

地球温暖化と都市のヒートアイランド

首都大学東京・都市環境学部 三上 岳彦 氏

この講義録は三上先生にご了承いただいて公開しています。

○三上 皆さん、こんばんは。

きょうは、一応テーマとしては「地球温暖化と都市のヒートアイランド」ということで、こういう冬の寒いときに何で温暖化の話かと。まして、皆さんご存じのように、ことしの冬はかなり寒い冬でしたね。ですから、こういう寒いときに暖かい話というのはどういうことなんだろうと思われるかもしれませんが——ちょっと部屋を暗くしていただけますか。

お手元には一応レジュメは配ってありますけれども、文字ばかりで余りおもしろくないと思いますので、レジュメの方は帰ってからごらんいただければいいと思います。きょうは主にスライドを使いながらお話ししますので、こちらの画面の方をみていただければと思います。

(パワーポイント)

まず、きょうの話の流れとしまして、地球温暖化、その後、都市のヒートアイランドの問題、両方とも気候が暖くなるという話ですけれども、一体実際どうなっているんだろうかということで、実態把握という話をします。それから、現状とか実態がわかった後で、じゃどうしてそういうことが起こるのかというメカニズムの解明という話です。

このメカニズムの解明については、まず最初に、少し広い地球温暖化の実態とメカニズムの話、それから、ここはまさに東京の都心部であるわけですがけれども、東京を中心とするヒートアイランドの実態と影響という話をします。そして、そのメカニズムはどうなっているのかと。

そうすると、今度は温暖化、温暖化といってもいろいろなことが起こってくるということで、影響の話はまたその前にしますけれども、では、そういういろいろな影響が出て、これをどうしたらいいかという対策、その話をいたします。ヒートアイランドの緩和対策ということ。

きょうは時間も制限がありますけれども、私がかかわっているプロジェクトが2つほどありますので、そのご紹介をいたします。

(パワーポイント)

まず、いきなりこんな世界地図が出てきて、何だと思われるかもしれませんが、一番身近なところで、ことしの冬の話から始めたいと思います。

この図は何かというと、上にこう書いてあります。ことしの冬の世界の気温の分布です。ことしの冬といいましても、昨年(2019年)の12月に世界の気温がどうなっていたかということを示した図です。

この図は、実は去年(2019年)の12月、世界のいろいろな場所で気温が平年に比べてどのくらい高かったか、低かったかをこういう等温線というもので表現しています。基本的に、青いところは平年より温度が低かったところです。赤いところは平年よりも気温が高かったところです。

皆さんご存じのように、日本海側は豪雪で、ことしの冬は非常に寒かった。日本では寒かった寒かったと思うのですがけれども、同時にいろいろなニュースを聞いていると、ヨーロッパでも結構寒かったとか、アメリカの東海岸でも結構寒かったと。そうすると、ことは世界じゅうが寒かったのではないかと思われるのですね。

(パワーポイント)

実際にどうだったかとみてみますと、確かに日本付近、日本、中国、モンゴルからシベリアのこのあたりは青くなっていて、特にこのあたりは非常に寒かった。ヨーロッパも——それほどでもないんですけども——やはり青いですから、ここも寒かった。アメリカの東の方も確かに寒かったんですね。

ところが、ほかのところをみてみますと、カナダからアラスカ、ここは真っ赤で物すごく高かったんです。シベリアの北の方から、東ヨーロッパ、アフリカ、ついでに南半球に行くと——南半球は冬ではないんですけども——かなり暖かかったということで、実は、ことしの冬は世界全体でみると決して寒くはなかった。これを平均しますと、世界の平均気温は、平年よりずっときた温暖化かなという話ですけども、決して寒くなかった。やはり温暖化しているということですね。

(パワーポイント)

ちょっとまた変な図が出てきましたけれども、どうしてことし日本はそんなに寒かったのかということです。この図はちょっとみなれないかもしれませんが、ここの真ん中のところが北極です。地球をちょうど真上というか北極の上からみたような図だと思ってください。

ここに日本列島があります。この辺にヨーロッパがあって、この辺にアメリカがありま

す。ここが北極です。この図は何かというと、北半球の上空、大体 5,500メートルぐらいの上空です。そこを大気の流れというか、大気の循環と書いていますけれども、実はこれ気圧ですが、どのように風が流れているかということを示したものだと思ってください。

そうすると、このぐらいの高さでは大体この線に沿って西から東に風が流れています。こういうのを偏西風とかジェット気流と書いて、上空ではこういう風が流れているんですけども、この流れが非常に大きくうねっています。

ここで青いマークをつけたところが、先ほどお示ししましたように結構寒かったところ
です。

このオレンジの部分は、実は平年より暖かかったのですね。これをみますと、北極はことし結構暖かかったんです。北極から——さっきいいましたけれども——カナダ、アラスカ、シベリアの北とか、要するに、北極に近い高緯度がすごく暖かかった。

逆に日本の付近とかヨーロッパ、アメリカの東の方が寒かったのですけれども、これは何でかということ、ここにちょっと矢印で示してあるのですが、これは北極の冷たい空気、寒気が流れ出していることを示しています。実は、ことしの冬は特に日本の方に向かって北極の強い寒気が流れ出してきてしまったために日本は非常に寒くなったのです。同じようにアメリカの東の方にも流れ出したし、ヨーロッパの方にも流れ出したのです。

逆に、南の方から暖かい空気がこういう形で北極の方に流れ込んできています。結局、これはバランスをとっているわけです。もともと北極は冷たいわけですから、その冷たい空気が今いった3カ所に流れ出してしまっ
て、逆に暖かい空気が上がってきてしまったということ
です。

(パワーポイント)

今のは去年の12月、ことしの冬の話ですけれども、じゃもっと長い時間、スケールで見たときに、温暖化、温暖化と
いうけれども、一体どうなんだろうということ
です。

このグラフは日本の平均気温です。日本の平均気温を出すのはなかなか難しいのですけれども、気象庁がこの場所なら長い時間の気候の変動をみるのにいいだろうという地点、観測所が十何カ所かあるのですけれども、それを全部平均して、日本の平均気温というように考えて——これは100年間です。1901年から2005年、昨年までの1年ごとの日本の平均気温をグラフにしたのですね。

ゼロという線があるのですけれども、これは零度ということではなくて、1961年から90年という比較的最近の30年間をとりまして、その30年間の平均気温をゼロとして、そこか

ら何度高いか低いかというように表現したものです。ですから、ゼロの線より上のところは基本的に暖かい、この下のところは寒かったというように思ってください。

そうしますと、何となく右上がりになっていますから、明らかに温暖化しているんですね。もう少し細かくみますと、1940年ぐらいまで、いわゆる戦前は上がったたり下がったりしていますけれども、そんなに変化していません。

ところが、このぐらいから急に上がり始めて、1960年ごろまで急に温暖化したのです。その後、ちょっとまた下がり気味になって、そして、最近また上がってきている、このような変化がみえます。ですから、ずっと一直線に上がっているわけではなくて、上がったたり下がったりしながら、最近結構暖かくなっている。

ちなみに、ここが一番右側、2005年、去年1年間です。去年は夏も平年並みぐらいで、冬は寒かったですから、平均気温としてはこの辺に比べると低かったです。でも、さっきのゼロというレベルからいうと、去年1年間もやはり暖かかったということになります。

(パワーポイント)

少しスケールを広げまして、今度は、日本も含めて北半球全体の気温はどうだったかをみますと、これが北半球の平均気温。同じく去年までの105年間の北半球を平均した変化です。これも顕著に上がっているのがわかると思います。さっきと同じように傾向をみますと、1940年ごろまで上がっていった。このあたりは20世紀の初めごろはかなり低かったです。でも、全体として上がっていった。

その後、ここにちょっと注目していただきたいのですが、この部分が若干下がっています。それから、最近、またグーッと上がってきた、こういう傾向がみえます。これを仮に温暖化の足踏み時代というように呼びますと、温暖化が足踏みしていた時代が1940年ごろから80年ぐらいまであったんですね。

