

第 8 回武庫川リバーミーティング

議事録

日時 平成 17 年 10 月 17 日 (月) 13 : 00 ~ 16 : 45

場所 神戸市教育会館

司会（中川） それでは、定刻が参っておりますので、ただいまより第8回リバーミーティング特別企画公開勉強会といたしまして、森林の保水機能（緑のダム）についての勉強会を始めさせていただきます。

本日の司会は、武庫川流域委員会の委員であります私、中川芳江が務めさせていただきます。最後までどうぞよろしくお願いいたします。

それでは、早速でございますが、この勉強会を主催させていただいております武庫川流域委員会の委員長、松本誠より一言ごあいさつを申し上げます。よろしくお願いいたします。

松本委員長 武庫川流域委員会の委員長をしております松本でございます。

きょうは、お忙しい中、たくさんの方にご出席いただきまして、大変ありがとうございます。本日の公開勉強会を開催するにあたり、ごあいさつを兼ねて、武庫川流域委員会が一体何をやっているのか、そしてきょうの勉強会がどのような位置づけになっているのかを簡単にお話をさせていただきます。

武庫川流域委員会は、昨年3月に発足いたしました兵庫県知事の諮問機関でございます。武庫川は、二十数年前に旧計画の中で武庫川渓谷に武庫川ダムを建設するという河川の整備計画を策定して今日に至っておりますが、その間、ダムの建設をめぐる流域の住民の方々と行政との間でさまざまな確執を経て、二十数年間事業は進まないまま来ました。一方、川づくりに関しましては、新しい発想で環境要素を重視して、住民参加で新しい河川計画を立てるのだということが、1997年の河川法の大改正によって新しくスタートしたわけでございます。

こんな中で、5年前に兵庫県は、旧来の計画をゼロベースから見直して、住民参加で新しい川づくりを白紙の段階から計画を立案しようということで、紆余曲折を経て昨年発足したのが本委員会でございます。私たち25名の委員は、この1年半、既に26回に及ぶ本委員会、運営委員会等々入れますと90回を超えるような会議を重ねながら、河川整備の基本方針、そして整備計画の策定を進めております。先月14日に開きました委員会で、ようやく河川整備の基本方針となる基本高水を、2つのベースを設定して、いよいよ今月から総合治水対策の検討に入りました。

総合治水対策といいますのは、言葉で言えば、川の中だけで考えるのではなくて、治水を流域全体で考えようということでございます。言葉としては随分前から使われてきましたが、流域全体で河川の治水を考えるということはなかなか進んでおりません。まだまだ

模索中の段階であります。私たち武庫川流域委員会では、河川整備の基本を総合治水にしっかりと目を据えて計画を立てようというふうに取り組んでおります。総合治水の中で極めて重要なのは、流域の対策でございます。流域の対策というのは、洪水を起こすような大きな雨が降った場合に、河川に流入する雨水をどのようにして流域で減らすか、そして河川の負担を軽減させていくか、このようなことの可能性を追求するものであります。

1つの柱は、流域の最大面積を占めております森林の保水機能や流出抑制効果をどのように見るかということであり、2つ目の柱は、流域でどのような貯留・ピーク時の水をため込む方法があるのかということであり、いま私たちは、そうした具体的課題を日々検討しておりますが、本日は、その中でも森林の持つ機能、保水機能に関しての勉強をしたいと思います。森林が、大雨、大洪水の場合にどれほどの機能を持つのかということは、近年緑のダムというふうな呼び方で脚光を浴びて、大論争が起きております。私たちは、本当に大洪水のときに効果があるのかどうかということを確認しなければ、流域対策というものを策定できない、数字的に詰められないというジレンマに陥っております。

本日は、この緑のダム、森林の保水機能について大変ご造詣の深いお二人の先生をお招きしました。お二人の先生は、いずれも昨年12月に発行されました「緑のダム」と題した本を執筆された方々でございます。この緑のダムの機能が、本当に私たちの求めるような効果と期待にこたえられるのかどうかを、きょうは、實先生は工学的立場から、蔵治先生は農学的立場から、必ずしもそのように分けるわけにはいきませんが、どちらかと言えばそういうお立場から、私たちのこの課題に適切なご助言をいただき、きょうご参加の流域の住民の皆様、流域の自治体の関係者の皆様と一緒に、新しい川づくりへの視点を共有していきたいと思って、今回の勉強会としました。

ひとつよろしく願いいたしまして、あいさつに代えさせていただきます。ありがとうございました。（拍手）

司会 ただいま流域委員会の委員長から話がありましたように、武庫川の流域の中でも、森林は非常に大きな面積を占めております。その武庫川流域の特性を踏まえて、本日ぜひお話を賜りたいということから、両先生には、海外出張など大変ご多忙な中、時間を割いていただきまして、10月8日の朝早くから夕方まで一日かけて、流域の山、川を見ていただいております。

本日は、この流域の特性、もう一度繰り返しますと、甲武橋を基点にしたときの流域面

積約 500 平方キロのうち、約 6 割は森林が占めておりまして、6 割を 10 としたときに、その 8 割が天然林というのがこの武庫川の状況でございます。それを踏まえた上で、私たちがどのように計画に反映させるべきなのか、その手がかりをぜひ両先生から賜りたいというふうに考えております。

それでは、本日の進め方を申し上げておきたいと思えます。

本日、時間も限られておりますので、まず初めに寶先生から 60 分ほどお話を賜りたいと思えます。その後、10 分休憩を入れさせていただきまして、蔵治先生から 60 分お話を賜りたいと思えます。蔵治先生のお話の後、両先生のお話を踏まえて、質疑応答に入らせていただきたいと思えます。最終 16 時半までの予定で進めさせていただこうと思えます。

それでは、初めにお話をちょうだいいたします寶先生のプロフィールを私の方からご紹介させていただきます。お手元の資料にも書かせていただいておりますが、寶先生は、京都大学工学部工学研究科をご卒業後、岐阜大学、京都大学を経て、現在京都大学防災研究所の教授、そして副所長を務めていらっしゃいます。

「水循環と流域環境」といった著書もございまして、工学の視点から森林について大変造詣が深くていらっしゃいます。

それでは、寶先生のお話を賜りたいと思えます。寶先生、よろしく願いいたします。

寶 ご紹介ありがとうございました。寶と申します。

私は、昭和 46 年から 50 年ぐらいまで、西宮の夙川に住んでいたことがあります。出身は滋賀県なんですけれども、父親の仕事の関係で、近畿地方をあちこち動いておりまして、夙川に、中学 3 年の終わりから大学 1 年までいました。高校は、県立西宮北高校です。ひょっとしたらこの中にご存じの方がおられるかもしれません。中学校は大社中学校というところです。その後西宮からは離れているわけなんですけれども、同級生もたくさんおりますし、こちらの方に来ると懐かしくて、震災の後も何回かこちらへは寄せていただいております。

きょうは、人工の貯水池と緑のダムというようなことでお話をさせていただきたいと思えます。お手元にお配りしておりますのは、先日 9 月 30 日に京都大学防災研究所の公開講座を行いましたときにお話したテキスト 9 ページを、そのままきょうの資料として流用させていただいた次第です。

きょう、1 時間ほどお時間をいただいておりますけれども、最初に、いろいろな貯水池ということで、ため池の話も含めて、簡単にさせていただきます。それから、先日の台風

14号、これはハリケーンカトリーナと同じぐらい、あるいはそれよりも規模が大きいかもしれないと言われた大型の台風で、しかもスピードがすごく遅くて、15km/時というような感じで、九州の南方に大変長く停滞して、宮崎県に3日ぐらいの間に1,300mmという大変な豪雨をもたらしたことはご存じのとおりだと思います。去年台風が10個も来て、台風10号でしたか、徳島県の方では1日に1,317mmというような日雨量の日本新記録を更新した事例もあったわけですが、宮崎県の方では、1,300mmが数日間かけて降って、北方町の役場が水つきになったというような映像もごらんになったかと思いますが、その台風14号のときの特に早明浦ダムの効果、ダムがからからになっておりましたので、それがどういうふうに効果があったんだろうかというところをちょっとご紹介したいと思っております。最後の部分は、私の専門の水文学 - - 天文学の天を水にかえて水文学というんですけれども、水文学の分野で、雨が降ったら、どれぐらい川に水が出てくるのかというようなモデルをつくっておきまして、我々のモデルは、一つ一つの斜面をモデル化するような細かなモデルですが、それを使った場合に100平方キロぐらいのダム流域がどれぐらいの雨水の貯留機能があるのかといったところをお話ししたいと思っております。

まず最初の部分の貯水池ですけれども、古くはため池ということで、人類始まって以来水をためるということは、家の庭の小規模なため池から、村全体、町全体のため池、あるいはもっと広い地域のためのため池と、いろいろなものがあります。それから、ダム。利水用のものもあれば、発電用のダムもありますし、洪水調節用のダムもあります。これらの幾つかの目的をあわせ持ったダムは、いわゆる多目的ダムです。仮に2つでも多目的ダムと言うわけですが、ダムは水をためられますので洪水を調節できますが、洪水を調節するためにはできるだけあけておいた方がいいですけれども、発電とか水利用のためにはなるべくためておいた方がいいということで、相入れない関係、こちらを立てればあちらが立たずということになります。トレードオフ関係などと言いますが、そこに多目的ダムの難しさがあります。それから、河口堰。これも、特に海岸域の環境問題にいろいろと問題があるわけです。

水をためるということですが、流域のどこに雨が降るかわからないわけですから、ダムが幾つかあったとしても、そこに雨が降らなければ、全然たまりません。けれども、流域に降った雨は川の出口には出てきますから、蒸発したりよその流域に出ていったりするのは別として、流域に降った雨は必ず河口でキャッチできるわけです。そういう意味では、かなり有効であります。しかし、洪水時はそこをあけて、海へ流すといったことをしない

といけませんし、逆に潮水の遡上を防止するというような効果においては、川と海との間を遮断するわけですから、海域への影響があります。そういったことは簡単にご想像いただけたと思いますし、いろいろご存じだろうと思います。

それから、遊水池。これはふだん水がたまっていないので、遊水地と書く場合が多いんですが、ここでは「いろいろな貯水池」と言っているものですから、わざと遊水池と書いております。ふだんは農地とか公園などで使っていますが、洪水の場合には水を一時的にためて、洪水のピークが去った後、そこからまた水を川へ戻してやるというような施設です。こういったいろいろな貯水池があるということは、既にご存じだろうと思います。

ため池といいましても、いろいろあります。1つは、台地池といって、割と山に近い方で、谷状の地形を利用して、そこをせきとめて、ため池にしているようなものもあります。また、平野部にためているため池、これを野池、あるいは皿池とも言うわけですが、こちらの場合は、谷のような地形を利用しないですから、多少小規模です。

今、全国のため池の数は20万ぐらいだろうと思います。1955年ぐらいの時点では、28万9,713というような統計がありますから、その後、1989年までの間に7万以上の貯水池が減っています。国土を開発する時期でしたので、ため池を農地にしたり宅地にしたりした関係で、特に平野部の小規模なため池がどんどん減っていきました。しかしながら、大きいものについては、ため池から水を受けられる面積 - - 受益面積がふえたりして、数は減ったけれども、ため池に依存する面積はふえたというようなことが言われております。2ha以上の配水面積を持つものと、6万8,000ほどあると言われております。

特に兵庫県はため池が多くて、日本一ため池が多い県であるということです。4万4,000余りのため池があって、そのうちの半分以上が淡路島です。そのほか、瀬戸内沿岸の広島県、香川県、山口県、大阪府ということですが、兵庫県よりもはるかに少なく、広島県でも2万4,000ぐらいしかありません。こういうため池の状況があります。

ため池は、もともとは利水ということで、農業用に水をためる、あるいは自分たちで水を飲むためにためておく、あるいは食糧生産、魚を養殖して食糧にする、これも食糧生産の一つですが、生活用水に使うというのがもともとだっただろうと思います。さらに近年では、環境保全の機能もあるだろうということで、たまっている水が地下へ浸透して行って、地下水の涵養もできる。また、水質保全にも役に立つ。あるいは最近では、湿地帯を水質保全のために使うということで、川を流れている少々汚い水でも、湿地帯へ流し込んでやって、そこにいる微生物とか動植物によって浄化するというような効果もあると。湿地

帯を水質保全に使っているような事例は、日本でもやっておりますが、海外でも、オーストラリア、ニュージーランド、あるいはマレーシアなどで、そういう取り組みを始めております。

また、水面があると、その周りの気候が緩和される。さらには、生態系保全。中には、ため池に外来種を放り込んだり、この間も琵琶湖でピラニアがとれたというような話がありまして、おちおち水泳もできないなという気がしますが、ああいったものがため池に放流されることになると大変困るわけです。

