

も、それについても、昔は台風というと二百十日だとか秋口という印象がありましたけれども、なぜ今頃こんな大きい台風が来るのだろうか、何か気象が変だな、荒々しいなという印象があるのですけれども、そういう現象というのは世界的各地で荒々しくなっていると見てよろしいのでしょうか。

(高 田)

世界でもあちこちでいわゆる異常気象といわれているものが頻発しています。この異常気象が必ずしもすべて地球温暖化が原因だという話ではありませんけれども、地球温暖化がベースになって、例えば雨の降り方が変化してきている、これからも変化していくだろうということも言われています。地球温暖化をベースとした気象の大きな変化の前ぶれ、兆候として最近の異常気象が起きている可能性も否定できないと思っています。

(鈴 木)

いくつか具体例があればご紹介いただきたいのですが。

(高 田)

最近の異常気象ということで、簡単に紹介させていただきたいと思います。新潟県で言いましたら、去年の12月から今年の3月くらいにかけて非常に暖かかったです。この写真は津南の先の長野県に抜ける道、国道117号で撮影したものです。左側が今年、右側が去年、同じ場所で撮ったものですが、まるっきり景色が違います。下のグラフは、前の年の豪雪でかなり報道されました津南に、気象

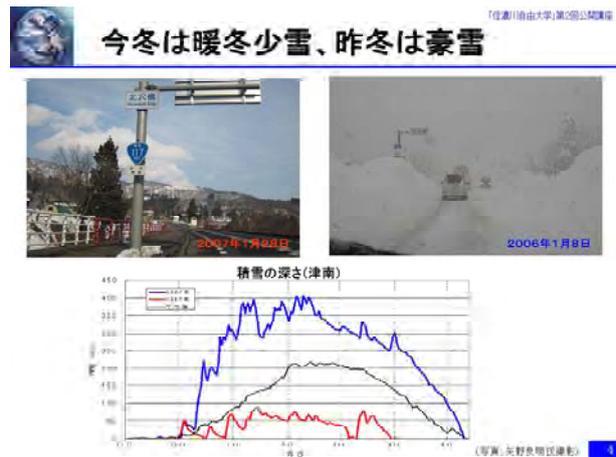


図-6

庁が雪の深さを測る装置をつけているのですけれども、それで測った雪の深さです。横軸に日付をとっています。縦軸が雪の深さです。青いグラフが前の年の豪雪の雪の深さです。赤いグラフがこの冬のグラフです。今回の場合ですと1メートルもいかなかったくらいです。ちなみに黒い線は平年値といっているもので、ここ30年ほどの平均的な雪の深さです(図-6)。

今度は雪ではなくて雨についてです。平成16年の7.13水害から3年になりますが、先週7月13日にはいろいろなセレモニーなどもあったと思います。図-7は「平成16年7月新潟・福島豪雨」と気象庁が命名している気象災害です。左上は中之島、左下は長岡市の写真です。五十嵐川、刈谷田川が決壊して水没しました。そのときの総雨量が右側にあります。栃尾にはアメダス雨量計が付いていますが、1日で421ミリ、これは平均的な7月の1か月の降水量の1.7倍にあたりますから、2か月分に近い雨が1日で降ったということになります（図-7）。

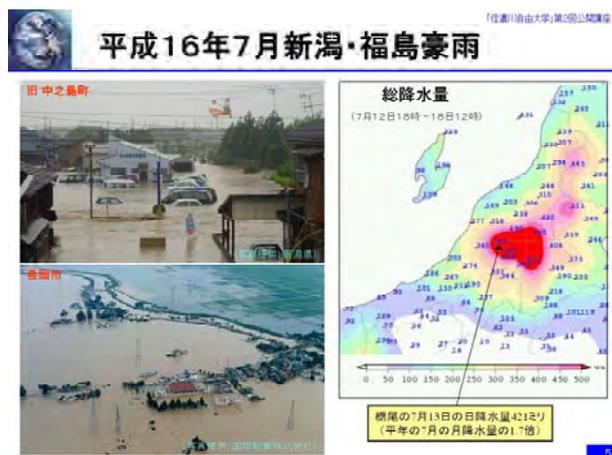


図-7

その次の年は梅雨入りが非常に遅く、6月27日に梅雨入りしたのですが、梅雨入りしたと思ったとたんに大雨が降りました。新発田や柏崎の方でも随分災害があったと聞いていますけれども、このときもやはり300ミリ以上降った所があります（図-8）。

