

第 1 回 川づくり講演会

議事録

日時 平成 17 年 3 月 8 日(火) 13:30 ~ 17:00

場所 兵庫県民会館 11 階・パルテホール

司会(中川) ただいまより第1回川づくり講演会を武庫川流域委員会主催で開催させていただきます。

本日は、3月の大変お忙しいところ、平日に、このように後ろまでいっぱいになるほど皆さんお越しいたきまして、本当にありがとうございます。

本日の司会進行は、流域委員会委員であります私、中川芳江がさせていただきます。予定の16時まで、よろしくおつき合いをお願いいたします。(拍手)

時間が非常に限られておりますので、早速本日の講演会に入らせていただきます。

開催にあたりまして、武庫川流域委員会の委員長であります松本誠より一言ごあいさつをさせていただきます。

松本委員長 きょうは、お忙しい中、たくさんの方にお集まりいただきましてありがとうございます。私、本日の講演会の主催をさせていただいております武庫川流域委員会の委員長の松本と申します。

我々の委員会といたしまして、初めての川づくり講演会をさせていただきます。当委員会は、後ほど少しご紹介いたしますが、さまざまな形で流域住民の皆様との意見交換の場を設けております。

本日は、気象あるいは降雨という、いわば日本の気象学会の最高峰でいらっしゃる山元龍三郎先生に、大変お忙しい中ご出席をいただきました。また、兵庫県の圏域の気象について日夜ご努力いただき、いろいろお世話になっております神戸海洋気象台長の内野修様にも、大変お忙しい中ご無理をお願いいたしました。

本日の講演会の趣旨をごあいさつを兼ねて簡単にご紹介しておきたいと思っております。

武庫川流域委員会は、昨年3月、兵庫県知事の諮問を受けて発足いたしました。武庫川は、篠山から河口に至るまで広大な流域を持っておりますが、二十数年前から、宝塚の少し北部で武庫川ダムが計画され、それをめぐってさまざまな議論がなされてまいりました。そんな中で、兵庫県は4年前、この計画を白紙の状態から議論し直そうという形で、新しい河川法に基づき、住民参加の委員会で、武庫川の新しい川づくり計画をつくってもらおうということで、当委員会が発足いたしました。

当委員会は、発足の成り立ちから大変ユニークな展開をいたしました。準備会議で1年余りにわたって、委員会の性格づけ、メンバー選定、運営等々について議論をし、住民総意でつくっていかうという姿勢を明らかにしてまいりました。生まれたこの委員会も、この1年間、お手元の資料でございますように、既に13回の流域委員会とそれを上回る運営

委員会を重ねながら活発な議論をしてまいりました。

今私たちは、これから武庫川の流域をどのように安全な川にしていくかをめぐって具体的な治水計画を議論しておりますが、治水計画を策定するにあたりまして、治水のもとになる雨の降り方をどう考えたらいいのだろうかというところで、はたと疑問にぶち当たりました。従来、河川整備計画は、これまでの大きな洪水、大雨を分析して、雨の降り方を解析しながら、それを今後予想される大きな降雨に引き伸ばして、それに対応する対策を立ててきました。いわば、過去の雨の降り方をベースに将来の雨の降り方を想定するという作業をしてきたわけであります。

しかしながら、去年の気象、全国的な異常降雨に象徴されますように、近年地球温暖化に伴う異常気象、異常降雨が頻発しております。こうしたことを私たちはどのようにとらえればいいのかという専門的な知見を共有したいという願いから、本日の講演会を企画しました。両先生のお話を伺いながら、私たちが揺るぎない治水対策を策定するために、これからの雨をどうとらえていったらいいかという勉強をさせていただきたいと思っております。

本日の講演会には、兵庫県河川協会のご後援もいただきまして、兵庫県内の各地の流域委員会並びに河川行政に携わる方々、あるいは流域の住民の皆さん方にもご案内を差し上げました。大変たくさんの方々にご出席いただき、御礼を申し上げます。

きょう、いい勉強ができますことを期待しまして、開会のあいさつとさせていただきます。よろしくお祈りします。(拍手)

司会 それでは、早速講演会に入らせていただきます。

初めに、本日の予定を私から簡単にご紹介申し上げます。

本日は、お二人の演者の方にお話をお願いしております。それぞれ50分ほどお話をちょうだいして、それぞれのお話につきまして質疑応答の時間を10分ほど設けております。少しセッティングの関係もございますので、10分間ほど休憩を挟ませていただいて、お二人目の講師の先生にお話をちょうだいするという段取りで進めさせていただきます。全体16時終了のめどで進めさせていただきたいと思っておりますので、よろしくお祈りいたします。

まず、お手元の資料の確認をさせていただきます。

1枚目の川づくりアンケートは、後ほどご記入いただければ、私ども委員会の参考にさせていただきます。水色のものは、本日の川づくり講演会のパンフレットとなっております。「異常気象 - 特に集中豪雨の長期的動向」というA4の縦長両面のプリントアウトが、初めにご講演をいただきます山元先生の資料となっております。次に、カラー刷りで、「近

年の降雨の傾向と今後」という黒っぽい色の資料が、2番目にお話をいただきます内野先生の資料となっております。あと、委員会からの資料として、武庫川づくりという委員会を出しているリーフレットと武庫川リバーミーティングの水色の資料がございます。終わった後にでもごらんになっていただければと思います。最後に3つパンフレットがありますが、これは、本日神戸海洋気象台の方から、部数をかなりご無理をお願いしてご用意いただいたと聞いております。町中で見ることにはなかなかないかもしれませんので、ぜひじっくり勉強していただきたいと思います。資料の漏れ等ございましたら、近くにいるスタッフにお声をかけていただきたいと思います。

資料をたくさんご紹介しましたが、初めは、異常気象に関するA4縦長の資料をお手元にご用意ください。

それでは、お一人目の演者の先生をご紹介したいと思います。

山元龍三郎先生は、1951年に京都大学の理学部地球物理学科をご卒業後、気象学一筋で、京都大学で研究をされてこられました。1991年に定年退官されて、現在名誉教授でいらっしゃいます。財団法人日本気象協会関西本部の相談役、また社団法人日本気象学会理事長等々、日本の気象学を引っ張ってこられた先生でいらっしゃいます。現在、気候変動の実態把握の研究をなさっておられるお立場で、本日は広い範囲から、「異常気象 - 特に集中豪雨の長期的動向」と題して、お話をちょうだいしたいと思います。

それでは、山元先生、よろしく願いいたします。

山元 ご紹介いただきました山元でございます。

武庫川流域委員会のご活躍を先ほどからお聞きいたしまして、本日私が予定している講演内容がどの程度お役に立つか心配でございますけれども、日ごろ勉強してきた結果をお話をして、間接にでも皆様の今後のご活躍の参考になればと存ずる次第でございます。

本日は、異常気象 - 特に集中豪雨の長期的動向、特に過去のデータからの結果をお話ししてまいりたいと思います。

主な内容は、日本でのおよそ100年間の過去のデータを解析して、集中豪雨が激しくなったと結論せざるを得ないこと；その原因はまだ十分把握できておりませんが、最も可能性の高い原因の候補としては、地球温暖化を考えざるを得ないこと、こういう内容を考えております。

ここに示しましたのは、赤線が、神戸の海洋気象台での毎年の最も強い日降水量が年による推移で、青線が、毎年の時間降水量の最大値の推移です。

問題は、赤線、青線、それぞれの飛び抜けて強い降雨強度を取り上げて、それが長年の間どういう傾向を持っていたかということです。

こういう問題は、ある意味で非常に取り扱いにくい。まれにしか起こらない現象、この場合 100 年間に 3 回ぐらいしか起こらない現象で、しかも一見して不規則に起こっている現象の長期的な傾向を求めようというのは、もともと無理です。無理を承知で、おまえは何をしようとしたかの疑問が浮かんできますけれども、これから申し上げるようなデータとの格闘を、四苦八苦やってきた結果をお話ししたいということです。

本日のお話をまとめようとしていたやさきの先週に、アメリカの気象学会から、「Weatherwise」という、専門誌というよりも一般向きの雑誌が届きました。天候が悪くなりつつあるのかというのがその表紙でございます。日本に限らず世界各国で、いわゆる異常気象、天候が昔と違っているのではなかろうかという疑念を持つ人が一般に多いわけでありませう。

