する方向に影響が出ます。しかし中には、ススのように太陽からの放射を吸収して大気を暖めるエアロゾルもあり、その温暖化への影響を量的に見積もることがたいへん難しく、精密な予測のためには今後の詳しい研究が必要です。

24. 雲は温暖化にどう影響する？

皆さんもご存知のように、雲は大気中の水蒸気が水滴や氷粒になったものです。雲は、温暖化ではとても複雑な働きをします。

まず、雲のもとになる水蒸気は赤外線を吸収するため、温室効果気体として働きます。これが水滴になって大気の下層で雲になると、太陽からの光を反射し、温度を下げる作用をします。

一方、絹雲など上層の雲は、太陽の光をあまり反射せず、逆に赤外線を吸収して大気を暖める方に働きます。水蒸気が増えると、温室効果がより進むようになりますが、それは同時に雲も増やして地表にとどく太陽の光を減らし、温暖化を抑制することになります。すぐ前にお話したエアロゾルと同じように、雲は温暖化に影響を与えますが、温暖化に対してプラスの影響が出るかマイナスの影響が出るかをきちんと予測するのは難しいことです。



25. 海の温度は温暖化には影響しない？

海水の温度と気温は密接に関係しています。たとえば、イギリスは緯度的には北海道よりも北にあるのに、年間を通して暖かいのは、イギリスの近くまで暖かい海水の流れ（暖流）が熱を運んでいるからです。

海の水は地面に比べると暖まりにくい反面、一度暖まると冷えにくいという性質を持っています。海洋性気候というのは、こうした「海の水は暖まりにくく、冷えにくい」という特徴を反映したものです。大陸性気候はこの逆、つまり、「地面は暖まりやすく、冷えやすい」の結果です。

地球表面の約 7 割は海です。そのため、地面に比べて海は大量の熱エネルギーを貯めこんでいることになります。海洋表層の温度が 0.1 度変化し、その分の熱量がすべて大気温度変化に使われると、大気温度は 4.5 度も上昇するといわれています。



26. 海の流れにも大きな循環はある？

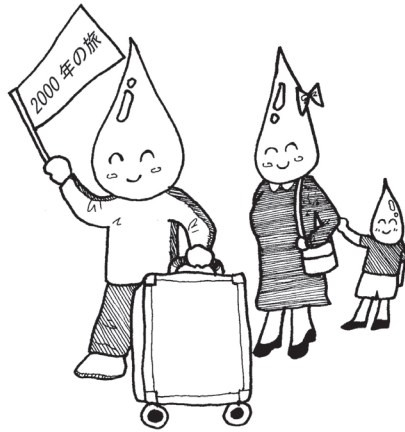
大気には地球規模の循環があるということを、18 に書きました。海にも、そのような地球規模の大循環はあるのでしょうか？

陸上の気候に、暖流や寒流といった海の流れが影響を与えていることは、25 で説明しました。日本の近海にも、黒潮と呼ばれる暖流がありますね。黒潮は、西風により東へ向かう黒潮続流へとつながり、北アメリカ西岸に沿って南下し（カリフォルニア海流）、熱帯域の貿易風によって西に流れてくる、太平洋の大きな水の循環（北赤道海流）の一部です。

南半球にも、同じような循環が存在します。海の水は暖まりにくく冷めにくいので、大気のように温度の上下で熱の出し入れをコントロールすることはあまりありませんが、暖かい水が寒いところに流れて行き、寒いところの大気を暖めます。また、海流は大気に比べて一度流れ始めると、そう簡単には止まらない性質を持っています。海は長期的で広範囲にわたる影響を大気に与えます。そこで、長期にわたる気候の変動をきちんと調べるためには、海流の流れによる熱の輸送をしっかりと考えなければなりません。地球温暖化の予測には、海洋の効果も含めた「海洋・大気結合大循環モデル」というものが用いられます。



27. 海のベルトコンベアってなに？



海の水がしょっぱいのは皆さんよくご存知だと思います。海水は塩分を含んでいますが、この塩分の濃さが海水の循環にも関係しているのです。塩分が濃いと密度が高く（＝重く）なり、また塩分の濃さが同じでも水温が低ければ、密度が高く（＝重く）なります。つまり、塩分が濃く水温が低い水は、深いところに沈みこもうとします。

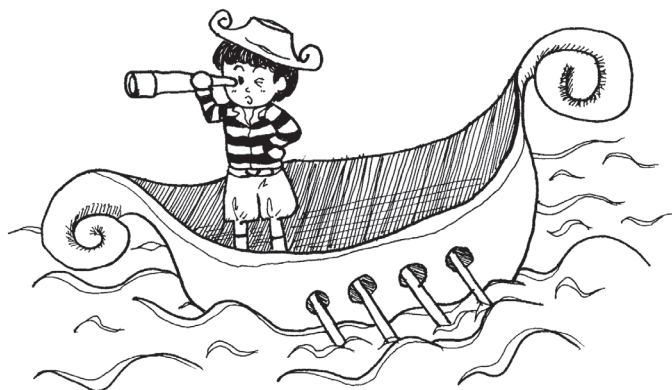
実は、この沈みこみを出発点とする、大規模な海水の循環があるのです。出発点は北大西洋のノルウェー沖あたりで、ここで沈みこんだ海水は、数千メートルの深さで赤道を通り過ぎ、南極まで流れていきます。南極近くでも海水の沈みこみがあり、その沈みこみと合流した流れは、インド洋や太平洋まで流れ、海の上の方に浮上します。

海水がこの大循環を一周するのに、2 千年ほどの年月がかかるといわれています。この「海のベルトコンベア」が気候に与える影響はまだよくわかっていませんが、過去の大きな気候変動が、このベルトコンベアと関係しているという考えも提唱されています。

