



先ほど、松の木に雪吊りがしてあるのを見かけました。松の枝が雪の重みで折れないように枝を縄で吊っているのですが、いまは北陸地方でも雪吊りの必要はほとんどなくなっています。東京の方が、かえって雪がたくさん降るときがあるくらいです。3年前の2014年の2月に、2週続けて東京の都心で27センチの雪が積りました。1回目は45年ぶりの大雪で、もう半分、大雪は降らないだろうと思ったら、翌週にまた降ったのです。その2回目のときは、山梨県の甲府市で何と1メートル14センチも積りました。新潟県にお住まいの皆さんでも、最近、そんな大雪は見たことがないでしょう。

こんな異常気象が、いまの日本や世界のい

## 特集

### 地球温暖化と異常気象

#### 2100年の日本

講師

●村山 貢司 氏

(一般財団法人 気象業務支援センター専任主任技師・気象予報士)

#### ◆はじめに

皆さん、こんにちは。ただいまご紹介いただきました気象予報士の村山です。

本日は、いま世界中で関心が高まっている地球温暖化と、それに伴う異常気象の現状やこれからの予測を中心に、異常気象と深い関わりのあるエネルギー問題についてもお話をさせていただきます。

今朝、うちの奥さんに「新潟へ行くのに普段の靴で大丈夫なの？」と言われまして、「大丈夫。昔と違って新潟は、ほとんど雪が降らないんだから」と話したら、「本当？」と驚いていました。私が小、中学生の頃の教科書には、雪深い道を人々が歩いている雪国、そういう写真で新潟県が紹介されていましたが、いまは、そういうところは新潟県でも本当に少なくなっているのです。

たるところで起こっている。その原因が「地球温暖化」なのです。地球温暖化を何とか防がないと大変なことになる、異常気象がもっとひどくなる。この新潟県も、もともと太平洋側に比べれば大雨が降ることは少ない地域だったのが、この20年ほどで中越地方を中心に大雨が頻繁に降るようになって、被害を受ける方も増えているのです。

地球温暖化というと、ニュースで「100年後、2100年にはどうなる」という話になります。本日も2100年の話をしますが、八十数年先ですから、いま大人の人たちはほとんど生きていません。そのため、どうしても他人事と感じてしまいがちなのですが、現実には、すでに異常気象は起こっていて、多くの家が流される、人が亡くなるといった被害がすごく増えています。

この地球温暖化を止めるには、まず、その要因となる「温室効果ガス」である「二酸化炭素」の排出量を減らさなければいけません。日本は世界に向かって、「2030年までに、2013年比で温室効果ガスの排出量を26%減らします」という約束をしました。2030年というと、あと10年ちょっとしかありませんが、約束を達成するための対策はほとんど進んでいません。

その約束をどのように達成しようとしているかというと、大部分が「省エネ」です。皆さんに、「電気の無駄使いをしないでください、省エネタイプの家電製品に切り替えてください」ということです。そして、古い火力や水力の発電所を効率の良いものにする、発電をするときに二酸化炭素を出さない再生可能エネルギーと原子力で、それぞれ22%〜24%、20%〜22%の電気をつくる。これらを合わせて何とか達成しようというものです。はっきり言えば、私たちがどのくらい省エネできるかに、相当な比重がかかっていて、現実的にはとても達成できないと思います。

1997年に京都で開かれた地球温暖化防止のための会議で採択された「京都議定書」で、日本は、「2008年から2012年までの間に、1990年比で二酸化炭素の排出量を6%減らします」と約束しました。植物による二酸化炭素の吸収や二酸化炭素の排出権を外国から買い取ることによって何とか達成できましたが、原子力発電の利用などによる二酸化炭素排出量の削減だけでは6%に届きませんでした。さらにその後、東日本震災があつて、全国の原子力発電所の運転が止まったため、現在は電気のほとんどを、天然ガスや石炭、石油を燃料にする火力発電でつくっていますから、二酸化炭素の排出量を減らすどころか、逆に増えてしまっている、そういう状況になっています。

ません。太陽風という、太陽からの強い風に大気が飛ばされて、温暖化の原因となる物質がまったく存在しないのです。金星は、濃い二酸化炭素による高い温室効果によって、太陽に近い水星よりも温度が上がってしまうという逆転現象が起こっているわけです。

地球の大気に含まれる二酸化炭素は0・03%と、金星に比べれば圧倒的に少ないのですが、最近では0・04%に増えました。これは30パーセント以上増加したことになります。これによって地球の平均温度は0・7℃上がって、いろいろなところに大きな影響が出ているわけです。やはりこれを何とかしなければいけません。

隣の金星に比べて、なぜ地球の二酸化炭素

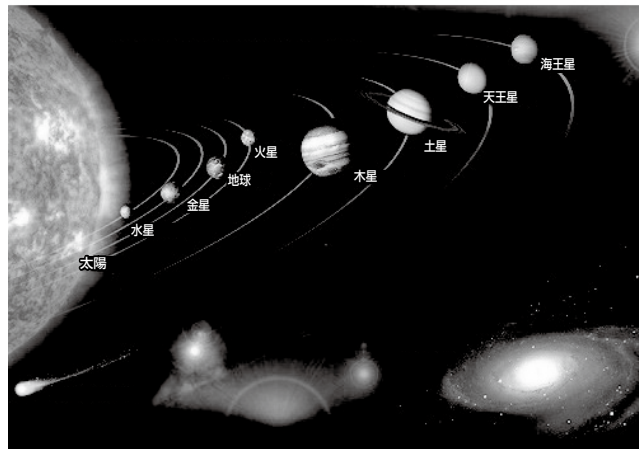
#### 資料② 惑星の温度

- 水星→ 287℃ (空気が無い)
- 金星→ 447℃ (CO<sub>2</sub>: 96.4%)
- 地球→ 15℃ (CO<sub>2</sub>: 0.03%)
- 火星→ -93℃ (CO<sub>2</sub>: 95.3%)

Q. 水星の温度はなぜ金星より低いのか

A. 原因は空気中の二酸化炭素など

#### 資料①



#### ◆植物や海中の生き物が二酸化炭素を取り込み、人が生きられる環境がつけられた

学者のなかには、「二酸化炭素は、地球温暖化の原因ではない」と言う人もいますが、資料①をご覧ください。太陽系の惑星のなかで太陽に一番近いのは水星で、その外側に金星、地球、火星が並んでいます。地球型の惑星はもともと同じものからできた星で、当然、太陽に近い水星の温度が一番高いはずですが、ところが水星の温度より、実はその外側の金星の温度の方が高いのです。資料②(6ページ)をご覧ください。金星の大気は約96%が二酸化炭素です。一方の水星には大気があり

が少ないかという点、地球の植物などの生物が吸い取ってくれたからです。地球の気も45億年前は金星と同じように二酸化炭素が95%以上で、酸素はほとんどなく、ものすごく暑い星でした。もちろん、人間などいません。しかし、地球は太陽からの距離がちょうどよかったのでしょう。海があつて、その中に生き物が発生して、シアノバクテリアという植物の祖先が光合成を始めました。光合成というのは、皆さんも小学校の時に習ったと思いますが、植物は太陽の光と水、そして二酸化炭素を吸収して栄養分をつくり出し、同時に酸素を出して成長していきます。海の中にも光合成をする海藻など、地球にいろいろな植物が増えて、大気中の二酸化炭素が減り、酸素が増えてきたのです。

こうした何十億年もの地球の歴史のなかで、私たちが暮らしていきける環境ができたわけです。人間が生きるためには、水、食糧、エネルギーが必要といいますが、その前に酸素がなければ人間は生きられない。タイムマシンで25億年前の地球へ行つたとしても、外へは出られません。

また、酸素が増えてくると、その一部がオゾンに変わりました。まだ酸素が少ない頃の地球には、太陽からの紫外線が直接降り注いでいました。紫外線は生き物には有害なものです。地球上に酸素が増えてオゾンが増えてくると、オゾンによつて紫外線が吸収されるようになり、生き物は海から陸地に上がることができたのです。以前、地球のオゾン層の破壊が問題になりましたが、オゾン層がなくなると大昔のように有害な紫外線が直接降り注いでしまうのです。