その雑誌に、「世界的なトップテンの天気現象」、昨年の悪天気が 10 項目取り上げられております。トップは、日本に昨年 10 個の台風が上陸したということ、2 番目も台風であります。あと、集中豪雨による世界各地での犠牲者の続出が挙がっております。これを読みまして、私自身が注意したいと思ったのは、5 番目のブラジルにハリケーン - これは台風の兄弟分でありますけれども - が直撃したことです。実は、台風、ハリケーンという熱帯性低気圧は、熱帯の海洋上で発生するわけでありますけれども、南米の西海岸、東海岸とも今まで発生したということは確認されていなかったのです。去年、2004 年初めて確認されたので、『トップテンの天気現象』をまとめたアメリカの気象学者ダグラス・レコムテが注目したのです。カナダでは、冷夏に見舞われ、また南半球のオーストラリアでは干ばつ、熱波に襲われたということも取り上げられております。

事実として、昨年 2004 年に、このような悪天気が世界各地で頻発したという印象を皆さんもお持ちでしょうし、世界各国の人も持っているわけです。悪天気の頻発という印象だけではなくて、本当に悪天気が激しくなりつつあるのかとの疑問に学術的に解答するのがここでの問題であります。

この棒グラフは、少し古いのでありますけれども、世界各地の自然災害の種類別被災者数が防災白書に載っていたものを再録したものです。特に、赤い棒の洪水が 1970 年代以降どんどん増えつつあるが注目されます。

このような自然災害、特に洪水による災害の増加については、人間社会の脆弱性が高ま

りつつあるために、同じ程度の洪水が起こっても、昔よりも被害が増すという側面があります。しかし、ここで着目する問題は、集中豪雨そのものが激しくなってきたかどうかということなのです。

これは、水文学の教科書から持ってきた図です。横軸が分、時、日、月というふうな時間スケール、縦軸は世界最大の雨量強度です。青線が、1940年代後半でのデータをまとめたもので、当然のことながら時間スケールの短い左の方では雨量強度が小さく、右の方へ移ると雨量がふえるわけです。20年ほど後のデータをまとめたのが赤線であります。全世界を見まして、年代と共に世界最大の雨量強度が増えたように見えます。ジョーンズという著者自身は、単にデータが違うのでこういうことになったのかも知れないけれども、世界的に激しい雨が一層激しくなったことを示唆していることも否定できないと述べています。

このような気象現象、特に異常気象が、予め前から予測ができれば、いろいろ困った問題に対する防御策が講じられるはずでございます。同じような自然現象でも、日食あるいは月食というような天体に関係した現象の予測は、ご存じのように極めて正確に予測されています。では同じ自然現象である気象の場合はどうなのかということなのです。

専門的な言葉で申しますと、初期値問題、換言すると、今現在の世界中の気象状況、大気の状態がどうなのかということを使って、コンピューターで順々に時間積分をして、明日、明後日というふうに計算して、明日、明後日の天気を予測します。事実、そのようなやり方は日々の天気予報に使われております。ところが、初期値問題で、今日のデータをもとにして、明日、明後日というふうに順々に計算する場合、非常に大きい問題にぶつかります。これについては、後で詳しく述べます。

一方、境界値問題というのは、現在から出発して順々に計算するのではなくて、例えば太陽活動、あるいは炭酸ガスの濃度というような大気を支配する状況を設定して、その場合の落ちつく状況がどうなのかという計算をするわけです。

時間的に順々に計算するという初期値問題においては、バラフライ効果と呼ばれる非常に大きい障害があります。

これはその1例でありまして、1月1日の観測データに基づく気温予測を、先ほど言いました初期値問題として解いた結果であります。縦軸が、今の場合、気温の予測結果です。

左端の1日のデータをもとにして、ある場所での予測結果が、太い実線、細い実線、点線と3種類ございます。この3つは、1月1日の観測データに、観測誤差程度のごくわず

かの差を与えた場合の計算結果です。

ご覧いただきますように、1月10日ごろまではほとんど同じ結果です。ところが、2週間経過するかしないうちから、3つの結果が大幅に乱れてきます。

この計算、あるいはモデルは、極めて理想的な場合でありまして、決してコンピューターの誤りとかいうことではございません。結局、初期値問題として解く場合、2週間ぐらいまでは信用の置ける予報ができて、それ以後は無理だということが例示されています。その無理というのを、これを指摘したアメリカのMITの教授は、バタフライ効果と呼んでおります。アマゾンの密林で、1羽のチョウチョウが葉の上に羽根を休めているのか、それとも葉から飛び立って羽根をばたばたしているかによって、テキサスでの竜巻トルネードが起こるか起こらないかが変わってくるというのです。

これは、バタフライ効果のイラストレーションであります。気象の式ではありません。これは、どこにでも見かけるような代数方程式です。漸化式と呼ばれるもので、まず n が 1 の場合、 $n-1$ はゼロになります。 $n-1$ のゼロの時の値を用いて、 n が 1 の場合の X を計算する。次に X_1 の値をここへ入れて、 X_2 の計算をする。

実線と点線、2本の線がありますけれども、 X_0 - - 出発の値を 1.501 とした場合と 1.500 とした場合、わずか 0.1% しか変わらない初期値が、この場合はむしろ偶然でありますけれども、 n が 10 幾つぐらいまでは識別できないほど一致しています。ところが、それ以後大幅にずれてくるわけです。結局、 X の 2 乗が悪さをしているということでもあります。このように 2 乗あるいは 3 乗という非線形の項が、これがバタフライ効果をもたらしているのです。

このようなバタフライ効果を何とか克服できないものだろうかということで、日本の気象庁だけではなくて、全世界の気象局が今現在この問題に取り組んでいるところです。

その1つのやり方として、アンサンブル予報というのがあります。観測誤差を承知で、初期値を少しずつ変えて、たくさん計算します。その結果が、図の右側です。

横軸は日付で、縦軸は関東甲信越地方の気温の平年偏差です。その予測結果が、煙のように見える影をつけた部分です。実線が実際に起こった気温で、影で示したアンサンブル予報の平均値が信頼できる結果だろうということで、アンサンブル予報が試みられているのです。この場合は、おととしの12月ですが、ほぼ実況と一致していたということです。

ところが、いつもそうだとは限らない。これは、おととしの夏、冷夏で騒がれたときですけれども、右側の煙のようになった影がアンサンブル予報、実線が実況であります。ご

らんいただきますように、せっかくのアンサンブル予報も外れています。世界各国の専門家は、このような手法が最も期待できるやり方だろうと信じながら、私自身もそれが最も期待できるものとは考えておりますけれども、現時点では成功していません。

日々の予報がそのような状況ですので、いわゆる異常気象の予報は断念せざるを得ないのかもしれませんが、しかし、まだまだ可能性が秘められていると思われまますので、異常気象を含めた気候変動の研究が世界各国でなされております。

そのアプローチの手法として、ここに書きましたように、2つに大別できます。コンピューターシミュレーションでは、冒頭で申し上げました境界値問題として、例えば炭酸ガスが2倍になったときに、それに伴って大気がどういう状況で落ちつくのかを調べるのです。コンピューターの性能もよくなっておりますし、自然現象のメカニズムを十分研究された結果を考慮して進められておりますけれども、基本的にコンピューターシミュレーションというのは人間さまがつくったものであります。そのようなシミュレーションの成否は、当然観測データとの対比によって見られるべきであります。

余談になりますけれども、ある学会の席上で私が、コンピューターシミュレーションはフィクションだと申しましたら、若い研究者から、それは言い過ぎだと叱られたことがあります。フィクションと言うと、いかにも現実から程遠い作り物というニュアンスがあるので、反発を誘ったのでしょう。やはり人間さまのつくったものでありますので、フィクションのカテゴリーに入ると今でも思っている次第です。

もう1つの調査手法は、今日のお話の内容を構成している過去の観測データの統計解析です。過去のデータを見て、そのような変化がどうして起こったのか、ただ単に偶然に起こったものなのか、それとも組織的な変化として取り上げるべきか。組織的な変化として取り上げるかどうかは、いわば統計的な信頼性の問題にかかわります。たまたま起こったものでないということは、統計的な信頼性のチェックで、ある程度確かめることができるはずであります。

ここに書きました豊中・箕面パラドックスは、過去の観測データを取り上げて統計的な信頼性を見ようという場合、考えるべき1つの問題点であります。コンピューターシミュレーションが、先ほど言いましたようにフィクションですが、他方、観測データは自然現象をそのまま表しているはずで、そういう意味で、絶対的な信頼を置いてもよさそうに思われますが、そうはいかないのであります。