28. 海水の温度や流れはどうやって調べる？

最近は人工衛星からの観測データも利用できるようになり、地球全体としての温度分布を調べるのが可能になってきましたが、これまでの温度測定は陸上に偏っています。海は地球の表面の約 7 割を占め、地球の温暖化にも影響を与えるため、地球規模での海水温の分布や海水の流れの様子などを調べる必要があります。

人工衛星の他には、海にブイを浮かべて海水の温度などを調べるということをしていましたが、♪♪海は広いな、大きいな～♪♪と歌われるように、地球全体をカバーするような観測網はありませんでした。そこで 2000 年から、アルゴ・プロジェクトという世界的な計画がスタートしました。この計画では、無線機のついた「浮き」のようなものを使います。この浮きは 10 日間から 2 週間程度で海面から深さ 2000 m ぐらいまで沈み、再び浮かび上がってきます。このような浮きを 2005 年までに 3000 本程度海洋に投入し、世界中の海の水温、流れ、塩分濃度を測定しようというものです。衛星からの観測ではわからない、海の中の状態も調べられる大規模な計画として、温暖化の予測にも大いに役立つと期待されています。ちなみにアルゴ (Argo) とは、ギリシャ神話の英雄イアソンが乗った船の名前からとっているそうです。



29. エルニーニョってなに？

新聞などでも、エルニーニョによる異常気象が最近よく取り上げられます。エルニーニョとは、ペルー沖の赤道付近の海水温が数年に一度異常に暖くなる現象で、海洋と大気が深く関連しています。

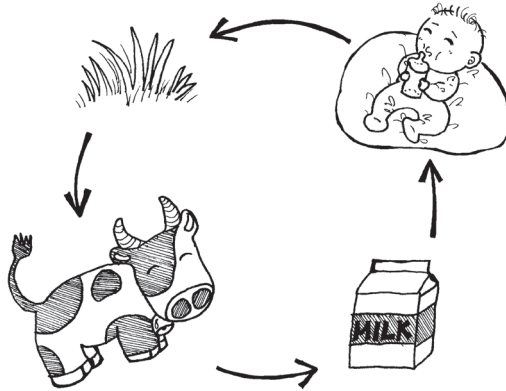
太平洋の赤道付近では、貿易風と呼ばれる東風が吹いていて、この東風のために西向きの海流が生じ、暖かい水は西側に運ばれます。一方、太平洋の東側では、下層の冷たい水が湧き上がってきます。このため、太平洋の赤道上では、西側で海面水温が高く、東側の海面水温が低いのが普通の状態です。海面水温が高ければ、大気が暖められて低気圧が発生し、雲が形成されるため、インドネシアなどでは雨がよく降り、反対にペルーでは雨が少なくなります。

エルニーニョでペルー沖の水温が相対的に上がると、インドネシアで低気圧が発生しにくくなり、干ばつなどの異常気象が起きるようになります。



エルニーニョは、スペイン語で「神の子（男の子）」という意味です。

30. 温暖化は私たちの暮らしにどう影響する？



年平均気温が2、3度上がったからといって、人間が死んでしまうようなことはありません。人間は暖房や冷房、衣服の着脱で外気温の変化に対応することができるので温暖化は恐れるに足らぬ、と思われるかもしれませんが。

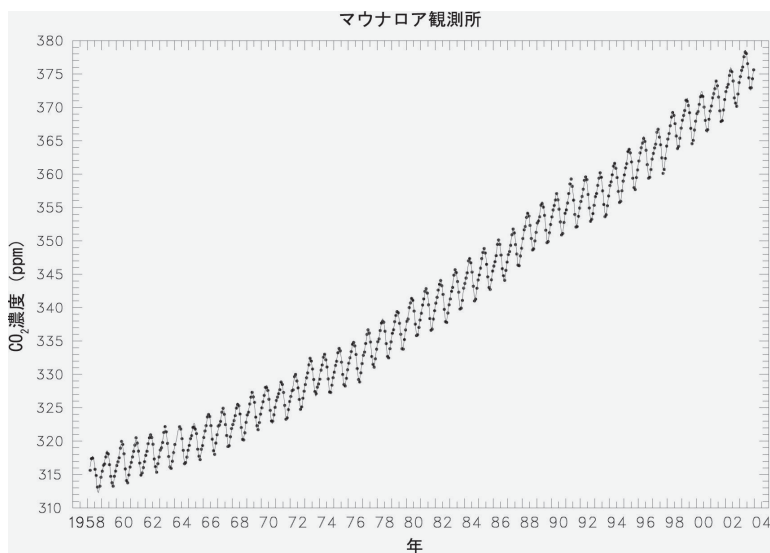
温度変化の影響は、36で述べますが、まず植物、農作物に現われます。次にその影響は、植物をえさとする草食動物、さらには酪農にも及びます。気温の上昇が人間の生活に直接影響を与えることはなくても、このように食べ物を通したつながり（食物連鎖）によって、めぐりめぐって人間生活にも影響が出てきます。

農林水産業で生計をたてている人々は、その影響を真っ先に受けることは簡単に想像できますね。新たな気候条件に合わせて人間も移動すればよいと思うかもしれませんが、実際には土地の所有権の問題や国境の問題など利害関係があるため、そう簡単なことではありません。

31. 化石燃料ってなに？

化石燃料というのを聞いたことがあるでしょう。何百万年も前の生物の死骸が地中の高温高圧下で変化してできた、石炭、石油、ガスなどの燃料の総称です。現在世界中で使用されている燃料の4分の3以上が、化石燃料です。化石燃料は炭素（C）を含んでおり、それが燃えると二酸化炭素（ CO_2 ）が作られます。