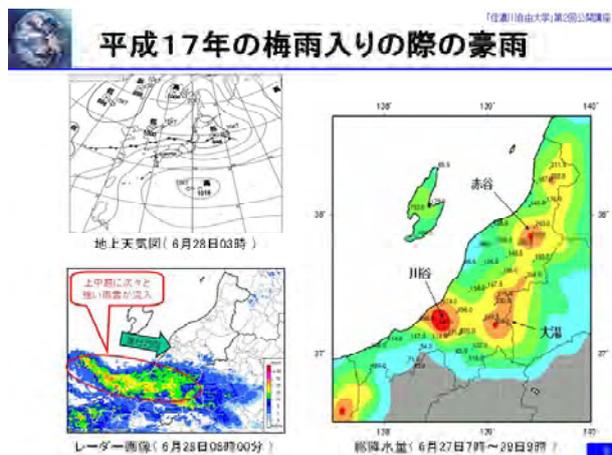


図-8

次に、これは昨年の7月の大雨です。毎年どこかであるのですが、長野県を中心に随分降りました。九州の方でも降りましたので場所の名前は付いていませんが、気象庁が「平成18年7月豪雨」と命名しました。諏訪湖の近く、岡谷市で大きな土石流が発生して、大勢の方が亡くなったり、天竜川が一部決壊したというのが去年の7月のちょうど今時分です（図-9）。



図-9

今度は風についてですが、突風やたつ巻災害が最近目立ちます。これも発達した低気圧、あるいは右上の延岡市の特急脱線の際は台風13号が原因です。低気圧がかなり急速に発達するということが最近多いような気がします。左上の写真は山形県の羽越線の脱線、豪雪になる年の12月です。下の二つの写真は去年の11月、北海道佐呂間町でたつ巻が発生して亡くなった方が大勢いらっしゃったのですが、そんなことがありました(図-10)。



図-10

台風については、3年前の平成16年は年間10個も日本に上陸しました。右上のグラフは気象災害による死者・行方不明者数で、この年は年間300人を超える死者・行方不明者が出てしまいました(図-11)。

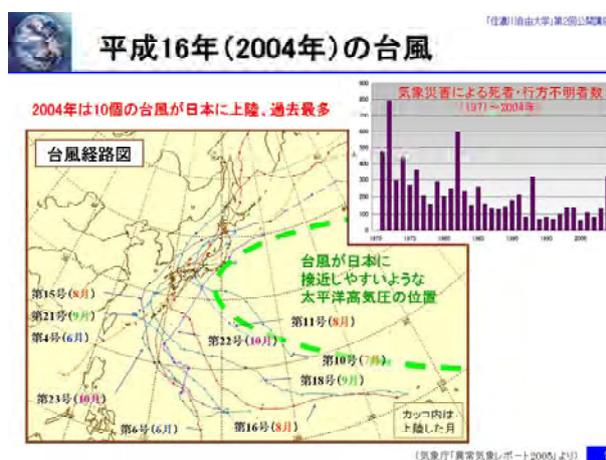


図-11

海外でも2005年にハリケーン「カトリーナ」というのがかなり報道されたと思います。このときの報道で、海面水温が高くなってきてハリケーンの強度が強くなっているのではないかというような報道もなされていました。左の写真がニューオーリンズの水没したときのものです。そういうあたりも題材にして、2月から新潟でも封切りになりました「不都合な真実」という映画がありました。ご覧になった方もあるのではないかと思いますけれども、前アメリカ副大統領のゴアさんが一生懸命世界各地を啓蒙して回っています(図-12)。