ところが、20年ちょっと前から、またグーッと温暖化してきました。ちょうどこのころ、1970年代、昭和でいうと40年から50年ぐらいにかけてですけれども、そのころ、皆さんご記憶にあるかどうかわかりませんが、ちまたでは地球は寒冷化しているというような話があったのです。氷河時代が来るとか、そういったタイトルの本まで出た。このとき、確かにこのあたりでは下がってきたのですね。このまま下がってどんどんどんどん氷河時代が来ちゃうのではないかという話があったんですけれども、実は、その後急速に温暖化して、今はここです。ということで、今、確実に温暖化しています。

(パワーポイント)

今のは北半球ですけれども、今度は地球全体に一気に広がります。グローバルというのは、つまり、地球全体の平均気温です。どうだったかという、やはりここで上がっています。その後、北半球ほどではないのですけれども、ここで足踏みをしています。そして、また上がっている。こういう状態です。

どうしてここで足踏みしたかというのは、今、いろいろな議論が出ているのですけれども、まだ完全にこの足踏みについてはわかっていません。少なくとも20年ぐらい前からずっと上がり続けている。その前にここも上がっています。ここもちょっと特徴があります。

(パワーポイント)

1つ戻します。

この上がり方がどのぐらいかというので、気温の上昇率を考えるとときにいろいろな表現の仕方があります。過去100年で何度上がったとか、過去10年で何度上がったとか、1年間に何度ずつ上がっているとか、いろいろな言い方があります。

今、仮に100年で考えます。実際は、直線的に上がっているわけではなくて、こんなような変化をしていますけれども、仮にここからここまでずっと直線的に上がってきたとしますとこの100年間で約0.7度上がっています。0.6度から0.7度ぐらいですが、約0.7度上がっています。100年で0.7度上がっているということは、何だ、たった0.7度、大したことないじゃないかと思われるかもしれないですね。

ところが、仮に100年で0.7度というのは、そのままいったとすると、千年で7度です。1万年で70度です。これがずっとそういう調子で来たのか、過去にさかのぼっていくと、じゃ1万年前は70度も低かったかといったら、そんなことはないですね。

(パワーポイント)

それで、このグラフです。

これは千年です。過去千年の間で——これは北半球ですけれども——地球の平均気温がどのように変化してきたかを示したグラフです。これはIPCCという世界の気候のいろいろな温暖化のことを話し合っている専門家の委員会の報告書で出ているグラフです。これは非常に有名な図です。いろいろなものによく出てきます。これは、実は過去千年間の北半球の気温の変化を示したものです。このゼロという線は、先ほどと同じく1961年から90年の30年間でゼロにしています。

多分、皆さん不思議に思われるのは、千年もの間、どうして温度がわかるのか。500年

も千年も前に気象観測なんてやっていなかったじゃないかと。確かにそうなんです。気象観測が世界的に行われるようになったのは、せいぜい 100年から 150年ぐらい、長いところでもせいぜい二百数十年しかやっていない。ですから、千年もというのは、もちろんこれは气象台ではかった、温度計ではかったものではないです。

これは、例えば木の年輪とか、北極や南極の氷河の氷とか、実は海のサンゴとか、いろいろなものを——きょうは時間がないので省略しますが、そういうものの同位体とか、いろいろなものを分析して推定した温度です。

ですから、この青いところは全部推定です。推定ですから、当然誤差も出てきますので、この薄いグレーのところは誤差の範囲です。真ん中の一番確からしい線がこの黒い線です。ですから、例えば1400年ごろというのはここの温度だったかもしれないけれども、もしかしたら誤差を見込むとこのぐらいだったかもしれない、あるいはここだったかもしれないということです。

西暦の年号がここに出ていて——ちょっと遠くの方は見えませんが——ここが西暦の1000年、これが西暦の2000年ということです。毎年毎年、上がったたり下がったりしていますけれども、ずっとみていると、実は、どちらかというと下がってきているのです。だから、千年前までさかのぼると、さっきいったように 100年で 0.7度だから、千年前は7度低かったかといったら決してそんなことはなくて、千年前はここからみるとむしろ地球の気温は徐々に下がってきています。それが最近、急に上がり出したのです。

(パワーポイント)

これがさっきおみせした北半球とかいろいろなところの温暖化で、これが 0.7度です。ですから、100年で 0.7度というのは決して侮れないですね。これはまた後で話をしますが、今、いろいろいわれて、地球温暖化して行って、100年後には2度、3度、場合によっては5度ぐらい上がるといわれていますけれども、この1目盛りが1度ですから、100年というのはせいぜいこのぐらいで、こうやって突き抜けてこっちまでどんどん行ってしまうという話です。ですから、この千年という時間スケールでみると、最近の 100年の気温の変化はいかに異常であるか、これはおわかりになると思います。

(パワーポイント)

ついでに、私、いろいろ気候の変動の研究もしていますので、時間スケールをさらに長くして、ここが現在で、40万年前まで一気にさかのぼります。40万年なんてとても想像がつかないと思われるでしょうけれども、地球ができてから46億年たっていますから、それ

に比べれば40万年なんというのは非常に短い時間です。

これは何かというと、2つグラフがあります。その前に、どこでこういうグラフができたかということ、ここに書いてある南極大陸にある旧ソ連の基地でとれた何千メートルという氷を分析して得られたものです。上のグラフは二酸化炭素、 CO_2 の濃度です。下の青いグラフは氷を分析して推定した南極の気温です。

40万年ですから、40万年の間に二酸化炭素の濃度がふえたり減ったりしています。同じように気温も上がったり下がったりしています。そこで、この気温の変化を注意してみますと、ここところが急に上がっています。これが大体12~15万年前、急に上がっているのです。それで、その後グーッと下がってきます。

実は、前もみてみますと、こういうことを繰り返しているのです。急に温暖化して、グーッと下がってきて、また温暖化して下がり、温暖化して下がっている。そして、現在ここです。今、我々がいる時代はここ部分です。こういう暖かい時期を間氷期と呼んでいます。氷期と間氷期が40万年の間で何度も繰り返されています。実はもっと100万年ぐらい前から繰り返しているのですけれども、これはちゃんと理由があります。

太陽、地球の軌道とか、地球がちょっと傾いているとか、太陽と地球の距離の関係、そういうもので大体10万年ぐらいで地球が受け取る日射量が周期的にふえたり減ったりしているので、こういうことを繰り返しています。これでおもしろいのは、間氷期と呼ばれる——今と同じように、暖かい時期というのは1万年から1万1,000年ぐらいしか続いているのです。とんがった先っちょのところですよ。

現在の間氷期はここですけども、現在の間氷期は1万1,000年ぐらいたっているのです。こういう周期からいうと、今、確実に次の氷期に向かっていきます。多分10万年後ぐらいにはこういう寒い氷期がやってきます。マンモスがいたり、地球上に何千メートルという氷河が今の3倍ぐらいの面積になって、地球全体の平均気温も5度から6度低い、非常に寒い氷河時代が10万年後にはやってきます。これは自然の周期で、必ず来ます。

(パワーポイント)

それに対応して、これは二酸化炭素の濃度ですけども、ほとんど同じように変化しています。つまり、 CO_2 がふえているときは暖かい時期、減っている時期は寒い時期、つまり、二酸化炭素の濃度と気温の変化は非常によく対応しているわけです。

後でちょっと CO_2 の話が出てきますので、このところの数値をみてみますと、これで180 p p mとか200 p p m、氷河期の一番寒いときでそのぐらいで、氷河期の一番暖かい

時期、このあたりで 300 p p m いくかいかないかです。

実は、現在の二酸化炭素は 380 p p m です。これは 100 年後には 500 p p m ~ 600 p p m にいくと予想されています。そういったことから、今の温暖化は従来の自然の周期とは完全に異なった変化が起こっているということです。これはもちろん人類史上初めての出来事です。

よくこういう議論があります。地球温暖化、温暖化というけれども、それは二酸化炭素が悪い、炭酸ガスを出すから温暖化するんだということで、特にアメリカあたりは、地球の気候の変動というのは何も二酸化炭素だけではないんじゃないか、いろいろな原因で変わっているんだと。