二酸化炭素（ CO_2 ）は、温室効果ガスとしてよく問題にされますね。それは、他のガスに比べ、大気に含まれる二酸化炭素の量とその増加率が際立って多いためです。アイスコア中の空気などの測定からは、次のようなことが指摘されています。つまり、大気中の二酸化炭素の量は200年前までは大きな変化がなかったが、この200年ほどの間に1.3倍程度に増加し、さらに2030年から2060年ごろには、2倍程度にまで増加する可能性があるということです。



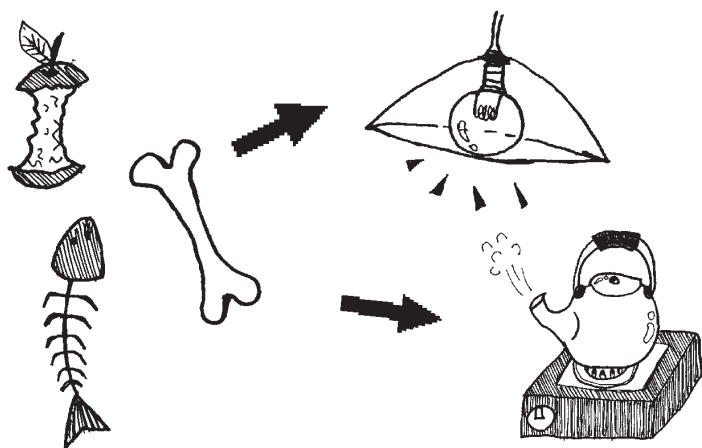
ハワイ・マウナロアで観測された二酸化炭素。

32. バイオマスエネルギーってなに？

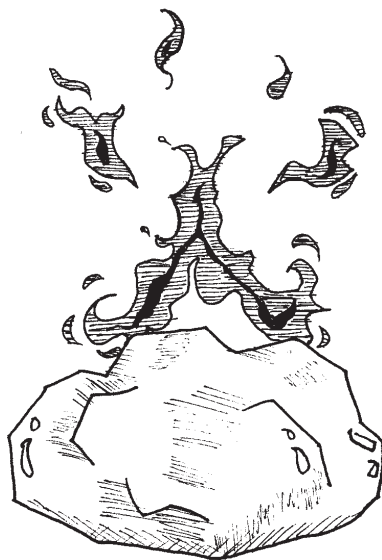
化石燃料に替わるエネルギー源として注目されているものに、バイオマスエネルギーというものがあります。バイオマスとは、生物起源のエネルギーのことです。太陽エネルギーが植物により変換され生物体内に貯えられた有機物を利用する、再生可能なエネルギーです。

化石燃料の場合は、地中にあった炭素を燃やすため大気中の二酸化炭素を増加させることになります。一方、バイオマスは、もともと大気中にあった二酸化炭素を植物が取り込んだもので、利用と同時に次のバイオマスを育てれば、新たな二酸化炭素を発生しないのです。

エネルギー源として利用されるバイオマスには、大きく分けて植物系と廃棄物系の2種類があります。廃棄物系バイオマスは、製紙業等の過程で排出される産業廃棄物（黒液、チップ廃材）、農林・畜産業の過程で排出される廃棄物・副産物（モミ殻、牛糞等）、一般廃棄物（ごみ、廃食油等）など、そして、植物（栽培作物）系バイオマスとしては、サトウキビ、ナタネなどの植物が利用されています。



33. 「燃える氷」はエネルギーの救世主？



最近「燃える氷」という別名で注目されているエネルギー源として、メタンハイドレートというものがあります。メタンガスが、低温高圧下で水といっしょになってできたものです。

メタンハイドレートは白い雪のようなもので、永久凍土の下や深海地層中にあることがわかってきました。天然ガスの主成分である、メタンを取り出すことができます。他の化石燃料のように、燃やすと二酸化炭素が出てきますが、硫黄酸化物などの有害成分が出にくいので、クリーンなエネルギー源といわれています。

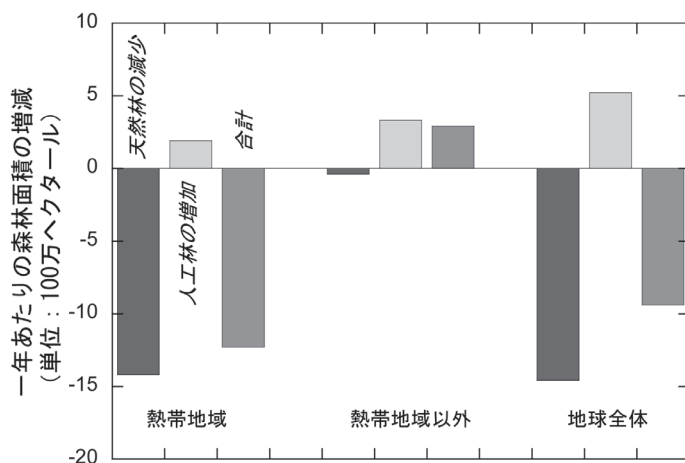
ただし、メタンハイドレートが地表で溶けると、メタンが発生します。メタン 1 分子あたりの温室効果は二酸化炭素よりも 10 倍以上高いため、温暖化に影響を与えないように、地中や海底から安全に採取する方法の研究が行われています。

34. 森林破壊が温暖化を進めている？

植物は、太陽エネルギーを使って水(H₂O)と二酸化炭素(CO₂)を吸収し、酸素(O₂)を作ります。地球上の森林は光合成を通して、大気中の二酸化炭素濃度の変動にも深く関わっています。

もし人が介在しなければ、自然に朽ちていく木や森林火災により発生する二酸化炭素は、その後に生まれてくる若い木々に吸収され、全体としては差し引きゼロになるはずですが、しかし、森林が大規模に破壊されると、膨大な二酸化炭素が吸収されずに空気中にとどまり、温暖化を進めます。