紫外線には波長の長い順に、UVA、UVB、UVCと3種類あつて、いま地球上に降り注いでいるのはUVAとUVBの半分です。残りのUVBと最も体に有害なUVCは全部オゾン層が吸収してくれています。このUVCが人間の体に当たると細胞の中の遺伝子が壊れてしまいます。このオゾン層のおかげで、私たちは生きていられるのです。

では、かつて大気の95%以上もあつた地球の二酸化炭素がどこへ行つたのかというと、植物のほか、海中の生き物が一所懸命、岩石に置き換えました。いま大気中に含まれている二酸化炭素は0.035%です。これを35とすれば、海の中には2000、岩石の中には1400万もあります。太古の昔、海の中には三葉虫など、さまざまな生き物がたくさん棲むようになりました。そのうちの珊瑚や貝殻には、海水中のカルシウムと二酸化炭素が結びついてできた炭酸カルシウムが含まれています。新潟で夏に採れる大きな岩ガキの貝殻も同様です。こうして貝殻などに二酸化炭素が閉じ込められ、やがて珊瑚や貝が死ぬ

と、海の底に沈んで、それが圧力を受けて岩石になります。これはセメントの材料になる石灰岩で、生物が数十億年もかけて二酸化炭素とカルシウムを元につくり出してきたものなのです。

問題は、人間が使っている石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料です。化石燃料には、400の二酸化炭素が含まれていて、私たち人間はこの化石燃料をどんどん燃やして、閉じ込められていた二酸化炭素を大気の中に放出している。そうして大気中の二酸化炭素の濃度が高くなって、地球の温度が上がってしまっているのです。

### ◆人間の活動に連動して、二酸化炭素の排出量が増えている

今日の最低気温は、ここ新津より、もっと南にある私の住む東京の多摩地区の方が低くて、氷点下2℃でした。東京は朝から快晴で、風も弱くて、すごく寒かったのです。それに対して、今日の新津は曇っています。実は、雲にも温室効果があつて、曇っているとあまり冷えないのです。

地球は、太陽からもらった熱を赤外線として宇宙に放出しています。ところが雲や二酸化炭素は、地表から放出されていく赤外線を吸収して、その一部を地球に戻します。これ

が「温室効果」です。ですから、二酸化炭素の濃度が高い状態とは、雲がたくさん増えたような状態です。太陽から100の熱をもらったら、宇宙へ100戻さないと地球の温度は一定に保たれないのですが、戻す分が99、98と減っているのが、いまの地球の状態です。こうして放出されるはずの熱が溜まっていくことで、地球温暖化が起こっているわけです。

地球温暖化の原因となる温室効果ガスはいくつかありますが、4分の3が二酸化炭素です。最も多いのは化石燃料由来の二酸化炭素で、約57%を占めています。私たち人間が石油や石炭、天然ガスを燃やして出しているものです。また、焼き畑農業や耕作地を拡大するための森林破壊に由来する二酸化炭素の増加や、逆に光合成の能力低下による二酸化炭素の吸収量の減少といった要因もあります。この森林破壊も人間がやっていることです。このように、全体の60%以上が人間の活動によるもので、これをいかに減らすかが地球温暖化防止のカギを握ります。

もう何十年も地球温暖化対策の国際会議が開かれています。それぞれの国の利害関係が対立しています。特に途上国では、人口が増え経済成長することで必要とするエネルギーがどんどん増えて、二酸化炭素の排出量も増えています。先進国が、「途上国も一緒に二酸化炭素の排出量を減らしましょう」と呼びかけても、途上国は、「先進国がいままで

勝手にたくさん出したのだから、温暖化対策は先進国だけでやってくれ」と言うように、意見の対立が続き、なかなか世界が協調する形での温暖化対策が進まないのです。

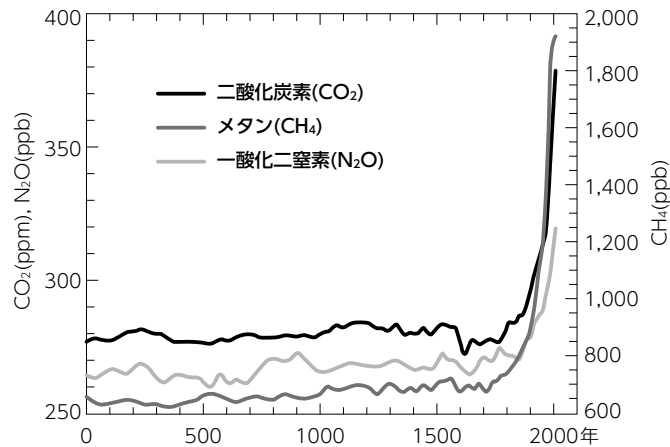
ただ留意していただきたいのですが、先進国と途上国が協力して、「これ以上は二酸化炭素の排出を増やさないようにしましょう」と決めても、それだけでは地球温暖化を止めることはできません。すでに大気中の二酸化炭素濃度が高まっていますから、いまのスピードで温暖化は進んでいきます。さらに二酸化炭素が増えれば、いまよりもっと速いペースで温暖化が進みます。地球温暖化を止めるためには、二酸化炭素排出量の大幅な削減が必要なのです。

資料③（12ページ）は、二酸化炭素などの温室効果ガスの大気中の濃度が、過去2000年間にどう推移したかを示したグラフです。長い間、細かな変動はあっても、大きな変動はありませんでしたが、2000年くらい前から急激に増えていることが分かります。これは、18世紀半ばにイギリスで産業革命が起こり、石炭を燃やしてエネルギーをつくるようになり、また20世紀に入ると石油や天然ガスも使うようになったためです。こうして大気中の二酸化炭素の濃度が大きく高まり、それとともに地球の温度が上がってきたのです。二酸化炭素の濃度が高まれば温度が上がるのですから、逆に濃度が低くなれば温度は下

がります。資料③の400年ほど前のところに、濃度がちよつと低くなった時期があります。日本では江戸時代で、社会科の教科書に載っていた大規模な飢饉が何度もあった頃です。二酸化炭素の濃度が低くなった原因はよく分からないのですが、これで温度が下がり、東北地方はものすごい冷害になって米が十分に採れず、大飢饉が起こりました。ですから、二酸化炭素が増えても困るのですが、減っても困るわけです。そういうやっかいな問題で、いまよりちよつと低いくらいが、ちよつどいいということです。

日本国内で測定している二酸化炭素の濃度の推移を見ても、年々減ったり増えたりを繰り返しながら、全体としてはこの30年間で10

資料③ 温室効果ガスの大気中濃度の推移(過去2000年)



%以上高くなっています。1年の中でも増えたり減ったりしていますが、その要因は植物です。広葉樹は、冬は葉をつけていないため光合成をしません。春になって新緑の季節になると光合成を盛んに始め、大気中の二酸化炭素を吸収します。このため、大気中の二酸化炭素の濃度は夏に低くなり、冬に高いピークがくるのです。こうした変動から、日本の森林が非常に多くの二酸化炭素を吸収していることが分かります。

京都議定書で約束した「二酸化炭素排出量を6%削減」のうち、半分の3%は森林による効果を期待したものでした。日本の国土は60%以上が森林で、多くの二酸化炭素を吸収してくれるのです。ただ残念なことに、戦後に植えたのはスギとヒノキばかりで、日本全体ではスギが450万ヘクタール、ヒノキが250万ヘクタールと、日本の面積のおよそ5分の1を占めています。残念というのは、二酸化炭素を吸収してくれるのですが、一方で花粉症の原因にもなってしまうからです。