確かにそうなのですね。地球の気候の変動を長らくみますと、さっきちょっと二酸化炭素のグラフと比較しましたがけれども、もう少し短いスケールでみると、必ずしも二酸化炭素の濃度とだけ関係しているわけではなくて、例えば太陽の活動とか火山の噴火、いろいろな原因が絡んできています。

(パワーポイント)

これは、よくいわれる太陽活動の指標として黒点というのがあります。黒点の数が青いグラフです。赤いのがさっきお示した地球の平均気温、時間は 1901 年以降、20 世紀以降です。地球の平均気温は、さっきいきましたように、上がって、ちょっと足踏みして、上がってと、こうなっています。この黒点数は 11 年移動平均をしています。実は、太陽の黒点はきれいな 11 年の周期的な変化をしますので、それをちょっと消すために——この青いのが太陽の黒点数です。

そうしますと、1940 年ぐらいまで温暖化したときに、確かに太陽の黒点数はふえてきました。ですから、この時代については確かに太陽の活動の影響はあったと思います。実際、この時期は二酸化炭素の濃度もそんなにふえていませんでしたから、これとこれに関係があるといっているかもしれませんが、最近では、地球の平均気温は上がっているのに黒点数は減っています。太陽活動とは逆の関係になってしまっているのです、太陽活動で今の温暖化の説明するのはちょっと難しい。

(パワーポイント)

そこで、今度は地球の二酸化炭素の濃度を直に比較してみました。この青い丸で示したのが二酸化炭素の濃度です。これはハワイのマグナロワというところで観測している、1950 年代の後半からはかっている、世界で一番古い二酸化炭素の濃度の観測所です。

青いグラフの目盛りが右側に出ていますけれども、これが二酸化炭素の濃度です。これは 360 p p m、 400 p p mと書いています。p p mというのは百万分率といいまして、普通よく我々は百分率といいますね。百分率でいいますと 300 p p mというのは0.03%です。ごくわずかですけれども、それは今、確実にふえています。

この赤い丸とこの線がさっきからおみせしている地球の平均気温です。これをどうごらんになるか、二酸化炭素濃度がふえているのと地球の平均気温はかなりよく合っているのではないかと思います。

(パワーポイント)

そこで、温暖化の仕組みを簡単にご説明します。

皆さん、既にご存じだと思いますけれども、地球の温暖化の仕組みと後でお話しするヒートアイランドの仕組みはちょっと違います。

まず、地球温暖化の仕組みの方をみてみますと、このように地球がありまして、ここに地球の空気の大気の層があります。この白いところは二酸化炭素などと書いてありますが、いわゆる温室効果ガスと呼ばれる二酸化炭素とかメタンとか、いろいろなものがあります。そういうものがここにあるとします。実際は満遍なくあるのですが、今、話をわかりやすくするために、この層に二酸化炭素があると。

そうしますと、地球は太陽からの日射のエネルギーを受け取って温まってくるのです。ただ、このままだと地球はどんどん温まってきますから、当然、地球からも宇宙空間に熱が逃げていきます。それが赤外線という形で熱が逃げていきます。これが入ってきて、出ていくことでバランスをとっているわけです。

ところが、この地球から出てくる赤外線を——二酸化炭素だけではないのですが——温室効果ガスが一たん吸収してしまいます。一部は出ていきますけれども、大部分はこの二酸化炭素に吸収されてしまって、二酸化炭素を含んだこの空気の層から今度は再び下に向かって、地球に向かって赤外線が出されていくということで、結局、このところに戻ってきてしまうのです。

ちょっと下の方で遠くの方はみえないですけれども、こういうことを温室効果と呼んでいます。地球の空気の層がまるで温室のガラスのようだという例え話ですけれども、ということで、温室効果があるおかげで地球の温度は高いです。温室効果があるので、今、15度です。

今、地球の平均気温は、ちょっと前の 300 p p mのときで大体15度です。15度というの

は非常に快適です。日本の東京あたりの平均気温は、数十年前、ちょうど15度でした。今はもっと上がっていますけれども。ですから、1年間の平均が15度というのは、人間の生活にとって非常に快適な温度です。そういう温度に保たれているのは、この温室効果のおかげです。

ごくわずかですけれども、二酸化炭素みたいなガスがあるためにこういうことが起こっていて、もしこういうものが全くなかったとしたら、地球から出ていく赤外線は全部宇宙に逃げていきますから、その結果、地球の平均気温はマイナス18度になります。マイナス18度はとても人間が快適な生活をしていくレベルではないですね。つまり、33度分暖かくなっている。これが温室効果です。ですから、温室効果は非常に重要なものです。

(パワーポイント)

問題は、じゃなぜ温室効果がいけないのかというと、ここにちょっと極端に書きましたけれども、二酸化炭素がもっとふえたとします。極端な話、今の濃度の2倍になるとすると、それだけより多く吸収して、より多く戻してくるわけですから、それだけ地上の気温が上がってしまう。だから、15度では済まなくなって、16度、17度、18度、19度というように地球の平均気温が上がっていってしまう。これが温暖化ということです。そのためには二酸化炭素とかそういったものを減らさなければいけないというのが今いわれている問題です。

(パワーポイント)

ちなみに、これは予測ですけれども、さっきいったIPCCで予測しているのは、100年後ぐらいに地球の平均気温は大体3度、場合によっては4度、最大の予測で5.8度上がるのではないかとわれています。ですから、仮に15度という地球の平均気温が3度上がったって18度になってしまうのです。これは大変なことです。

実際、二酸化炭素の排出量はこんなふうにどんどん今ふえていまして、現在で230億～250億トン近い二酸化炭素の排出量です。ごらんになってわかるように、19世紀はほとんど無視できるぐらい少なかったが、今は急激にふえています。石炭、石油、そういったものを燃やして、大気中にこういった二酸化炭素がどんどん排出されていくということで、これがふえてくる。

(パワーポイント)

皆さんご存じのように、京都議定書ということで、日本も減らさなければいけないという削減目標は、日本では6%と。実際は、6%減らしたぐらいではとても温暖化を食いと

めることはできないのですけれども、それでも少しでも減らそうではないかというのがこの数字です。ご存じのように、1990年のレベルに戻そうと。本当は6%減らさなければいけないところが、2002年で8%ふえてしまったということで、合計14%もこれから減らさなければいけない、これがふえるとこの分がどんどんまたふえていってしまうということで、今、いろいろ問題になっているわけです。

ここまで地球温暖化の話をしてきましたけれども、温暖化、温暖化といったって、さっきいったように100年で0.7度ぐらいではないかということですが、実際は、100年で0.7度というのは千年でみるととんでもない上がり方だというのはおわかりになったと思います。

(パワーポイント)

じゃ、今、我々がいる東京はどうだということです。

今度は、世界の主要な都市の20世紀100年間の温度変化を示したものです。東京というのは、大手町にある気象庁です。ほぼ都心部にあるわけですが、そうしますと、この赤い線、もちろん毎年上がったり下がったりしていますけれども、全体として一方的に上がっています。

さっき日本の平均気温をおみせしたのを覚えておられるかどうかかわからないけれども、そんなに直線的に上がっているわけではなくて、上がって、ちょっとまた下がったり、段階的に上がっていたわけです。ところが、東京の都心部の気温は直線的に上がっています。

ちなみに、緑でかいたグローバルというのが地球の平均気温です。これは先ほどからおみせしているように、100年で0.7度ぐらいです。ここに摂氏の温度を書きおきましたけれども、15度ぐらいがこの辺のレベルだとすると、今はこんなふうになってきているということです。それに対して、東京の気温は100年間で約3度上がっています。最近の10年20年に限るともっとふえています。100年で5度から6度ぐらい、今、そういう率で上がってきています。

ところが、ニューヨークとかパリをみますと、確かに上がってはいるのですけれども、特に最近50年ぐらいは余り上がっていません。ところが、東京の気温はどんどん上がっている。こんなふうには、都市、特に東京の都心部の気温は、今、非常に上昇しているということです。

(パワーポイント)

そこで、上昇している東京の気温ですが、100年間ということにターゲットを絞

りまして、わかりやすいですから、20世紀 100年間で東京の気温が上がっていると今いいましたね。その話は、このグラフでいうと、ちょうどこの真ん中の1年間の平均気温というものです。これが100年で3度という上昇率です。