世界の森林面積の半分近くを占める熱帯の森林では、大規模な伐採による破壊が進んでいます。その一方で、過去に伐採されてきた温帯の森林が植林などにより再生して、二酸化炭素の吸収を増やしています。そのため、地球全体としては、現在は二酸化炭素を吸収している方に働いています。しかし、今後の保証はありません。二酸化炭素の増加を抑えるため、森林を再生する努力を続けていかなければならないのです。



世界の森林面積の変化（1990 年から 2000 年の年平均）。

35. 酸性雨ってなに？

酸性雨というのは、自動車の排気ガスや、工場の排気中の硫黄酸化物、窒素酸化物が硫酸や硝酸になり、雨や雪に溶けて降ってくるものです。森林破壊の原因のひとつにもなっています。

雨の中の「酸」が直接植物にダメージを与えることもありますし、土壌を酸性化し、その影響で植物が枯れたりすることがあります。

日本の土壌はもともと酸を中和する能力が高いため、酸性雨による森林被害は欧米に比べればまだ少ない方です。しかし、このまま大気汚染が進めば、問題は深刻になっていく可能性があります。また、酸性雨は森林だけでなく、建物や河川・湖沼の動植物などにも影響を与えます。

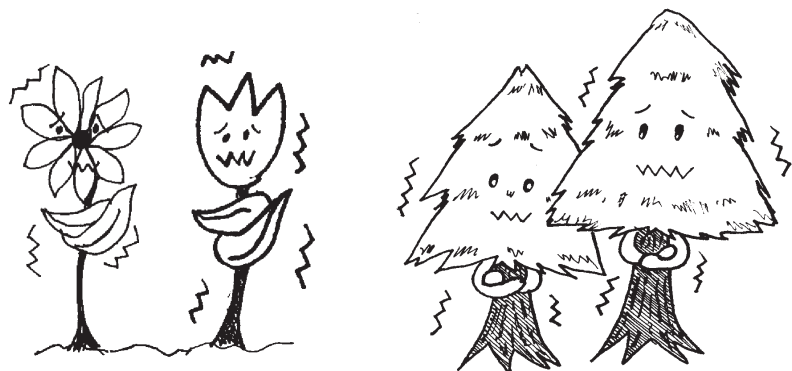


36. 温暖化は農業に影響を与える？

植物は私たち人間のように、寒くなったらコートを着るとか、暖房で家を暖めて暮らしやすくするといったことができません。植物は気温の変化の影響を受けやすく、中緯度地域では 1 度気温が上がると、気候帯や農業地帯が 200 ～ 300 km も移動するといわれています。

農業は気候だけでなく、土壌の影響も受けます。温暖化が進み、カナダやロシアの北部が現在の穀物生産地域のような気候になった場合、土壌が貧弱であると作物を育てることが難しくなってしまう。温暖化は温度の変化だけでなく、地域ごとの降水量も変化させます。CO₂ が増加すると光合成が促進され、農作物の生産性が増える反面、温暖化による夏季の乾燥化は生産性を低下させてしまうため、将来を予測するのはなかなか難しいようです。

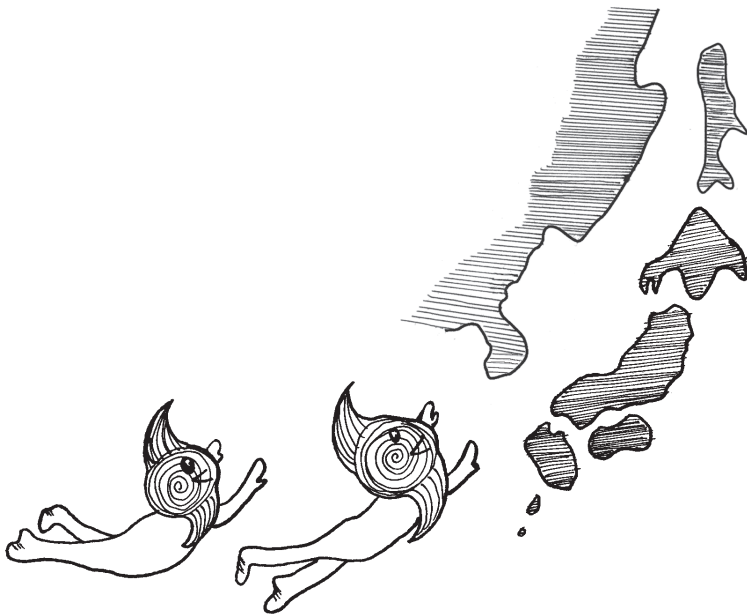
また温暖化は農業だけでなく、海水温を通して漁業にも影響を与えます。日本は海に囲まれ、私たちは旬の魚を楽しんでいます。そういった楽しみがなくなってしまうかもしれません。



37. 異常気象と温暖化は関係があるの？

2004 年の夏は記録的な猛暑でした。また、台風が次々と日本列島に上陸し、各地で強風と大雨による被害が出ました。「最近は異常気象だ」という会話をときどき聞きます。