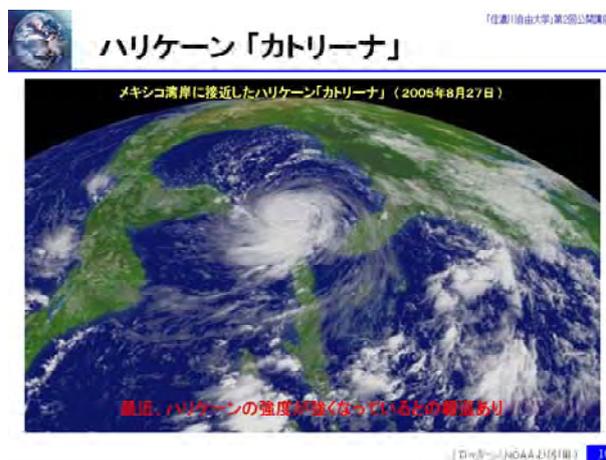


図-12

最近異常気象ということが報道等を賑わしています。そういう報道がなされない年はないような、かなり大きな気象災害が最近多いような気がします。

(鈴木)

7. 13水害などは私どもも非常に記憶に新しいわけですがけれども、明らかに激しい気象現

象というものがが増えて、それが地球温暖化と直接どうかかわるかは完全には証明はされていないのだけれども、何らの影響があるのではないかとされていることは確かなわけですね。

(高 田)

そうですね。そこら辺の状況証拠ではないのですが、今後の予想で、例えば雨の降り方がこう変わるかもしれませんということをおとからご説明しますので、そういうものを基に、今のような気象を見直していただければと思います。

(鈴 木)

その話を伺う前に、そういうかかわりを疑われるというか、並行してそういう現象が進んでいると。最近、新聞の記事でも「地球温暖化」という言葉が載らない日が少ないくらいの状況になっているわけですが、そもそも温暖化というのはどのように起きているのか、そのメカニズムを前提として教えていただきたいと思います。

(高 田)

この部分は少し堅くなるのですが、それでも我慢をして聞いていただきたいと思います。地球温暖化の話をする前に、地球がどのようなシステムで成り立っているかということをご説明したいと思います。図-13は地球を模式的に描いたものです。陸があり海があります。その上には大気があります。大気にはもちろん空気が含まれていて、その中に水蒸気が含まれていて雲ができ、雨が降ります。

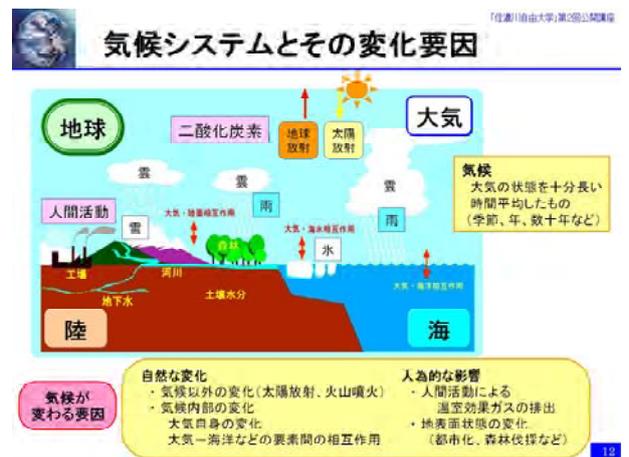


図-13

北極では氷もできます。降った雨が雪になる、あるいはもともと雪として残っているというものもあります。地球温暖化を説明するのに重要なのは太陽の放射、太陽からの光、地球からの熱が宇宙へ出ていくということです。また、その中で人間がいろいろな人間活動をしているということです。

気候という場合、大気の状態を、例えば季節あるいは年、何十年もの長い時間で平均したものを気候と普通は呼んでいます。その気候がどうい原因で変わるかというと、気候自体自然な変化をする場合もあります。例えば入ってくる太陽放射が変わる、多くなる、少くなるで変わる場合もあります。火山が噴火すると火山灰が地球の大気中に放出されて、太陽光線を遮ったりして変わる場合もあります。気候自身の変化もあります。これは大気と海は、熱とか水蒸気、水をやり取りしています。こういうものが長い時間スケールで変わる、振動するものですが、そういうことで変わる場合もあります。人間が関与して変わる場合、今回