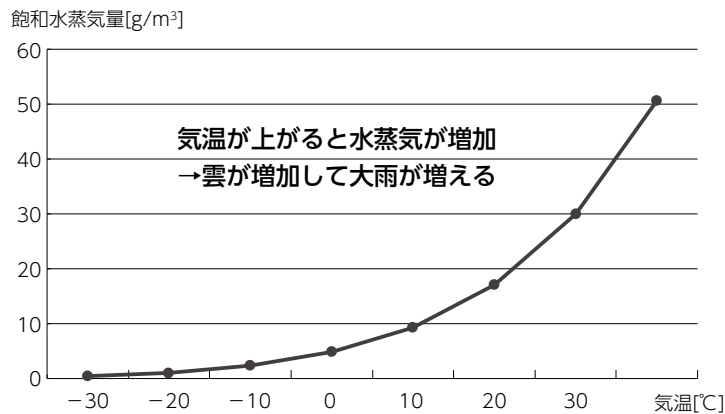
では仮に、水星と同じように地球に大気が無かったら、つまり二酸化炭素も無かったら地球の温度は32℃も下がります。いまの平均気温は14℃ほどですが、これがマイナス18℃になってしまう。今日の新津の最高気温は6℃くらいですが、もし32℃下がったら、最高気温がマイナス26℃です。夏の最高気温がやっと0℃にいくかどうか。これではとても私

たちは暮らせません。そういう面で、大気中の二酸化炭素の濃度は0・03%くらいが人間にとって一番いいということです。

### ◆海水温度の上昇がもたらす大雨 や猛烈な台風

資料④は、縦・横・高さ1メートル、つまり1立方メートルの体積の空気の中に含まれる水蒸気の量が、気温によってどのように変化するか、という関係を示したものです。気温が10℃のときの水蒸気量は10グラムで、30℃のときは30グラムですから、気温が1℃上がるごとに1グラムずつ水蒸気が増えていく。水蒸気は雲の材料ですから、空気中の水蒸気が増えると雲が増え、雨も降ります。

資料④ 気温と飽和水蒸気量





1立方メートルの空気に数十グラムの水蒸気という、たいした量には思えなくても、気象という広い範囲で見ると莫大な量になります。これが大雨の原因です。最近是非常に強い雨が降ることが増えて、さまざまな被害が出ています。地球温暖化というと気温の話ばかり出てきますけれども、温度が上がると大雨が増えるし、雨の少ない地域では地面から水がどんどん蒸発してしまいます。農業は、どちらに転んでも大きな影響を受けます。

東京あたりでは最近、夏は夜になっても気温が下がらず、熱帯夜が当たり前になっています。日本周辺の海水温度は、夏には25℃以上上がり、27℃の範囲が佐渡島周辺まで伸びています。この27℃という数字には、とても大きな意味があります。日本で起こる気象災害の中で一番大きなものは台風ですが、台風が発生する一番大きな条件は海水温度が27℃以上に上がることなのです。つまり、日本の周辺の海が台風を発生させるほどの温度を持っているため、大きな気象災害が起こっているというわけです。

また、海水の温度が上がると生息する魚種が変わって、漁場が変化するため、漁業関係者が困っています。それなら遠くまで獲りに行こうと思っても、船の燃料代が高くなるため、ままならないのです。

海水の温度が上昇してきたことによって、猛烈な台風が増えてきています。ちなみに、

台風、ハリケーン、サイクロンは全部同じもので、地域によって呼び方が違います。台風はマリアナ近海など日本のはるか南の海で発生するというイメージを私も持つておりましたが、もう10年以上前から沖縄や小笠原、紀伊半島など、日本のすぐ近くで台風が発生しています。去年は八丈島や伊豆諸島のすぐ東で台風が発生しました。日本はもう熱帯並みになっているのです。

しかも、台風の気圧がどんどん低くなり、台風が強くなっています。昔は大体、台風は日本海で弱まって低気圧に変わっていたのが、いまは台風のまま東北地方へ、北海道へと上がっていきます。去年は6個の台風が日本に上陸しましたが、そのうちの3個が北海道まで行き、残りの3個のうち1個も東北地方に達しました。これは観測史上初めてのことです。もう一つは関東地方に上陸し、西日本に上陸したのはたった1個です。北海道は集中的に大きな被害を受けました。

これまでに日本で一番大きな被害をもたらした台風は、1959年の伊勢湾台風で、上陸時の中心気圧は929ヘクトパスカルでした。気圧でいえば、1961年の第二室戸台風はもっと低く925ヘクトパスカルを記録しています。ところが最近では、2014年にフィリピンに上陸した台風は895ヘクトパスカル、2016年に台湾に上陸した台風



は900ヘクトパスカルと、とんでもない強さになっているのです。

このまま地球温暖化が進むと、フィリピンや台湾を襲った台風よりもっと強い台風が日本に来ます。フィリピンに上陸した台風は、高潮の波が6メートル、7メートルという津波のような高さで、大きな被害が出ました。それよりもっとすごい台風が日本へ来たら、それ一つで東日本大震災のような大きな被害が出るかもしれません。そうならないよう、早急に温暖化対策をしっかりと進めなければいけないのです。

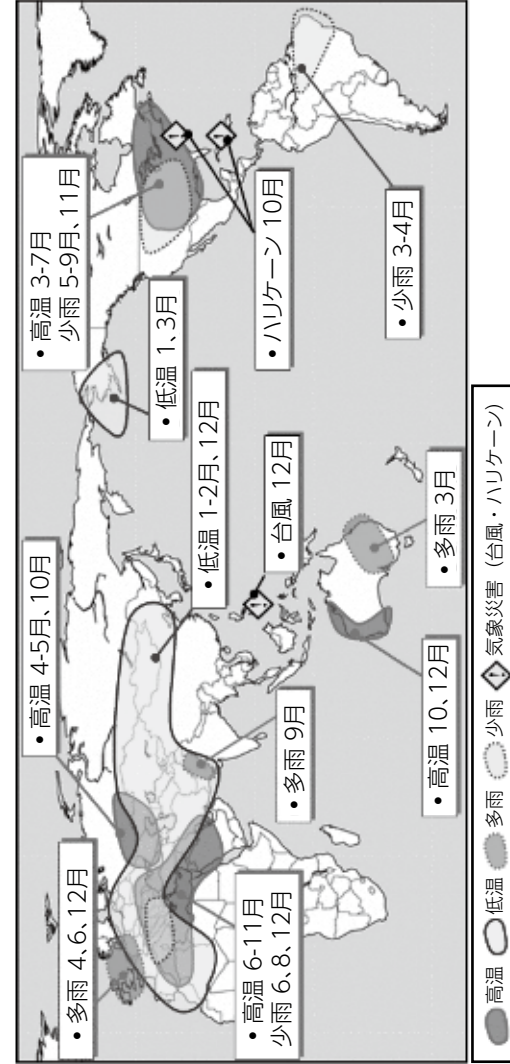
ご記憶にあるかと思いますが、2011年に東南アジアで大雨が降り、タイのバンコク周辺にあったたたくさんの日本企業の工場が全部水没しました。東南アジアは5月から雨の季節になるのですが、この年は2カ月も早い3月から雨季が始まり、半年以上にわたって雨が降り続いたため、バンコク周辺が水浸しになってしまったのです。その後も、毎年のように東南アジアで大雨の被害が起こっています。日本企業が被害を受けなかったため、日本ではあまり報道されませんでした。2012年にもベトナムからカンボジアにかけて大規模な洪水が発生しました。ベトナムはインドネシアと並ぶ米の輸出国ですので、洪水による被害を受けて米の価格が一気に上がり、さらには、食糧価格の高騰で政治的な混乱まで起こったのです。

資料⑤（19ページ）は、2012年に起こった世界の異常気象をまとめたものです。この年は冬に中国からヨーロッパ、アフリカの北部まで、広い範囲が異常な低温に見舞われました。死者も何人も出ています。また、アメリカでは広範囲で記録的な高温と干ばつが起こりました。干ばつに見舞われた範囲は、何と日本列島の6倍〜7倍の広さで、アメリカの小麦や大豆、トウモロコシの生産は壊滅的な被害を受け、それ以降、日本の食糧価格は上がったままです。地中海の沿岸も2年に1回くらい干ばつになって、特産のオリーブオイルがすごく高くなりました。このように、2012年には世界の非常に広い範囲で気象災害が起こったのですが、それでも異常気象はせいぜいこれだけでした。その後は、さらに深刻な事態になっているのです。