それから、防災機能としては、洪水調節の機能もあるのではないかと。もともと利水用ですから、そんなに容量はないんですけども、ちょっとした水はためられるということで、洪水調節とか、防火用水、これは昔から使われていると思います。

あと、親水空間。水辺景観として好ましいとか、アメニティーの形成。アメニティーというのは、快適な空間、安全、安心で、かつ快適である。安全、安心でも、快適でない空間もあるわけですけども、アメニティーというのは、快適な空間と。そこでレクリエーションもできるし、ため池にいろんな人がかかわって、そのため池にかかわるコミュニティができるというような効果もあると。また、満濃池とか狭山池とか古いため池になりますと、文化遺産的な価値もある。学習、教育の場にもなり得る。本来の利水効果以外にこういった機能がありまして、内田先生の「日本のため池」というような本にまとめられております。

この図は、ため池あるいは貯水池がいつごろからつくられているかという話です。縦軸がダム、ため池の数で、横軸が総貯水容量です。明治より前に既に1万七、八千の貯水池があったと考えます。ダムも既にあったといいますが、日本の河川法では、堤体が15m以上ある場合をダム、それより低い場合は、堰と呼び分けています。海外では、低いものもダムと言っていますから、ダムが撤去されたという話も、聞いてみれば、かなり低いダム、堰が撤去されたという場合もあるわけです。

満濃池でも三十数mの堤体があって、ダムにカウントできますから、この定義に従いますと、江戸以前でも、15m以上のせきとめる構造のある、ダムに分類できるため池があるということになります。

ご存じのように、昭和20年代、30年代、40年代、大型のダムがどんどんできまして、総貯水容量は、100億m³から220億m³ぐらいに増大しました。いつつくられたかわからないというものも多数ありまして、日本全国で、二百何十億m³というふうなところを

覚えておいていただければと思います。

日本で、ダムに分類される堤体 15m以上の構造を持つダムは 2,704カ所、貯水容量は、全体で 200億m³ ぐらいあるということです。日本で一番大きなダムと言われているのが奥只見ダムで、その有効貯水容量は4億 5,800万m³ というデータがあります。一方、中国の三峡ダムは、今第2期が終わって、2009年でしたか、第3期工事が終わって完成しますと、393億m³ ですから、日本のダム全体の倍ぐらいのダムが、長江で建設されているわけです。それ以前は、アメリカのフーパーダム、367億m³ というのがあります。大陸河川と日本のような島国の河川とは規模が全然違うわけです。

先ほども申しましたように、ダム、貯水池としては、利水、発電、洪水、多目的ということで、多目的ダムの場合は、河川管理者とか異なる事業者が、建設費とか維持管理費を共同で負担するということがあります。負担率を目的ごとに割り振りするというので、コストアロケーション、アロケなどと言われます。

ダム事業も、日本の裁判のように20年も30年も40年もかかると、その間に事情が変わって、もう水は要らないということになります。水を得るためにコストアロケーションされていた事業者が撤退するということになると、その時点で計画が実施できなくなります。近畿地方でも、そういった状況があちこちで起こっています。

そのほか、ダムを観光資源として使ったり、レクリエーションができる、あるいは教育、学習の場、あるいは流木の貯留、砂も貯留できるわけです。一方で、ダムが砂で埋まってしまうのではないかというような話もあります。実際に天竜川筋では、あそこはすごい土砂の量ですから、80%、90%が埋まっているようなダムも中にはあります。実際には、死水域というのをつくって、ある程度の予測のもとに、影響しない範囲で砂をためるということをやっております。流木の貯留も、もしもダムがなければ、流木が下流に流れて、橋をせきとめて洪水氾濫を起こしたかもしれないということで、そういう機能もあるわけですが、こういったところは余り目を向けられないわけです。

きょうは、人工の貯水池と森林、いわゆる緑のダムとの対比ですので、森林の機能としてどういうものがあるかということです。ここに来ておられる皆さんは関心の高い方たちばかりですので、今さら言うまでもないと思いますが、念のために申しておきますと、生態系の機能、動植物が生まれ、育つ。遺伝子が保存される。物質循環機能として、エネルギー、水・物質の循環の場である。地球環境維持機能として、気候安定化、酸素供給、炭素固定ということで、特にアマゾンの流域は大変広い面積を持っていまして、地球の肺と

言われています。しかしながら、ここ二、三十年の間に物すごい森林伐採がされて、二酸化炭素を吸って酸素を出すというような機能が大幅に損なわれているというふうに言われています。森林がなくなったことによって、蒸散量が減ったために、アマゾン流域はかなり雨が減っているという話もあって、アマゾン川の水量が以前に比べて物すごく減っているというような話も聞いております。

治水機能。これがきょうのメインテーマになるんだらうと思いますが、洪水とか土砂流出を抑制する機能があるということで、森林を健全に守ることは、治水機能を大いに高めることである。これは感覚的にだれも疑わないところではありますが、きょうはその定量的な評価を試みようということです。

利水機能。水資源涵養、また表流水を浄化するというので、森林に降った雨がゆっくりと後になって出てくる。一気に水を流してしまわないで、しばらくためてくれて、我々がまた使える。山の渓流へ行きますと、きれいな冷たい水が飲める。表流水を浄化してくれるという機能があるわけです。

地域環境維持機能ということで、これもアメニティーとなりますが、自然に満ちた空間で、大変気持ちがいい。健康で快適な生活環境を提供してくれる。瓦とかコンクリート、アスファルトに覆われた町ではなくて、たくさんの緑があると、大変快適な生活環境となるということで、地域環境を維持してくれる機能がある。

レクリエーション機能。キャンプとか森林浴ができる、動植物がとれる、狩りもできるということです。

生産機能。これはもともと森林が持っていた大きな機能ですけれども、木材生産、食糧生産、ゴムとか油とか薬とかがつくれるという機能があったわけです。日本では生産機能がなかなか発揮できなくなっております。薪、燃料もこれに入っています。

森林は、こういう大変好ましい機能を持っているわけですが、一方では、花粉症とか、獣が出てくるとか、森へ行って毒キノコを食べて死んだとか、それは食べた者が悪いと言えば悪いんですけども。迷惑な害虫がいたり、猛獣がいたりといったところもなきにしもあらずですが、大体は良好な機能を持っていると言えると思います。

これは、蔵治先生の同僚でもあります東大の鈴木先生という方がかかれた図です。先ほど松本委員長の方からご紹介があった「緑のダム」の鈴木さんの文章にも載っている図で、彼からお借りしました。

場所によって雨の降り方が違うし、地質も違う。また、そこにどれだけの人が住んでい

るか、どれだけの産業があるかによって、水需要が違います。あと、防災水準。よく言われる何年確率の雨、あるいは洪水に対応するのかというような話があると思いますが、そういった水準をどの辺に置くのか、これも地域によって違いますから、こういったものに依存するわけです。

山林におきましては、まず土壌があります。林学の先生の図ですので、特に山腹斜面の土壌の物理性の評価ということで、浸透能 - - 降った雨がどういうふうに浸透できるかという能力をあらわすような指標。それから、保水容量。どれだけの水をためられるか。山腹斜面に雨が降りますと、しみ込んでいくわけですが、その表層がどれぐらいの厚さがあるかということが効いてきます。その中を水がどういうふうに流れるかということ、降った雨が表層の底の方を流れる場合もあれば、底までしみ込まずに、上の方は飽和して、下の方は、空気もまじりながら不飽和の状態です。浸透したり、いろんな流れ方をします。それから、モグラの穴とかヘビの穴とか、パイプみたいなところがあって、そのパイプの中を速く流れるというような話もあって、なかなか難しいんですが、そういう解析がだんだんできるようになってきました。

一方、森林は、1つは遮断ということで、雨が降ったときに、葉っぱで雨をキャッチして、地上へ落とさない。アメリカンフットボールで、ボールを投げて、相手方が途中でカットするのをインターセプトと言いますが、それと同じように、雨が地上に落ちる前に木の葉っぱ、あるいは枝が雨をキャッチしてしまう。それを遮断、インターセプションと言います。

蒸散というのは、ご存じのように土から水を吸って大気中へ返していくわけですが、葉っぱの量とか、どれぐらい木があるかといったことにもよります。

こういう土壌物理とか蒸発散を林学の先生方は、一つ一つのプロセス、要素過程などと言いますが - - をにらみながら、雨が降ったら、どうやって水が川に出てくるのか。森林水文学などと言いますが、そういった水文学的な流出解析をしたり、年間長いこと通じて流れの状況を見る流況解析などをして、ピーク流量とか濁水流量を調べるといったことをやっておられます。

こういう森林の立場から見たものと、実際の想定されているダム、あるいは既にあるダム - - ここで言っているダムというのは貯水池ですけども - - の調節機能との対比をして、緑のダムを評価してやろうということです。

従来よくやられているのは、森林とはげ山を比べるとか、森林と伐採の跡地を比べると

か、閉鎖林と間伐林の様子を比べるとか、針葉樹林と広葉樹林を比べるとかいったことをしつつ、緑のダムを評価するということをやっておられます。

今までお示ししたのが、いろんな貯水池、また、どういった視点で、森林とダムの機能を見るかということですが、これからは、9月初旬の台風14号の出水から見たダムの効果というのをお示ししたいと思います。

これは、9月30日の朝にインターネットから四国の各ダム - - 5つのメジャーな川があるわけですが - - の貯水量を見たものです。こういったものは毎日見られます。この日は、たまたま池田ダムのデータがまだ到着していなかったようですが、ほかのダムはデータが入っておりまして、早明浦ダムは98.5%です。8月の後半は、早明浦ダムは貯水率0%ということで、毎日のようにニュースが流れていたと思いますが、この台風で一気に回復したわけです。

これは、5月から8月末までの池田地点、早明浦ダムより下流ですけれども - - における自然流況とダムからの水の補給量です。このあたりまではほとんど補給しなかったわけですけれども、いよいよ水が足りなくなってきたので、補給し出して、それでも雨が全然降らなかったものから 1次、2次、3次と取水制限をかけて、その間にこれだけの水を補給したということです。

6月は空梅雨だったわけですけれども、7月になってからやっと降ってくれて、流況は回復したわけですが、もともとからからになっていたもので、この時点から、また2次取水制限、3次取水制限という形で補給をした。8月20日ごろ、また降りましたが、こんなふうな感じで、最終的には4次取水制限をかけて、いよいよ困ったなというところに、やっと台風が来たということです。赤線は、4次取水制限と同じ率を掛けたとした場合、どれぐらいの量が4次取水制限の流量になるかということをかいてあります。それぐらい厳しかったわけですが、それをしのげるぐらいの補給はできていたということを示しています。

早明浦ダムは、定点カメラで見えていますので、毎日ホームページで見ることができます。9月5日、雨が降る前はこんな状況だったわけです。

これは9月7日の9時、これは5日の9時で、2日の間に貯水位が58mまで上がりました。

これは、吉野川流域を宇宙から見た様子ですけれども、緑色のところが山林で、山林の割合は83.3%です。日本国土全体では66.7%が森林である。一方、フィンランドとかスウ

エーデンとか北欧の国ですと、ご存じのように7割近く、あるいは7割以上の森林面積を持っております。マレーシアですと、68%ぐらいです。それから、スイスとかドイツとかイギリスとかフランスとかいったところは、緑が多いんですけども、緑の農地が多いわけで、森林はかなりなくなっています。牧畜とか、小麦畑とか、ブドウ畑とか、農地として緑が広がっているというようなことです。

吉野川流域は、83.3%ですけども、ダム流域ですと、ほとんど100%、98%といった割合になろうかと思えます。

これは、吉野川流域の林種別森林面積の経年変化です。人工林は紫色で、現在は人工林の方が多。天然林、広葉樹は、全体の割合でいくと36%ぐらいで、あと、天然林の針葉樹の部分がこれぐらいということです。

水文をやっている者は、よくこういう絵をかきます。1雨降ったときに総量どれだけ降ったか。面積平均でどれぐらい降ったかというのを横軸にとって、縦軸にどれぐらい流量が出てきたかをとります。雨量の観測所の数が限られていますから。必ずしも完璧に雨を捕捉できるかどうかわからないところがありますし、流量も、洪水の流量計測は大変難しく、流出高を出すのは難しい面がありますが、ここでは、早明浦ダム地点の昭和57年から平成9年までの洪水、平成10年以後の主要な洪水を赤でかいています。

平成16年の台風10号は、先ほど徳島の方で1,317mmの日雨量があったと言いましたけれども、早明浦ダムの流域面積平均では700mmを超えるぐらいでしょうか。あと、台風16号、21号、23号と。23号では、兵庫県では、円山川が物すごい被害を受けました。播磨の方でも被害があったと思いますが、そのときは420mmぐらいです。台風14号は、800mm近く降ったと思います。