豊中で、1994年、時間雨量が91mmという猛烈な雨が降りました。阪大の地下の図書室

が浸水被害に遭いありました。3年後、箕面で、同じように非常に強い雨が降ったのです。両方の地理的な距離は9 km ぐらいです。

一方、過去のデータで、京都、大阪、神戸という、この近くの位置して、長期にわたるデータを持っている気象台のデータから、再現期間がどうなるのかという計算をしますと、1時間 90mm を超えるような雨の再現期間は 500 年に1回ということであります。一方、実際に、10km 近く距離が離れているものの豊中と箕面では、90mm を超えるような雨が3年間に引き続いて起こったということです。

同様な矛盾は、イギリスのイングランドの南のサセックスというところでのデータで、今から20年ほど前に指摘されたところでありますので、サセックスパラドックスと呼んだりします。結局、1カ所の50年程度のデータで再現期間を求めようとしますと、曖昧さが大きくその信頼限界は非常に幅広いのです。

1カ所のデータで再現期間を計算しますと、ここにありますように、誤差が大きくて、50年の再現期間と1,000年の再現期間の降雨の強度を識別できない。一方、例えば、観測点数が20というような観測網全体について見た場合には、50年、100年の識別も辛うじてできることになります。

結局、まれにしか起こらない現象の長期的なトレンドを求めようとすると、1カ所のデータでは無理で、観測網全体としてデータ解析をしなければ有意な結果は得られないだろうということです。

先ほどは神戸の例を見ていただきましたけれども、札幌、東京、鹿児島それぞれの年最大の日降水量が、20世紀の100年間においてどのような推移をとったかというのがこの図であります。札幌、東京、鹿児島で、縦軸の日降水量の値は若干違いますけれども、極端に強い日降水量というのは、不規則にまれにしか起こらない。こういう状況では、神戸だけではなくて、場所を変えても、1カ所のデータでトレンドを求めようというのは無理だということになります。1カ所ではなく、観測網のデータとして解析をせざるを得ないと判断されます。

では、どういうふうに見たらよろしいか。モンテカルロ実験により、判定規即が導けます。コンピューターで簡単につくれる乱数を使って、判定則がつくれるのです。この棒グラフの図は、モンテカルロ実験の結果の例であります。横軸は、年代を20年ごとに刻んであります。一番上は、乱数の系列が、めちゃくちゃに変化しているけれども、平均的には変わっていない場合です。そういう状況で、100年間の最大値がどの年代に起こったかと

いう頻度を見た場合、年代ごとに頻度は一様で変わりません。

ところが、40年以降では100年間の平均値だけ唐突に大きくして、集中豪雨として平均的に激しくなったと場合に対応させると、100年最大値の起こる頻度が年代毎に明らかに違う。しかも、40年以降の大きさをさらに大きくした場合には、ごらんいただきますように、40年目以降の頻度が増えています。

この結果は、例えば100年間のデータを見て、100年最大値がどの年代に起こったか、もしも集中豪雨が100年間観測網として激しさを変えていなければ、上のように100年最大値の起こる頻度は年代によって変わらない。しかし、例えば40年目以降、昔に比べて集中豪雨が激しくなったという場合、100年最大値の発生する頻度が増えている。そのような100年最大値が、昔に比べてさらに多い場合には、最近の発現頻度が増えたこととなります。このようなルールをつくって、実際のデータで調べてみるとどうなるのか。要するに、観測網のデータ、実際には日本全体で五十数カ所の気象台、測候所の100年間のデータで、100年最大値がどの年代に起こったかということ調べてみようということです。

この場合、九州から北海道まで56カ所で、100年最大値を、第1位だけではなくて、第5位まで採用しています。というのは、データの数が少ないと、有意性を確認するのが非常に難しくなるからです。ごらんいただきますように、1940年を境にして、それ以前と以後とは頻度が明らかに違います。100年最大の日降水量の発現頻度が1940年ごろを境にして増えました。先ほどのモンテカルロ実験を参考にしますと、日降水量という時間スケールでの集中豪雨が、1940年を境に激しくなったと言わざるを得ないわけでありませう。

どの程度ふえたかという一つの目安として、1940年以前において40年という再現期間の降水量が、それ以後では10ないし35年の再現期間に相当します。40年の再現期間の降水強度が10ないし35年の強度というのは、余りにも幅が広過ぎ、あいまいさが大きいと思われるかもしれません。しかし、現在のデータの量から言いますと、この程度のあいまいさはやむを得ません。

1940年を境に日降水量という時間スケールでの激しさが増したことが示されたわけでありませうけれども、もう少し細かい状況はどうだろうかということで、1964年以降の40年間について見たのがこれでありませう。

日降水量、1時間降水量、10分間降水量の40年最大値がどの年代に頻繁に起こったかという頻度を示したものです。一番下の日降水量の場合には、40年間特に激しくなった形跡はありませんが、真ん中の1時間降水量、あるいはその上の10分間降水量という時間の

短い集中豪雨については、最近激しくなったように見えるわけでありませう。

1時間降水量について見ますと、再現期間が20年の降水強度が、1993年以降、半分に近いような再現期間に対応しているということです。

このような変化の原因として何が考えられるのかということが問題です。時間スケールから言いますと、エルニーニョというような数年周期の現象を、原因として取り上げるのは困難であります。炭酸ガスなどの増加に伴って起こる大気中の温度変化、温暖化が考えられます。この温度変化は、大気の下層で割合顕著で、対流圏上層や成層圏に近い方では、温暖化が弱い、あるいはどうかすると低温化になります。

上の方の温度が低くなり下の方で温度が高くなるというのは、上の方の空気の密度が比較的軽く、下の方が比較的軽くなります。そうしますと、水を沸騰させたときの対流に近いような現象が大気中で起こりやすくなるという意味で、不安定になるわけでありませう。

炭酸ガスが増加した場合、どのように雨の降り方が変わるかという研究を気象庁の気象研究所のグループが行いました。結論的には、炭酸ガスがふえて、地球温暖化が進むと、地球全体として雨の量は増えるだろう。他方、雨の降る面積はむしろ狭くなるのです。温度が高くなりますと、空気中に含まれる水蒸気の量が増えるので、同じように上昇気流がありませうも、それだけ雨がたくさん降るということになります。

一方、先ほど申し上げましたような不安定になりますと、対流が起こって、上昇気流は狭い範囲内で、下降気流は大きく広い範囲で起こります。いわば夏の入道雲のような形になりませうして、その結果、降雨面積が狭くなって、集中性が強くなるということです。

炭酸ガスの増加といいますが、地球温暖化に伴って、実際に大気鉛直温度分布が変わっているのかを調べたのがこれです。

横軸が1960年以降2000年まで、縦軸は、地面近くと300hpaおよそ高度9kmの間の温度差を示しています。日本全体のラジオゾンデ観測している13カ所のデータを平均したものです。実線が毎年の値で、真ん中の太線と赤い影をつけた部分が20年の平均値です。温度差が大きくなっているという状況がごらんいただけるかと思ひます。

気温減率と呼ばれる下層と上層の気温差が小さい場合、空気の上昇気流がどうなるかを示したのがこれです。横軸は温度、縦軸は高度です。大気温度分布がグリーンの線です。下の空気が何らかの原因で上昇したとしますと、断熱冷却ということで、上へ行くほど温度が下がります。ある程度行きますと、今度は空気中に含まれた水蒸気が雲粒になります。この上昇した空気は、周りの空気 - - グリーンの線に比べて、絶えず、左側にあり、低い

温度なのです。この状態は、水の中にある石ころのように沈んでいきます。周りに比べて石ころの方が重いので、下へ下がるような力を受けますの、雲は背の低いままに終始します。

ところが、下の場合には、上の場合と異なり、下層で温度が高く、上層では温度が低い。グリーンの場合ですが、下の空気が断熱冷却で上昇し、さらに上昇する場合には、雲ができて、温度の低下の割合が変わります。この高さ以上に上がりますと、周りの空気に比べて温度が高く軽くなります。この状態は、水中の空気の泡のように、上へ上がる浮力を受けるので、上がってきた空気はどんどん上に上がります。その結果、背の高い入道雲ができる。上の場合には、そういう浮力を受けないので、背の低い雲におわります。結果として、上層で温度が、どちらかという下がって、下層で温度が上がる。そういうような不安定化に伴って、入道雲がより発達しやすくなる。こういう考えであります。