ところが、気温というのは、皆さんご存じのように、1日の中でも夜から明け方にかけて下がって、昼間ちょっと過ぎると上がって下がってと、1日で変化しているわけです。ですから、夜から明け方の気温と昼間の気温は、本当はちょっと区別しないとイケないです。平均気温というのは、あくまでも1日24時間平均したもので、それを1年間平均したらこうなりましたという話です。

(パワーポイント)

そこで、今度は1日の最高気温だけをとって100年間で平均して、毎年平均したのを見ると、こんなふうになり方は平均気温に比べると小さいです。100年で1.7度。それでも上がってはいるのです。ところが、最低気温が非常に大きくて、100年で3.8度、4度近く上がっています。

最低気温は夜から明け方の気温ですから、まさに熱帯夜がこれによってふえてきている。皆さん、ご存じですね。25度以下にならない夜を熱帯夜といっていますけれども、その日数は、ここ数十年、一方的にふえ続けているわけです。

(パワーポイント)

今の復習をしてみますと、今までおみせしたのは、実は全部1年間の平均です。ところが、季節によって違うのではないかということで、春夏秋冬と分けてまとめました。中身を少しみていこうということです。一番上がっているのは、100年でみて、いつの季節のいつごろの気温なのかということです。

ここに書いたのが一番上がっているところです。100年で4.8度。これは何と冬の最低気温です。つまり、ちょうど今ごろ、冬の明け方の気温というのは、実は温暖化の中では一番上がっています。これは別に東京に限らないです。世界じゅうみても、一番上がっているのは大体冬の最低気温です。

じゃ一番上がっていないのは何かというと、夏の最高気温、100年で1.4度。これ全部合わせると100年で3度という話です。ですから、100年で3度というのは、最高気温も最低気温も1年間全部平均したら100年で3度上がっているのですけれども、実は一番上がっているのは冬の最低気温、一番上がっていないのは夏の最高気温ということです。

このようにいうと、それはちょっとおかしいのではないか、今、夏はどんどん暑くなっ

ているのではないかと。後でお話ししますけれども、熱中症の患者も確かにふえています。こんな全然上がっていないのはちょっとおかしいのではないか、データが間違っているのではないかというように思われるのですけれども、その話はごもっともです。

ところで、今までの話は、東京の大手町とか、ある場所の平均した気温だけを見てきたわけですね。もうちょっと空間的にみれないか。つまり、空間的というのは、東京だけではなくて、例えば東京を取り囲む首都圏とか、関東平野全体でみてどうなのかと。確かに都心部は上がっているけれども、例えば私が今いる大学は八王子の方にあります。ここは、後でちょっとおみせしますけれども、冬の朝なんかは結構寒いです。ですから、氷も張りますし、皆さんも経験されるように、郊外の方に行けば結構寒いわけです。

(パワーポイント)

ですから、空間的にみていかなければいけないということで、ここでは関東地方ぐらいのスケールで、まず、夏の最低気温、さっきから——冬もそうですけれども、夏もそうです——最低気温が上がってきているのです。ですから、夏の明け方の気温がどのように変化してきたかをみてみましょう。

最初におみせしたのは、今から30年ほど前、1976年から1980年、25年から30年ぐらい前の状況です。ちょっと遠くの方はみえないですけれども、赤いところほど温度が高いです。青いところは温度が低い。都心部がちょっと黄色になっていますから、若干高くなっているのがわかります。これがこの10年ごろ、1986年から1990年。

色は同じレベルで示していますけれども、東京から横浜にかけて赤くなっている。茶色いところも出てきて、黄色い部分は24度、結構高いところですが、この黄色い部分がさっきいいましたように、ここではこれしかなかったのが、こんなふうに広がっています。

一番最近、1996年から2000年ということで、こういう状況です。千葉の方まで含めてこんなふうになって、非常に広い範囲で最低気温が上がっています。ですから、都心部の気温が上がっているだけではなくて、気温の高いところが拡大しているというのがわかります。

(パワーポイント)

ところで、今まで最低気温が上がっているという話ばかりしてきました。ところが、体的には夏の昼間も結構暑くなってきているのではないかと思うわけです。

そこで、その辺は本当にそうなのかということで、これは、東京の気象庁がある大手町

で、夏、一応7月8月の62日間平均した1日の温度変化を20年前と最近とで比較してみたのです。つまり、このグラフは、横の目盛りが1日24時間を示しています。午前零時からちょうどお昼、そして、夜中の零時ということです。赤丸1つ1つが1時間ごとの気温です。縦の目盛りは温度ですから、27度、28度、29度となっていて、2ヵ月間平均した最高気温ですから、実際は三十何度となるのですけれども、平均するとそんなにはならないです。

まず、黒い線をご覧ください。これは今から20年ほど前の1980年～84年という5年間をとった夏の1日の温度変化です。これは24度ですから、平均しても夏の平均気温が23度台だったのですね。明け方5時ぐらいが一番温度が低くなって、そして、このあたりにピークが来ていますけれども、これが大体午後2時ぐらい、28度ちょっとです。そして、またこのように下がっていく。

この赤いのが21世紀に入って2000年から2004年。実は、このグラフをつくる前は、最低気温が上がっているのだから、20年前と比較すると、多分ここは上がっているけれども、ここは余り上がっていないじゃないかと。だから、グラフはこうなるのではないかと想像していたのです。こうなって、ここは余り上がっていないのではないかと。

ところが、実際にしてみると、最高気温は、昼間の気温がかなり上がっています。むしろ、これをみると、最低気温より最高気温の方が上がっているのです。どういうことかという、特に夏の気温、昼間の気温は、体感しているとやはり上がっているのです。ですから、最高気温も上がり出したと考えてもいいかもしれないです。

つまり、今までは最低気温が上がって、それが平均気温を上げていたのですけれども、最近では最高気温も上がってしまったということで、要するに、1日の気温全体が朝も昼も上がってきちゃったということです。これで上がり方がどんどん大きくなってきているということがわかります。

どうして最高気温がこんなに上がってきたのかというのは、まだ完全にはわからないのですけれども、これは都市だけの現象かなと思って、ほかのいろいろな都市でないところを調べても最高気温が結構上がっているところもあるのです。ですから、必ずしも都市化の影響だけではないのですけれども、こういう現象が出てきています。もしかしたら、さっきいったいわゆる地球温暖化的な要素がここに入ってきているのかもしれない、そういうことがちょっといえます。

(パワーポイント)

最高気温が上がっているということを裏づけるデータがほかにもありました。これは環境省の報告書ですけれども、1日の気温が30度を超えた時間数を毎日計算して、それをずっと延べ時間で、年間で何時間ぐらいあるかというのを調べて、いろいろな場所で時間数を——左が1981年ですね。これは、1999年、20年ぐらいの時間を経て変化をみてみたのです。そうしますと、赤いところはそれだけ30度以上の時間がふえているということですから、やはり全体に20年間で拡大しているということがわかります。

ちなみに、1980年と2000年で30度以上の延べ時間数を比べますと、東京は20年前 168時間だったのが、最近、2000年で 357時間、約2倍になっている。東京はこうですけれども、例えば仙台でも——仙台はもともと少ないのですけれども——31時間だったのが90時間ということで、3倍ぐらいふえています。名古屋も 227時間が 437時間というように、日本の都市はどこも30度以上の時間数がどんどんふえています。やはり最高気温も上がっているのですね。

(パワーポイント)

今度は、最高気温の分布がどうなっているか。さっきと同じように、最高気温が空間的に本当に広がっているのか。今までの話だと、多分だんだん時間がたつと広がっていくということで、これは、左上が1976年、30年ぐらい前です。

黄色いエリアが高いところですがけれども、最低気温、明け方の気温と違って、昼間の気温は内陸部の方が高くなります。こんなふうには内陸部に向かって広がっています。1990年になって、こんなふうな状況です。これが96年から2000年です。最近の状況です。わずか90年代の前半と後半でこれだけ違っています。つまり、これだけ最高気温が上がってきている。