これはそのときのハイエトグラフ、雨量の図です。早明浦ダムの中に入ってきた流入量が白丸のプロットで、流出モデルで計算したモデルが黒線です。早明浦ダムの放流量はこれです。流入が白丸で、放流は黒丸ですから、この差がどんどんためていったということになります。

ここにRsaと書いてありますが、ご存じの方もたくさんおられると思いますけれども、ご存じのない方のために申し上げますと、降った雨が全部出てくる、例えば100mm降ったものが100mm出てくると45度の線になるわけですけども、200mm降っても、百何十mmしか出てこない、400mm降っても、三百何十mmしか出てこない、こちら側にシフトした線はそういうことになりますが、そういうずれている分は、何らかの形で流域にためられ

たか、あるいはどこかへ行ってしまった水ということになります。ある程度までは水が損失して、ある程度降ってしまうと、100%出てくるのと同じように出てくるということになるわけです。もともと R_{sa} はそういう意味ではなかったのですが、近似的にそれを R_{sa} と呼んで降雨の損失や貯留の指標としています。sa というのは、サチュレーション - - 飽和という意味、R はレインフォールですから、飽和雨量などと言います。飽和した後はほとんど全部出てくる。飽和するまで何 mm 雨を要するかということで、ここでは 150mm ぐらいと言われております。

もしも森林がなければ、飽和雨量というのはなくて、今お示しした 45 度の線になるはずですが。もしもそういう状態であったとしたらどうなるかというのが、(次の図の) 緑の線です。森林があることによって、飽和雨量 150mm というものがある。そのおかげで、実際には黒線の流況で済んだという図です。もしも森林がなかったら、あるいは森林が十分に湿っていたら、つまりここに降る直前に 150mm 降っていたとしたら、緑の線になったはずですが。このときは、700mm、800mm 降ったわけですから、最初の 150mm ぐらいで、その効果がなくなって、150mm 以上降ったとき以後は、流量には余り影響しなくなって、緑の線と黒い線が重なってしまったということになるわけです。森林があったことによって流量が低減できた分は、緑の線と黒い線の差の部分ということを示しています。

早明浦ダムは、もっと左手の上流にあります。このとき、その下流で実際に氾濫したところは、川沿いの赤の区域です。もしもダムがなかったとすれば、緑のところまで氾濫したであろうと計算されています。これは国土交通省が計算したもので、私がやったわけではありません。

もしもダムがなければ、浸水面積は 850ha だったであろうと。ところが、実際ダムがあったので、210ha で済んだということですが、ダムがあっても、あれだけ流域がからからでなかったら、もうちょっとこれは上がっていたはずですが。本当にかからからだったので、これだけで済んだわけです。もしもダムがなくて、緑のところは全部つかったとすれば、浸水家屋数は 2,140 戸になったであろうと。実績は 30 戸ぐらいで済んだという話であります。

これはさきに申しましたけれども、(早明浦ダムの貯水位が) 58m 上がったと。ここは、洪水調節容量が 9,000 万 m^3 、利水容量が 1 億 7,300 万 m^3 、発電容量が 2,600 万 m^3 で、発電容量を除いて、これが満杯ならば 100% です。テレビ等で 0% と言っていたのは、ここまでということで、実際 0% でも、ここに発電用の水がたまっていますから、発電用の水から数えて、100% までの間で何% かと。実際には発電容量からも水を補給し出してい

ましたから、マイナス何%かまでいっていたはずですが。丸々 100%分の 2億 6,000 万 m³ プラスちょっと、それだけの受けとめるキャパシティーがあったわけです。

雨が降り終わった時点では 338mまで来たということで、このときにためた分は 2億 4,800 万 m³、奥只見ダムの半分ぐらいの容量です。しかし、その前に雨がじゃんじゃん降っていれば、洪水調節容量としては 9,000 万 m³ しか考えていない。たまたまここがからからであったおかげで、9,000 万 m³ の倍以上の水をためられたと。それに加えて、森林もからからでしたから、森林にも大分水がたまったはずで、森林のおかげとたまたまここは大湧水だったおかげで、台風 14 号の被害はこれぐらいで済んだということです。

先ほどと同じ図です。実績流入量と実績放流量で、この差がどんどんためていった分です。ためていったおかげで、ダムの水位が 58m上がったということです。

実際、池田の井川町の地点では、1 m ぐらいの水位低下効果があったということです。何だ、1 m ぐらいかというようなものですがけれども、ほかの地点では 2.7m ですから、もしもダムがなかったら、ここまで来ていただろうということで、浸水戸数がかなりふえたはずだといえます。

そのときの出水の状況です。池田の水位観測所ですけれども、警戒水位をいつ超えたか、危険水位をいつ突破したか、とにかく危ない状態だったことは確かで、何とか難を逃れたわけです。

そんなふうな実例があるわけですが、これから我々のやった内容をお示ししたいと思っています。

私たちは、流出モデルで、山腹斜面一つ一つを考慮したような計算ができるようになってきました。モデルは前から持っていましたが、計算機のスピードがなかったものですから、同じようなモデルをつくっても、10 日以上も計算にかかるとか、何回も繰り返しシミュレーションしようとしてもできなかったわけです。最近は、高速の今のパソコンレベルでも、数時間で計算できるようになってきています。そんなことで、洪水時の山腹斜面の洪水調節機能を何とか定量的に評価することができるようになってきました。

「山に木を植えたら全て解決」、あるいは「緑のダムが実現できれば大丈夫」と、そういうふうな感覚的というか、情緒的な議論がありますけれども、そうではなくて、科学的な知見に基づいた治水論、流域計画論の展開に貢献したいと思ってやっているわけです。

これは、先ほど申しました森林のいろいろな機能ですので、省略いたします。

科学者のコミュニティー、日本学術会議というのがありますけれども、そこに諮問があ

って、「地球環境・人間生活にかかわる農業および森林の多面的な機能の評価について」という答申が4年前に出ております。その中に、緑のダムについて書いてあるところがあります。先ほど私が言った水源涵養機能は、狭い意味、利水の意味で使いましたが、ここでは、洪水緩和機能、水資源貯留機能、水質浄化機能といったものをあわせて、治水、利水、環境面での機能を含めて水源涵養機能と言っています、それが緑のダムに相当するというふうな記述があります。その中の文章を見ますと、「しかし、森林整備だけで、洪水を抑え、水源を確保することはできません」と。森林、あるいは山腹土壌というのは、スポンジのように水を吸ってくれますけれども、森林というスポンジがあっただけではだめだというふうなことを言っています。

洪水緩和機能の限界というふうなことで、「大洪水時には、すでに、初期の降雨が土壌中に充満しているため、ピーク流量の低減効果は大きくは期待できません」と。先ほど早明浦の例で、緑のハイドログラフと黒のハイドログラフが、ピークの方では緑の線が出てなくて、緑と黒い線が重なってしまいましたが、それに相当するわけです。

「森林は、中小洪水においては洪水緩和機能を発揮しますが、大洪水においては顕著な効果は期待できません」と。こういうことが既に4年前に書かれています。

先ほどの図に戻りますと、雨が150mmとか200mmぐらいでやんでいたら、もちろん効果はありましたが、緑の線と黒い線は、縦に見てやると結構離れていて、ここまでですと、ピークは1,000m³/sとかそれぐらい違う可能性があります。この辺でやんでいけば、緑の線と黒い線は差があって、森林の効果があったと言えるわけですが、600mmも700mmも降りますと、ピークには、緑と黒い線の差がもう出てこない。そういったことが書いてあります。ただ、この文章だけを見ても、ああそうだろうなと思うだけで、実例がないと、なかなか理解できません。

きょうは、緑のダムに否定的な意見ばかり紹介して申しわけないんですが、もう退官されましたけれども、筑波大学の榎根先生が、「緑のダムという俗説が流布している。しかし実際は、森林は蒸発散の作用で大気中へ水を余分に失わせるので……、ダムのように水を貯める機能はない。水源涵養機能からは、緑のフライパンである」とおっしゃっています。きょうお配りしたレジユメの参考文献のところに榎根先生の文献を挙げておりますので、読んでいただいたら、これと同じ文章が載っています。また、「森林ではなく山腹土壌が重要である。山腹土壌を守れば、水源涵養機能は保てる」と。先ほどヨーロッパの森林の割合は、30%とかそれ以下というようなことをお示ししましたが、向こうはなだらかです

し、物すごく安定している地形ですし、しかも雨が少ないわけですから、雨が降っても、農地がそんなに流亡しないわけです。ところが、日本のように強い雨が降る場合は、これはちょっと言えないんじゃないかと思います。木があって、その木の樹冠が強い雨をやわらげてくれて、それが山腹土壤に落ちて、山腹土壤が守られるということですから、ゴルフ場みたいな山ばかりにしてしまうと、日本のように大雨が降ると、やっぱりもたないのではないかと思います。ヨーロッパのような、あるいはアメリカ大陸のような山地ですと、これは言えるでしょうが、日本ではここまでは言い切れないんじゃないかという気がしております。その辺は蔵治さんの方がお詳しいわけですが。

森林水文学ということで、1930年代、あるいはそれ以上前からやられている試験地、あるいは演習林といったところでの研究は、何ヘクタールとかいう試験地レベル、あるいは斜面レベルの話が多くて、ダムと比較しようとしても、比較できにくかったわけです。対象とするのは100平方キロとか200平方キロですから、そういった全体と人工の貯水池との比較ができていなかったということがあります。

また、中小洪水時の観測データで議論していると。東大愛知演習林、これは蔵治さんのところですが、2000年の東海豪雨のときは、24時間で五百数十mm雨が降りました。名古屋の日雨量は424mmです。それまで100年間、250mmぐらいしか最大日雨量がなかったのに、1日で424mm、一番多い24時間を見ますと560mm以上降ったんですが、そのとき、名古屋の東の東大愛知演習林では何mm降ったか、私存じ上げていませんが、近くの矢作川でも500mmぐらい降ったと聞いておりますので、かなり降ったと思います。

量水堰がいくつかある中で、1つだけ流量観測ができたということを知っております。洪水のデータをとるとというのは、なかなか難しい。実際の川でも、危険ですし、しかも流れが速いですし、洪水の流量を正確にとらえるというのはなかなか難しい技術です。今も10%ぐらいの誤差は優にあるはずですよ。

流域全体に豊かな表層を持つ山腹斜面を想定するというので、流域のモデルを構築するときに斜面の勾配というのが必要ですから、DEM、デジタル・エレベーション・モデル - 数値標高モデル、あるいは数値標高データとして、今国土地理院から50m間隔の標高の値が出ていますから、その50m間隔の標高の値をプロットしてやると、こんなふうな感じで図示できます。

A地点と50m間隔のその周りの8地点を比べて、A地点からどっち向けて水が流れるだろうかという最急勾配方向に追跡してやる。それを落水線と言いますが、それを私がやっ

た流域で描くと、こういうふうになります。250mメッシュで描くとこうなるわけです。50mメッシュでやると真っ黒になってしまいますので、ここでは250mメッシュのものを参考のためにお示ししています。

これは、どちら方向に流れているかというのを、色の明暗をつけて、コントラストで示しています。こういうふうに流域の地形が把握できております。雨量観測所は、ここは残念ながら3つしかないの、ここの地点から一番近いところはどっちかなということで、ここの地点ですとこっちになりますし、ここの線を超えるとこっちということです。結局これは、よくやられるティーセン分割 - - 2点間を垂直二等分線を引いてやるとたくさんポリゴンができますので、ティーセンポリゴンで面積の重みづけをして、これ掛けるこの面積の割合というような形で流域平均雨量を出しますが、それと同じやり方になります。

斜面の水理学的なモデルですが、これは省略します。

今は、河道の情報も国土数値情報とかそういったもので得られますし、先ほどの標高データが50mメッシュで得られるということで、河道の情報と標高の情報が出ますから、その1個1個を追跡することができるわけです。その1つの要素は山腹斜面の表層、それからこれは期間ですが、そこに雨が降って、降った雨が流れていく。ある程度流れると表面流が出てくる。こんなふうなモデルをそれぞれについて考えています。

その斜面の部分をぎゅっと押し詰めて、土の部分ばかりにしてやる。あとは空隙があるわけですが、それと、不飽和で流れる部分と飽和で流れる部分を考えて、飽和と不飽和の流れを両方統合して取り扱うような考え方で、モデルを構成しています。

50mごとに標高の値がわかっていますから、ここの面からどこの面へ水が流れていくのかを追跡していくわけです。50m×50mで、これを流域全体に展開してやるわけですが、100平方キロの流域では、ピクセルが、単純に計算すると4万個ですが、今我々の計算は4万42個で、これを一つ一つ計算します。