実際にCO₂が増えた場合、日降水量がどうなるのかということの数値シミュレーションした結果は、先ほどからデータで見てまいりましたのと同じようになっているわけです。

話はここで一区切りつくわけでありませけれども、1940年を境にして、日本の日降水量のデータから集中豪雨が激しくなったと考えざるを得ないという話を先ほどいたしました。その原因として、地球温暖化が最も有力な候補だということも申し上げました。地球温暖化というのは、炭酸ガスが徐々に増加していく状況を反映して、地球全体として気温が徐々に高くなっている。にもかかわらず、問題の集中豪雨の激しさというのは、1940年を境に段階的に増加したのです。原因というのが連続的であり、結果である日降水量の激化が段階的であります。原因の連続性と結果の階段状変化との整合性の疑問を、お持ちの方が当然おられるはずであります。

その点については、冒頭で申し上げましたバタフライ効果と同じように、非線形効果が卓越している場合には、原因が連続的であっても、結果が段階的になるということがわかっております。その点、単に原因が連続的であり、結果が段階的であるために、地球温暖化を可能な原因の1つから外すわけにいかないということです。

ここで追加してお話をしたいのは、先ほどの日降水量の激化傾向が検出されたことと、1時間降水量が最近特に増えてきたということの他に、観測所の人口別で何か変化があるのではなからうかということ調べたのがこれです。

ここでは、人口50万以下と以上に分けて、20年ごとに、先ほどから申しておりますように、60年最大の10分間降水量の起こる頻度を調べてみました。

人口 50 万以下の場合には、その頻度は若干ふえておりますけれども、それほど顕著なものではありません。人口 50 万以上の場合には、最近顕著にふえているのです。

このようなことがはっきりしているのは、10 分間降水量というごく短時間の場合であり、時間降水量とか日降水量については、まだはっきりしていません。どうして 10 分間降水量について顕著で、時間あるいは日降水量という長い時間スケールの場合にはっきりしないのか、また単に人口が多い少ないで、どうしてこういう差が起こるのかというようなことも、これからの問題であります。

アメリカで、約三十年前、大都市での降雨状況が、ミズーリ州のセントルイス周辺で、組織的な調査されました。その報告を読みますと、大都会特有の大気汚染が影響しているかもしれないけれども、都心にあるビルが気流の妨げになって、気流を変化させている。郊外ではそういうブレーキがかからない状況ですので、風下側で上昇気流が起こりやすい状況をつくっているらしいという報告です。しかし、それを受け入れるためには、一層の研究が必要です。

以上を要約しますと、統計的に有意な集中豪雨の激化傾向、また短期間に限られますけれども、都市化の影響を検出したということでもあります。

今後の課題としては、数値シミュレーションによる検証も必要ですし、日本に限った本日の話を、さらに国外のデータにも応用する必要があると思われれます。また、皆さんは特に関心をお持ちかもしれませんが、最後に書きました既往最大を設計基準としてそのまま使っていいのかどうかということです。

今までの話は集中豪雨の問題でありましたけれども、時間の余裕がありそうですので、お許しを頂戴して、補遺として用意した図により異なる話題について簡単に申し上げます。

年々の変化をあらわしますのに、統計学で出てきます標準偏差というようなものを使ったりします。この図は、横軸が 1900 年から 2000 年まで、縦軸は全国平均の年降水量で、この場合は 54 カ所の平均です。ご覧頂きますように、年によって変化しています。特に赤い三角をつけたのは、水資源白書で、何とか渇水とか洪水とか砂漠とかいう名前がつけられた被害の大きい場合です。これを見てどう思うかという問題でありますけれども、1960 年以降、三角が非常に多い。以前はただ 1 回琵琶湖大渇水というのがありましたけれども、1960 年以降集中して三角があるわけです。三角が 60 年以降集中しているというのは、偶然なのか、それとも組織的に何かが起こっているのかどうか、そのような問題に取り組む最も初歩的な方法は、多年にわたる標準偏差といえますか、年々変動の尺度になる

ものであります。

上は先ほどと同じ図で、下が51年間の標準偏差の信頼区間です。右の方に増加している様子が見られますけれども、幅の広い信頼空間をはみ出すほどではない。従って、これだけでは有意な年々変化の増加があったとは言えません。年々変動の指標である標準偏差が、観測網としてどの年代にどのような分布をしたかを調べました。

この場合、標準偏差として、標準化単位と書いてありますが、北海道と九州では当然基礎になる降水量のレベルが違いますので、それぞれの場所での標準化をしました。その結果、25年ごとに分けた最終の25年間は、それ以前に比べて明らかに右の方に偏っている。ということは、標準偏差が観測網として増えたということになります。

事のついでに、雨ではなく、日最高気温の8月の平均値について、調べた結果を示します。上は全国平均です。これも最近、年々変動の指標である標準偏差が増えたかに見えますけれども、他の年代の信頼区間を凌駕するほどではありません。先ほどと同じように、日最高気温の月平均値の標準偏差が25年毎にどのような分布をしているかといいますと、最近の25年がそれ以前の25年に比べて多い方に集中しています。ということは、たまたま年々変動が増えたというよりは、何らかの原因で組織的に夏の暑さ年々変動幅が増えたと考えざるを得ないということです。それがどうしてかというような問題も今後の課題であり、コンピューターシミュレーションによる検証なども望まれるということでございます。

以上、延長させていただきまして、どうもありがとうございました。(拍手)

司会 短い時間の中でまとめていただくのは大変難しいことだったろうと思いますけれども、山元先生、どうもありがとうございました。

それでは、10分ほど時間をとりまして、質疑応答をさせていただきたいと思います。コメント等たくさんおありだと思いますけれども、時間も限られておりますので、きょうの場は質疑応答に絞らせていただきたいと思います。ご協力をお願いいたします。

吉田 尼崎の吉田です。

今お話をいただいて、余りよく理解していないところがあって、ごめんなさいとしか言えないんですが、ピンポイントの豪雨がふえているというお話だったと思いますが、武庫川という広域の降水量を考えた場合、ピンポイントの雨が全体の川の流量にどう影響を及ぼすのか、それが我々の1つのテーマだと思いますので、私ができる程度でお願いしたいと思います。

山元 私にとっても非常に難しい問題です。今までの研究では、ピンポイントといいま

すか、例えば、神戸海洋気象台でのデータではある程度のことわかります。本日集中豪雨や降水の年々変動のトレンドという私が取り上げた問題では、神戸海洋気象台だけを取り上げたのでは何も言えないのです。むしろ日本全体のデータからでない結論が出せないというのです。今日は立ち入りませんでしたけれども、せいぜい西日本全体として見た場合の状況についてある程度の結論が得られそうです。私が左を向いて広域を見ているところへ、右の方のピンポイントはどうなっているんだという重要なご質問ですので、まことに申しわけございませんけれども、お答えできかねます。これは、私というよりは、今の学問のレベルではちょっと無理だろうと。

強いて言いますと、アメダスという観測網が、気象台、測候所の観測網よりも密でございますので、アメダスのデータを兵庫県内について詳しく調べることで、あるいはただいまのご質問にこたえるといえますか、お答えできるきっかけくらいはつかめるんじゃないかと思いますが、それは今後の課題ということにさせていただきたいと思います。

司会 ありがとうございます。

ほかにご質問のある方 - -。例えば、スライドの資料が少し見にくかったので、もう一度拝見したいとか、そういうようなことでも結構かと思っておりますけれども。

そうしましたら、後ほどまとめたときにまたご質問いただいても結構かと思っておりますので、ここで山元先生のご講演と質疑応答は終わらせていただこうと思います。

山元先生、どうもありがとうございました。(拍手)

それでは、少しセッティングを変える関係もございますので、ここで10分ほど休憩をとらせていただきます。

(休憩)

司会 再開の時刻になりましたので、後半の方を進めさせていただきます。

それでは、お二人目の講師の先生を私の方からご紹介させていただきます。

神戸海洋気象台の内野修台長です。内野先生のプロフィールは、お手元の川づくりのチラシにも記載しておりますが、1974年九州大学大学院をご卒業後、気象の研究を続けておられまして、1997年、気象庁観測部環境気象課長になられまして、2001年、気象庁観測部

管理課長、2002年、広島地方気象台長、そして2004年4月から現在の神戸海洋気象台の台長をお務めでいらっしゃいます。

先ほどの山元先生には、広いところから見た全体的な傾向ということで、お話をちょうだいいたしました。内野台長には、神戸海洋気象台というところから見ていただいて、「近年の降雨傾向と今後について」と題して、同じく50分ほどお話をちょうだいしたいと思います。