2013年の7月には、中国の北部で大雨、南部で高温と干ばつが起こりました。特に南部では梅雨の時期なのに、ほとんど雨が降らなかったのです。この干ばつによって、およそ200万ヘクタールの農地が壊滅的な被害を受けました。日本の耕地面積がおよそ400万ヘクタールですから、その半分がだめになってしまったということです。

日本は中国から安い冷凍野菜をたくさん輸入していますが、中国は2000年以降、食料自給率が100%を切っています。数字が95%までは公表していたのですが、その後は

資料⑤ 2012年の異常気象



公表していません。しかし、中国の食料自給率が下がっていることは、世界で流通している穀物などの動きを見れば分かります。例えば、世界で100万トンの大豆が輸出されると、その50%以上を中国が輸入しています。鶏肉もそうです。野菜もそうです。ほとんど中国が買い取っている状況です。こうしたことが、日本をはじめ世界にも大きな影響を与えます。

古い話になりますが、1993年に日本は記録的な冷夏になって、米不足が問題になりました。米どころの新潟ではあまり問題はなかったと思いますが、東京などでは中国米やタイ米、あるいはそれらと日本の米を混ぜたものが売られていました。今後、地球温暖化が進んで、タイ米や中国米の収穫がすぐ不安定になったら、お金を払っても買えない事態になる可能性もあるのです。

◆日本でも、猛暑や豪雨などの異常気象が当たり前に

先ほど、東南アジアでの大雨の話をしました。実は、これが日本の猛暑につながっています。大雨が降るということは、雲が大量に発生している、つまり低気圧が巨大になっています。低気圧が巨大になると、その北側では高気圧も巨大になって押し上げられます。

こうして日本列島の真上に巨大な高気圧が来て、猛暑になるわけです。また、この高気圧を迂回するように偏西風が蛇行し、蛇行したところは冷たい空気になって大雨を降らせます。これに当たる場所がどこになるかで、異常気象が起こる場所が変わるのです。

7月は、高気圧が日本列島の上に居座り、8月になると東にずれて、天候不順を招きます。ですから、東南アジアの雲の状態を見ていけば、日本が猛暑になるのか冷夏になるのか、ある程度見当がつくわけです。つまり、異常気象というのは単独で起こるのではなく、どこかで起これば、その正反対の現象が隣り合った地域で起こるものなのです。

2013年の東京は猛暑で、その年の8月10日は最低気温が29℃でした。翌日は最高気温が37℃で、その後、夕立があつて下がったものの最低気温は30・4℃と、一晩中30℃以下には下がりませんでした。これは熱帯夜と表現するしかありません。この2日間に、家の中で熱中症で倒れて亡くなったお年寄りもおりました。マスコミでは「殺人熱波」と呼んでいました。

2011年には、新潟・福島豪雨があつて、私は40年以上も気象の仕事をやっているのですが、このときに初めて、「これまでの防災の考え方を変えなければいけない」と実感しました。というのは、それまでは「日本海に発達した雨雲がありますから、新潟県は注

意してください」という情報を出していました。ところがいま、この雨雲は佐渡島に近く頃から発達する、つまり、直前で発達して大雨を降らすのです。なぜこんなことが起こるかというと、佐渡島周辺の海水温度がとても高く、水蒸気をいっぱい補給して雲を発達させているのです。2011年の豪雨のときも、海水の温度が佐渡の周辺まで異常に高かったということです。

以前は「集中豪雨」と言っていたのが、いまは「ゲリラ豪雨」という言い方をします。2008年に東海地方と関東地方、東北地方の南部、3カ所で同時に記録的な大雨が降り、同時多発的に起こることから「ゲリラ豪雨」という名前に変えました。いまでは広範囲で同時多発的な大雨が降るのは、決して珍しくない現象です。

2008年の豪雨で一番大きな被害が出たのは、愛知県の岡崎市です。一番強いときには10分間に30ミリを超える雨が降り、たった20分間で50ミリを超えてしまいました。下水道で処理ができるのは、降雨量が1時間に最大50ミリまでだったため、あつという間に町中が水浸しになりました。処理し切れない雨水が、マンホールの鉄のふたを持ち上げて、噴き出したのです。

役所では、避難指示を出すかどうかを市単独では決められず、周りの市町村との調整や

情報収集をしているうちに町中が水浸しになってしまいました。結局、避難指示が出たのは、真夜中の午前2時でした。しかし、停電になって真っ暗で、水浸しですから避難のしようがない。自分の命は自分で守らなければいけないということになります。

2012年には、「爆弾低気圧」と言うやつかいなものも発生し、東北地方にも被害が出ました。九州の西にあるときは1006ヘクトパスカルだった低気圧が、日本海で猛烈に発達して、北海道の東に出るときには956ヘクトパスカルになりました。50ヘクトパスカルも気圧が低下して、台風並み、あるいはそれ以上の範囲に影響を与えたのです。今後は、こうした爆弾低気圧が頻繁に発生するようになります。

2011年に発生した台風12号では、紀伊半島で激しい雨が降り、1週間の雨量が2000ミリを超えました。ところが、地元のデータを詳しく分析してみたら、実際に雨が降ったのは3日間なのです。新津の1年分の雨が、たった3日間で降ってしまったのです。紀伊半島の山の中は大変な被害が出て、いまだに復旧していません。気象の仕事を40年以上やっていても、初めて経験することが当たり前のようになっているのです。

強い雨を降らせる雨雲が東西、あるいは南北にライン状に分布すると、日本中のいろいろな場所で集中豪雨が起ります。2012年には、九州の北部でも豪雨がありました。

雨量が一番多かったのは熊本県の阿蘇山で、ここに降った雨は地中に潜って、40キロほど離れた熊本市内に湧き出します。熊本市にある水前寺公園では昨年4月、熊本地震で池の水が干上がってしまいました。あの池は湧水でできたものです。ですから、熊本市内の雨量はたいしたことがなくても洪水になってしまうかもしれないと、日ごろから想像力を働かせておくことも大切だと思います。

新潟県の栃尾では、1日に170ミリ降る雨を「100年に1回の大雨」と想定して、これに耐えるように川の堤防を設計しています。しかし、新しいデータで計算し直したら、「100年に1回の大雨」は2000ミリを超えました。1日170ミリの雨は、いまや100年に1回ではなく、30年に1回起こる雨になっています。2020年には20年に1回の割合で発生するといわれています。川の近くに住んでいたら、生きている間に3回か4回、洪水に遭う可能性があるわけです。ちなみに、この20年間では、1995年、1998年、2004年、2011年に、新潟県で水害が起こっています。

### ◆大きく変わっている日本の気候、「夏は長く、冬は短く」

新潟市の年間の平均気温は、30年前には13・3℃でしたが、いまは約1℃上がって、

14・4℃くらいになっています。新津の場合は、アメダスと呼ばれる気象観測システムの運用が始まった1979年は12・5℃で、36年後の2015年は13・5℃と、1℃くらい上がっています。また、新津で最高気温が25℃を超える夏日は、1979年の82日から19日へ、1カ月以上も多くなりました。30℃を超える真夏日は23日と1カ月なかったのが、50日へと2倍以上に増えています。新潟でも、これだけ地球温暖化の影響を受けているということです。