50m×50mのところを斜面とみなして、ここの斜面からこっちへ流れる。ここの斜面からこっちへ流れる。もちろん、上からは雨が降ってくる。ここに降った雨がここに流れる。このセルは、上流から入ってくる雨水と空から降ってくる雨水の両方が流れて、今度はこっちへ入ってくる。そんなふうなモデルで、4万個の斜面を追跡するわけです。

こういうモジュールをつくっていて、ある地点をクリックしてやりますと、その地点から上流の流域界が自動的に導けるようなモデルです。

一つ一つのセルについて、どれぐらいの雨がたまっているかという初期状態から、30時

間後にどれだけたまっているかという状態、それから 45 時間後、60 時間後と、はっきりと線が出ております。先ほどお示ししましたように、雨量観測所がこここここの辺しかないわけですから、このピーク的时候は、ここはたくさん雨が降っていたので、ここはたくさん水がたまっているという状況をあらわしています。実際にはこんなことはないと思いますが、モデルとしてはくっきりと線が分かれています。

要するに、我々のモデルは、時々刻々表面にどれだけの水がたまっているかということが解析できるモデルであるということです。こういうモデルですと、流域の任意の地点の流量が予測できるということになります。

表層の厚さ - - 1,000mm を想定したり、いろんなパラメーターをいじって計算すると、これは 170mm ぐらい降った地層ですけれども、まだ余り合っていない。前の方も余り合っていないので、パラメーターをちょっといじってやると、オーバーエスティメート(過大評価)してしまったということで、観測値がなかなか合わない。ここも、立ち上がりの部分が合っていないし、すその部分も合っていない。

こういうふうに、試行錯誤をして決めていくわけですけれども、ある程度やってやると、立ち上がり部分もぴったり合うし、ピークも合う。残念ながらここ(低減部)はまだ十分表現し切れていないんですが、立ち上がりとピークが合えば、まあまあいいかというようなことで、このパラメーターセットを使って計算するということにしています。

これが累加雨量の図です。雨がどんどん降っていくので、雨の波形に応じて、累加雨量がぎざぎざとして、雨がやんだら、それで終わり。170mm ぐらい雨が降ったと。表層にたまった雨の量はこれです。そのうち、不飽和の部分にたまったのはこれです。飽和の部分にたまっている分と不飽和の分がこれだけと。あと、これは累加の流出量です。降った雨がここに蓄えられて、おくれて出てくる。こういうふうな構造をこの図1枚であらわしています。したがって、この時点ではまだ貯留されていて、たまっている分が、モデル上はじわじわと後になって出てくる。これが洪水緩和機能というか、雨水貯留機能です。

そのモデルに対して 50 年確率の雨を 2 日雨量で与えます。2 日雨量で 360mm ぐらいが 50 年確率と言われておまして、それが(時間的に一様に)べたっと降ったとすると、ピーク流量は $210\text{m}^3 / \text{s}$ ぐらいになります。べたっと降るわけですから、直線的にふえて、雨がやんだら、こうなります。今度 100 年確率になりますと、雨が 420mm ぐらいになりますから、ピーク流量も、 $210\text{m}^3 / \text{s}$ だったのが $240\text{m}^3 / \text{s}$ ぐらいになります。150 年確率ですと、 $260\text{m}^3 / \text{s}$ を超えるぐらいになる。200 年確率ですと、 $275\text{m}^3 / \text{s}$ ぐら

いになるということで、ピークが上がっていくわけです。

実際には、こんなべたっと降らないわけで、今度は同じ量をこういう三角形に単純に分布させてやります。そうすると、先ほど矩形降雨だったときは $210\text{m}^3 / \text{s}$ ぐらいだったのが、雨の降り方が変わりますと、 $370 \sim 380\text{m}^3 / \text{s}$ にぐんとはね上がってしまいます。ですから、雨の降り方というのは物すごく重要である。同じ2日間に三百数十mm降ったとしても、こういうピークを持つと、流量の方もぐっとピークを持つ。もちろん、これは100平方キロの流域ですから、500平方キロですと、もうちょっとなだらかになると思います。

先ほど100年確率で $240\text{m}^3 / \text{s}$ 、200年確率で $280\text{m}^3 / \text{s}$ ぐらいだったのが、こういう降り方をすると、100年確率ですと $450\text{m}^3 / \text{s}$ ぐらいになりますし、200年確率ですと $500\text{m}^3 / \text{s}$ を超えてしまう。いかに雨の降り方、時間パターンが重要かということになります。これでも、時間雨量20mmぐらいしか考えていないわけですから、実際には50mmとか、地点ですと、時には100mmという雨も降るわけです。流域平均ですと、100mmというのはなかなか出ませんが、それにしても、流域平均で40~50mmはいくと思いますから、事態はもっとひどくなると思います。

もっと表層が厚ければ、当然ここの貯留量はふえます。この流出はもっとおくれるはずです。もっと流域面積が大きくなると、この流出はおくれてきます。そんなふうなことをこの図はあらわせるわけです。これを我々は、RRS図 - - レインフォール・ランオフ・ストレージと言いまして、貯留量の時間的変化と雨量・流量の関係を定量的に見ることが出来る基本的、一般的な表現方法です。今までこういう表現がされた図は多分ないと思います。

今我々は100平方キロなんですが、そこの流域に私たちのモデルを適用して、過去の洪水を再現してみると、表層厚は85cm、結構厚いですが、その中に空隙がありますから、空隙は20%ぐらいとして、170mmぐらいと推定されます。これは、高棹先生が言っている160mmとか、1960年代に由良川で120mmぐらいというふうな推定がされていますが、そういったものに近い値だと思っています。100平方キロの森林に17cmの表層空隙があれば、これは1,700万 m^3 に相当します。

これは、滋賀県の高時川の上流ですが、そこには丹生ダムの計画がありまして、今見直しをかけているところですが、この間までの計画では、治水容量が3,300万 m^3 だったわけです。先ほど17cmでは、1,700万 m^3 と言いましたから、その2倍ぐらいの洪水調節容量があります。ということは、先ほどの吉野川のように、もし流域がからからであ

れば、3,300万m³ プラス 1,700万m³、合計約 5,000万m³の貯水容量があるということになります。5,000万m³ですと 500mmですから、200年確率の2日雨量に相当します。ですから、もしもからからであれば、200年確率の2日雨量が来ても、緑のダムプラス人工のダムでキャッチできるということになります。

ところが、流域は十分に湿っていて、Rsa ゼロというような状況であれば、これは 330mm ぐらいの雨に相当するわけですから、50年確率2日雨量にも満たないということになります。

この人工ダムは、利水容量が1億トンぐらいありますので、1億 5,000万トンの総貯水量があるわけです。それを今見直そうとしているわけですが、もしも空っぽでしたら、100年確率級の雨を3回、いわば台風が3回立て続けに来ても、キャッチできる。けれども、緑のダムというのは、1,700万トンの容量しかないわけですから、緑のダムだけではそんなことは当然期待できないことになります。

以上、後半ちょっと省略して申しわけなかったんですけども、手入れが行き届いて、山腹斜面表層土層を健全に保持できるような良好な山林は、緑のダムとして大いに奨励されるべきで、これは疑いのないところではありますが、その限界を正視すべきである。ということで、今私たちはややこしい計算をしたけれども、そんなことをしなくても、17cmとか 10cm、20cm 掛ける流域面積、500平方キロだったら 500平方キロを掛けて、森林面積率、先ほどの話ですと 60%を掛けたら、粗々には計算できるわけです。私のものは全部が森として、なるべく緑のダムに有利な条件としてやって、1,700万トンしかないという話ですが、武庫川だったら武庫川で、私がやったような計算をしなくても、大体わかるわけです。

なぜこういうことをやっているかということ、4万個のピクセルを追跡するような詳細なモデルまでやって、時間的なずれがどうなるかもちゃんと見ることができて、皆さんにお示しした方が説得力があるのではないかということです。

人工ダムは、先ほど早明浦ダムで見たように、緑のダムの不足容量や限界を大いに補うことができます。当然、ダムというのは上流の方につくるわけですから、流域の面積の何分の1かにすぎない。ダム流域の外側に降ったら、防げないので、明らかに限界はありません。少雨が何カ月も続くと、早明浦では、5月、6月、7月、8月と4カ月も続いたわけですが、山林からの水供給は途絶えます。緑のダムは枯渇してしまっています。その後も水はまだ人工ダムにはたまっているわけですが、そういう人工ダムでさえ、もうからか

らになってしまうというような状況が起こるわけです。

人工の貯水池と緑のダム、それぞれ効用はありますし、かつ限界がありますので、その両者が相補い合いながらやっていくものであろうというふうに考えております。

以上でございます。(拍手)

司会 最新のご研究の成果も含めて、寶馨先生にお話をいただきました。寶馨先生、どうもありがとうございました。

ご質問等おありかと思いますが、両先生の話伺った後で質疑応答をさせていただきたいと思いますので、ただいまから10分ほど休憩をとらせていただきまして、蔵治光一郎先生のお話に入りたいと思います。

(休憩)

司会 再開させていただきます。

引き続きまして、お二人目の先生をご紹介申し上げます。蔵治光一郎先生でいらっしゃいます。東京大学大学院の講師をお務めです。お手元のプロフィールに書かせていただいておりますが、東京大学農学部林学科をご卒業後、大学院博士課程を修了され、東京大学助手、東京工業大学講師等をお務めの後、現在は東京大学愛知演習林で講師をなさっております。

森と水の間を自然科学、人文社会科学の両面から研究なさっております。冒頭委員長から紹介もありましたが、寶馨先生と同様に蔵治光一郎先生も、本日ロビーに並べております「緑のダム」を執筆された先生のお一人です。

それでは、蔵治光一郎先生、よろしくお願いいいたします。

蔵治 ご紹介ありがとうございました。皆さん、こんにちは。東大愛知演習林の蔵治光一郎と申します。今から1時間ほどお話しさせていただく機会をいただき、まことにありがとうございます。

私ども研究者も、かつては比較的殻に閉じこもって研究していた気配がありますが、最近非常に関心が高まってまいりまして、こうやって、流域委員会の皆様、あるいは行政の皆様、あるいは一般の方々も含めて、私どもの地道な研究成果を聞いていただける機会があるということは、私どもにとって大変ありがたいことですので、精いっぱい頑張りたいと思っております。

まず、先ほどの寶先生のお話を聞いて思ったことをごく簡単に申し上げますと、早明浦ダムのお話をされたんですけれども、あれは非常に運がよかったというお話だと思うんで

す。なぜかといいますと、大洪水、すごい大雨が降る直前に流域がからからに乾いていたということです。本来、多目的ダムというのは、洪水を防止する部分の貯水容量と湯水、水資源を供給する利水のための容量とは別にあるわけですけれども、たまたま今回の雨のときは、洪水の部分は空でしたし、利水の部分も完全に空だったということで、本来設計されていた洪水の防止機能に加えて、さらに効果を発揮したという事例だと思われれます。

東海豪雨という話も先ほど出ておりましたが、東海豪雨のときにも全く同じことが起きておりました。私、愛知県から参りましたけれども、愛知県に矢作川という川がありまして、矢作ダムというのが上流にあります。東海豪雨時、矢作ダムには設計で想定されていた計画高水の 1.5 倍ぐらいの水が流入しました。それほど異常な雨だったわけですけれども、そのときも、流域が非常に乾燥していて、矢作ダムの治水の部分プラス利水の容量に空の部分があったということで、空の部分を活用して、それでも矢作ダムは一番上についている非常用の洪水吐を全開して水を吐き出したんですけれども、何とか矢作ダムの一番上からオーバーフローするとか、ダムが決壊するとか、そういう事態は避けられたということで、流域が前もって乾燥しているかどうか、利水容量がどうだったかということに、ダムの機能はかなり影響されるんだなというのを 1 つ感想として思いました。

もう 1 つは、ことしの台風の例を出されましたが、武庫川流域で、700mm、800mm、1,000mm という雨が降れば、恐らく議論の余地もなく、大災害が起きることは明らかだと思います。ところが、武庫川は、それほど大きい雨が降るような特徴を持っていないということだと私は思っておりまして、参考までに調べてみましたら、例えば平成 16 年の台風のときの流域の平均雨量は 176mm、昭和 58 年の洪水のときが 206mm、記録がある中で最も大きい昭和 34 年の伊勢湾台風のときの流域平均雨量は 234mm ということになっております。雨の量だけ単純に比較すると、大洪水というよりも中小洪水というものが当てはまるというような雨の量になるわけで、そこが議論を難しくしているのではないかと思います。

例えば、600mm、700mm 降れば、森林の機能というのは相対的に非常に小さいものになってしまうだろうということは、私も全く異論はないわけですけれども、例えば 250mm とか 300mm とかという雨は、中途半端な雨でありまして、森林の機能が非常に小さいのか、それなりに残っているのか、微妙なあたりにあるということだと思います。ですから、きょうの議論の焦点は、武庫川で具体的に想定する雨のときに、それが無視できるほど小さくなるのか、それとも、小さいけれども、無視できないぐらいのものが残っているのかというあたりなんだろうと思いました。