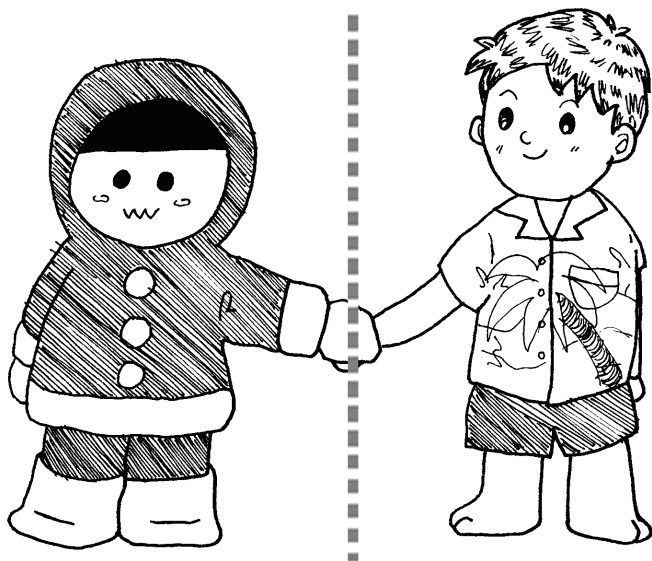
異常気象は 1 年ないし数年の長さで現われるもので、温暖化とは別な原因で起きると考えられます。エルニーニョなどはその例です。一方、温暖化というのは、数十年から数百年の長い時間にわたって、平均的な気温がゆっくりと上昇することを問題にしています。このように長い年月で変化するのを、気候変動と呼びます。これに対して、1 年あるいは数年で気温が変動するのは、温暖化とは別な原因により起きます。



38. オゾン層破壊と温暖化の関係は？

高度 20 km から 30 km 付近の高さにあるオゾン層（詳しくは「オゾン 50 のなぜ」をみてください）は、太陽の紫外線を吸収して熱に変えることで、紫外線が地表に降り注ぐのを止める働きをします。同時に、地球大気の温度分布に大きな影響も与えています。

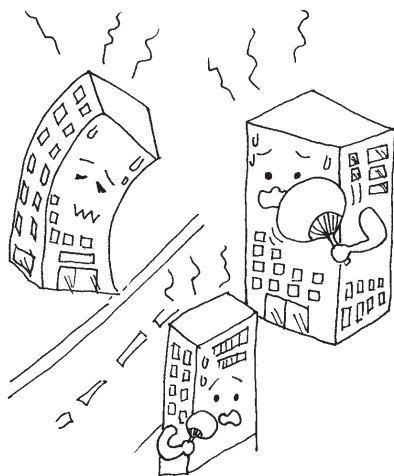
近年、南極上空のオゾン層が冬から春にかけて大きく破壊される、オゾンホールが問題となっていますね。地球温暖化が進むと熱が逃げにくくなり、対流圏（地表から高度 10 km 付近まで）の気温が上昇します。しかし、成層圏（対流圏より上 50 km 付近まで）では、下からの熱が来なくなるので気温は下がります。



成層圏

対流圏

39. ヒートアイランド現象ってなに？



真夏に都会の街中を歩くと、あまりの暑さに気分が悪くなることはありませんか。また、夜になっても気温が下がらず、寝苦しかった経験がありませんか。実際、都市の気温は周りに比べて数度ほど高くなっていることが知られており、この現象をヒートアイランド現象といいます。地図で見ると、気温の高い部分が都市を中心とした島のように見えることから、このような名がつきました。都市の気温上昇は、地球温暖化よりもヒートアイランド現象による影響の方が大きいのです。

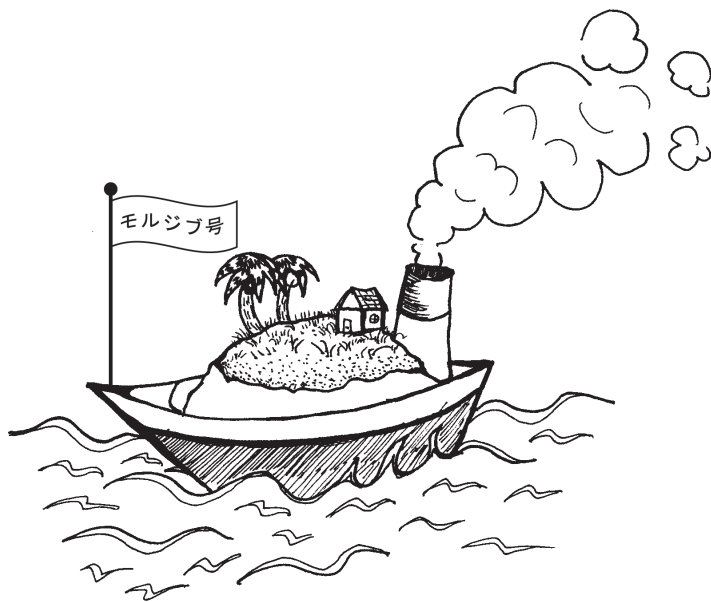
ヒートアイランド現象の大きな原因は、車やエアコンなどが大量にエネルギーを消費することにより、人間が多いところに熱が集中して発生することです。また、ビルや道路など人工建造物で地表面の多くが覆われているため、太陽のエネルギーを吸収しやすくなっています。日中はビルや道路が熱せられて温度が上昇し、夜間になるとそこから熱が放出されることによって、都市の気温が上昇します。さらに、都市ではビルが建てこんでいるため、風の通りが悪くなっていることも原因のひとつです。

40. 温暖化が進み海面が上がるとどうなる？

2100 年までに、海面は 9 cm から 88 cm 上昇すると推定されています。

ずいぶん推定値に幅がありますね。温暖化による海面の上昇は、海水が暖まって熱膨張することと、グリーンランドや南極をはじめとする氷河が溶けて海に流れ出ることにより起きます。しかし、氷河が溶けると、その軽くなった分だけ陸地が隆起するなどの地殻変動も起きるため、話はもっと複雑です。

さて、海面上昇ですが、1 m 程度の海面上昇でも、大きな河川の河口の平坦な三角州地帯では、その影響は深刻です。またモルジブなどのサンゴ礁の島国では、国土の相当部分を失う危険性があります。