それでは、よろしく願います。

内野 神戸海洋気象台の内野です。どうぞよろしく願います。

きょうのお話は、できるだけローカルの近い話ということでお願いされたんですが、先ほど山元先生からは、降雨の変化というのに対して、余り狭い範囲で物が言える状態ではないというお話がありましたけれども、最初に、神戸、それから名塩という武庫川の流域にあるアメダスの地点ですけれども、その降雨の最近の状況を見まして、次に、日本における短期間降雨量の変化 - - 100年ぐらいの話ですけれども、それから、先ほどのシミュレーションの話、やはり将来予測をするためにはそういうシミュレーションを活用するというのがありますので、そのお話を、最後にもとめたいと思います。

それから、先ほどパンフレットを3部ほど配りました。「集中豪雨への備え」、「このときの雨は何ミリ!?」、「海と地球温暖化を考える」と、このパンフレットの中に幾つか入っている図が、ここでも登場します。例えば、時間雨量、1時間に50mm降るというのは、しぶきがかかなり上がって前が見えないとか、それはまたごらんいただきたいと思います。

まず、神戸と名塩、2つの地点の降雨の変化を見てみたいと思います。

これは、山元先生の方でもありました神戸の年降水量の変化です。横軸が1900年から2000年までとってありまして、縦軸は降雨量です。106年間で、1,300mmぐらい毎年平均的には降っているということがわかります。また、各年の変動が非常に激しいことがわかります。例えば、一番多いときには1,700mmぐらい降るんですが、一番少ないときには600mmしか降っていません。3倍ぐらいの変動があることに注意してもらいたいと思います。

これは、長期の変化です。赤い線がかいているのは、10年移動平均ということで、少しなめらかにしています。これを見ますと、最初の1900年から1910年が少し多くて、1950年から70年付近も割と多いのがわかります。

神戸に対して、名塩というの、1979年からしか年降水量がありませんけれども、これ

も年々変動が激しい。一番降るときには 2,000mm 近く降りますけれども、少ないときには 1,000mm ぐらいで、2 倍ぐらいの差があるのがこれでわかるかと思います。神戸よりも名塩の方が若干雨の量が多い。

これは、日降水量の年最大値で、横軸が年で、縦軸がミリです。紫が名塩です。神戸の今までの 1 日で一番降った量は 320mm ぐらいです。昭和 42 年 7 月豪雨で、かなりの災害が起きています。名塩での最大値は 270mm ぐらいです。昭和 58 年ですが、台風 10 号と秋雨前線の 2 つの効果によって 270mm が降っています。あと、200mm を超えたのが、平成 11 年と昨年で、この 3 回が飛び抜けています。そういう形で、200mm を超すことがあるということがわかります。

先ほどの例で言いますと、昭和 58 年の場合は、台風と前線によって 200mm 以上の雨が降ったということです。集中豪雨の場合は、梅雨前線上での低気圧の活動とか、台風と前線で、大きな雨が降ります。

そのとき、阪神地区で 270mm ぐらい降ってしまして、このときには阪神地区に集中しています。

これは、1 時間降水量、3 時間降水量、24 時間降水量を名塩で見えています。青が 1 時間降水量で、50mm というのを何回も記録してしまして、これは、先ほど言いましたように、しぶきが上がって前が見えない、あるいはマンホールから水があふれ出るという形で、都市型災害が起こりやすいと言われていています。

日降水量が 200mm になりますと、大規模な災害が起こりやすいということです。30 年間しかないですから、この期間でどうと言うことはなかなか難しいんですけども、幾分増加しているように見えないこともないです。

雨がたくさん降る場合は、1 日だけではなくて、48 時間、2 日間にわたって降る場合があります。昨年の台風 23 号の場合は、2 日間で 270mm ぐらい降ったというふうになっています。200mm を超すと、かなりの災害が起こると考えていいかと思います。

同じく、名塩における降水量の変化です。この場合は、4 時間降水量が 50mm 以上の回数と 24 時間で 100mm 以上の回数を棒グラフでかいています。24 時間降水量の場合には、それほど顕著な変化は見えないようですけれども、4 時間で 50mm 以上というのは、最近少し回数がふえているように見えます。30 年程度ですので、物事を簡単に言えるわけではありませんけれども、短時間降水が少し回数がふえているように見えるということです。

山元先生からもありましたように、非常に狭い領域の話では全体的なことは言えないの

で、ここでは日本における短時間降水量の変化ということで、気象研究所で研究されている藤部さんたちの最近の研究成果を主に紹介したいと思います。

その前に、アメダス、日本で大体 1,300 カ所で雨量観測をしていますけれども、それによる 1 時間に 50mm 以上の発生回数です。1978 年から書いています。昨年は飛び抜けて多かったわけですが、平均すると、10 年間隔ぐらいで言うと、少し増加しているように思われます。

200mm 以上の発生回数も、昨年は飛び抜けて多い。これは 1,300 カ所の資料ですが、200mm 以上の大規模な災害が起こる可能性のある回数が、昨年はかなり多かったということがわかります。

1900 年から 2000 年までの日降水量で、100mm 以上降った強い降水で、回数を見てみると、だんだん増加している。逆に、少ない雨、1 日で 1 mm か 5 mm 程度の雨は、減っているというのがこの結果でわかるかと思えます。

4 時間降水量も似たような感じであります。4 時間降水量 - - 50mm ですが、なぜとっているかといいますと、日本で昔から観測しているのは、どちらかというと 4 時間ごとで、必ずしも今みたいに細かにとっていないということで、1900 年から今まで通すと、4 時間という形で積算できるということでやっています。ここでは明らかに増加していることがわかります。

さらに詳しく調査するために、弱い雨から強い雨まで 10 階級に分けまして、各階級ごとの全体の降雨量に対するパーセンテージを同じように分けます。これは東京の 8 月の場合です。

3 mm 未満だと、階級 1 として弱い雨と。一番強い雨は 4 時間で 61mm と。この階級の分け方は、各地点、各月によって非常に違いますから、各月と各地点で別々に同じような分け方をして、調査した結果です。

これは、全国 51 カ所のデータです。階級が 1 から 10 まで書いてありまして、縦軸に 100 年間でどれくらい変動したかというのを書いてあります。

ここは季節別です。紫だと 12 月～2 月、緑だと 3 月～5 月と、季節によって分けています。こちらは、地域別です。北海道、あるいは近畿、九州、それから都市型 - - 人口で分けています。

そういうふうに分けても、全体で見ますと、弱い雨が減って、強い雨が降っているということで、季節、地域にかかわらず同じような傾向にある。つまり、降水強度の強いのが

ふえていて、弱いのが減っているという結果です。

ここまでの話をまとめてみますと、利水という意味から言いますと、年々変動が非常に大きいということは注意しないといけないと思います。神戸の場合は、大体3倍ぐらい違います。名塩だと2倍ぐらいで、1,000mmから2,000mmの間と。日降水量の最大値は、今まで神戸では320mm近い、名塩では269mmということで、これだとかなりの災害になりますので、治水の関係からすれば、今後これがどれぐらいになるかというのが一つの問題だろうと思います。

30年間の短時間強雨の発生頻度は増加しているように見える。これは感じでありまして、確定的なものではありません。たかだか30年の結果ですから、ここで言えば、かなり弱い結論です。また、研究所の藤部さんらの研究成果だと、強い降水が増加して、弱い降水が減少していると。それは地域、季節によらないという結論です。

全体の長い期間の降雨のデータのデジタル化について、まだ完全に品質チェックしていませんので、先ほどの4時間のものは途中経過ですが、結論はそう変わらないと思います。

これが今までの結論ですけれども、今後どういうふうになっていくかということは、一番大きいファクターとしては、これから地球がどのように変わっていくかということです。外部的な要因としては、温室効果ガスが増加していったときに地球は温暖化するわけですけれども、そのときに降雨はどのようにふうに変化するかということをやするためには、シミュレーションというのは一つの重要な武器ですので、ここでは気象研究所の栗原らの研究成果を紹介したいと思います。

その前に、地球が温暖化しているかということですが、これは神戸の海洋気象台の観測結果です。約100年間の観測結果で、この場合は1961年から1990年までの平均値からの差ですが、こちらに0.5と1.0と書いていますが、100年間に直線で近似しますと、1 ぐらい神戸の気温は上昇しています。