きょうの勉強会のタイトルに「緑のダム」という言葉がついておりますけれども、もともと緑のダムという言葉は、今から40年ぐらい前につくられた言葉だというふうに私は思っております。正確な資料がないので、それより前に使った人がいるかどうかと言われても証拠がないのですけれども、いろんな文献を見る限り、どうも昭和40年ぐらいにつくられた言葉らしいと。私は、昭和40年生まれで、今39歳ですので、ちょうど40年前ということになりますけれども、当時東京オリンピックがありました。そのとき、大渇水になりました、とんでもない水不足が日本を襲ったわけです。水不足を何とかするために、例えば巨大な水路を掘らなければいけないとか、ダムをつくって水をためなければいけないというダムの利水機能の方の議論がありまして、森林が水をためるのが利水機能にとって大事ではないかということを経済省が宣伝しようと思ったらしくて、森が緑のダムであるということを出したようです。ですから、歴史的な経緯で言うと、緑のダム機能というのは、利水というか、水資源の方から始まっていたわけです。それが洪水の方にも、あるいは水質浄化といったような意味合いにも使われるようになってきたということだと思います。

先ほどから何度かお話が出ている「緑のダム」は、私は、ある問題意識があって、こういう本をつくってみようと思うに至ったわけです。緑のダムという言葉は非常に響きがいいので、なるほど森林は緑のダムだねというイメージとしては非常に伝わりやすいと思いますが、イメージだけなので、実態としてどうなのかというのは全然伝わらないのではないかと。日本では、私ども研究者は、緑のダムと言われているような森林の機能を100年間研究してきた歴史があります。ヨーロッパも含めれば、150年ぐらいの歴史が私どもの学問分野にありますけれども、今から70年ぐらい前に、研究者同士 - - 県の技術者と国の技術者が、当時いっぱいあったアカマツの森林が、渇水をひどくさせるのか回復するのかということで、すごい論争をしたという記録が残っています。そういう歴史があって、現在も緑のダムを最先端で研究している人が、若者も含めてたくさんいます。ただ、そういう実態研究みたいなものの成果が、一般の緑のダムという言葉に関心を持っていただける方にきちんと伝わっていないのではないかとこのように思いました。

例えば、武庫川流域委員会という合意形成を目指す場においても、そういうことが話題にのぼっているということであれば、私どもの今までの成果をぜひ参考にしてもらいたいと思ひまして、こういう本をつくったわけです。私がきょうここに呼んでいただいたのも、

この本があったおかげだと思いますので、考えた目的はそれなりに達成されているのではないかと、とてもうれしく思っております。

きょうの私の話題なんですけれども、先ほど實先生がとても丁寧に、森林にはいろんな機能があるということを説明されましたので、私がそういうことを説明する手間が省けたといえますか、そういうことを省略しても大丈夫だと思いますので、私としましては、きょう、「森林の保水機能」というタイトルが書いてありますので、保水ということに焦点を絞ってお話をしたい。それから、森林の緑のダム機能というのは、大まかに言うと3つに分けられていて、洪水を軽減する機能と濁水を緩和する、水資源を生み出す機能、さらに水質をよくする機能という3つですけれども、その中で、きょうは、あとの2つは省略して、森林が洪水を軽減する機能だけをお話しします。特に、武庫川流域委員会の企画ですので、武庫川流域という具体的な場においてどういう可能性があるのか、私なりに考えた結果についてもご紹介したいと思います。

きょうの「保水機能」というタイトルは、別に私がつけたわけではなくて、どなたかが考えられたんだと思いますが、保水という観点は、森林の機能に対する1つの見方でしかなくて、保水以外にもいろいろ考えなくてはいけないことはあると思います。ただ、もし保水ということを議論されたいのだったら、我々が常識的に思わなければいけないことは、森林の保水力というのは、大きいに決まっているということなんです。大きいというのは、コンクリートのダムと比べてどうだということではなくて、ほかの土地利用形態に比べてということです。それはなぜかというと、森林というのは、そもそも雨が非常に多い地域に存在する植物でして、雨が少ないところ、例えば砂漠とかには存在し得ないわけです。森林というのは、生きていくのに水が必要な植物だということです。そのために森林は、落ち葉を生産してみたり、無機質の土を有機物が入った土壌につくり変えたり、そこに水がいっぱい貯留できるような構造をつくって、そういう環境を利用してみずから生き延びていくという生物なわけです。その結果として、森林の保水力というのは当然大きくなるだろうと思われます。

上の世界地図は、植生指標といいまして、人工衛星から見て、どのくらいの森林が存在するのかというのを緑色であらわした図です。下の図は、同じ世界地図上に、年間どれくらいの降水量があるかというのを非常に単純に示した図です。上の図と下の図を見比べてみれば単純に理解できるように、森林が豊富にあるところは、日本なども含めて、下の図

の赤が濃いところに対応しているわけです。つまり、森林というのは、そもそも年降水量が多いようなところにしかない。水を大量に消費する森林は、そういうところで辛うじて生きていけるといいますか、雨が足りなければ、森林はできないということです。

森林というのは、みずから水をたくさん使うために水をためているというように私は思っておりまして、別に下流に水を流したいからためているわけではない、全く反対だというふうに思っていたきたい。

今説明しましたように、森林が大量の水を保水し、それを消費しているという科学的証拠は当然ございます。今概念的に説明したようなことを、科学者はいろんな実験によって、科学的にも正しいということをも念に証明していく作業をしてくれています。どういうふうに証拠を見つけるかということ、現場で非常に単純な実験をやります。

この実験は、山の中に入って、隣り合って流れている2つの川を探して、そこを試験地として決めて、その川の流量をしばらく観測します。観測した後、その2つの川の流域が全部森林で覆われていたとすると、片方の森林だけを全部切ってしまうわけです。こういうやり方を対照流域法と我々は呼んでいます。

それを絵であらわすと、こういうことになります。A、Bという2つの川が流れていて、そこが森林に覆われている状態で、水の量をはかる。その後、Bの方を全部木を切ってしまう。切ってしまった後も、ずっと水の量をはかり続けるということをやりますと、結果としてどういうことがわかったかといいますと、森林を切った方では、川の水が量がふえました。ほとんど全世界共通にそういうことになったと研究者としては理解しています。

こういう結果が出たのはどうしてかといいますと、後に書きましたように、水を消費した森林を我々は取り除いたので、これまで森林が消費していた水が川に出てきた。この図でいうと、今まで森林が、水を蒸発という形でどんどん消費していたのが、消費者がいなくなってしまったので、水は行き場がなくなって、川に行くしかないということになったわけです。

これは、実際にそういう実験をやっている東京大学の千葉の方にある演習林の中です。ここに1個川が流れていて、これは伐採した直後です。こちら側に見えるうっそうとした森林の中も、同じように川が1本流れております。ここは、伐採する前は、全く同じように森林で覆われていました。

これは、切った後、植林をした状態ですけれども、植林した木が成長していくとどう変わるかということ、研究者は地道に研究してくれています。

これが観測結果の一例ですけれども、横軸が時間の経過を示していきまして、目盛り1個で1年をあらわしています。2年半ぐらいの時間の経過とともに、川の水の量がどう変わったか、あるいは川の水の質がどう変わったかということ調べてわけです。ピンク色で帯をつくってあるところが、森林を伐採した期間になります。ピンク色よりも左側が、両方とも森林だった状態、右側が森林を伐採した後の状態で、赤でかいてあるBが森林がなくなった方です。

これを見ますと、水質にもいろいろな変化がありますが、きょうは水質はテーマではありませんので、水の量で見ますと、これはいわゆるハイドログラフといって、流量を縦軸にとっているグラフですが、森林を伐採する前は、AとBはそんなに大きな違いはなかったわけですけれども、切った後、明らかに赤の方が青より上に来ています。これは、森林を切った方の流量がふえたということを意味していて、その量は、年間の雨量で300mm相当であるということがわかりました。

こういう実験は世界じゅうで行われていきまして、それらをいろんな文献から拾ってきて整理をしてみると、こういう表になります。この表は、先ほど私が紹介した本の中にも載せておりますが、どう見るかということ、アメリカ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランド、南アフリカ、インド、台湾、マレーシア、日本と国の名前がありまして、それぞれいろんなタイプの実験をやっています。森林を全部切ってしまったところもありますし、一部しか切らないところ、あるいは、山火事が起きて、森林がなくなってしまったというのもあります。

1行目の上から下までバツが並んでいるところが、年間の水の量としてどれぐらいの差が出たかということの意味をしています。バツというのは、森林を切ったら、川の水がふえたと。つまり、森林があることによって水が少なくなっているということで、これを見ますと、ほとんどバツになっているわけです。世界じゅう共通してそういうことが証明されていると理解されます。

これは、森林を伐採すると川の水の量がどう変わるかというのをグラフにしたものですが、基本的には増加量しか書いていない。ここはゼロで、もし減少したらマイナスになるはずですが、マイナス側にプロットされている点は1カ所もありません。1個1個の点が、1個1個の実験をあらわしていきまして、世界のどこかで森林を全部切って、その影響を調べたということですが、その結果が例外なくゼロより大きい値をとることがわかりました。

そういった科学的な実験としてやった以外に、地元の方の話を聞く機会があります。日本では、皆さんご存じのように、今から40年ぐらい前にスギ、ヒノキを物すごくたくさん植えた時期がありまして、現在日本の森林の大体40%はスギ、ヒノキで覆われているわけですが、このスギ、ヒノキが成長していくにつれて、沢の水が昔に比べると少なくなつたというふうにおっしゃる方が非常に多いわけです。これは全国共通にあります。

皆さんは科学的な根拠とか何もわからずに、単に毎年自分の田んぼを耕して、沢を観察した経験として、どうも少なくなつた、なぜだろうというふうに思われていまして、それは、私ども研究者の解釈と全く一致しています。つまり、森林が水を消費するということと、スギ、ヒノキは常緑の針葉樹で、特徴的なのは水を大量に消費する種類だということです。

水を大量に消費する樹木というのは、世界じゅうに何種類かあって、そういう種類の樹木は非常に成長が早いんです。水を吸う力が強いと、ほかの植物との競争に勝てるわけで、ほかのものよりも早く成長できます。成長が非常に早いために、林業をやるという観点からは、非常にいい種類ということが言えます。逆に言えば、林業というのは、水消費型の産業なわけです。

オーストラリアとかインドとかで、ユーカリという植物を植えますけれども、なぜユーカリを植えるかという、ユーカリというのは物すごく成長が早くて、非常に強い。荒れ果てたところでも成長します。逆に言えば、水がないところでも、無理やり水を吸ってくるということで、実際ユーカリを植えると、地下水位が低下するとか、川の水が干涸するという問題が世界じゅうで起きています。こういう一連のことは、科学的な実験結果とも一致していますし、地元の方の経験的な法則とも一致していますし、世界じゅうで起きている問題とも一致しています。まずこういうものなんだということを知っていただきたいということです。

それを洪水軽減機能という立場から見るとどういふふうに見えるかという、水を大量に消費する森林というのは、それだけ洪水軽減能力が大きいと言っていいと思います。洪水軽減というのは、水を消費してもらった方がプラスに働くことは明らかだと思います。

日本の現状を見ると、今の日本の森林は、例えば、40年前、80年前と比べて、非常にいい状態にあります。なぜかといいますと、日本人が食糧をつくったり、暖房をするときに、電気とかガスとか石油とかいうものを使えるようになったのはせいぜいこの40年間ぐらいのことで、それより前は、我々は、基本的に近くの山から薪をとってきたわけです。森

林に入人が入って、そこからいろんなものを収奪していた時代があって、そのときには、森林というのは人の収奪に辛うじて耐えるような状態でしかなかったわけです。今日本では、森林に入る人、あるいは森林から物を奪ってくる人はいなくなってしまったので、樹木の成長するに任せている状態になります。

こういうふうに放置しておく、樹木がどんどん繁茂してきて、それに応じて、水消費量というのは大きくなってきていると考えられます。そのことは、洪水軽減という意味では非常に望ましいことで、水を大量に消費する森林が既にできているので、それを維持した方がいいということになるんだらうと思います。

それをモデル的にあらわした図がこういうものです。森林がない状態と森林がある状態、極端な比較になっていますが、どのように違うかといいますと、例えば、1つの雨というのは、その前と後は晴れているわけです。晴れている期間は、水は蒸発で失われていきます。