この辺、熊谷ですけれども、内陸部で気温が上がってきている。これは非常によく出ています。このように、昼間の気温は確実に上がってきているというのはこういうことからわかる。だから、ある場所の東京の都心部の気温が上がっているだけではなくて、そのエリアが広がっているということになります。

(パワーポイント)

今度は、2004年、2年ほど前の7月——皆さんご記憶にあるかどうかわかりませんが——おととしの夏は物すごく暑かったです。猛暑だった。おととしの7月20日、東京の大手町、都心部の最高気温が39.5度を記録したということで、もちろん史上最高ですけれども、非常に騒がれた。もうちょっといくと40度越したところです。わずか 0.5度の差

で40度に達しなかったのですけれども、こういう高温を記録した。

その翌日は、明け方の最低気温が30度以下にならなかった。熱帯夜の基準は25度です。ところが、25度どころか、夜中から明け方の気温が30度を下らなかった。さっき、30度以上の時間といたしましたけれども、要するに、これは昼も夜も30度ということです。そういう状況があったのですね。

このときの気温を——この黒いのは八王子です。八王子は、皆さんご存じのように、西の郊外で東京都立大学があるところの比較的近くですけれども、八王子といっても駅のそばからちょっと離れて、市街地とはちょっと離れていますけれども、明け方の気温がこんなふうになっています。この日、都心部で30度以上だったのに、八王子では24度ちょっとですから、熱帯夜にもならなかったということで、このように昼間の気温のところがかなり高いです。

ですから、ヒートアイランドというのは、基本的には最低気温が都心部と郊外でこれだけ違っているということが基本なんですね。ただ、最高気温も上がってきているということとはさっきもいったとおりです。

(パワーポイント)

どうしてこんなに気温が高かったかという、実はここに書いてありますフェーン現象が起こっているのです。だから、39.5度だといって、じゃこれはヒートアイランドかという、それはちょっと違うのです。その話を次にしますけれども、フェーン現象によって首都圏の気温が2004年7月20日に非常に高くなったと。

これは、私のところの学生が卒業論文でつくった図ですけれども、その日、7月20日のもうちょっと広い範囲、中部地方から関東地方ぐらいの範囲で、この日の午後1時、東京で39.5度を記録したときの気温がどうなっていたかを示したものです。青いところは低いところで、赤いところは高いところ。これは、ごらんになってわかるように、東京だけではなくて、このあたり一帯が全部高かったのです。

フェーン現象というのは、ここに天気図がありますけれども、ここに太平洋高気圧が西の方にあって、ここに前線がありますけれども、風がこういう状況で、ふだんは高気圧から南の風が入ってくるのですが、このときは逆に日本海の方から湿った空気が関東平野の方にグーッと吹いてきたのです。矢印は風の向きを示しています。

そして、ここに山がありますから、山を越えるときに湿った空気が雨を降らせたりして、乾いて熱くなった空気が関東平野からグーッとやってきたのです。つまり、北からやって

きた風によって、東京の気温は物すごく上がったのですね。これがこのときの特徴です。普通は南風で気温が上がるのですけれども、このときは北風で気温が上がってしまったというのがこのフェーン現象です。

(パワーポイント)

東京都内で、もっと詳しくこの日の7月20日午後1時の気温の状態をみたのがこれです。これをみますと、午後1時、赤いところが気温が高いところで、青いところが低いところですが、ごらんのように、東京の北部の方が特に気温が高くなってきた。矢印をごらんになってわかるように、北の方から熱い空気がどんどん来た。

一方、東京湾からは涼しい海風が入ってきますから、ちょうどこのあたりでぶつかっているのです。だから、このあたりは涼しいんです。涼しいといっても30度をももちろん越えていますけれども、ちょうどこのあたりで海風とフェーンの風がぶつかっているということで、この辺がすごく暑くなっている。足立区のあたりが40度を越えたということでニュースになりました。

これは、翌日の朝、海風が弱くなったので熱い空気がこちらの方に来てしまったという状況です。このように、実は、風というのは非常に重要です。気温の分布というのですか、どこが高い低いというのを決めるのに、風は非常に大きな役割があります。

(パワーポイント)

これは、風の道という――最近、東京湾岸に高いビル群ができて、それが海風を遮ってしまうという話があります。要するに、風を呼び込むことが東京都心のヒートアイランドを緩和するのに重要だということです。

この大きな太い矢印は、夏の海風です。こんなふうに東京湾から海風が入ってきます。

夜になりますと、陸風というのがやってきます。そのほかに、山の付近では、昼間は谷風といって平野から山の上の方に向かう風があり、夜は山風といって、山の上の方から平野におりてくる風がある。それから、ここのにじみ出しというのは、後でこの話もちよっとしますけれども、緑地とか公園から冷たい空気が周りにバーッとにじみ出すようなことがある。

このように、いろいろな風があるわけです。特に涼しい海風は東京の湾岸部を冷やしてくれるということです。ただ、全体としては、南寄りの風は都心部にあった暖かい空気を北の方に運んでしまうこともあるのですけれども、いろいろな風が吹きます。

(パワーポイント)

そこで、ちょっとまとめで、ジャヒートアイランドはどうしてできるのかというメカニズムのお話をします。都心部を中心とする人工排熱の増加による大気的直接加熱というのが1つ。この辺のところはお配りしたレジュメの方に書いてありますので、後でごらんになってください。

1つは、都心部では人工的な熱、これはいろいろなもの、一番身近な例ですと、夏だとエアコンの室外機もありますし、車のエンジンからも出ますし、もちろん工場からも出るし、オフィスからも出るし、いろいろなところから熱が出るわけで、そういったものが空気を温めてしまうということで、東京23区の人工排熱は1平方メートル当たり24ワット、このぐらいの熱を出しています。1年間平均して24ワットです。これはすごく大きいですね。ちなみに、東京で平均に受け取る年間の日射量は100ワットちょっとなので、20%ぐらいに相当するということで、かなり大きいです。

もう1つの原因は、都市の表面が人工化しているということです。これは、コンクリートとかアスファルト、道路はアスファルトできていて、ビルはコンクリートですし、そういったものが、特に夏は、日中、日射のエネルギーをため込んでいきます。そして、夜間になってそこから熱が出ていくということで、これが熱帯夜をふやす原因になっているのです。最低気温がなかなか下がらないというのは、これが大きな原因です。ちなみに、夏の昼間、アスファルト道路にちょっと手を当ててごらんになるとわかりますけれども、表面は50度~60度になって、物すごく高温になっています。

もう1つは、これとちょうど逆ですけども、人工的なものがふえるということは自然が減る、緑とか水といったものが減ってくるということで、これが都市の気温を上げているということになるわけです。

(パワーポイント)

今、人工排熱という話がありましたけれども、実は、これは推計値で、関東平野で人工的な熱がどのぐらい出ているのかをマップにしたものです。そうしますと、都心部のところが真っ赤になっています。これが32ワット以上のところですよ。さっきいいましたように、23区で平均しても24ワットということです。こういう郊外の方に行くと、ほとんどゼロから1ワットぐらいしかない。この辺は人工的な熱がほとんどないんです。ところが、こういうところは人工的な熱がいっぱいあるということで、これがヒートアイランドを非常に強めているということになるのです。

(パワーポイント)

さっきもちょっとおみせしたのですけれども、どこが気温が高い低いというのは、もう少し細かくみていかないと、対策を立てる場合もなかなか——全体として、大ざっぱに関東平野でこれぐらい上がっていますといっても、場所によって結構差があるのではないかとということで、我々はモニタリングが重要だということを提唱していて、ちょっとみにくいのですけれども、これは東京23区の範囲です。2002年から2004年にかけて、これは今、ほとんど終わりかけているのですけれども、120地点に非常に精度の高い高密度の観測システムを設けました。

(パワーポイント)

このシステムを使って、この観測データを使って、おとし2004年7月8日、10分ごとに気温とか風をはかっていますので、7月8日、典型的な海風が昼間入って、夜になると陸風になったという日の1日の気温と風がどのように変化しているかをこれからおみせします。