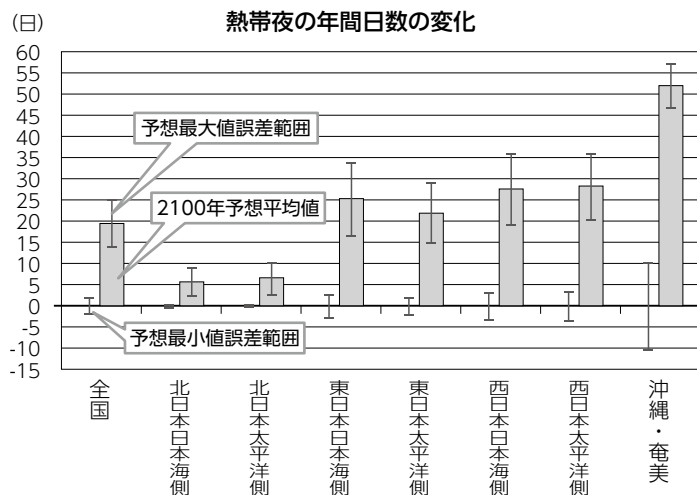
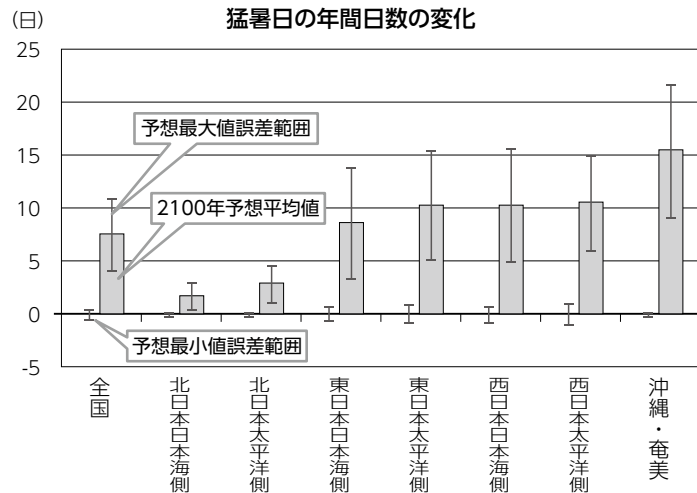
冬は、雪の降る量が減っています。降雪量は、昨日10センチ降った、今日10センチ降ったという量を全部足していったもので、新津の昔の平均は5メートル近くありましたが、いまは1メートル半くらいで、4分の1近くに減っているのです。だんだんと雪の少ない生活に慣れて、それが当たり前になっていき、あるとき久しぶりに昔のレベルまで降ったら、雪に慣れているはずの新潟県人が「なんだ、この豪雪は」と驚く、そんな時代が来るのかもしれませんが。新津の最深積雪は、昔の平均は80センチで、1985年には2メートル近く積りましたが、いまは50センチを超えることはめったになく、平均で20センチ、昔の4分の1です。これほど変わってきているのです。

1時間に50ミリ以上の大雨は、災害が起こる目安になるのですが、この大雨が降る回数には全国平均で1992年までは1年当たり250回ほどでしたが、いまは340回くらいにまで増えていきます。この20年間に90回も増えているわけで、増えた分だけ気象災害も増えているということになります。

では、新潟県の雨はどうなのか。他の地域に比べ、新潟県は大雨の降りにくい地域で、1時間に50ミリ以上の大雨が降った回数は、1986年までの10年間では5回です。ところが、次の10年間は16回、さらに次の10年間は47回と、最近になって大雨の降る回数が非常に増えてきています。新潟県内でも当たり前のように大雨が降る時代になってきた、ということですが、新津で50ミリ以上の大雨が降った日がある年は、この35年ほどの間に8回ですが、これも昔はなかったことです。

北陸の雪は急激に減少していて、実は、これが私たち東京の人間にとって命取りになりかねないのです。昨年、東京は間違いなく水不足になるだろうと予測されていました。群馬県と新潟県の境目に降り積もった雪が関東地方の重要な水源なのですが、3月の中旬に、新潟県湯沢市の積雪がゼロになるなど、山の雪が例年の半分以下しかなかったのです。でも、神風が吹きましました。神風というのは台風ですけれども、「あと1週間、雨や雪が降らないと水が足りなくなる」という、ぎりぎりのところで台風がきて水がめが満杯になった

**資料⑥ 猛暑日は10日、熱帯夜は25日増加**



のです。  
 このように日本の気候は、ここ30年ほどでかなり変わりましたが、2100年にはさらに大きく変化します。  
 新潟県など東日本の日本海側では、2100年に年間の平均気温がいまより3℃上がる  
 と予想されています。3℃の上昇というのは、この新津が300キロ余り南下がってしま  
 うようなもので、100年後にはいまの東京並みの気温になるということです。特に、  
 秋の気温が大きく上昇します。米の穂が出る時期に気温が高くなるため、お米の出来が悪  
 くなってしまう。猛暑になった2010年には、一等米という最も優秀な等級の米の  
 比率が、柏崎地区で30%を切るという事態になりました。こういうことが毎年のようにな  
 ってくるということです。

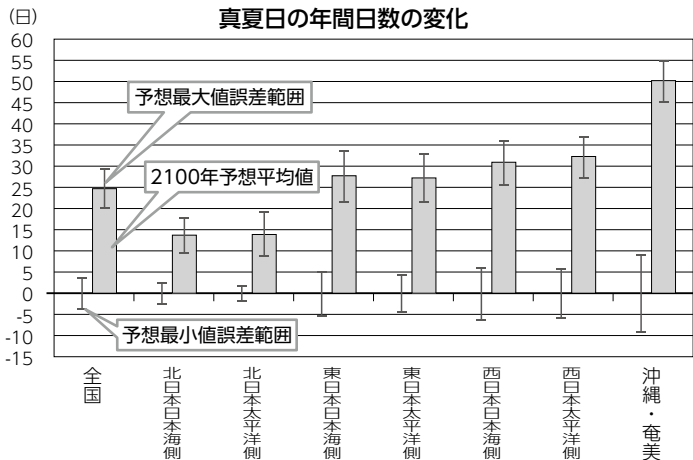
資料⑥（28ページ）のように東日本の日本海側では、最高気温が35℃を超える猛暑日は  
 10日くらい、熱帯夜は25日くらい増えます。2100年には1カ月くらい熱帯夜が続く  
 です。夜もエアコンをつけないと寝られない時代が来るといことです。30℃を超える真  
 夏日は、資料⑦（29ページ）のように1カ月近く増えます。これはあくまでも平均で、猛  
 暑のときはこの1・5倍になり、いまより45日くらい多くなります。年間4カ月くらいが

れますが、その水の元になっている山の雪が減ってしまうのです。これは新潟にとっても、また、先ほども申し上げましたように水を供給してもらっている東京にとっても、危機的な状況だと思っています。

東日本の日本海側以外の地域についても、幾つか2100年の予測をご紹介しますと、まず東京では、真夏日はいまの49日が76日に増え、熱帯夜は28日から41日に増えます。猛暑のときは、この1・5倍になりますから、120日くらい、4カ月も真夏日が続くことになるのです。

来週、環境省で東京オリンピック・パラリンピックの熱中症対策に関する委員会があるのですが、開催時の2020年の真夏は最高

資料⑦ 真夏日が1カ月前後増加

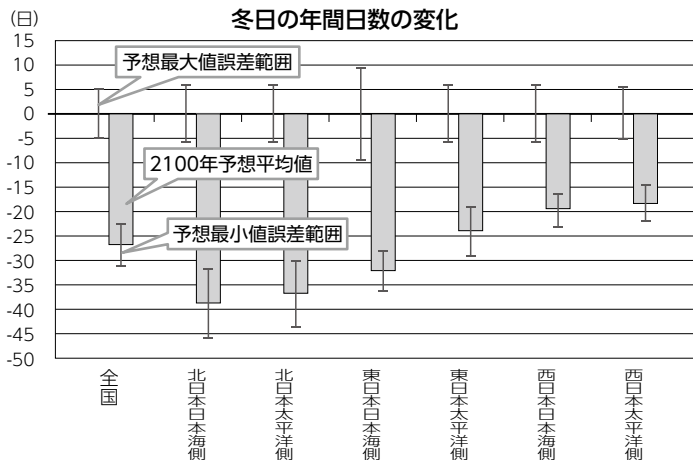


真夏ということになってしまふのです。では冬はどうかというところ、資料⑧(30ページ)をご覧ください。最低気温が氷点下になる冬日は1カ月以上も減ります。簡単にいうと、真冬が1カ月減って、真夏が1カ月以上増えるのが2100年です。

年降水量は、資料⑨(31ページ)のように、東日本の日本海側はそれほど増えませんが、その他の地域はほとんど100ミリ以上増えます。しかし一方で雨の降らない日も増えます。つまり、1回当たりの雨量が多くなる、豪雨が増えるということです。