これは貯留されている水の量みたいなものをあらわしているとしますと、森林があった方がない状態よりも明らかに水を消費しているので、貯留量の減り方が激しいわけです。その後雨が降った場合に、この場合は、このときの貯留可能な量を超えて、上に出てきていますけれども、ここでは、森林が水を消費してしまっている分だけ余裕があって、この水をここに蓄えることができるということになります。その結果、洪水が起きない可能性があるという1つのモデル的な説明です。

以上のことから、森林がいかに水を消費する生物かということがわかっていただけだと思いますが、次に、消費というのは、どういうメカニズムで起きているのかということをも簡単に紹介したいと思います。

消費というのは、具体的には水が大気に蒸発していくという形になっています。蒸発していく中身として、2種類の現象があります。先ほど寶先生も少しコメントされましたが、その2つの現象は、遮断と言われているものと蒸散と言われているものです。

遮断と言われているものは、雨がぱらぱらと降ってきたときに、森林の中にいると雨宿りができるというのは皆さんわかると思いますが、なぜ雨宿りができるかといいましたら、降ってくる雨滴が上の葉っぱとか枝にぶつかって、一時的にここに貯留されているわけです。ですから、この下に雨粒が降ってこない、一時的に雨宿りができると。

ここに捕捉された雨粒はその後どうなってしまうかという、別に植物が葉っぱから水

を吸収するとかいうことはなくて、その水浸しになっているものが、雨がやんで晴れてくると、ここから直接蒸発していくことになります。ここに書きましたように、木の枝葉に捕捉され、地面に達することなく蒸発するということです。

もう1つの蒸散というのは、この段階を過ぎて、雨粒が地上に達して、地面にしみ込んで、根っこから吸い上げられ、水が木の幹の中を上を吸い上げられていく。葉っぱ1枚1枚が、穴ぼこみみたいなものがついていて、そこで光合成をしているわけですが、光合成をしているときに、同時に水をそこから蒸発させているという現象になっているわけです。

ですから、水を消費するメカニズムを考えるとときには、1と2を分けなければいけないということになりますが、これまでは、遮断量というのは、どんな量の雨が降っても一定の値としていることが多い。例えば、10mmの雨に対して5mmだったら、すごく大きいんですが、300mmの雨に対して5mmだったら、ほとんど無視できるというふうに考えて、無視されていたということだと思います。

ところが、最近の研究で、ことしの学会などでもかなり議論になっていましたが、遮断量というのは、そういうものではなくて、降ってくる雨の量に比例しているらしいと。つまり、かなり大きい雨が降ると、それに応じて遮断される量もふえるらしいということがわかってきました。そうしますと、いろんな違う雨に対して、同じ5mmとかいうことではなくて、例えば5%とか10%とかいう形になってきます。こういう形になってくると、これは無視できない可能性があるということが議論されています。

この辺の研究成果については、私が去年の12月に出版した本にはまだ書いていません。最新の研究成果ということになります。

具体的に、遮断量をはかってみようということを当然我々はやっています。例えば、これは72年生の非常にいいヒノキの林ですけれども、この林の遮断量がどれくらいかというのを知るためには、この林の中に雨量計みたいなものを20個ぐらい置いて、幹を伝って流れてくる水を全部ボトルで捕捉するという観測をします。これをやると、外に降ってくる雨が幾らで、中に到達した雨が幾らだから、差し引き幾らの雨が地表に到達しなかったということがわかるわけです。到達しなかったものは、全部遮断されて蒸発したということになります。

今お見せした写真の場所で測定した非常に大きな雨のときの遮断量は、こんなふうになりました。ここでは1996年に台風が立て続けに2個来て、このときの降水量が400mmを超えていたわけですけれども、そのときの遮断量は6~7%ぐらいのものがあったという

ことです。この何%という値は、森林の状態によってかなり変わってきて、森林がすかすかの状態になっていると、これよりももっと低いかもしれませんし、この写真の森林は非常にいい状態の森林なんですけれども、もっと悪い状態の真っ暗な森林とかになると、10%、15%とふえていく可能性があります。

また、重要なことは広葉樹と針葉樹に違いがあるということです。遮断量というのは、どれぐらいの雨滴を保持できるかということで大体決まっているということがわかっています。そうしますと、雨滴を保持できるのは葉っぱの表面ですから、表面積がどっちが大きいのかということが大事になります。そのときに、スギ、ヒノキというような針葉樹と広葉樹を比べると、針葉樹の方が表面積がはるかに大きいんです。皆さんの中には、スギの葉っぱをしげしげと眺めたことがある人はそんなにたくさんいないかもしれませんが、広葉樹の葉っぱというのは1枚1枚が大きいですから、広葉樹の方が大きいんじゃないかと思われるかもしれませんが、科学的に厳密に表面積を測定しますと、実はスギとかヒノキの方がはるかに大きいということがわかります。その結果として、樹冠遮断量というのはスギ、ヒノキの方が大きい。

さらに、落葉樹と広葉樹とを比べると、これもかなりの差が出るということです。落葉樹というのは、冬は葉っぱがついていませんので、水滴が保持できないけれども、常緑樹というのは、冬でも葉っぱがついているために、その分遮断ができるということになります。この2つの特徴がありますので、広葉樹と針葉樹、あるいは常緑樹と落葉樹に差が出てくるということがわかってきました。

もう1つの蒸散量については、余り研究が進んでいるとは言えません。私の表現もちょっとあいまいになっておりますけれども、例えば、スギ、ヒノキと広葉樹とを比べたときに、ここでは大きな差はないと書いています。じゃあ、小さな差はあるのかと言われると、なかなか難しいわけですが、それは今研究中という状態です。常緑樹というのは、冬でも葉っぱがついているじゃないかというんですけれども、冬は寒くて、空気も乾燥しているので、木が蒸散を抑制する形で、葉っぱにある気孔という穴を閉じるということがわかっています。ですから、遮断のときとは違って、冬でも、落葉樹との差は余り生じないのではないかということがわかってきています。

こう考えると、先ほど説明した森林の水消費については、蒸散の方は余り大きな差がないので、恐らく遮断の方に差が出てきて、その差が水消費量の差になると。差と言っているのは、スギ、ヒノキと広葉樹とか、そういう比較をしたときの差です。

これは、先ほどお見せしたのと全く同じグラフに、赤と青をかき加えたものですけれども、先ほど説明しましたように、木を切ってみたら、どれくらい水が量がふえたか、逆に言えば、縦軸は、森林がどれくらい水を消費しているかということを意味しています。三角印が針葉樹で、四角い黒が灌木林ですが、灌木林では、明らかに少な目に出ていて、針葉樹は多目に出ています。

横軸は、年雨量になっていて、200、1,000、2,000とありますけれども、年雨量がふえると、それに応じて森林が消費している水の量がふえていく傾向があることも、ここでは明瞭に出ています。例えば、2,000mm雨が降るような流域では、2,000mmのうち600mmぐらいの水が、森林によって消費されているということが、この図から読み取れるわけです。

洪水軽減機能という立場から見ますと、雨水の遮断量が大きく、その分地表に達する水の量を減らしていますので、洪水軽減に貢献しているだろうということになります。

3つ目の論点に移りたいと思います。雨滴による浸食という問題です。これについては、最近重要だということがわかってきました。雨滴による浸食というのは、具体的に言うと、雨粒が地表にぼとっと落ちてくるエネルギーで土を砕いていくということですが、こういうものは畑とかでは起こりますが、森林の中では、落ち葉とかがあって保護されているので起こらないんじゃないかと言われてきました。ところが、どうもそうではないらしいということが最近言われています。

これまでの理解としては、今私が説明したように、雨滴が落ちてきても、落ち葉なんかがあると保護されていて、水が中にうまく浸透する。そういうものがないと、土の粒が雨滴の衝撃によってつぶれて、膜状になって、浸透能が低下して、水がたまるようになって、それが流れていってしまう。森の中ではこういう状態で、畑の土ではこういう状態だと考えられてきたわけです。

ところが、人工林のスギ、ヒノキの林が、最近林業がうまくいかないということで、人手もないしやる気もないということで、間伐とか手入れがされずに放置されている例がありまして、そういうところでは非常に悪い状態の森林になっています。

これなどはちょっとひどいケースで、根っこがみんな露出しているのがわかります。もともと土の中に埋もれていたはずの根っこが露出しているということは、その分だけ土が流れ去ったということです。

これは、川辺川の上流で撮ってきたものですが、根っこがむき出しになっています。こ

うという問題は、全国のスギ、ヒノキの林で起きております。

これが一番ひどい写真で、ある本からとってきましたが、根っこだけで、その下の土が全部流れ去ってしまっているところがあります。

最近の研究で、こういうのは、雨滴のエネルギーで土壌表面の粒子が破壊されて、粒が細くなってしみ込みにくくなっている。浸透能が低下した状態で大雨が降ると、雨水が地表面を流れて、土壌を浸食しているらしいということがわかってきました。

つまり、最近の理解では、さきにお話ししたような現象は、非常に健全な森の中では起きるとしても、不健全な森の中ではそういうふうにならないで、こういう現象が起きてしまっているんだということです。

雨滴の浸食のときに考えなければいけない重要な問題は、外に降ってくる雨粒と森林の中に降ってくる雨粒の違いということです。外に降っている雨粒よりも、森林の中の雨粒の方が粒が大きくなります。一度葉っぱに貯留されたものがある程度集まってからぼたっと落ちるので、大きくなっていく。しかも、比較的高いところから落ちてくるので、かなりのエネルギーを持って地べたにぶつかるということです。

こういう浸食が森林の中で起こっているかどうかは、森林の中に入って、土壌を踏み荒らさずに注意深く観察すれば、わかります。スギの種や小石が上に載っている土の柱、これを土人形というふうにある人が呼んでおりましたので、私もこの言葉をこれから使おうと思っていますが、土人形がもし見つければ、ここでは間違いなく目詰まりと浸食が起きていて、土人形の高さを見れば、大体どれぐらい土壌が削られたかというのがわかるだろうというのが私の考えです。

土人形というのを具体的に説明しますと、こういうイメージです。スギの種がよくこういうふうになるんですが、森林の土があったときに、スギの種が載っかっていて、下に土の柱がある。あるいは、小石の場合もあります。

これはどういう現象かというと、森林の中で巨大化した雨滴がだっと落ちてきて、そこに小石とかスギの種があると、雨粒のエネルギーをこれが受けめるので、この下の土壌は守られるわけです。ところが、こういうすき間のところでは直接土壌にぶつかってしまうので、そこで砕いていって、水が浸透しなくなって、流れてきた水で土砂が流れて、浸食されていく。

これは、森の中にある極端な砂を写真に撮っていますけれども、ここでも土人形がいっぱい立っています。1個1個の柱の上に小さい石が載っているのがわかると思いますが、

こういう感じです。大体腕時計のスケールで、小石1個でもあれば、それで土人形の頭になるということがわかんと思います。

こういう極端な状態ではなくて、これは木曾ヒノキの天然林の中で撮った写真ですけども、この辺を見ると、石が載っかって、その下に土人形ができているところが見られません。

これも手入れの非常に悪い森林の中で撮ったもので、スギの種がここにあって、種の下に柱ができてしまっています。

これもそうで、こちら辺にスギの種が見えます。暗いところで写真を撮るのでうまく写らないんですが、拡大するとこういう感じで、ここに柱ができているのがわかんと思います。

これは超どアップになっていますが、1個はスギの種になっていて、この下に柱ができて、周りが全部浸食されているわけです。

最後に、実際に武庫川の森林を見せていただいたときに私が発見したのですが、人工林ではなくて、二次林の中でも、下層の常緑広葉樹を伐採するというのをやっています、それをやると、やはり土人形ができってしまう状況があるのかなとこのとき思いました。

今話を整理しますと、非常に健全な森林であれば、土人形の現象が起きなくて、土壌は守られていますけれども、不健全な状態に森林を置いておくと、ああいう現象が起きてしまうということが最近わかってきた。これは土砂の流出という点で非常にマイナスですし、洪水の防止という観点からも非常にマイナスになるだろうと思います。

森林が適切に管理され、林内に植物が生えていて、落ち葉がたまっていけば、それが地表面を保護する。保護されていけば、雨滴の衝撃から土壌を守り、土壌の流亡を防ぎ、水の浸透を促進させ、地表流を防ぐということです。

4番目の話になります。後から急遽追加して、皆さんのお手元にはない資料がありますが、ご容赦ください。若干締め切りが早かったものですから、ファイナルなものにできませんで、申しわけありません。

前半で、森林の洪水軽減機能の一部について詳しく説明しましたが、ほかのものも含めて全体像をお見せしますと、ここに書いてあるように整理されます。

まず、遮断量が非常に大きいということで、地表面に達する水量が減る。みずから水を消費するために、大量の水を貯留する構造を持っているので、大雨が降ったときの飽和するまでの雨量 - - 飽和雨量と言われているものが、その分だけ大きくなる。さらに、大雨