アニメーションになっていますので、10分ごとに変化していく状況をみていただきたいと思います。

さっき、風が非常に重要だといいましたけれども、まさにこれからおみせする図は、ちょうど東京23区内で気温が高いところを赤く示していきまして、低いところを青く示していきます。その赤いところと青いところが1日の中で変化していきます。それに矢印が出てきますから、これで風との関係がわかります。

時刻は零時50分、夜中の1時20分、このあたり、赤いところが気温の高いところですよ。この矢印がさっきいった陸風です。明け方4時40分、最低気温が出るころ、5時20分、ちょうどこのあたりです。風が弱くなって、この赤い気温の高いところに向かって風が流れ込んでいます。

ところが、7時半から8時ぐらいになると、今度は海風が入ってきます。矢印が南から北になっています。10時40分、11時、お昼近くなると、気温の高いところが東京の北部の方に移って行って、この矢印をごらんになるとわかりますが、ほとんど南風です。これは午後1時、一番気温が高いころですね。

練馬とか板橋とか、この辺が東京都内で一番高くなります。逆に荒川沿いの江戸川区とか、この辺は非常に気温が低いですね。これは海風の影響で、夕方5時50分、6時ですけれども、相変わらずこちらが高くて、こちらが低いです。夜7時半、もうすぐ8時です。夜9時近くになっても、まだ海風が入ってきています。

夜10時半から11時ぐらいになると、ようやく海風が弱くなってきて陸風が入ってきています。これは最後、夜中の11時50分で、真夜中近い時刻ですけれども、この時刻になってようやく陸風が入ってきて、海風が少し弱まる。先ほどと同じ、これがまただんだん都心部に戻ってきて、明け方、都心部の気温が高くなる。こういう変化を繰り返しているわけです。

このように、風が非常に重要です。ですから、夜中になっても東京は東の方が相対的に気温が低いんですね。夜でもこっちに海風が入ってきているということが1つ大きな原因になっています。

(パワーポイント)

ただ、今おみせしたのは東京23区内だけなものですから、23区内だけですと、それより外はどうなっているのかということが気になるんですね。さっきもいいましたように、今、ヒートアイランドはどんどん広域化しているわけです。どんどん広がっているということで、これはまだ始まっていない——今、ちょうど準備中ですが、いろいろな大学と組んで、みんなで協力して、さっき、ここの範囲だけだったのですけれども、首都圏全域に、東京、神奈川、埼玉、千葉、この領域に印をつけた地点、大体 200ヵ所あるのですけれども、ここの小学校の百葉箱に委託して、10分ごとに自動記憶する温度計を設置する準備を進めていまして、ことしの5月から観測を始める予定です。

ことしの夏、暑くなるという長期予報が出ていますので、この暑いところがどこまで来るのか、この辺は熊谷ですけれども、よく熊谷の気温が高いのは、都心部のヒートアイランドがこっちに来るせいだとか、いろいろいわれていますので、本当にそうなのかということですね。あと、風とも絡ませながら解析していく予定です。夏ぐらいになって、ことし暑くなったら、このお話がまた出てくるかもしれません。

(パワーポイント)

そうやってどんどん都市が高温化してくるということで、じゃそれはどういう影響があるんだということに皆さん関心をもたれています。

きょうは3つほど、その影響の話をしていきます。まず1つは、都市の気温が上がることによって、また別の気象への影響が出てくるんですね。それが都市型集中豪雨の増加ということで、昨年も9月の初め、5日ぐらいに、杉並とかあちらの方で1時間に100ミリを越すような局地的な物すごい集中豪雨が降って、それが都市の温暖化と関係があるのではないかという話がいわれています。

ここに書いておりますように、夏季の日中の都市部の高温化が集中豪雨の引き金になっているのではないかという話があって、果たしてそれがどうなのかということです。だから、気温が高くなるだけでしたら、暑い暑いということで済むわけですけれども、それが集中豪雨をもたらして、災害をもたらすということになると、これはまた別の意味で我々としても注意しなければいけないと。

もう1つは、大気環境への影響と。実は昔、光化学スモッグという、20年ぐらい前によく騒がれていたのですね。ところが、その後、光化学スモッグと比較的いわれなかったのが、最近、光化学スモッグがふえてきているのです。これがさっきいました夏の昼間の高温化とどうも関係がありそうです。いわゆるオキシダントの濃度を高めているのではないかという話があるので、その辺をちょっと簡単にご紹介します。

もう1つは、健康面への悪影響ということで、夏になると熱中症で一種の脱水症状を起こすことがあります。最近では、特に屋内での熱中症の患者数がふえていることが特徴です。熱中症とか熱波で一番典型的なのは、2003年でしたか、3年ぐらい前ですけれども、ヨーロッパが物すごく猛暑になって、フランスとかあのあたりで1万人ぐらいの方が熱波とか熱中症で亡くなったということがあって、特に高齢者の方が非常に影響を受ける。熱中症というと、何か昼間スポーツをしていて倒れるという、それだけではなくて、屋内でもそういうことがふえてきたと。

(パワーポイント)

話を最初に戻しまして、これは、さっきもちょっといいました、昨年9月4日に杉並で集中的な豪雨があったときの新聞記事です。「ゲリラ豪雨が都心で次々」ということです。これは、最近、東京練馬区で激しい雨がどのぐらい変化しているか、ふえているということを示しています。

ちょうどこの辺に私のコメントが出ていますけれども、こういうものがどんどんふえてきているのは何かヒートアイランドと関係しているのではないかということです。

(パワーポイント)

これは、それよりちょっと前ですけれども、2001年7月18日、夜9時から10時にかけて、練馬を中心としてやはり集中豪雨がありました。これはそのときの雨量を示したもので、東京都内です。実は、このとき東京都内20ヵ所ほどに私のところの大学の研究室で修士論文の学生が中心になって、自動記録の雨量計を置いておいたのです。この夏、集中豪雨があるのではないかということで置いておいて、ちょうど7月18日、夜9時から10時にか

て、その雨量計でとらえた雨量の分布です。この60とか40というのは1時間の何ミリという数字で、このあたりが1時間60ミリ、40ミリ、20ミリ。

この都市型豪雨の特徴は、本当に非常に狭い範囲に集中的に降ります。まさに集中豪雨です。空間的に狭いだけではないんです。実はこのとき、ピークの雨量はたしか90ミリぐらいいっているんですけども、このあたりは全くゼロです。ですから、同じ東京都内でも、練馬とか杉並では物すごい集中豪雨が降っているときに、都心部では全く降っていない。こういう非常に狭い範囲に集中する。しかも、短い時間に降るんです。1時間、場合によっては10分20分に物すごい雨が降るということです。これが特徴です。

(パワーポイント)

ある1回だけの雨量ではなくて、20年ほどの間にこういう典型的な都市型の集中豪雨が何回か起こっているわけなので、それを全部平均して、そういう都市型の集中豪雨が起こる1時間前に、東京首都圏で気温と風がどうなっているのかを調べました。先ほど風が重要だという話をしましたけれども、この集中豪雨にも実は風が重要です。風というのは非常に重要です。

これは、都市型の集中豪雨が始まる1時間前の気温と風の状況を示したものです。この赤いのが気温で、赤い一番高いところ、まさに練馬付近ですけども、ここを中心として非常に気温が高くなっています。だから、降り出す1時間前に既にヒートアイランドがここに非常に顕著に発達していることがわかります。

この矢印は風の向きと強さをあらわしています。この矢印が長いほど強い風が吹いていることを示しています。もちろん、集中豪雨が降り出す時間はまちまちですから、夜9時に降り出したり、あるいは午後4時ぐらいに降り出したりしますけれども、そういうことを全部、時間は違っても、降り出す1時間前の状況はどうだったかとやると、こんなふうになっています。

(パワーポイント)

特徴は、1つは、矢印がいっぱいあってわかりにくいので、東京湾からのさっきいった海風ですね。先ほどもおみせした東京湾からの海風がこのときに吹いてきている。もう1つ、こちらの矢印がそうですけれども、相模湾の方からの海風が入ってきている。さらには、こちらは鹿島灘ですけども、こちらからも海風が入ってきているということで、こういった3方向、場合によっては4方向からの風がちょうど都市のヒートアイランドの中心に向かって流れ込んできて、そこでぶつかって強い上昇気流をもたらしている。