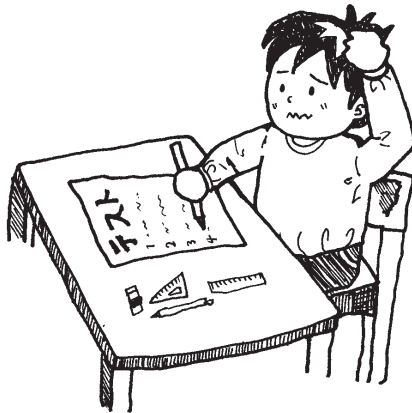


41. 温暖化は本当に起きる？

本当に温暖化が起きるのかと言われると、たぶん起きるでしょう、という答えになります。産業革命以降、大気中の二酸化炭素の量がずっと増えていることは確かです。大気中の二酸化炭素が増えるだけなら、温室効果で気温が上昇するのはまちがいありません。

しかし、地球ではそれがすべてではありません。たとえば、雲やエアロゾルができると、太陽の光を反射して気温を下げます。気候が変わることで雲のできるひん度が変わると、それにともなって気温も変わります。残念ながら、現在のシミュレーションでは、このようにさまざまな要因を完全には計算することができていません。

このように、「温暖化はたぶん起こる、だけど確実に何度気温が上がるかを示すのは難しい」というのが現状です。

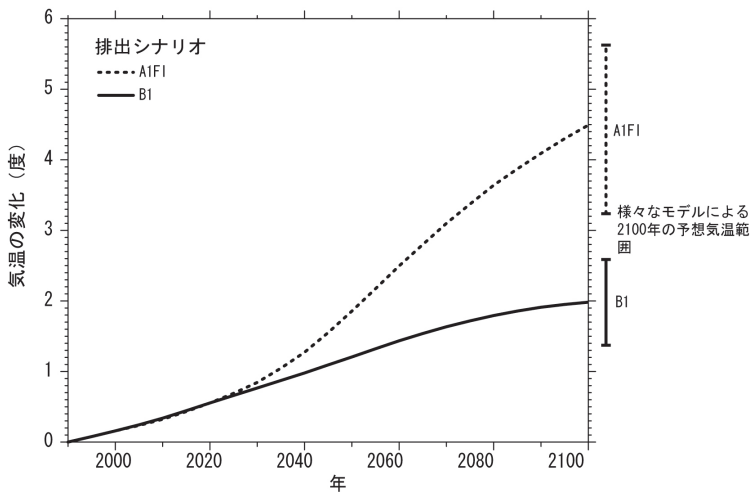


42. どうやって温暖化の予測をするの？

化石燃料の消費や、森林伐採による大気中の二酸化炭素の増大。それらによって引き起こされると思われる、将来の地球温暖化の程度を、スーパーコンピュータを使ったシミュレーションにより予測する試みが、世界の研究所で行われています。

このようなシミュレーションでは、社会経済的な条件を考慮して、将来の二酸化炭素などの排出量を予測した幾つものシナリオについて、詳しい計算を行います。具体的には、大気と海洋の運動や熱・水の交換などの物理法則をコンピュータ上で近似計算する数値モデル（気候モデルといいます）を組み合わせ、可能性のある原因の影響の大きさを評価するというわけです。

結果は、100年後は、地表気温は現在より 1.4 ～ 5.8 °C 上昇し、降水量は 4% 程度増加すると推定されます。特に北半球高緯度の陸上で気温上昇が大きい、降水は熱帯と高緯度で増加し、亜熱帯の乾燥域で減少する、といった傾向にあると予測されています。



2つの排出シナリオによる、100年後の気温のシミュレーション。

43. 温暖化はどうすれば防げる？

温暖化を防ぐには、大気中の温室効果ガスの量を減らすことが必要です。では、どのようにすれば温室効果ガスは減るのでしょうか。

まず思いつくのは、大気中に出す温室効果ガスの量を減らすことです。車での外出を減らすとか、冷房の温度設定を高めにするなどでエネルギーの使用量を減らせば、エネルギーを作り出すための化石燃料の使用量が減り、その結果、大気中に出る温室効果ガスの量が減ります。ごみを出す量を減らすのも、ごみ処理にかかるエネルギーを減らすことになり、同様の効果があります。

もう一つは、大気中の温室効果ガスの吸収量を増やすことです。植物は、太陽の光を使った光合成によって大気中の二酸化炭素を吸収し、栄養分を作り出します。森林や緑を育てることで、大気中の温室効果ガスを減らすことができます。

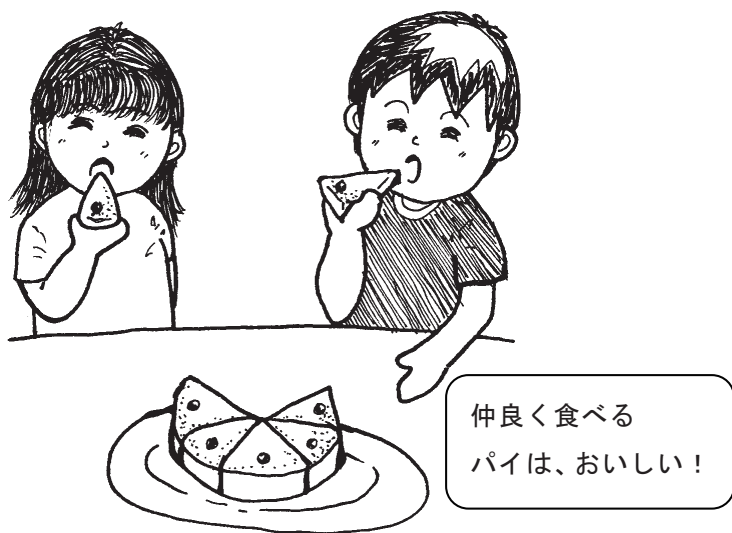


44. 温暖化を防ぐため世界の国々はどうしているの？

温暖化の問題は地球全体にかかわることで、世界中の人々が協力しあわなければ解決できません。

国連では、大気中の温室効果ガスの濃度を安定させるために、1992年の国連環境開発会議（UNCED）で国連気候変動枠組条約（UNFCCC）を決めました。この条約には155カ国が署名しています。その後、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）を毎年開催し、具体的な温室効果ガスの規制について話し合いが行われています。