テーマになっている温室効果ガス、二酸化炭素なども人間活動で空気中にどんどん放出することによって変わる。地面の変化、森林を伐採してしまう、都市化が進む、そういうことによって気候が変わる。気候が変わる原因としては以上のようなものが挙げられます（図－13）。

今回のテーマは地球温暖化ということで、二酸化炭素などの温室効果ガスに焦点をあてて話を進めていきたいと思えます。理科の勉強みたいで申しわけありませんが、図－14は地球の大気の主な成分です。窒素が大半を占めています。酸素が21%、二酸化炭素というのは現在のところ380ppm。ppmというのは100万分の1ですので、窒素、酸素などと比べれば量としては非常に少ない量で



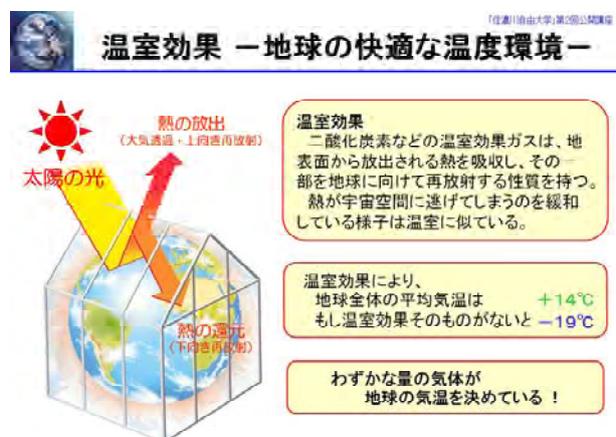
気体	化学式	大気中の存在比
窒素	N ₂	78%
酸素	O ₂	21%
アルゴン	Ar	0.93%
二酸化炭素	CO ₂	380 ppm
メタン	CH ₄	1700 ppb
一酸化二窒素	N ₂ O	320 ppb
一酸化炭素	CO	120 ppb
水蒸気	H ₂ O	1~3%

青字の気体は赤外線を感じない
赤字の気体は赤外線を吸収する
ppm : part per million (百万分の1)
ppb : part per billion (十億分の1)

図－14

す。メタンは1,700ppbです。ppbは100万分の1のさらに1,000分の1、10億分の1です。ただし、これら赤い字で書いた成分は赤外線を吸収する性質を持っています。青い字で書いているものはほとんど赤外線を吸収しません（図－14）。

それを頭においた上でなのですけれども、二酸化炭素などの温室効果ガスは地球の地表面から宇宙に向けて放出されている熱を吸収して、その一部を、また地表面にも放出しています。地球からの熱が宇宙空間にどんどん逃げてしまうのを少し緩和する性質があるわけですから、模式的に描くと地球を温室に入れたような格好になります。ガラスの温室は太陽の光を通しますが、中の熱を外に



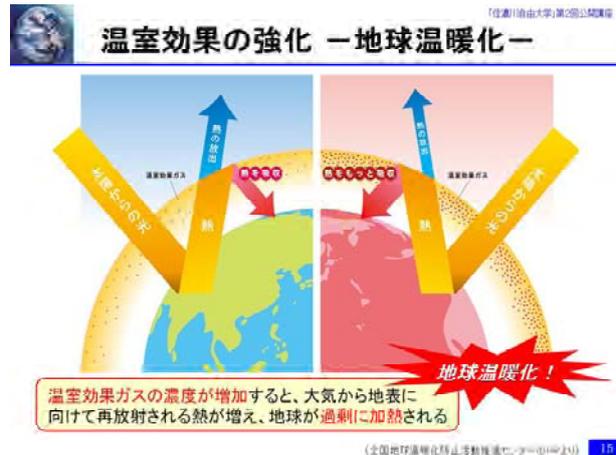
図－15

逃がしにくい性質を持っています。ガラスの温室である二酸化炭素がここで吸収して、一部を地球に戻しています。二酸化炭素などを温室効果ガスというのは、地球を覆っている温室に似ているということから、温室効果ガスと呼ぶわけです。