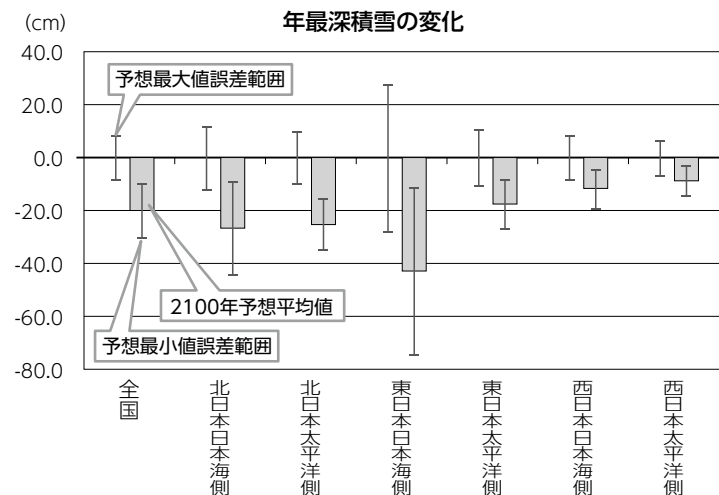
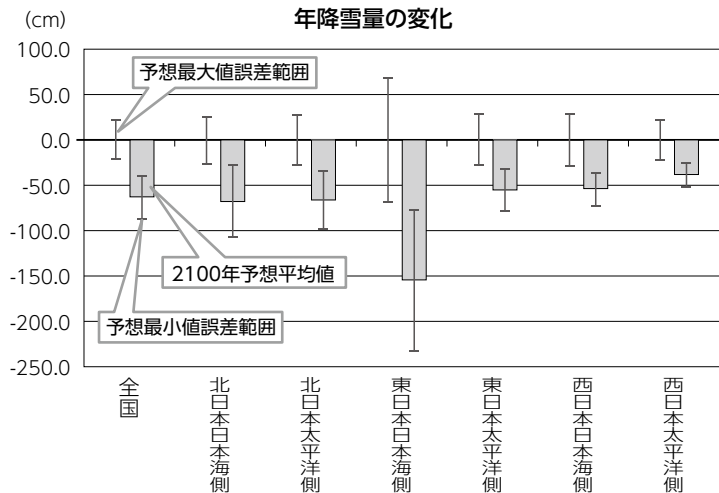
そして資料⑩(32ページ)のように、東日本の日本海側は雪が一番減る地域です。新潟は「水どころ・酒どころ・米どころ」と言わ

資料⑧ 冬日は減少

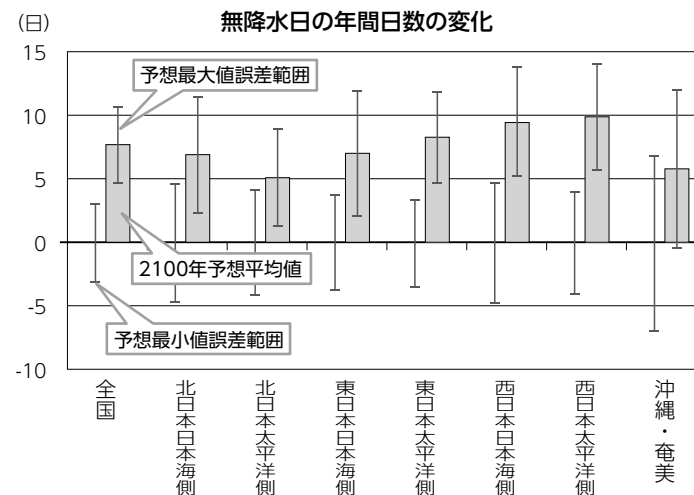
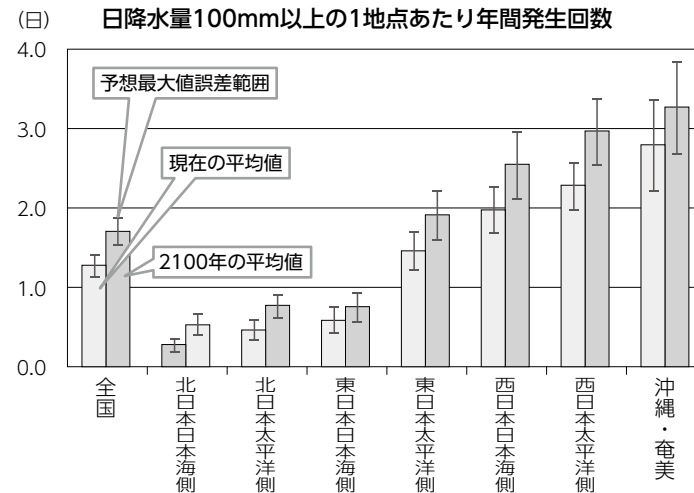




資料⑩ 雪は大幅に減少



資料⑨ 雨日数は減少、豪雨は増加



気温が35℃で、そこへ最高気温が23℃、24℃という涼しい欧米から選手たちがやって来るわけです。「マラソンは朝8時にスタートにします」と言っていますが、最低気温が31℃です。はっきりいって真夏にオリンピックをやるべきではないと思います。

沖縄に至っては、2100年には真夏日も熱帯夜もおよそ150日と、5カ月も続くようになり、完全に熱帯の気候になってしまいます。

### ◆2100年には、日本で米や果物をつくれなくなる？

ここまでにも少し触れてきましたが、気候の変化は私たちの食料や水の危機を招き、最終的にはエネルギーの危機につながります。

いまから13年前の2004年、日本に10個の台風が上陸しました。10個というのは過去に例のない最多の数でしたが、夏の降水量が平年を超えた地域は日本列島の3分の1もありませんでした。新潟県はほぼ平年並みで、関東地方や九州、北海道は少なかった。その一方で、兵庫県と福井県では記録的な大雨が降りました。それでも夏を通してみると雨が少なかったのです。こういった状況で、「新潟県には水が余っているから、水が不足している関東に運ぼう」と考えても、使う量が半端ではないですから、運べるのはせいぜい飲

み水くらいです。気候の変化に伴って、こうした状況がだんだん深刻になってくるということです。

この20年間を見ても、かなり多くの都道府県で渇水が発生しています。新潟県や秋田県など、昔から水に恵まれていた地域でも農業用水の取水制限などが現実起こっています。将来は、これがますますひどくなると心配されます。

先ほども少し話しましたが、気候変動は米の収穫に影響を及ぼします。米の出来は、穂が出る時期の温度に左右されます。コシヒカリは穂が出た後の3週間の平均気温は27℃が限界で、西日本でつくっているヒノヒカリは26℃台です。これから平均気温が上がっていく2100年には、新潟県では収穫量は増えますが、福島県など、どう手を尽くしても収穫量が減る地域も出てくると思われれます。そうなると、間違いなく米は足りなくなります。

新潟県はお米はもちろんのこと、果物もすぐおいしいところですが、気候変動によって果物や野菜の栽培に適した場所も変わっていきます。2060年には、いまリンゴが盛んにつくられている長野県はほぼ全滅してしまい、青森県も危なくなります。ウンシュウミカンや九州や四国、関西地方がいまの産地ですが、2060年にはほぼ全滅して、東北地方の南部で栽培できるようになります。さらに2100年には、国産のリンゴもミカン

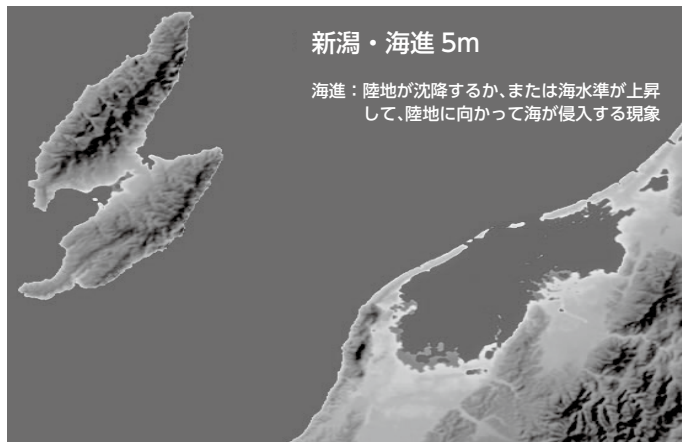
も栽培できなくなってしまう。日本では米も果物も野菜もつくれなくなってしまうかもしれないのです。