しかし、このような規制には政治や経済的利害が絡むため、話し合いは簡単ではないようです。6回目のCOPでは、京都議定書に反対するアメリカ代表の顔に、抗議のパイが投げつけられるというハプニングもありました。



45. 京都議定書ってなに？

1997 年京都で開催された 3 回目の COP3 で、大気中の温室効果ガスの濃度を安定させるための話し合いが行われ、先進国などに対し二酸化炭素の排出量の削減目標の大筋を決めました。その調書のことを「京都議定書」と呼んでいます。

しかしその後、目標が達成できなかった場合の措置などでなかなか議論がまとまらず、さらに米国とオーストラリアが離脱してしまうなどの問題を抱えていました。

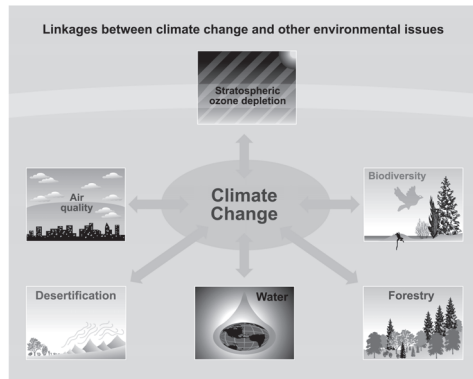
議定書が効力を持つためには、2 つの条件が必要です。ひとつは 55 カ国以上が批准^(注)していること。もうひとつは、批准した先進国の 1990 年の二酸化炭素排出量の合計が、同じ年の全二酸化炭素排出量の 55% 以上を占めることです。二酸化炭素排出量の多い米国が脱退したため、2 つめの条件が満たすことができるかどうか問題となりました。しかし、2004 年 11 月にロシアが批准したことで、発効されることになりました。なお、日本は 2002 年に批准しました。



1997 年 12 月に開催された COP3 の様子。ここで京都議定書が採択された。

(注)「批准(ひじゅん)」というのは、大臣や役人が署名してきたものを国会が承認することです。これにより、国が責任をもって署名したものであるということを世界に示すことができます。

46. IPCCってなに？



IPCC は、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）の略で、世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により 1988 年に設立されました。各国の政府関係者と世界有数の科学者が参加して、人間活動にともなう気候変動の危険性に関する調査・評価を行い、それに基づいて各国政府の政策立案者へ助言することを目的とした機関です。

具体的には、気候変動に関する科学的な調査から、気候変動によって経済がどのような影響を受けるかといった社会的な調査までを幅広く行い、温室効果ガスの排出抑制及び気候変動の緩和のための対応策を検討、評価します。また、国ごとの温室効果ガスインベントリー作成（47 で説明します）についても、支援を行っています。

47. 温室効果ガスインベントリーってなに？

温室効果ガスインベントリーとは、国内で温室効果ガスをどれくらい排出し、どれくらい吸収があったかの収支の目録のことです。インベントリーは、京都議定書の削減目標の達成度についての報告を行うための、重要な資料となります。インベントリーを取りまとめることで、温室効果ガスの排出の実態がわかり、地球温暖化対策を効果的に進めることができます。

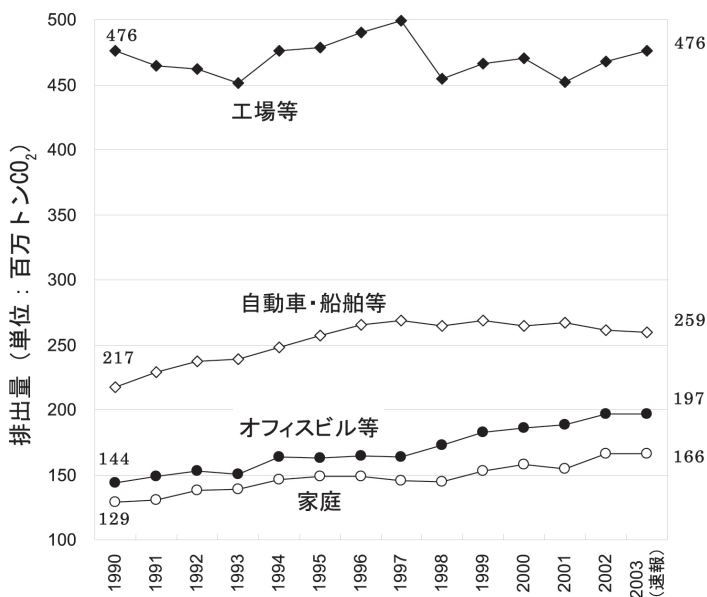
インベントリーは、京都議定書で削減対象となっている6種類の温室効果ガスと、それらに関連する窒素酸化物(NO_x)、一酸化炭素(CO)、非メタン炭化水素(NMVOC)、二酸化硫黄(SO_2)について作成します。作りかたや報告の形式はIPCCによって決められていて、いろいろな国の情報を比較しやすいように工夫されています。さらに、提出したインベントリーは専門家によって審査され、きちんとできているかどうかのチェックを受けます。



48. 日本は温暖化にどう取り組んでいるの？

日本では、温室効果ガス排出量の算定は 1980 年代後半から始まり、1992 年以降は各省の協力のもと、環境省が二酸化炭素排出量を算定してきました。また、国連気候変動枠組条約に基づいた国際報告や、1996 年以降に毎年作成されているインベントリーに基づいた温室効果ガスの総排出量を、政府が公表しています。