の前に乾燥が長く続いていると、それで貯留量が一段と大きくなる。2000年東海豪雨もそうですし、先ほどの早明浦ダムのケースもそうだろうと思います。

林内に生えている植物が地表面を保護していて、土壌流亡を防いでいる。とんでもない雨量の雨が降ってくれば、最終的にはすべてのものが飽和してしまうということですが、飽和するまでにどれくらい時間がかかるのかということで、その時間を少しでもおくらせられれば、洪水の軽減に寄与する。そういう機能を森林が持っている。あるいは、それが全部飽和した後、水がどう流れているのかということを考える必要があって、もし水がゆっくり流れていけば、ピーク流量を軽減することになるだろうということです。

それをイメージ的に極端に紹介しようとする、こういう絵になるのではないかと思います。横軸が時間の経過で、縦軸が河川の流量、いわゆるハイドログラフだと思っていただければいいわけですが、森林がないか、悪い状態であるのと森林がいい状態を比べると、どういう差があるか。

大きな違いは、洪水の直前の流量が、森林の方は少ない。つまり、森林が水を消費しているから、少ない分だけ雨が降り始めたときの立ち上がりの部分がタイミングが遅くなるということがあります。この部分で遮断の機能も入っていますし、土壌がからからになっている分だけ川へ流れ出してこないというのが、ここに入っています。その後、ピークに到達するまでの到達の仕方が緩やかになっていくということと、ピークになるまでの時間がこちらの時間に比べて余計にかかるということです。そういう機能が複合的に作用しますので、結果としてピークがある程度低くなるだろうということです。

これは非常に極端な絵で、観測事実でも何でもありませんので、誤解をしていただきたくはないんですが、例えば武庫川全体でこうなるだろうというのは必ずしも言えません。ピークが結果としてどのくらい低くなるのかというのは、流域面積とか森林の状態、洪水の想定する規模によってかなり違ってきます。こういう差は概念的にはあるとしても、これとこれの差が30%なのか、10%なのか、5%なのか、1%なのかというのは、一つ一つのケースを丹念に調べていかないとわからないということだと思います。

国土交通省の見解と今私が説明しているようなことと大分違いがあります。国土交通省の方針としては、流域治水というか、総合治水における流域対策というものを、概念としてはわかっても、数値的にはちょっと認められないんじゃないかという立場をとられています。私の考え方とちょっと違うところがあるんですけども、ここは時間の関係で少し飛ばしていきます。

ここに書いてある1から4みたいなことが、国土交通省の主張として出てきます。例えば、日本の森林面積がこの100年間全然変わっていないから、森林の機能も変わっていないんじゃないかと言われるわけですが、森林というのは、質的には非常に変わったし、森林のある場所も変わってきている。また、河川計画に織り込み済みなのかどうかという議論も、ある時点での機能というのは織り込んでいたとしても、森林の状態は年々変化してきますので、その変化分が入っていないということです。地表流が発生するかどうかということも、土人形というのを私が示したように、地表流が発生していることは既に証拠があるということで、そのメカニズムも大分わかってきているということなので、今までの常識とはちょっと違うんじゃないかということです。また、大雨のときにも--どの程度の雨を対象にするかによって違うと思いますが、森林にはいろんな機能が備わっていますので、そういう機能を複合的に発揮する結果、それなりの機能を果たすだろうと考えられるわけです。

結局、私としては、国土交通省の見解の中で、1と2は、ある程度正しいけれども、部分的には間違っているという見解をとりますし、3と4に関しては、国土交通省の言っていることは、私ども研究者の言っていることと完全に違うのではないかと考えています。

最後に、武庫川という具体的な流域において、森林の現状を踏まえて、総合治水の流域対策を考えたときに、一体どういうことが言えるのかということ、私なりに幾つか箇条書きに整理させていただきましたので、報告させていただきます。これは皆さんのお手元のレジュメにも示させていただいています。

まず、この流域は、日本のほかの地域と似たような形で、過去100年間、森林の面積の割合は60~75%の間で変わってきている。基本的には、100年ぐらい前ははげ山がかなりあったんだと思いますが、治山工事とか地元の方の植林努力等によって森林に戻っていった、面積がふえているということです。ところが、戦後に入って、かなり大規模なニュータウン開発とか、ゴルフ場がたくさんできたという形で、森林が減っていったということです。大ざっぱに言えば、100年間、森林がふえて、また減ったという山型の変化ですが、これも、この変化もこの範囲に入っているということです。

質的にはどうかというと、バイオマスとして評価した森林のボリュームが年々ふえているということは間違いのないと思われます。開発されたにもかかわらず、現在も流域の63%は森林ですので、総合治水の中で流域対策を考えるときに、森林をどう取り扱うかというのは重要だろうと思います。しかし、ここは特殊でありまして、人工林率が11%しかない。

全国平均が 42%で、先ほど賣先生も見せられた吉野川では 57%、九州の球磨川では 63%もあります。ここでは 11%しかないということは、人工林のスギ、ヒノキが間伐されていないからどうだというようなことは、相対的にはそれほど大事ではないかもしれない。二次林をどう取り扱うのかということが大事だと思われます。

こういう航空写真とか植生図でもわかりますとおり、かなりの部分が森林に覆われている。ニュータウン開発された部分とか住宅地になっている部分はかなり広がっています。これが開発されたことによって、水の出方というのはかなり変わって、洪水がひどくなる方向に変化したんだろーと思いますので、それは考えなければいけません、それ以外の 60%以上の部分がまだ森林だということです。この絵で濃い茶色でかいてあるところがいわゆる二次林みたいなもので、マツ林とか広葉樹の森林になっていて、人工林というのはそんなに大きな面積ではない。これは非常に大きな特徴になっています。

次に、森林の洪水緩和機能というのを考えたときに、私はこれは絶対的なものだと思っ
ていまして、絶対的なものである以上、大きい雨を考えれば考えるほど、その森林の機能は相対的に小さくなるということは間違いないと思うわけです。だから、私の発表の冒頭に申し上げたように、武庫川で想定している雨量の規模はこれぐらいということで、その雨に対してどうなのかというところがポイントなんだろうと思います。それを無視できるというふうに国土交通省さんは常におっしゃいますけれども、無視できるかどうか、科学的な証拠は何もないのでわからないということです。

ここの委員会で議論になっております基本高水の計算ですが、その計算の中に森林の変化が入っているのかということです。私の理解では、森林が変化していくと、洪水の出方はその分変わっているだろう。例えば、昭和 34 年の伊勢湾台風のときの洪水の出方と、去年、平成 16 年の洪水の出方は、40 年間に流域が相当変わったことによって変わったんだろー。そういうことを評価しないと、基本高水というのは計算できないだろうと思います。

飽和雨量というキーワードがまた出てきます。飽和雨量というのは、要するに洪水の前に流域がどれぐらい乾いていたかによって変わるものです。先ほど早明浦ダムとか東海豪雨の例で示しましたように、運がよければ、洪水の前に流域が乾いていて助かったということがあ。森林が成長すると、飽和雨量というのはその分だけ変わりますし、初期の水分の条件と飽和雨量と両方変わりますので、そういうものを反映させないと、森林の機能というのを数値化するのは難しい。概念的には同意していただけても、数値化するのは非常に難しいわけです。

森林を全部伐採したらかなり違うだろうというのは明らかですけれども、現実問題として、今武庫川の森林をどんどん伐採していくといったことはあり得ないことですし、何かできるとしても、できることは限られていますので、何らかの森林の取り扱いをしても、全体から見れば、そんなに大きな変化ではない。大きな変化でないことを数値化するということは、科学としては非常に難しい問題になるわけです。ただ、私としては、科学はいずれ進歩して、ある程度数値化できるようになるのではないかと考えていて、数値化できないからといって何もしないというのは、ちょっと違うんだろうなというふうに考えます。

洪水軽減という観点からは、バイオマスの大きい森林、特にこの地域では常緑広葉樹が本来の姿だと思いますが、常緑広葉樹、あるいはスギ、ヒノキの森林は水を大量に消費しますから、そういう森林の方が人の手が加わった落葉広葉樹林とかマツの林よりも望ましいわけです。森林の取り扱いというのは、洪水軽減だけで決めるものではなくて、森林には多面的な機能があって、その中からどの機能を重視するか、ケース・バイ・ケースで決めなければいけませんけれども、もし洪水軽減に絞って森林をどうするかを考えるのであれば、こういったことが結論として言えるだろうと。

洪水軽減という観点からは、現在の二次林をそのまま維持して行って、できるだけ人の手を入れずに、常緑広葉樹林に戻っていくのに任せるのがいいのだろうと思います。兵庫県では、里山を再生するという一方で、昔の里山の姿を維持するために、二次林の下層の常緑樹を切り払ったりされているようですが、洪水軽減ということだけを考えれば、こういうことはしない方がいいだろうということです。

これが、私が今回見せていただいた、実際二次林の中で下層の常緑広葉樹を刈り払って、それを棚積みになっている状態の写真です。この作業をすることによって、森林の中はかなり明るくなって、すかすかになっていくわけです。落葉広葉樹をここに再生するには、こういうふうにしなければしょうがないんですけれども、こういうふうにすると、その分だけ洪水の軽減という観点からはマイナスになっていく部分は否めないだろうと思います。

これもそうですが、この高さまで妙に葉っぱがないので、野生生物の影響があるのかもしれない。野生生物がいるというのは、森林には悪い影響があって、葉っぱを食い荒らすだけではなくて、ひづめで土を締め固めてしまって、そこで浸食が起きるという問題もあります。

また、人工林の中で、間伐がおくれている、土人形ができていようなところでは、表層土壌の浸食、流亡防止、浸透能の低下防止の観点から、速やかに間伐するのがいいんで

すが、武庫川の場合は面積割合が小さいので、大きな影響はないかもしれない。

今、洪水軽減ということだけを議論していますが、もし利水という観点を持ち込むと、森林の別の扱いというのが出てくるのではないかと思います。森林というのは、ある程度治水と利水の両方持っているわけですがけれども、何か手を加えることで、両方とも強くできるというのは非常に難しい。何か手を加えると、どちらかはよくなっても、どちらかは悪くなるというトレードオフの関係にならざるを得ない。コンクリートダムでも、それは似たようなものだと思います。

強調したいことは、現在の状態は、これは日本全体について言えることですがけれども、既に利水機能の方が犠牲になっていて、治水機能の方を強化しているような状態になっています。つまり、森林の水消費機能を最大限に発揮するような状態に置いてしまっているわけです。そういうことを認識した上で、今後の扱いを考えなければいけないだろうと思います。

これは人工林の写真です。

最後に、森林の取り扱いというのは、県の中で土木とは別の部局が行っていますけれども、総合治水の流域対策という観点とマッチしていない場合があると思いますので、県の施策に総合的な整合性を確保する仕組みをつくっていかないといけないだろう。要するに、県のある部局ではこういうことをやって、別の部局では全然違うことをやっているということは望ましくないだろうと考えます。

最後にまとめますと、武庫川の森林というのは、既に洪水軽減の機能はかなり発揮していると私は思います。過去の森林は、今ほど機能を発揮していなかったし、開発されて面積が減っていますので、その分過去の洪水は、同じ雨が降っていたとしても、規模が大きかったんじゃないか。つまり、46年前の基本高水と今の基本高水というのは違う値なんだろう。今の基本高水というのは、森林がきちんと機能している分だけ昔より低いんじゃないかというのが、私のこの集会で最終的に皆さんに伝えたいメッセージになるということです。

ちょっと長くなりましたが、ご清聴どうもありがとうございました。（拍手）

司会 蔵治先生には、寶先生同様、最新の研究成果を踏まえて、また武庫川流域の特性を踏まえてお話をちょうだいいたしました。

それでは、両先生のお話を受けまして、質疑応答の時間に移りたいと思います。リバーミーティングのときと同様、お手を挙げていただいて、例えば、宝塚の中川ですというこ

とでご発言いただきたいと思います。本日は、非常に時間が限られておりますので、皆様ご披露されたいご意見は多数あるかと思いますが、この場合は両先生に質問ということに絞らせていただきたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

疋島 大阪の疋島です。

きょうはどうもありがとございました。蔵治先生にお伺いしたいんですけども、1つは、蒸散量のところで、生物の成長と相関はとれないんでしょうか。

もう1つは、竹林というのが今かなり害があるというふうに言われていますが、竹の成長の速さとかを考えると、森林と同じような役を持っているような感じが個人的にはしていますが、そういう観点では竹林は役に立たないのかどうかをお伺いしたいと思います。