この温室効果があるおかげで地球全体の平均気温は、北極、南極、赤道も全部含めて平均したらどれくらいになるかということ14度くらいで、平均的に考えれば生物が住むのにはいい温度になっています。ただ、もし温室効果ガスがなかったらどうなるかということ、地球は平均マイナス19度という寒さになってしまいます。つまり、わずかな量の二酸化炭素やメタン

などの気体が快適な地球の温度を決めているということになります（図－15）。

今までは温室効果そのものの説明でした。図－16で、左が今までの状態だと思ってください。地球があって、ここに大気があって、大気の中にポツポツとあるのは二酸化炭素などの温室効果ガスだと思ってください。太陽から光が地球に入ってきます。それを熱として外に出すのですが、一部を温室効果ガスが吸収して、一部を地球に戻す、一部は宇宙に逃げていくという状態であるわけです。



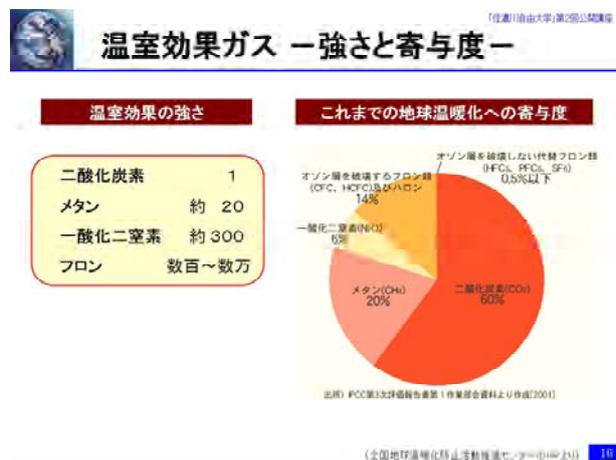
図－16

右側の図は温室効果ガスが増えた状態なのですが、増えたらどうなるか。太陽から入ってくる光は同じように入ってくる。地球から出ていく熱を温室効果ガスがたくさんあるのでたくさん吸収する。そしてここから放出するので地球に向けて今までよりももっと熱を還元するということになります。つまり温室効果ガスの濃度が増加すると、大気から地球に向けて再放出される熱が増えて、地球が過剰に過熱されます。これが地球温暖化ということになります（図－16）。

この温室効果の強さですが、同じ体積で二酸化炭素を1とした場合に、メタンは約20倍くらいの強さを持っています。ただ、現在は量が少ないのでトータルとしては二酸化炭素の方が、地球温暖化に寄与しています。

それからフロンという物質があります。オゾン層を破壊するというので代替フロンもありますけれども、代替フロンも含めて、これらは二酸化炭素の数百倍から数万倍の温室効果があるといわれています。オゾン層保全の観点からは代替フロンなのですが、そういうものがどんどん出たりするとさらに地球温暖化を加速させることにもなりかねないということです。

図－17の右側の円グラフは、これまで産業革命以降、20世紀までで地球温暖化にそれぞれの気体がどれくらい寄与したかという割合を示しています。赤いところが二酸化炭素、これまでの地球温暖化の60%は二酸化炭素だろうと言われています。メタンが20%くらい。



図－17

先ほど言ったオゾン層を破壊するフロン、ハロン、破壊しないものも含めて14%、15%くら

いの割合になっています。大体今までのことが地球温暖化に関する基礎知識です(図-17)。

(鈴木)

メカニズムは伺ったわけですが、いずれにしろ、私たちが気になるのは、これからそれがどうなって、気象も含めてどのような影響を及ぼしていくのかというのが私たちの一番気になることなわけですが、そこについても引き続き、どの程度、どのように気温が上がってきて、今後どうなると予測されているのか、その説明についてもご説明いただけますか。

(高田)

「地球温暖化の現状とこれからの予測」というタイトルを紹介したいと思います。「IPCC」というのを聞かれたことがあると思いますけれども、今年IPCCの第4次評価報告書というものが発表になって、今年の1月末くらいから新聞に出ていました。このIPCCを簡単に説明させていただきたいと思います。国連には、世界中の国の気象機関が集まった世界気象機関という組織があります。また、「UNEP(国連環境計画)」という組織があります。この両者の下でIPCCという組織が設立されました。