2002 年には、排出量・吸収量を推計するための国内体制を充実させる目的で、独立行政法人国立環境研究所に温室効果ガスインベントリーオフィスが開設され、毎年の温室効果ガスインベントリーの作成、日本のインベントリー報告書の作成、インベントリー作成に必要な調査、さらに、これらをもとにした研究が進められています。



日本の二酸化炭素排出量の変化

49. 発展途上国は温暖化とは関係がない？

いいえ、大いに関係があります。発展途上国は、温暖化に対してとても深刻な問題を抱えています。この問題には、大きくわけて2つの側面があります。

ひとつは、発展途上国は先進国に追いつくと急激に工業化を進めている段階で、人々が都市に集中しようとする傾向があります。この急激な工業化に、廃棄物処理や公害対策などの環境対策が追いつかず、先進国がかつて経験したときよりも深刻な環境問題に直面しています。また、経済的な理由から、その対策が遅れがちになっているということが問題に拍車をかけます。さらに、急激な工業化は、二酸化炭素を減らす森林を伐採し、自然の浄化システムにも影響を与えます。

もうひとつの問題は、一部の先進国と発展途上国の対立です。上に述べたような発展途上国の不十分な環境政策に対し、先進国は



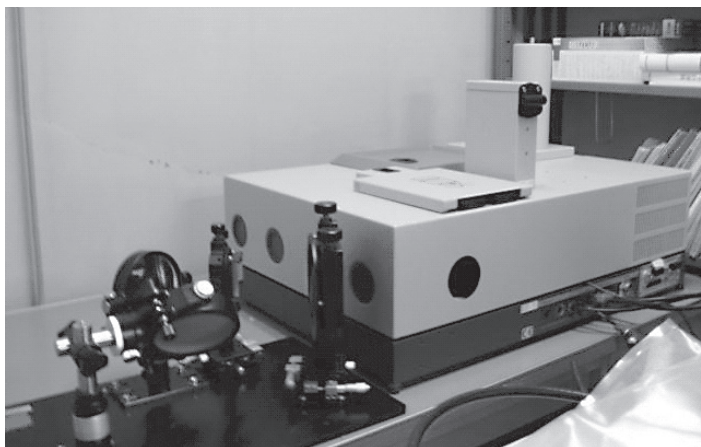
経済的・技術的な手助けをし、地球全体の環境をみんなで守ろうとするのが、本来取るべき姿でしょう。しかし、先進国の中には、今後二酸化炭素排出量が増えると予想される発展途上国に対して、規制義務を設定しようと提案する国があったり、反対に、発展途上国は、過去の排出量を挙げて先進国に責任を押し付けようとしたりと、なかなか折り合いがつかないというのが現状です。

50. 温暖化は政治的な問題？ それとも、科学的な問題？

この冊子でみてきたように、地球温暖化は科学と政治の両側面を持った問題です。現状をきちんと分析し、将来をできるだけいい精度で予測することは科学の問題です。科学は予測しますが、対策はたてられません。たとえば、「台風が来るぞ」といったとき、外出を控えるとか、庭にころがっているバケツをしまう、といった個人的な対策は、科学的予測で呼び起こすことができます。しかし、川が決壊するのを避けるために土のうを積むとか、危ないときに避難を促すなど、複数の人間（＝社会）を相手にした対策は、政治とは切り離せない問題です。温暖化は全地球的な問題ですから、地球上にあるすべての国々が、加害者にもなり、被害者にもなりうる、国際的な政治問題でもあります。

ただ大事なことは、科学者が出した研究結果・予測の中で、政治家や特定の国が都合のよいところだけを切り取って、自分の有利な方へ話をすすめないように、目を光らせることです。そのためには、私たち一人一人が科学者の言うことを理解しようとし、政治家の言っていることが正しいかどうか考えなければなりません。また、科学者も、一般の人が理解しやすいよう、わかりやすく話しをする必要があります。この本がきっかけとなり、皆さんがこれから、温暖化問題を自分たちの問題として理解し、考えるようになってくれれば、幸いです。

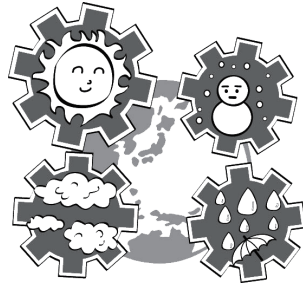




宇宙地球環境研究所で実験を進めている、小型FTIR（フーリエ変換型赤外分光計）を用いた大気CO₂測定システム。

資料／イラストの提供・出展一覧

4	Global Change（ケンブリッジ大学出版 1995）
3 1	C.D. Keeling 他（カリフォルニア大学）
3 4	Global Forest Resources Assessment 2000（国連食糧農業機関）
4 2	IPCC 第三次評価報告書：気候変化2001
4 5	気候ネットワーク
4 6	IPCC 第三次評価報告書：気候変化2001
4 8	2003年度の温室効果ガス排出量速報値（環境省）



地球温暖化 50のなぜ

第2版

発行日	2009年 10月 15日
企画・制作	名古屋大学宇宙地球環境研究所 りくべつ宇宙地球科学館 豊川市ジオスペース館
文 絵 編集	水野 亮・長濱 智生 大村 純子 野田ゆかり
発行	名古屋大学宇宙地球環境研究所 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町) http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/
印刷／製本	株式会社 T. P. O. (〒441-8077 豊橋市神野新田町中州3番)

本冊子は、平成16年度文部科学省地域貢献特別支援事業の一環として制作されました。

All rights reserved.

地球温暖化 50のなぜ