これは、日本全国の36地点の100年当たりの年平均気温の上昇率をプロットしたものですけれども、神戸は1 ぐらいですが、東京とか福岡では2 以上温暖化しています。1つは都市のヒートアイランド現象というのもあるかと思いますが、いずれにしても1 以上100年間で気温が上がっているという事実があります。その原因は、二酸化炭素などの温室効果ガスが増加しているということです。

これは、1950年代から2000年までのCO₂の増加です。ハワイのマウナロア、日本の綾里、南極点をプロットしていますが、いずれの地点も、315ppm ぐらいから、最

近では 370ppm を超えています。370ppm というのは、パーセントで言えば、空気中に 0.037% 二酸化炭素が含まれているということです。いわゆる産業革命以前は 280ppm ですから、既に 90ppm、30% ぐらい増加しているということがわかります。

今後、地球がどういうふうに温暖化するかということは、経済がどういうふうに発展していくかというシナリオによって大部違うわけですが、そういうシナリオをつくる、あるいはこれまでの地球の平均気温がどうなっているとか、将来はどうかというのは、気候変動に関する政府間パネル - - IPCC というところで行われています。世界気象機関 (WMO) と国連環境計画が 1998 年に設立した機関ですが、気候変動に関する科学的知見、環境及び経済社会への影響評価、対応戦略の策定を行うという重要な任務を持っていて、IPCC は、気候変動枠組み条約 (FCCC) - - その議定書である京都議定書がもう発効されましたが - - の究極の目的「大気中の温室効果ガスの濃度を地球の気候システムに危険な人為的な影響を及ぼさないような水準で安定させること。CO₂ がこれからどんどんふえていきますが、規制して、気候システムに危険な人為的な影響を及ぼさない」ことを達成するための科学的な知見を与えるのが IPCC です。こういうところで、経済発展のシナリオをつくるわけです。

大きく 4 つに分けてみますと、経済重視、環境重視、世界志向 - - グローバル化、地域志向、こういうシナリオによって、CO₂ の排出量が大きく違います。

この研究所でシミュレーションしたのは、A2 シナリオです。今の状態から、排出量がどんどんふえて、CO₂ の濃度が今の 360ppm ぐらいから、2100 年には 800ppm を超えるようなかなり大きな経済発展、排出量を考えたシナリオに基づいて計算していくわけです。

気候モデルと言いますが、大気を細かく格子状に分けて、海洋も分けます。鉛直方向にも分けます。各点において、気温とか気圧とか水蒸気とかを物理的な法則によって時間を追ってずっと計算していきます。一遍にグローバルに計算すればいいんですけども、格子が非常にたくさんありますので、計算がなかなか大変です。この場合には、一辺が 280km ぐらいの格子ですから、分解能そのものはかなり粗いわけです。

日本はどうなるかといったときには、日本を含めた地域を取り出して、この場合は 20km 四方ですが、そういう小さな格子を使って計算をしています。

モデルの結果で、これはグローバルな計算結果です。そういう気候の計算をする場合、モデルがどれぐらい信頼性があるかというのをまず確かめないといけないわけです。

1900 年から 2000 年までの地球全体を平均して、その間の観測値をプロットしたものが

青色です。気象庁のモデルがCGCM2という計算結果で、緑色です。でこぼこのところは0.2ぐらいの差がありますが、全体的な傾向はかなりよく合っています。大きく変わっても、0.2ぐらいの違いで、信頼できるのではないかということです。

先ほどのA2シナリオでいきますと、1971年から2000年までの平均気温と比べて、2100年には2.5ぐらい地球の平均気温は高くなるという結果です。

そういうものに基づいて、日本だけを取り出して、日本周辺域の6月から9月までの降水量の変化を見たものです。ここのところの平均的な1日に降る雨の量で、1日に10mmとかそういうことです。黒でかいているのが現在の平均、赤がCO₂が非常にふえた場合の2081年から2100年の降水量です。6月1日から9月30日の夏の間、明らかに増加していることがわかります。冬には少し減少していますから、全体として降水量が大幅にふえるわけではありません。

さらに、武庫川とか、もうちょっと細かく知りたいということですが、今のところ、西日本太平洋側とか西日本日本海側とか、これぐらいまでです。これでも、前回のIPCCの報告からするとかなり進んできていると思われれます。

我々が知りたい武庫川、阪神地区、いわゆる西日本の太平洋側というのを見ますと、横軸が月で、縦軸が降水量の比です。100%ということは、現在と変わりませんということです。降水量を見てみますと、100より多くて130ぐらい、特に8月は増加していて、降水量はふえると予測されます。降水強度も、1.何倍かふえるということがわかります。

年々変動はどうなるかという、今に比べてかなり変動が大きくなる。要するに、雨が非常に降る年もあれば、かなり少ない年もあるということで、変動は大きくなるという結果です。

日本付近で、なぜ雨が多くなるかの簡単な説明ですけれども、約100年後の海面水温を見ますと、この辺で2.5から3ぐらい、緑のところは1.5から2.5ぐらいの範囲ですけれども、赤道付近が高くなっていることがわかります。

赤道付近で、今までに比べて温度が高いので、対流が激しくなって、ここで雨が大分降って、こちらの方に乾いた空気が来て、太平洋の亜熱帯のところで高気圧性になる。日本付近は逆に低気圧性になって、しかも高気圧の縁を回って暖かい湿った空気が入ってきて、日本付近は雨が多くなるということになっています。

これをまとめますと、100年後の夏の間降水量の変化として、西日本を中心とした地域で降水量が増大する。降水強度も増大する。また、梅雨前線が北上せず、日本南岸に停

滞することが多い。しかし、年々変動は大きい。こういう形に一応結論づけられております。

これは気象研究所のものですが、もう1つ日本で大きなシミュレーションをやっているグループが、地球環境フロンティア研究センターです。これはもう既に報道発表されていますけれども、東大の気候システムセンター、国立環境研究所との共同研究です。

1900年から2100年までの降水量で、この場合、日本付近の広い範囲で、100km×100kmの格子で全部区切ってやっていますが、1回でも1日100mm以上の雨が降ったら1日あったというふうに数えます。これはあくまでも相対値で見てください。というのは、かなり広い範囲で見ているので、観測値とは直接比較できないということです。しかし、明らかに豪雨の日数がだんだんふえていきまして、このシミュレーションでは、今よりもかなり多くなっている結果になっています。

先ほど言いましたIPCCの第三次評価報告によりますと、今までずっと気温は安定していたんですけども、最近100年間、全期で0.6ぐらい増加していると。今後どうなるかという、横軸が年、縦軸は温度ですが、先ほど言いましたように経済の発展シナリオと気候モデルによっていろいろ違いがありますけれども、それらを総合した結果、2100年には今よりも1.4～5.8上昇しますと言っているわけです。

気温に対してもこれぐらい変動があるわけですが、降水量に関しては、多くの地域で強い降水現象が増加する可能性がかなり高いと。「可能性がかなり高い」という表現は、ここでは90%以上というふうになっています。また、21世紀に平均降水量は増加と。降水量の増加するところでは、年々変動も大きいという結論です。

これは前回のIPCCです。次のIPCCの報告は、2年後に出版されるということで、今世界の科学者が研究成果を集めて、これから鋭意まとめようとしている段階だと思います。

そういうことで、気温にしてもこれぐらいの差がありますから、そういうシミュレーションを使った場合、今後の研究が必要です。特に地域を限定した降水の変化や予測は、さらに研究が必要であると考えます。

以上でございます。どうもありがとうございました。(拍手)

司会 ありがとうございました。

それでは、皆様からの質疑応答に入らせていただきます。

神戸海洋気象台は、掌握していただいている範囲が兵庫県になりますので、そういう意

味では、武庫川流域ももちろん入っておりますし、もしかすると、きょうお越しの方、武庫川流域以外にお住まいの方もおられるかと思っておりますので、そのあたりのことも含めてのご質問でも結構かと思っております - -。

そうしましたら、私、少し質問があるんですが、お二人の先生のお話を伺ってしまして、最後にまとめていただいたように、地域を限定した降雨の予測というのは非常に難しいんだというのが、きょうよくわかった1つの大きなポイントだったんですけれども、にもかかわらず、武庫川流域委員会は、武庫川流域の治水というのを考えていかないといけないという使命を負っているわけです。

そのあたりで、今後の課題として書いていただいておりますが、それをさらに突っ込んでどうしたらというのは、本来我々流域委員が考えないといけないことなんだろうと思っておりますけれども、気象学の専門のお立場からのサジェスションがありましたら、ぜひ拝聴したいと思うのですが、いかがでしょうか。