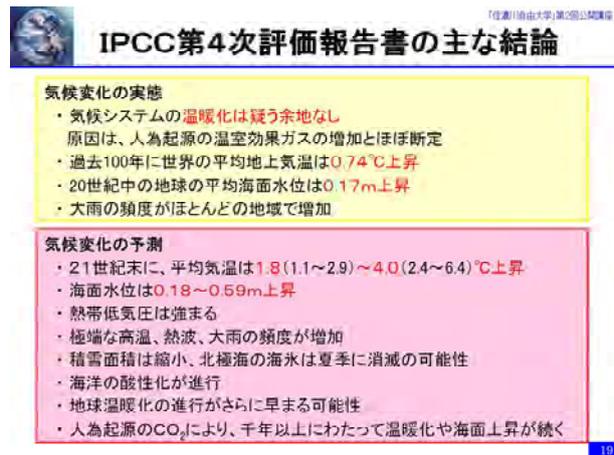


図-18

このIPCCの中には第1作業部会、第2作業部会、第3作業部会などがあります。気象庁が主に関係しているのは第1作業部会で、科学的根拠という分野で評価を行うところです。このIPCCが5、6年に1度「IPCC評価報告書」というものを作っています。これは世界中の科学者あるいは政府関係者の査読を受けて作成するという事で、地球温暖化対策に対する国際的な取組み、対策に科学的な根拠を与える、重きのある評価報告書です。これが第1作業部会、第2作業部会、第3作業部会とも今年の2月から順次報告書を発表して、最終的にはIPCCの総会で11月に発表されることになっています。

最初の第1次評価報告書は1990年に発表されました。それから5年ごとくらいに発表され、今年第4次評価報告書が発表されました。この第4次評価報告書のとりまとめにあたっては3年の歳月と130か国以上から450名以上の代表執筆者、800名以上の執筆協力者、2,500名で査読する膨大なグループが組織されました。このように取りまとめられ、非常に権威のある報告書です。ちょうどこれが発表された年ですので、これを引用したいと思います(図-18)。

この評価報告書の主な結論ということで、気候変化の実態、この100年に気候がどのようになってきたかということ結論だけ書かせていただきました。先ほど最初に説明した気候システムの温暖化は疑う余地なし、原因は人為起源の温室効果ガスの増加とほぼ断定という内容になっています。過去100年に世界の平均気温が0.74度上がりました。平均海面水位は17センチ上がりました。0.74度とか



図－19

17センチというのは少ないように感じる方もいらっしゃると思いますが、世界全体を平均して、しかも100年を平均してこの上昇というのは、実は非常に大きな量です。これはまた後で、新潟などの例でも示したいと思います。それから大雨の頻度がほとんどの地域で増加。ほかにもたくさん結論がありますが、紹介しきれないので、わりと大きなところだけ紹介します。

この100年ほどに起きてきた気候変化とともに、これから気候がどうなるということもIPCC評価報告書には書かれています。21世紀末、100年くらい後の平均気温は、今後、二酸化炭素などの温室効果ガスをどのような割合で排出していくのか、あるいは対策をとってもっと減らしていけるのか、そういう二酸化炭素の排出シナリオにより違いはありますが、そのシナリオごとに最も確からしいという値が1.8度から4.0度上昇とされています。わりと二酸化炭素をたくさん出すシナリオの場合、もっともらしい気温上昇は4.0度ですが、この4.0というのも予測ですので、いろいろな予測モデルによっては幅があり、それは範囲としては2.4から6.4度となっています。最大6.4度上がるというのがIPCC評価報告書で採用されているわけは、こういう意味です。

海面水位については、世界全体で18cmから59cm上がると言われています。それから熱帯低気圧が強まる。極端な高温、熱波、大雨の頻度が増加、積雪の面積が縮小、北極海の海水は夏場完全になくなってしまいう可能性もある。二酸化炭素が海洋に解けますので海洋の酸性化が進行する。地球温暖化の進行が、例えば雪がなくなると太陽光線をさらに吸収しやすくなるため、さらに早まる可能性なども言われています。人間活動による二酸化炭素で、今後1,000年以上にわたって気温の上昇、海面上昇が続くという結論も出ています(図－19)。