「地球温暖化が農業にどのような影響を与えるか」というお話をしに、長岡市へ行ったときには、「もう発想を変えましょう」と申し上げました。ビニールハウスで暖めるのではなくて、苗を冷やしてゆっくり成長させる。そうして他の地域よりも後に収穫をして、市場へ出す。そのくらい大胆な発想の転換が必要になってくると思います。

さて、地球温暖化のもう一つの問題は、海面が上昇することです。海水温の上昇によって海水が膨張すること、大陸の氷床が溶け出すことよって起こります。ここ100年で日本の周りの海は10センチ以上高くなりました。2100年には平均気温が3℃上がると予想されていますが、仮に2℃高くなった場合で東京湾はどうなるのか。1万年前の縄文時代に、いまより平均気温が2℃高い時期があり、海はかなり内陸まで入り込んでいました。2100年には、このときと同じような状態になって、あのデイズニールランドが東京湾の真ん中あたりになってしまうのです。

東北地方太平洋沖地震の時に、埼玉市の見沼というところで液状化現象が起きました。地名から想像できますが、昔は海だったところですよ。新潟地震のときにも新潟市内のあち

### 資料⑪ 平均気温が2度高い新潟県の将来は



こちで液状化が起きました。これも昔は海だったところだからです。平均気温が2℃高い状態が続くと、海面は5メートル高くなって、新潟県は資料⑪のようになります。実は、7000年から8000年前はこういう地形でした。海だったところに少しずつ土砂が流れ込んで埋まり、平坦な新潟平野がつくられたのです。地球温暖化が進むと、新潟平野は再び海に戻ってしまうことになります。

### ◆東日本大震災で一変した日本の地球温暖化対策

ここまでお話してきましたように、地球温暖化による異常気象は、私たちの生活に深刻な影響を与えます。地球温暖化を止めるには、

人間が排出している二酸化炭素を減らす、つまり、石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料の使用を減らすしか方法はありません。地球温暖化とは、エネルギー問題でもあるのです。

東日本大震災の前、日本は石油や石炭、天然ガスなどによる火力発電、水力発電、そして原子力発電をバランスよく使っていました。他の国を見ると、アメリカやドイツは石炭火力発電の比率が高く、フランスは原子力発電の比率が非常に高くなっています。実は、ドイツはたくさんの石炭を燃やして、二酸化炭素をたくさん出している国なのです。「原子力発電をやめます。再生可能エネルギーを増やします」と言って、環境の先進国」とされていますが、なぜそれができるのかというと、ヨーロッパは各国が送電線につながっているため、ドイツで電気が足りなくなってもフランスから原子力で作った電気を輸入できるからです。日本は周りが全部海ですから、電気を輸入することは容易ではありません。

日本では、二酸化炭素の排出量を減らすために、太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電を増やすことや、原子力発電所の稼働率を上げる取り組み、さらに原子力発電所の新設・増設をして、火力発電の利用を減らそうとしていました。しかし、東日本大震災で福島第一原子力発電所の事故が起こり、様相は一変してしまいました。事故後、ほとんどの原子力発電所の運転が止まり、それを全部火力発電で補っているため、二酸化炭

素の排出量はものすごく増えているのです。

私は機会があるごとに、全国各地のいろいろな発電所を見学させてもらっています。宮城県にある東北電力女川原子力発電所、愛媛県にある四国電力伊方発電所、また、原子力だけでなく、新潟県上越市に新しくつくられた中部電力の火力発電所なども見学しています。特に原子力発電所では、どんな安全対策をしているかをつぶさに見てきました。

福島第一原子力発電所の事故を教訓に、新しい規制基準がつけられ、これに沿って各地の原子力発電所で安全性向上のための対策が進められています。女川原子力発電所でも、津波対策の強化や非常用の大容量電源の設置、非常用の電源車や冷却用給水車の配備、配管の補強、部材の強化などが行われています。女川原子力発電所は震源から一番近かったにもかかわらず、安全に停止し、津波の被害にも遭わなかったのですけれども、さらに万が一に備えての対策をしているわけです。そうした様子など、いろいろ細かいところまで見学させてもらいました。

それでも、「100%安全でなければ、原子力発電はやめるべきだ」と言う人もいますが、100%の安全など、どんなものにもありません。車も電車も飛行機も、100%の安全はないのです。事故は起こり得るという前提で、万が一の際でも周辺に影響を与えない

めの対策がすっかり取られているかどうか、そこが重要なのだと思います。また、「原子力発電所が動いていなくても電気は足りているじゃないか」と言う人もいます。しかし、原子力発電の代わりに火力発電を目いっぱい使うことで、二酸化炭素がたくさん排出されています。いまの日本は、いわば地球温暖化を推し進めながら、電気を確保しているという状態であって、このままでいいわけがありません。それに、いま足りていれば将来も何とかなるということでもないのです。

### ◆原子力発電を稼働させながら、次世代のエネルギー体系づくりを

では今後、日本のエネルギーはどうすればよいのでしょうか。原子力発電をやめて、再生可能エネルギーを増やす、火力発電のエネルギー効率を高める、省エネルギーを進めるなど。こういった話が出ていますが、私もエネルギー効率の向上は重要な取り組みだと思います。

例えば、液化天然ガス（LNG）を燃料にする火力発電では、燃料を燃やした熱でつくった蒸気でタービンを回して発電しています。これを、燃料を燃やして発生させた時のガスの圧力と、さらにその際の余熱でつくった蒸気で、二つのタービンを回して発電する「コ

ンバインドサイクル発電」という効率の高い方法に変えていく。石炭火力でも、石炭をガス化して水素を取り出し燃料電池に使い、残ったガスでタービンを回し、さらに余熱で蒸気をつくってタービンを回す、つまり三重の発電（石炭ガス化燃料電池複合発電）をする方法があります。これらを増やしていけば、二酸化炭素の排出量を減らすことができます。

ただ、いまよりは減るけれども、やはり二酸化炭素は発生します。原子力発電をやめて、火力発電の効率を高めても、2030年に2013年比で温室効果ガスを26%削減することはできません。私は、安全が確保された原子力発電所を再稼働しながら、再生可能エネルギーなど次世代のエネルギー体系をつくっていくことが望ましいと考えています。いまある原子力発電所を再稼働させても、今後50年も100年も使えるわけではありません。あと20年とか30年で、次第に廃炉の段階に入っていきます。2030年までの26%削減という世界との約束を果たすために、私たちに残された時間は10年少ししかなく、その間に新しいエネルギー体系をつくらなければいけないのです。

では、その目玉とされる太陽光や風力などの再生可能エネルギーは、どこまで増やすことができるのでしょうか。増やすといっても、例えば梅雨時など、1週間雨が降り続いたら、太陽光はだめですし、風も弱い。そうすると、その1週間は全部火力発電で補わなけ

ればいけなくなります。それも、熱効率のいいものにしなければいけませんから、先ほどお話ししたLNG火力や石炭火力の新型の発電所が必要なのです。このように、再生可能エネルギーは火力発電で補っていかねなければ使えません。産業も私たちの生活も、自然のなりゆきで停電になったら絶対に困るわけです。

電力会社には電気の供給責任がありますから、停電にならないようバックアップの火力発電を備えるなどの対策を講じています。しかし、新たに太陽光発電などに参入してきた事業者には供給責任はありませんので、そうしたバックアップもなく、「天気が悪かったから、電気は送れません」と言って済ますこともできます。生活や産業に欠かせない電気の供給においては、こうしたことも問題だろうと思います。

#### ◆再生可能エネルギーの利用で求められる、正確な天気予報◆

地球温暖化によって起こる気候の変動は、今後さらに大きくなりますので、その面からも再生可能エネルギーで安定した電気をつくり、供給していくことは一層難しくなると思います。また、太陽光や風力のエネルギーを効率的に利用するために、非常にきめ細かい天気予報が要求されるようになります。例えば、「明日の新潟県は曇り時々晴れ、所によ