狭い範囲での予測というのはすごく難しいというのはよくわかったんですが、にもかかわらず、治水のこと、利水のこと、きょうは湧水の話もあったと思っております - - を含めて、流域対策というのを考えていかないといけないんですけれども、どんなところに気をつければよろしいのでしょうか。

内野 きょうのテーマは、一番難しい問題だと思っておりますが、例えば、昨年、新潟・福島豪雨というのがあったわけですが、そのとき、栃尾という新潟県の降水量を観測しているところでは、今までたしか日降水量 200mm 以下しか降っていなかったのが、去年 450mm ぐらい、一挙に 2.5 倍ぐらいふえたと。あるいは、福井豪雨もありましたけれども、福井の観測所でも、あるところでは 2 倍ぐらいふえたということで、その辺を治水の方でどういうふうにか考えるかということは、委員会の話ということだと思っておりますけれども、山元先生からもありましたように、過去の例だけでは言えないよと。今まで降っていないような、2 倍ぐらいの雨が降ることもあるということのを少し考えていかなければならないのかという気はします。

ただ、それが武庫川の流域で降るかということとはちょっと言えないんですが、そういうことも最悪のケースとしては考える必要があるかなという気はします。

きょうの話は、2 地点ぐらいですので、まだ今後調査をしないとわかりませんが、治水を考える場合は、最悪のケースというのを考えるのもあるかなという感じはします。

岡田委員 ここに、平成 16 年夏から秋にかけての集中豪雨、台風等についてという平成

16年11月の気象庁のレポートがございまして、それを見ますと、日降水量とか1時間降水量、あるいは100mm以上の発生回数といったデータが、西日本地区は、北日本、東日本、南西諸島などに比べてずば抜けて多いという結果になっております。西日本と言っても、九州とか四国の辺が多いように見受けられるんですけども、こういう傾向は今後も続くとお考えでしょうか。

内野 去年、台風とか集中豪雨でしたけれども、台風が来るときには、太平洋側の山岳地帯に最初に大きく降ります。その図では400mm以上というのが西日本の太平洋側に多いですけども、もともとたくさん降っているところですから、そういうのは今後もあるかと思えます。

武庫川の場合には、今のところ260mmぐらいが最高でしたか、それが2倍となると500mmですから、そういうことはわかりませんが、太平洋側に降るといえるのはあると思えますね。

吉田 日本も、アメダスができて、観測点が非常に多くなった。何年にできたか覚えていないんですが、それ以前には、観測ポイントも非常に少なかったのではないかなと。そのあたりが予測にどう影響しているのか。昔から馬の背を分けるというふうな形で、ピンポイントの雨というのはあって、たまたまそれが観測点が少ないからわからなかったのか、そのあたりがわかりましたら、教えていただけたらうれしいです。

内野 確かに、1970年代からアメダスが1,300カ所と多くなって、狭い地域での雨はかなりとらえられるようになったと思えます。昔も多分あったんだろうと思えますが、例えば、熱雷とか夏の雷を伴うような雨は非常に小規模ですから、そういうときにはとらえられていなかったかもしれません。それが最近はよくとらえられるようになったというふうには思えます。

自然災害であれば自然災害ですけども、近年CO₂というか、地球温暖化ということで、我々はどんなようにしたらよろしいんですか。CO₂を削減するのにできること、どうすれば下がるんですか。

内野 「海と地球温暖化を考える」に、ちょっと書いてありますけれども、我々一人一人ができることは、できるだけ小まめに省エネに努めるということしかないんだろうと思えます。それぞれ国としても、産業別にこれからかなり厳しい削減目標を出していますが、我々個人としては、小さなところですけども、むだな電気は消すとか、そういうことでやっていくしかないかなと。

ここには幾つか書いてありますけれども、冷暖房機器の不要なつけっ放しをしない、電気器具などを買うときは、省エネルギータイプのものを買う、あるいは公共の交通機関を利用する、そういうことが個人個人でできるんじゃないかと思います。

松本委員長 地球環境の変化というのは、私たち人間の暮らしのサイクルに比べて、すごく長いと思うんです。今、地震の活動期に入ったと言われているのも、100年、200年、300年単位の中の活動期に入ったということだと思います。きょうお話をお伺いした、向こう100年の見通しで、傾向的には、温暖化、そして降雨がふえていくということはわかるんですけども、例えば川づくりを考える場合、100年、200年、300年単位の計画なんというのはもともと考えられないわけで、向こう10年、20年、30年どうするかというときに、我々の暮らしの感覚からいうと、昨年のような局地的な異常な降雨がこれから頻発するのではないかと。100年間で頻発するのではなくて、ここ10年、20年の間に頻発するのではないかと受けとめがちなんです。

気象学とか地球環境という専門的な長い年次での見方と我々の日常の暮らしの感覚で見える見方と、その物差しが食い違っていると、誤った判断をしかねない。その辺は、気象学の専門の方、山元先生にもお伺いしたいんですが、地域の局地的な気象を見てこられている神戸の海洋気象台という立場から見て、昨年、例えば淡路、あるいは西播磨、阪神であったようなことが、来年も再来年もひょっとしたら起きるんだよというふうな見方をされているのか、長い目で見たら起きるけれども、あれはかなり極端な降り方だったんだと見た方がいいのか、難しいですけども、お考えがあれば聞かせていただきたいと思います。

山元 非常に難しい問題なんですけど、気象の専門家としては、まだまだ研究することがあります。先ほど私は再現期間の変化を申し上げましたけれども、あの範囲をもっと狭くするやり方といいますか、研究の余地があるだろうと。

レーダーアメダス合成図というのが、日々の予報に出されておりますが、そのデータがかなり集積しつつある。レーダーは、ご存じのように山影はわからないにしても、アメダスよりも細かく見ることができます。一方で、量的な精度がよくない。その辺を我慢して、レーダーアメダスのデータの集積に伴って、狭い範囲内での状況を少しでも把握できるそうだと思います。例えば、そういうレーダーアメダスのデータを使うことによって、ご質問に対して少しでも近づける手だてが得られるのではないかと考えていますが、技術的にいろいろ難しい問題がありますので、今しばらくのご猶予をいただきたいと思います。

先ほど、私はシミュレーションはフィクションだと言いましたけれども、やはりシミュレーションはメカニズムを考えたり、予測の程度を考えるのに不可欠でございます。先ほども台長さんが説明されておりましたけれども、広い範囲内の結果について、シミュレーションはかなり信用の置ける結果を導いています。だけど、狭いところについては信用が置ける段階ではない。ただ、広い範囲の信用の置ける結果から狭い範囲の状況を推測する、ダウンスケーリングと専門的には申しておりますけれども、ダウンスケーリングのテクニックがかなり進んで、例えば山あり谷ありというような状況でもって、地形を考慮したダウンスケーリングのやり方もかなり開発されているようでございますので、これまた今すぐお答えできないにしても、もうしばらくご猶予をいただければ、私みたいな年寄りとは別として、若い人がやってくれるだろうと期待しているところでございます。

内野 この10年、20年に頻発するかというと、ちょっとそこは答えられないというのが正直なところだと思います。先ほどの気候システムセンターの結果を見ますと、この10年、20年に極端に降水がふえているようなシミュレーションにはなっていませんでしたけれども、じゃあ今年みたいなのは起こらないかということ、起こってもおかしくはないわけですから、そこはなかなか難しい質問だと思います。

司会 ありがとうございます。非常に難しいんだということがしみじみわかりました。私も含めて素人で考えると、また今年、来年、起こるんじゃないのかとすぐに考えてしまうところがあるんですけども、どうも一筋縄ではいかないということがよくわかりました。

先ほど先生にこの冊子で1つ1つ説明していただきまして、こういうこともあったなと新しい知識を得ました。ありがとうございます。

その図表の31番、約100年後の海面水温の変化(夏)と書いてあるのを見ますと、気になるのは、日本列島の北海道のあたりに赤い色がつけてあります。北極海、南極の方にもありますけれども、一番問題なのは、今申しました日本列島の北のところに赤い印がついているのが、100年したら、日本で水面の温度が大分変わってくるんじゃないかという感じを素人として受けます。この図を作成された根拠はどういうものでございましょうか、素人の私たちに説明していただけたらありがたいと思います。

内野 今非常に重要なポイントを指摘されたんですけども、この結果は気象庁が出している地球温暖化のシミュレーション第5巻というのに既に出ています。その中で述べられているのは、このところは注意してくださいというふうになっています。だから、その