次にこれらの結論のうち一部を図表などで紹介していきたいです。

図－20の左のグラフは二酸化炭素の大気中の濃度の変化で、横軸に現在から1万年前ま

でとってあります。縦軸が濃度です。最近の200年間を左上に書いてあります。これ1万年間を見ると産業革命以降ポーンと上がっているのが分かると思います。特に最近の濃度の上昇が顕著です。それによって、右側グラフの一番上が気温、2番目が海面水位、3番目が積雪の面積なのですけれども、気温が上昇、海面水位も上昇、積雪面積は減る傾向にあるということが評価報告書で報告されています。

気温の上昇にしても100年間で0.74度なのですけれども、最近50年をとると、100年間の上昇のさらに倍くらい、最近はとにかく急になっています(図-20)。

図-21は気温の変化について、過去1300年間を見たものです。最近の平均気温を0度として過去がどれくらいかを示しています。濃い部分ほどもっともらしいとされています。1000年も前ですから温度計があるわけではありません。南極の水をとったり、珊瑚を調べたり、年輪を調べたりして推定した結果です。そういうものを見てみても、最近の上がり具合は非常に顕著です(図-21)。

気温の上昇が今後どうなるかという予想を示したものが図-22の左のグラフです。横軸に西暦をとっています。2000年くらいまではどう上昇してきたかということです。ここから先は将来の地球の気候を予測するモデルで計算したものですけれども、先ほども少し言いましたように、二酸化炭素の排出の程度によって気温の上昇が急かどうかが変わってきます。そのため、いくつかの排出シナリオに従って予想を行っています。この中では赤いグラフが100年間で0度付近から3度上昇しています。青いグラフは対策をとるなりもう少し二酸化炭素の排出量を抑えるシナリオで、その場合の方が上がり方としては少ないということを示しています。