ただ、これだけではなかなか集中豪雨にならなくて、このときに上空の方から冷たい空気が北からやってきたり、南の方に熱帯低気圧や台風があつて、暖かい湿った空気が入ってくると、暖かい湿った空気と北からの冷たい空気がちょうどこの辺でぶつかって、そして、1時間100ミリというような物すごい雨を降らせるということがだんだんわかってきました。ここでもやはり風が非常に重要な役割をしています。

それから、さっき、影響の2番目のところ、大気環境への影響ということで、「増加し続ける日本各地のオキシダント濃度」とありますけれども、これは私の調査ではないのですが、1985年から99年ぐらいにかけて、日本全国に共通しているのですけれども、今、オキシダント濃度がだんだん高まっています。

どうしてオキシダント濃度が高まるか。オキシダント濃度が高まるということは光化学スモッグをふやすことになるので、今、オキシダント濃度が高まる原因はいろいろ議論されています。夏の昼間の高温化がその原因の1つになっているのではないかとされているので、さっきいきましたように、今、夏の昼間の気温が上がっていますから、それがオキシダント濃度を高める1つの原因と。もちろん、それだけが原因ではないですけれども、それは1つの重要な原因になっているのではないかと考えています。

(パワーポイント)

こうやって昼間の気温が上がると、さっきいきました熱中症患者がふえているということで、これは実際に環境省のレポートですけれども、熱中症で搬送される人数が1985年から99年、前の図と同じ期間にふえています。実は、これはほとんど同じ期間ですけれども、こんなふうにふえているということは、やはり昼間の気温が上がっているということが影響しているのではないかと考えられます。

(パワーポイント)

実際、横軸は夏日——夏日というのは30度以上の日です——と熱中症で運ばれる人の数との関係をみると、夏日がふえると熱中症で運ばれる人の数がふえるという関係がありますから、やはり夏日がふえている。さっきもちょっとおみせした、30度以上の日数が東京あたりで20年間で2倍ぐらいになっているのです。そういったことが熱中症の患者数をふやしている。これから気をつけないと、夏の日中の高温化はこれからもだんだん続いていくでしょうから、健康への被害というのは当然出てくるわけです。

(パワーポイント)

そこで、ヒートアイランドをこのままほうっておいてはいけないと。地球温暖化のとき

もそうですね。地球温暖化を何とか防がなければいけないので、二酸化炭素を削減しようという話で、国際的にもかなり取り組まれています。地球温暖化は地球全体にかかわる話ですから、温暖化は海面の上昇をもたらすとか、いろいろな意味で影響を及ぼす、あるいは異常気象をもたらすということです。

ヒートアイランドももちろん都市部が非常に深刻ですけれども、さっきおみせしたように広域化していますから、今は東京都内だけ考えていけばいいけれども、もしかしたら埼玉とか千葉とか横浜、さらにだんだん広がっていくわけです。ということがありますから、ヒートアイランドを緩和することを考えなければいけないということで、そのキーワードとして、ここにちょっとおみせしたのが「緑と水と風」という、自然の力を利用したらいいのではないかと。

もちろん、ヒートアイランドの原因は、さっきいきましたように人工排熱が非常に大きいからです、人工排熱を減らすのが一番重要です。人工排熱を減らすにはどうしたらいいかといったら、要するに、エネルギーを使わないということです。地球温暖化もそうですけれども、例えば夏にエアコンを使うなといっても、これはなかなか難しいですね。設定温度を少し下げることぐらいはできても、夏にエアコンを使わないで無理していれば、さっきいった熱中症の患者が物すごくふえます。

ですから、ある程度夏が高温化していくのを和らげるためにそういうことはせざるを得ない。そうすると、じゃどうしたらいいのかということで、先ほど2番目、3番目にいった、都市が人工化している、都市の表面が人工化し、緑や水が減っているということです。それを逆にふやしてやるのが重要です。緑、具体的には植物、水というのは、河川とか——河川だけではないですけれども——そういったものです。風というのは、特に東京の場合は海風です。

さっきもいきましたように、風は非常に重要です。夏の荒川沿いに入ってくる涼しい風によって東京の東部が冷やされているわけですから、そういった海風といった風を有効に利用してやらなければいけない。東京の汐留地区では、同じ海風を——これも我々のプロジェクトでやっていますけれども、いわゆる汐留のビル群が風を弱めているのではないかと。一部地域ですけれども、ビル群によって風が弱まって気温が上がっているという事実があります。今は非常に狭い範囲ですけれども、そういったものを広い範囲に海風を入れていくようなことをしなければいけないということが第1です。

2番目は、人工排熱を減らすことが一番重要なことです。ですから、これは当然やらな

ければいけないことです。

もう1つは、大規模な緑地を保全して、要するに、緑の効果でやる。このことは地球温暖化対策にも効果があるということで、そういったこともやっていかなければいけないだろう。そして、風ですね。大規模河川は水面からの蒸発による効果もありますけれども、海からの風を都市内に導く、いわゆる風の道の効果があるということです。これも非常に重要ですね。

(パワーポイント)

そこで、今、緑と風、水という話がありましたけれども、特に緑について、あと風も含めて、東京都内だけではないんですけれども、都内にそういったものを自然に生み出している場所があります。それがここにおみせしている都市内冷気の市街地への流出ということで、新宿御苑での観測事例と書いてありますけれども、これは、ここ一、二年、環境省とも組んでやっている調査なので、その紹介をいたしたいと思います。

新宿御苑は皆さんご存じだと思いますけれども、東京都内には非常に緑豊富な、しかも、かなり広い緑地で、58ヘクタールという規模の緑地です。ここに西口の高層ビル街があって、このあたりは新宿の市街地です。このあたりに新宿駅があります。こちら辺は電車が走っていたりするところですが、この新宿御苑の緑というのは、都内の中では非常に貴重な存在になっています。

この緑が実は周りの市街地を冷やしているということです。これは上空から撮った赤外線画像とっていますが、表面の温度を示しています。夏のちょうど昼間ですが、赤いところが表面の温度が高いところで、青いところは表面の温度が低いところです。

ここが新宿御苑ですが、青いところが非常にたくさんあります。この辺は森があり、この辺は芝生ですが、こんなふうにはっきりと表面温度が低いところがまるで島のように涼しい状態になっている。これを我々はクールアイランドと呼んでいますけれども、ヒートアイランドの中にこういうクールアイランドがあるわけです。しかも、この中が冷えているだけでなく、この冷えた空気が周りに流れ出しているということがあるので、その話をちょっとしたいと思います。

(パワーポイント)

新宿御苑では五、六年ずっとやっている観測ですが、2000年、今から6年ほど前の8月にやった例です。

新宿御苑はこれですが、こんなふうにいっぱい数字が書いてあるところに小型の

温度計とか、あと、この辺に非常に精度の高い風をはかることができる超音波風速計という機械とか、いろいろなものを置いて精密な観測をこのときやりました。

まず、これは緑地の中は確かに涼しいということを示しているグラフで、縦は温度です。1日ごとに温度が上がったり下がったりしていますけれども、赤いのは新宿御苑の周辺の市街地の平均温度です。緑色が新宿御苑の中の温度です。これごらんになるとわかるのですが、昼も夜も緑地の中は温度が低いというのがわかります。大体4度から最大5度——低いときもありますけれども——2度から最大4度ぐらいの温度差があります。

(パワーポイント)

ちょっと我々が注目したのは、ここの部分です。星印がついていますが、このとき、夜から明け方の気温の差が外と中で物すごく出ました。つまり、緑地の中は物すごく冷えたのです。このときに着目して、どういう状況だったかということ、夜間ですけれども、ここに新宿御苑の緑地があって、ここに市街地があります。これちょっとモデル的に示したものですけれども、静穏というのは風がない状況です。特に晴れているという意味ですけれども、冷気がつくり出されるのですね。この緑地の中で熱がどんどん——最初的时候に地球温暖化の話をしましたけれども、赤外線熱がどんどん上空に逃げていきます。ということで、この中はどんどん冷えていくのです。