ままこうなるといふに、今のところ考えない方がいいのではないか。注意して取り扱ってくださいということですから、信頼性はそれほど大きくない。オホーツク海のところは、氷の溶け方とか、いろいろありまして、非常に難しい。そこはちょっと注意が必要だということです。答えになっていないかもしれませんが、それでも。

竹谷 宝塚の竹谷でございます。

神戸海洋気象台のグラフを見てまいりますと、雨がたくさん降るときは、ずっと降り続けるんじゃないかと、降ったら、あとは二、三年下降を示し、それでまた雨が降るといふ、目の子で見てまいりますと3年間ぐらいの周期を持っているような気がするんです。雨が降るとか、あるいは非常に降らないとかいふふうな周期の年度というものはあるわけでしょうか。

そうしますと、このグラフでは2000年度のところになると下がりっ放しになっておりますので、去年は降ったわけですが、ことしは雨が余り降らないというような予測ができるんじゃないかと素人なりに考えるんですが、いかがなものでしょうか。

内野 確かに数年周期のあれが出ていますけれども、ことしの予報は出ていましたか。

水津 神戸海洋気象台で予報官をしております水津といいます。よろしく申し上げます。

今のご質問ですけれども、確かに図から見れば、周期がとれるんですけれども、これはあくまでも現在までの統計でして、来年どうなるかというのは、なってみないとわかりません。4枚目を見られたと思いますが、連続して周期的になっているわけではありませぬので、やはり各年それぞれ異なった状態で周期を描くという形になって、その周期が何年になるかというのはちょっとわかりませんし、そのような根拠はちょっとありません。かいてみれば、なるなというぐらいです。

司会 私も、気象は素人でございますので、こういうグラフを拝見しますと、自分なりに勝手に、こんなトレンドなのかなと、服のファッションのように絵をかいたり線を引いたりして見がちなんですけれども、結局私たちが持っているのは、過去のデータしかないわけで、そこから統計的に、じゃあ将来をどう見るのかというのは非常に難しいんだなということを感じながら、今のやりとりを聞かせていただきました。

酒井 淡路の方から来ております酒井というものです。

私、80年間生きてきた中で、昨年雨による被害が最も大きかったように思っております。今まで、天気予報とかいふことについて、一般的にテレビによる情報を聞いておりますけれども、私らの若いときから、神戸海洋気象台の予報は淡路にとっては正確だぞと

というのはずっと耳にしてきておくことでありまして、天気予報をどういうぐあいだろうか
と名指して知りたいときの電話番号を教えていただけたらありがたいと思っております。

それから、今のメディアで、神戸海洋気象台発表とかというようなことが時々あるのですが、
そういうようなことを定期的に、例えばサンテレビとかで流してくださっているの
でしょうか。

その2点についてお伺いしたいと思います。

司会 主に広報的なところのご質問のようですが。

水津 今言われました電話番号については、これは公開されていまして、078 22
2 8915です。これが予報の現場です。ただし、ご存じのとおり注意報とか警報とか
- - 去年はすごかったんですけれども、台風23号なんかのときになりますと、作業で人手
がおりません。その場合は、留守番電話として、シャットアウトするといいますか、電話
を切りかえます。これは勘弁していただかないと、どうしようもないです。そうでなけれ
ば、天気相談所をつくって、人を張りつけねばなりません。こんな時世で、とてもそのよ
うな人員はとれませんので、一応切りかえてやっております。メッセージとしては全部出
ますので、そちらを利用していただくようになると思います。

それから、サンテレビさんはよくわかりませんが、テレビ関係については常時流してい
ます。NHKもそうなんですけれども、時間を決めて、毎日切りかえごとに、予報、警報、
すべて流しておりますので、時間を確認された上で利用していただければいいと思います。

それから、インターネットを使える方は、継続的にすぐ出ますので、そちらの方が速い
です。そちらを見られましたら、10分ぐらいですべて切りかわりますので、それを利用さ
れればいいのかと思います。

私たちも、数少ない人間でやっておりますので、いろいろふつつかな面はあると思いま
すけれども、よろしく願いいたします。

司会 ありがとうございます。

そろそろ時間も参りましたので、これをもちまして内野様のご講演を終わらせていただ
きたいと思っております。内野様、どうもありがとうございました。(拍手)

きょうは、気象について勉強しようということで、たかだか委員の25人が勉強するだけ
では余りにももったいな過ぎるということで、急遽公開というきょうのような形で開催さ
せていただきましたが、非常にたくさんの方と勉強を共有することができたんじゃないか
と思います。

最後に、武庫川流域委員会の方からのお知らせを何点かさせていただきます。

まず1点は、今週の3月10日に、第14回の武庫川流域委員会を予定しております。場所は西宮市民会館で、13時半からです。平日の昼間からという時間帯ですけれども、お時間のあります方、ぜひ足をお運びいただきたいと思います。

もう1つ、武庫川流域委員会では、本委員会ではなかなか突っ込んだ議論もできないんじゃないかということで、リバーミーティングというのを過去3回実施してきております。その4回目が、今月の終わり、3月26日、土曜日でございます。きょうチラシを入れさせていただいておりますが、場所は、同じく西宮市民会館で、13時半から予定しております。発言を予定されている方は、事前にリクエストしていただければ、優先的にマイクをお返しして、きょういただきました気象の話も含めて、突っ込んだ議論をできればよいなと思っております。こちらの方もぜひよろしく願います。

あと、きょうは大変たくさんのデータを両先生にお示しいただきました。スライドも盛りだくさんでございましたけれども、インターネットをお使いになれる方でしたら、気象庁のホームページ、それから環境省、あと、後半のお話にも出ておりましたが、国立環境研究所の方で、地球温暖化の市民生活への影響調査成果報告書というようなものも発表されております。インターネットで簡単に見ることができるようになっておりますので、そういったものにも目を通して、勉強を続けていきたいと思っておりますので、少しご紹介させていただきました。

本日の予定は以上でございます。

最後に、閉会のあいさつといたしまして、県土整備部土木局長の原口様より一言ごあいさつをいただきたいと思います。

原口局長 ただいまご紹介をいただきました兵庫県県土整備部土木局長の原口でございます。

きょうは、第1回の川づくり講演会ということで、大勢の皆様方にお集まりいただきましてありがとうございました。終わりにあたりまして、一言お礼を申し上げたいと存じます。

ただいまは、京都大学名誉教授の山元先生、そして神戸海洋気象台の内野台長様から、気象学の専門的な立場、そして気象業務と申しますか、そういった専門業務の観点から、大変貴重なご講演を賜りました。我々聞かせていただいております者は、冒頭に松本委員長の方からもお話がございましたように、川づくりに関心を持っていると申しますか、か

かわりを持っている者が大半かと存じますが、将来の川づくりをしていく上で欠かせないのが、気象条件の変化をどう見ていくのかということでございます。特に武庫川につきましては、これまで何回も災害を受けておりますし、下流域では非常に大きな都市圏を沿川に抱えているということで、その川づくり、治水対策の検討につきましては、慎重が上にも慎重に議論を進めていく必要があるというふうに考えております。

そんな中で、これからの気象がどうなるんだろうか、計画の対象にすべき降雨でありますとか、あるいは基本高水、降水量、こういったものをどういうふうに想定をしたらいいのか、今流域委員会の方で真剣に議論していただいているところでございまして、そういったことに何とか役立つような知識、知恵を学びたいということで、きょう聞かせていただいたわけでございます。

短時間の降雨、強度の強い雨の回数がふえているとか、温暖化によって気温が上昇していて、それに伴って降雨量の変動が大きいということは学んだわけでございますが、いわゆる実学として、それを川づくりにいかに生かしていけるかはなかなか難しい課題だなと私も感じたところでございます。そういったことにつきましては、実学といいますか、河川工学として、いろんな条件設定をしながら考えていかざるを得ないのかなという印象を持ったところでございます。

いずれにしましても、きょう賜りましたお話を参考にさせていただきながら、これからの川づくりの議論をさらに深めてまいりたいと考えております。

本日大変貴重なお話を賜りました両先生に改めてお礼を申し上げまして、終わりにあたりましてのごあいさつとさせていただきます。

本日はどうもありがとうございました。(拍手)

司会 どうもありがとうございました。

最後に、大変お忙しい中講演をしていただきました山元先生、内野台長に、もう一度拍手をお送りしたいと思います。先生方、どうもありがとうございました。(拍手)

以上をもちまして、第1回の川づくり講演会を終了させていただきます。皆様方にはどうもありがとうございました。