り一時雨か雪」と言う、いま私たちが出している予報ではだめなのです。

予報で「曇り時々晴れ」と言うときの「時々晴れ」は、予報している12時間のうち4分の1から2分の1の間は晴れているということです。いまはこれでいいのですけれども、太陽光発電をする側からすれば、朝の8時に晴れるのと昼の12時に晴れるのでは、発電能力が全く違ってきます。つまり、8時から10時まで晴れて、その後いったん曇って、午後1時から3時までまた晴れるといった細かい予報を出さないと、その発電所で何キロワットの発電ができるか事前に計算することができないわけです。

また、「所により一時雨か雪」もだめで、所とは、新津なのか、村上なのか、柏崎なのか、太陽光発電所が所在しているところの正確な予報が求められるのです。気象予報士の立場からすると、これは本当に困ることで、1カ所だったら張り付いていけば何とかできるけれども、何十カ所もやれといわれたら、とても対応はできません。

また、今日の天気だけでなく、最低限2日くらい先の天気もきちんと当てなければなりません。そして、正確な週間予報や長期予報も求められます。例えば、火力発電所で定期点検を予定している期間の天気が事前に正確に分かれれば、天気が悪い場合には火力発電をバックアップに使う可能性があるのです、その時期はずらそうといった判断ができます。で

すから、再生可能エネルギーの利用を増やしていくのなら、火力発電所の定期点検といったことにも融通を効かせないといけない。天気予報が外れたら大変なことになってしまいます。

風力発電にも、きめ細かい天気予報が求められます。風が「非常に強い」、「やや強い」、「強い」、「弱い」といった予報ではだめで、例えば3時30分から3時40分まで10分間の平均風速は8メートル、次の10分間は7メートル、次の10分間は3メートルといった細かい予報が必要になります。それも当日ではなく、2日前くらいに出す必要があります。太陽光発電と同じように、こうした予報をもとに、時間ごとの発電量を計算して、その風力発電所がトータルで何ワットを発電できるのか事前に予測することも必要となるからです。

#### ◆原子力発電による、電気の安定供給と二酸化炭素の排出削減

国の「長期エネルギー需給見通し」では、再生可能エネルギーで22%～24%程度、原子力で20%～22%程度、火力で56%程度の発電をするという方針を示していますが、悪天候の場合に備えて別に20%程度の予備の火力発電設備を持つておかなければなりません。また、仮に原子力発電をゼロにしたら、産業や暮らしの中でかなりの省エネを進めても、再

生可能エネルギーと火力による発電だけでは電気を安定して供給し、なおかつ二酸化炭素の排出量を2030年に26%削減することはできないと思います。ただ、いずれにしても効率の高い火力発電所や水力発電所の整備を早く進めることは必要です。

水力発電というと大きなダムを想像されるかと思いますが、山間部では机くらいの小型の発電機を川の水に完全に浸かるようにして、いつも同じだけ水が流れるように設置します。山間部は川の流れが急なので、小型の発電機を上流から下流に連続して幾つも置くと、登山者用の山小屋などで使う電気はこれだけでまかなえてしまう。山小屋では周辺の木を伐り倒して燃料として燃やすことが多かったので、各地でこうした取り組みを進めているのです。

再生可能エネルギーは、もちろん増加させる必要があります。というのは、先進国の中で日本が一番南にあるのです。フランスのパリは北緯48度くらいで、北海道の稚内よりも北です。ドイツはもつと北です。日本の方が南にあるということは、同じ12時の太陽の光で、より多くの発電ができるということです。そういう国が再生可能エネルギーの利用を増やさないのはもったいない話です。

しかし、単純に太陽光や風力で電気をつくって送電網に乗せればいいわけではありません



ん。悪天候などで発電ができないときはどうするのかを、事前に考えて準備をしておく必要があります。先ほどの話のように、まず、バックアップ用として、最新鋭の火力発電所に建て替えるのに必要な年数を試算する。バックアップ用の火力発電分に相当する再生可能エネルギーの利用が可能になるわけですから、それで何年後に再生可能エネルギーを何%に増やせるか、ということが計算できるのです。この過程で必要となる原子力発電の規模も分かります。エネルギー政策では、こうした議論をきちんとしたうえで数値目標を出していくべきだと思います。

日本の長期的なエネルギー政策として重要なのは、再生可能エネルギーをどれくらい増やすことが可能なのか、そして、火力発電や原子力発電をどのように組み合わせるのか、そして、そのエネルギーミックスで約束通りに二酸化炭素の排出量を削減できるのかをしつかり見極めることだと思います。また、短期的には、いまは原子力を火力で代替していますが、原子力発電の再稼働により、電気をより安価に、安定的に供給して、暮らしや経済への影響を減らしていく方策をとる必要があります。原子力反対といっても、地球温暖化に無関心ではいけません。温暖化は何としても止めなければいけないのです。世界の基準以上のしつかりとした安全対策をとった原子力発電の稼働率を上げ、電気の安定供給

給と二酸化炭素排出量の削減を同時に進めていくことが、大変重要な取り組みであると思います。

### ◆おわりに

最後に皆さんにお願いしたいのは、二酸化炭素をこれ以上出さない生活をしてほしいということです。家庭の主婦の方にこういう話をすると、「私の家は徹底的に省エネをやっています。テレビも冷蔵庫も一番省エネ型のものを使っています」と言われます。確かに同じ30インチのテレビだったら昔のものに比べると電気を使わないのですが、気をつけたいのは、昔の14インチのテレビに比べればやはりたくさん電気を使うということです。冷蔵庫もつぺんに手が届かないような大型のものを使えば、昔の小型のものより電気の消費量は増えます。同じ大きさなら電気の消費量は減っても、大型になれば増えてしまう。こうしたことも考える必要があると思います。

もう一つ大事なことは、出てしまった二酸化炭素を減らすことです。これには、一つの対策として植物を増やすことが効果的です。実は、植物は若い木ほどたくさん二酸化炭素を吸収してくれます。日本のスギは植えられてから50年、60年たっているのですが、な

かなか木材として使われず、外国からの輸入材ばかり使っています。そこで花粉症対策も含めて、使えるスギを切って、新しい木を植える。森林の面積は減らさずに植え替えをやっていけば、若い木が増えて大気中の二酸化炭素を減らすことができるのです。海の生き物も、二酸化炭素を吸収してくれます。晩酌のお供には、なるべく貝を食べていただく。それで貝の養殖事業が盛んになれば、海の中の二酸化炭素が減っていきます。

2030年までの二酸化炭素排出量削減の約束を守らないと、日本は世界から信用されない国になってしまいます。国の対策はそろそろ本格的に出ると思いますが、皆さんも今日からできることを一つでも二つでもやって、二酸化炭素をなるべく出さない生活をしていただければと思います。

本日はご清聴いただき、ありがとうございました。

(本稿は平成29年2月、新潟県新潟市において先生が講演された内容を要約し、一部加筆したものです。)

文責 広報部)

## 講師略歴



村山 貢司(むらやま こうじ)

### ■ 現職

一般財団法人 気象業務支援センター専任主任技師・気象予報士

### ■ 略歴

1972年 東京教育大学農学部 卒業

1972年 日本気象協会入社

1996年 気象予報士資格取得

2003年 財団法人気象業務支援センター入社

振興部専任主任技師

1987年4月より2007年3月までNHKの

気象解説を担当

### ■ 専門分野

気象、気象と経済、生気象、地球環境

### ■ 委員等

東京都花粉症対策検討委員会委員

林野庁スギ花粉動態委員会委員

環境省ヒートアイランド影響評価委員会委員

NPO花粉情報協会副理事長、NPO富士山測候所を活用する会理事、

NPOストックオプション研究所理事

多摩市文化振興財団評議員

文部科学省領域研究評価委員

### ■ 主な著書

山岳気象入門…山と溪谷社(2005)

花粉症の化学…化学同人社(2006)

気象病…NHK出版(2006)

台風学入門…山と溪谷社(2006)

降水確率50%は五分五分か?…化学同人社(2007)

猛暑酷暑で株価は上がるか?…経済界(2007)

お天気ジッタス…祥伝社(2007)

気象予報士ハンドブック…オーム社(2008)

気象のしくみ…ぶんか社(2008)

健康気象学入門…日東書院(2009)