そして、ここの青い部分は冷気だと思ってください。冷気がどんどんたまっていくのです。緑地の中に冷気がたまっていくと、ある一定程度冷気がたまると、それが自然に周りにあふれ出していく。これを我々にはにじみ出しと呼んでいますけれども、そういう現象が起こる。これをとらえようということで、精密な機械を使ってとらえたのがこのレーダーです。

(パワーポイント)

折れ線グラフみたいにみえているのは、縦が温度を示して、横が——ちょっとみにくいんですけども、緑で囲まれた範囲内が新宿御苑の中です。こちら側が外側です。さっきここに線を示しました。この線に沿っての温度です。これが外側、中側、外側ということで、これを温度でみるとこうなっているというわけです。

こちらが南側で、こちらが北側です。まず昼間——昼間といっても4時過ぎですけれども——風がこっちからこう吹いています。大体南風が吹いています。そうすると、緑地の中が低いのは当たり前ですけれども、緑地の中だけでなく、このあたりも低くなっています。大体平均1.5度ぐらいで、250メートルぐらいまで緑地の中の冷たい空気が流れ出

していることがわかります。

つまり、新宿御苑ぐらいの大きな緑地があると、昼間は南寄りの風によって北側の市街地は 250メートルぐらいまで緑地の中の冷たい空気が流れてくる。その恩恵をこうむるといことです。

夜になると、もっと温度の差が大きくなります。さっき星印をつけたものですが、しかも、このときは、夜は風がなくなりますから、今度はじわっとすべて周りに向かって、80メートルから 100メートルぐらいの範囲に緑地の中の冷気があふれ出していくという現象が起こります。

この速度は非常にゆっくりしています。1秒間に 0.2メートル、20センチとか 0.1メートル（10センチ）ということで、本当にじわっと冷気がにじみ出していくという状況があります。

つまり、常にこういう状況が起こるわけではないのですが、条件が整うと緑地は昼も夜もクールアイランドを形成しているわけですから、そこからの冷気が周辺の市街地に出ていくという話です。緑地が1つだけあったのではその周りしか恩恵をこうむらないですが、いろいろな規模の緑地を適当に配置することによって緑地からの冷気を流し出してやれば市街地の温度を平均的に下げることができるのではないかと考えます。

(パワーポイント)

今おみせした新宿御苑の観測成果ということで、今いった市内緑地のクールアイランド効果です。これをクールアイランド効果といっていますけれども、これが実証されたということで、都市の中には、特に東京は欧米の都市に比べて少ないのですが、緑地があるわけです。都心部に皇居がありますし、今いった新宿御苑、そのほかに明治神宮とかいろいろな緑地がありますから、そういったものを保全していく、できれば拡大していく。ですから、逆につぶしてしまうのはもってのほかです。そういったことで、保全拡大で都市環境の改善をしていく。さらに大規模な緑と水の有効利用をしていくことが考えられます。

最近、日本橋川を戻してやろうというような話があって、緑だけではなくて、やはり水の効果もありますから、そういったものをだんだんもとに戻していくというのは非常に重要なことです。といっても、これだけできてしまった人工的な空間を今さら自然に戻すのは難しいですが、少なくとも今ある緑と水は保全していくことが重要です。

(パワーポイント)

その人工的なものを緑、水に戻すのは無理だといったのですけれども、これは最後の話になります。お隣の韓国のソウル市では、人工的なコンクリートを取り払って水と緑に戻すということが行われています。そういう大規模な都市環境改善事業の話の最後をちょっとご紹介したいと思います。

これは、緑と水辺空間の創出ということで、ソウル市の——これチョンゲチョンと読むのですけれども——復元プロジェクトです。これは高架道路を清流に戻す試みということで、かなり世界的にもいろいろ話題を呼んでいます。2003年から2005年にかけてのプロジェクトです。

(パワーポイント)

これは、ソウル市の中心部を走っている高架道路です。この道路は、何十年かたってかなり老朽化してしまっていて、結構いろいろ崩れたりということがあって、ソウル市長が——もともとこの道路ができる前は、どぶ川ですけども、ここに川が流れていたのですね。ただ、そこを全部ふたをしてしまっていて、こんなふうには高速道路をつくってしまったということで、これが大気汚染を呼んだり、いろいろな意味で都市環境を悪化させているということで、これは幅が50～60メートルぐらいあるのです。6キロぐらいあるんですけども、それを全部取り払ってしまおうじゃないか、もとの川に戻してやろうじゃないかという試みです。

(パワーポイント)

これは地図ですけども、この赤い部分、延長6キロあります。こういう道路です。

(パワーポイント)

韓国の気象研究所と共同して、この工事が始まる前から、周辺の気温とか環境がどう変化するかモニタリングしようということで、ここに加わってきたので、これは2003年4月12日、この道路沿いの高いビルから撮った写真です。まだ道路が走っている状況です。片道数車線で、さらに測道があって、こんなようなところです。

(パワーポイント)

この同じ場所からみた写真をおみせしますから、大体の状況を覚えていただいで、この辺に高いアパートがあって、この辺にビルがあります。これは2003年4月12日です。工事は7月1日に始まりました。これは8月14日なので、工事が始まって1ヵ月ちょっとたった状況で、さっきあった高架道路は全部撤去されました。もちろん、自動車も走っていません。わずかに測道に2車線残っているので、ここは走っていますが、一時的に渋滞

が起こったりはしていましたが、こういう状況です。

(パワーポイント)

これは、工事を開始してほぼ1年後、2004年8月11日です。一応上のコンクリートは取り払って、下を掘り返して土がみえていて、水も少し流れています。ここに橋を渡してやろうということで、これも新しくつくった橋です。このような状況ができています。

(パワーポイント)

これは昨年の2005年8月ですから、さらに1年後。実は、完成は9月だったのですが、完成間近ということで、緑が植えられて水が流れているという状況です。つまり、これは最近話題になっている日本橋川のところに上の高速道路を取り払おうという話ではなくて、6キロにわたる高架道路を全部取り払って川と緑を戻してやろうという話ですから、かなり規模の違う話です。

ただ、ちょっと驚いたのは、これだけの工事をやって、工事費が幾らぐらいだと思いますか。400億円ぐらいです。今、日本橋川どうのこうのという話は何千億かかるからとても無理だと話していたのですけれども、これは即こういうことをやってしまったのですね。

(パワーポイント)

これは完成予想図です。予想図と比べると水がちょっと少ないですけれども、ほぼ予想図に近い状況になってきているということです。

(パワーポイント)

こんなことで、参考までにビフォー・アンド・アフターということで、これが取り払う前、これが完成した後ということで、このような変化が起こっている。つまり、都市の環境改善は、これぐらいのことをやらないとなかなか——それでも、どうも聞くところによると、これをやったことで、じゃ劇的に大気汚染とかいろいろなヒートアイランドが緩和されたかということ、それほどでも、思ったほどではないらしいのですね。しかし、こういうことをやっていくのは非常に重要だろうと。

(パワーポイント)

最後に、まとめにかえて、どうなっているのかという問題とメカニズムの問題、どうなっているかという現状把握の問題、そして、どうすればいいのかという対策の問題。

まず、実態把握ということで、地球温暖化をはるかにしのぐ東京都心部の顕著な高温化です。さっきいきましたヒートアイランドの広域化という問題があります。それがどうして起こるかということで、メカニズムの解明ということで、人工排熱がふえているし、都

市表面が人工化して、これが気温を上げている。夏日はふえている、熱帯夜はふえている、熱中症の患者数はふえる、生態系への影響、集中豪雨の増加といったことが起こってくるわけです。

これを何とか緩和しなければいけないということで、緑と都市環境の熱効果の客観的評価ということで、きょうご紹介した新宿御苑の緑地のクールアイランドの話、あるいはソウル市の環境復元の事業といったものがあります。

ということで、こんなふうになんかちょっと地球温暖化の問題と都市のヒートアイランド、ふだんこういう話は何回かに分けてやるのですけれども、非常に駆け足でしたが、こういってことで、特に東京のような都市の場合は、地球温暖化だけではなくて、それにヒートアイランドが重なっていますから、これはますます今後深刻化していくということで、何とかしていかなければいけないのではないかと考えています。

では、これで私の話を終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました（拍手）。

——了——