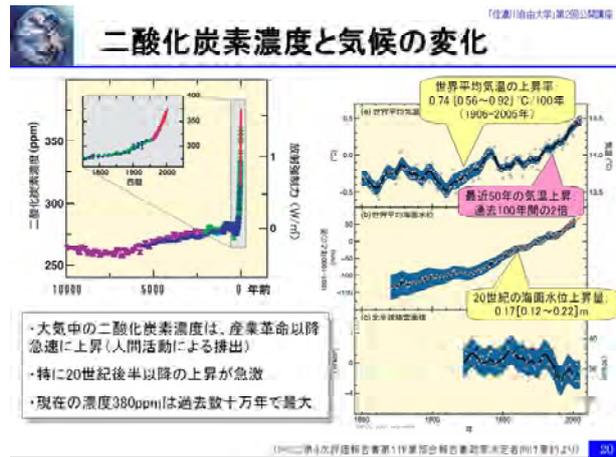


図-20

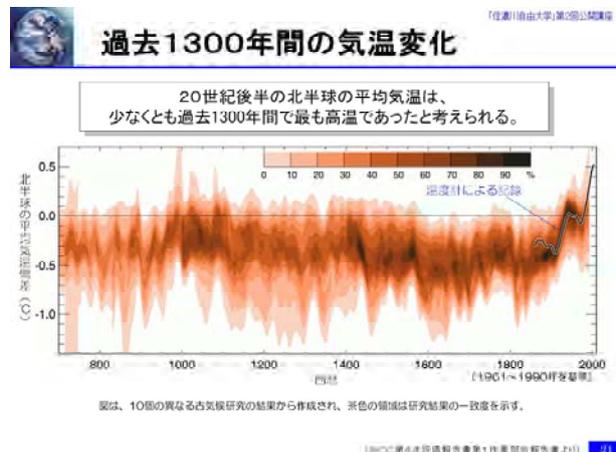


図-21

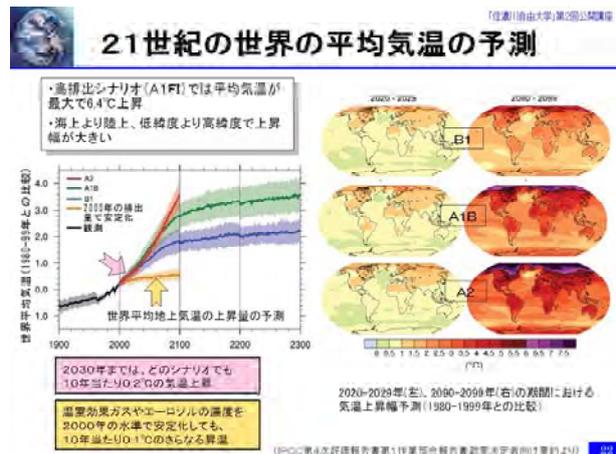


図-22

同じく右の図は、二酸化炭素の排出量の程度によって、気温変化の程度がどう変わるかということを示しています。左側が二、三十年後の上がり方です。赤くなるほど上がり方が激しいと見ていただければよろしいかと思います。右側は大体100年後の上がり方。二、三十年後よりは100年後の方が非常に高く上がっているのですけれども、それでも二、三十年後でもうすでにある程度上がってきているというのが分かると思います。二、三十年後の場合はあまり排出シナリオによらない、同じような感じで上がっています。それは左のグラフを見ても分かるのですが、2030年くらいまでは、どの排出シナリオでも10年あたり0.2度という気温上昇という予測が出ています。

二酸化炭素は今380 p p mという濃度なのですけれども、もしも、その濃度で上がらなかつたらどうなるかということを経験したのが、左のグラフの黄色い予想です。現在の濃度でさらに増やさないということでも、10年あたり0.1度上がって行ってしまいます。すでに現在は、バランスが崩れていると言っているのではないかと思います（図-22）。

今度は、雨が増えるか減るか見てみましょう。紫にいくほど増える。黄色、赤ほど減る。左側が北半球でいう冬です。右側が北半球でいう夏です。ですから夏のこういうところは増える。赤いこういうところが減るところです。今、砂漠が広がっているようなところでさらに減少するところもあります。その位置も今よりもずれたりして、ヨーロッパあたりもかなり夏場に減るような予想になっています。

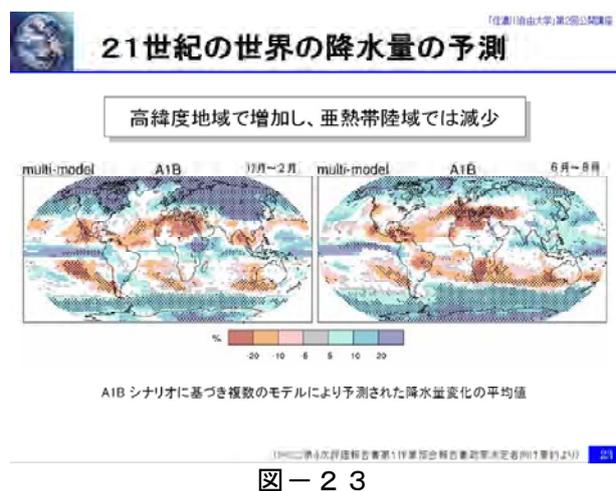


図-23

I P C Cの報告はここで終わりたいと思います（図-23）。

（鈴木）

100年で0.74度の上昇でも、零点いくつと聞くと小さいような気がするのだけれども、それでも極めて大きい上昇だと。それなのに、I P C Cの報告ではこれからの100年ではそれを0.7度どころではない最大6.4度という。冬が春になる、そのほかはみんな夏というような状況になってきます。しかも、緯度によって砂漠化が進む所がある一方、雨量が増えて豪雨が予想されるところもある。しかも、今回の報告が出るまでは、今回の気温上昇は大きな間氷期などの循環だという説もあつたりしたのですけれども、はっきりと人為的であり、しかも温暖化をこのまま放置しておけば着実に危険なレベルにまで達するというのを公に認めたということで大きな意味があつたと。