千代延 吹田の千代延と申します。きょうはありがとうございました。時間がないので、1点だけお伺いします。

国土交通省が使っています日本学術会議の答申では、大洪水には森林がほとんど役に立たないということですが、先ほど特に蔵治先生の話では、遮断の効果は、大雨でも比例してありそうだと。もしこれが正しいということになれば、学術会議の見解というのは考え直さなければならないというふうに受け取りましたが、その辺のことについてお伺いしたいと思います。

武田委員 先ほど蔵治先生が武庫川流域の森林は常緑広葉樹林が極相であるので、そのまま置いておいた方がいいというふうにおっしゃいましたけれども、今の状態でほうっておくと、物すごく単純化してしまう。アラカシとか、そういうものが優占してしまって、下層に何も無い状態が生まれる。それでも、ほうっておけばいいということなんでしょうか。伐採したときに一時は荒れますけれども、伐採した方が下層植生が豊かになって、むしろ土砂流出が防げるんじゃないかと思います。

司会 ほとんどの質問が蔵治先生に集中しているようですが、先生方、よろしくお願いいたします。

蔵治 非常に難しい質問ばかりで、なかなか答えづらいところがありますが、それは私ども研究者としての至らなさというふうにも思います。

まず、蒸散量と生物の成長との関係は、私が先ほどお示したのは、非常に大ざっぱに、ある程度成長して成熟に近い状態の森林同士を比べたらどうかということを行いました。植えたばかりの森林の状態から、10年、20年、30年という変化に伴って、どのくらい蒸散量が変わっていくかはまた別の問題で、それは調べれば、いろいろわかってくるだろう

と思います。しかし、その場合は、遮断量の方も同じことを調べて、そのトータルで評価しなければいけないということもありますので、一概には言えません。

一般に生物というのは、成長が活発であるときは、その分だけ蒸散も活発であろうと想像されます。成長がとまってくれば、その分だけ蒸散もそれなりの値に落ちついてくるだろうと。非常に常識的なことですが、それ以上言うのは難しいと思います。

竹の問題は、深刻なことで、早急に研究に着手しなければいけない課題だとは思っておりますが、何せこういうふうに竹が入ってきたのは最近のことで、研究的な情報が余りないというのが実情です。竹が入ってくるのが、洪水軽減とか水源涵養、あるいは土壌の浸食の防止にとってプラスなのかマイナスなのかということは、科学的に何かを言うのは、現状では難しいかもしれないと思います。

日本学術会議の答申についてのご質問は、あの学術会議の答申をまとめられた先生方が根拠としておられた論文は、今から30年ぐらい前に書かれた論文が多いんです。その当時、学問の世界でいわゆる定説と言われていたようなことをベースとしておりますけれども、その先生方の世代と今の研究者の若い世代はまた違った考え方を持っています。私どもは、最新の研究で、学術会議の答申をまとめた当時は想像もつかなかったような新たな現象とか知見を次々と出しているところでして、例えば、遮断量は大きい雨でもかなり効いてくるらしいという日本の森林での研究成果は、最新のジャーナル・オブ・ハイドロロジーという国際的な雑誌に掲載されているものなんです。そういう形で、学問というのはどんどん進歩していきますので、当然学術会議の答申というのは考え直さないといけないというふうに考えます。

それから、常緑広葉樹の問題は、ここの地域の実情を1日だけ見せてもらってわかるというものでもありませんが、下層の常緑樹を伐採すると、短期的には悪くなるということは確かだと思います。ただ、長期的、あるいは50年とか100年とかいう時間スケールで、どういう状態を維持するのが洪水軽減につながるのかということは、もっといろんなデータを収集しないといけないんだろうと思うので、武田さんのおっしゃるとおりの部分もあるのではないかと思います。

寶 まず、竹林のお話は、私の立場は流域全体から見るという立場なんです。ですから、流域全体の中に竹林がどれぐらいの面積を占めているかということが重要だと思います。例えば、竹林を切り開いて宅地造成をするとか、宅地造成した何ヘクタールの中に竹がどれだけあって、防災調節地をどれだけつくらないといけないか。その面積の中に竹林がた

くさん含まれる場合は大変重要でしょうけれども、500平方キロの中に竹林が何平方キロあるか知りませんが、そんなに広くないとすれば、流域全体から見れば、大したことはないだろうと。ただ、竹林の保水機能については、研究結果を余り見たことがないですから、その辺の研究はおくれているんだろうという気がしております。

遮断の話は、私が先ほど説明しそびれた部分があります。レジュメの8ページの図10(a)(b)(c)というのは、aは、180mmの雨を与えた場合、bが300mmの雨を与えた場合、cが420mmの雨を与えた場合です。点線 - - ハイドログラフが一番大きくなっているのは、不透水性流域といって、流域が、アスファルトでもコンクリートでも屋根瓦でもいいですけども、とにかく不浸透なもので覆われている遮断ゼロの状態です。長い破線でかいてあるのが、これも遮断なしですが、森林、表層土壌はちゃんとあるという状態です。実線でかいてある一番低くなっているものは、20%の遮断がずっと続くとして、森林はちゃんとあるという状態です。20%というのは、とり過ぎかもしれないですけども、それでいくと、aの180mmの雨では、遮断がずっとあるとすれば、やはり効いてきて、長い破線と実線との間の50m³/sぐらいの差は出てくるわけです。

bでは、アスファルトあるいはコンクリートで覆われた流域と、森林がある流域とを比べると、ピークはほとんど近づいておりますけれども、立ち上がりが全然違います。遮断があると、さらに立ち上がりがおくれるし、ピークはほかの2つのケースよりも100m³/sぐらい下がっている。ですから、雨が300mm降り続いても、20%程度の遮断があるとすれば、これぐらいの差は出てきます。

cは、420mm降った場合にどうなるかという状況です。

20%の遮断が降雨の期間中ずっと続くかどうかは疑問ですが、そういう仮定ですると、これぐらいの差は出てくるという結果を示しております。

吉田 きょうは、どうもありがとうございました。

両先生のお話を聞いていて、一番何ともならんなと思いましたが、早明浦ダムのお話を聞きまして、非常に好運に恵まれた結果、災害がなかったと。いろんな施策をやって、人間の制御範囲の中でできることと、制御範囲を超えていることがあるんじゃないかと思えます。何をやるかは、これから考えなければいけないと思えますが、最終的に可能性があるのかどうかという話から考えざるを得ぬのかなと思えます。

ダムでしたら、だれか1人があけて閉めれば済む話なんだろうけど、小さいことの積み

重ねになると、一人一人が何をやるかということになります。こんなことが可能性があるんじゃないかということをお少しご披露いただけたらうれしいんですが。

川西 兵庫県住民の川西と言います。ありがとうございます。

蔵治先生にお聞きしたいんですが、森林の消費は洪水の軽減に効果があるというお話だったんですけども、素人目に考えると、雨が降っているとか、さっきまで降っていたというときは、湿度が高いとか日光が余り当たっていないということで、光合成の作用とか蒸散というものが少ないように思えますので、洪水のピークカットには余り効果がないんじゃないか。その辺をちょっと補足的に説明をお願いしたいということと、もう1つは、針葉樹、落葉樹、広葉樹という種類によって、それぞれ効果の発現の度合いが違うということですけども、可能でしたら、針葉樹、落葉樹、広葉樹、それぞれの遮断と消費と貯留の効果を丸、ペケ、三角ぐらいをつけて、どの林がどういう効果を大きく発揮するのかというのをわかりやすく示してもらえたら助かります。よろしく願いいたします。

前川 参考になるお話、どうもありがとうございます。西宮の前川です。

先生方には直接関係ないと思うんですが、同じ国民としてといたしますか、人類としてお尋ねしてみたいことがあります。それは、兵庫県が独自の法律で、来年度から緑税というのを導入いたします。1人当たり800円徴収されます。これはあつという間に決まってしまう、私達には上意下達で来たんですけども、森林の保水機能という点で、いわば周りじゅう開発、それも、民活といたしますか、規制緩和といたしますか、そういうふうなことで押しまくられていまして、単に自然だけを食い荒らされているのでは、私達にとってはどうにも我慢できないというか、割り切れない思いがございます。

研究者とされては、地道な先進的なご研究をなさっていることに非常に敬意を表しますけれども、こういう日本の政策といたしますか、行政のいわば一方的な政策に対して、どういふふうにご関心をお持ちで、どういふふうにご考えていらっしゃるかを尋ねしてみたいと思います。よろしく願いします。

寶 まず1番目の制御範囲を超えていることに対してなすすべがなさそうである、一人一人どういふことをやっていったらいいんだろうかというお話ですが、仮に200年確率の雨に耐えるような治水施設を完全につくったとしても、それを超えるような雨は起こり得るわけです。しかも、実態としては、兵庫県の方に聞くと、17年確率ぐらいの洪水、あるいは豪雨にしか耐えられないというお話なので、頻繁に堤防を超えるような出水はあろうと思います。

ですから、どこが災害に遭うか、あるいは水につかるかということを知っておかなければいけないと思うんですね。幸い水防法の改正によりまして、そういう情報を各市町村は住民に提供しなければならないということになっておりますので、そういう情報提供ができていたとすれば、そういったことを早く出してくれというふうに要望されたいと思いますし、とにかく知っておかなければいけない。できれば、そういうところには住まないということで、そういうところに住んでいれば、引っ越された方がいいと思っておりますが、それもお金のかかる話ですけれども。

それから、自分の住んでいるところでなくても、通勤途上、あるいは行楽に行ったときでも、そういうことが起こり得るわけです。去年の台風23号のときも、豊岡の人が京都の方へ遊びに来ておられて、由良川の洪水で、バスの上に夜中じゅう立たされて、ひざまで水がついた。自宅へ帰ったら、豊岡も水がついていたという踏んだりけったりの状況があったわけですけれども、行楽地でどこがつかるかというのはなかなか難しいとは思いますが、やはりそういう情報を知って、そういうところは避ける。そして、天気が悪いときは安全なところにいるということは大事でしょうね。そういう事情をよく知っておくということが一番大事ではないでしょうか。

洪水保険というのは日本ではちゃんとしたものがありませんから、もしも被害が起こって被災したとき、見舞金というのは5万円か10万円ぐらいしかもらえないので、家を直したり建てかえたりするようなお金にはなりません。アメリカのカトリーナの被害を受けた、特に低所得者層の人たちは、貯蓄もない、まあアメリカ人は余り貯蓄しません、結局、どうしようもないわけです。ですから、被災しても、復興できるような手だてを何かしておくということしか仕方がないですね。日本は、そういう土地なんです。地震あり、火山あり、洪水あり、何でもありで、世界的に見れば、風光明媚ではあるけれども、災害リスクから言えば、本当に住みにくいところなんです。そこが物すごく土地が高いと。世界的に見たら、なぜこんなところがそんなに土地が高いんだというようなところに住んでいるということで、ある程度あきらめも要るわけですけれども、そういう備えをしないといけないと思います。

緑税の問題は、行政が決めたことにお腹立ちであることはわかりますし、我々にしても、いろんな分野、福祉の分野でも、もうちょっと何とかしてほしいなというところはあるわけですが、社会のシステム、約束事として、自分たちが議員を選び、議員が条例を決めたりしているわけです。ただ、それがどう使われているかということはちゃんと監視し、使

う方も透明性を高めてもらわなければいけないと思います。

構造や因果関係がよくわからないものにむだに使われると腹が立つと。緑を豊かにすれば、洪水がこれだけ防げますよと言われて、ああそうだなと信じ込んで、月何百円払って、実際それが効果がなかったとしたら、だまされたようなものですから、洪水目的ではだめそうだけれども、景観がよくなるとか、アメニティーができるとか、ある目的にはだめでも、ほかの目的で納得できるのであればいいと思いますし、税金の使われ道を監視しておく、行政の方々はなるべく透明性を高めて出していただくということではないでしょうか。

蔵治 現実に一人一人は何ができるかというご質問は、私は非常にいいご提案だと思います。私の意見としては、皆さんそれぞれが、生活のあらゆる場面において、洪水の軽減ということ意識して生活していただくということだと思います。雨が降ってきたときに、その水を速やかに流してしまうことがマイナスにつながるということですから、ためられるものはためるし、しみ込ませるものはしみ込ませる。コンクリートとか雨どいとか、全然水がしみ込まないところに水を行かせるのが一番いけない、洪水をひどくさせる方向にいつてしまうということだと思いますので、皆さんの身近なところでできることもあるんじゃないかと思います。

それと、土地利用の3分の2は森林ですので、森林で雨水がきちんとしみ込んでいるかどうか非常に大事です。そうはいつても、かなりの皆さんは森林から遠いところに住んでいらっしゃると思うので、森林の問題に常に注意を払ってほしい。水がしみ込まない状態になっているのだったら、しみ込むような対策をとるように、県とか森林を所有している人に働きかけるといったことしかないんだろうと思います。

2番目の質問はちょっと飛ばして、先に緑税のことにお答えしますと、今全国的にいわゆる森林環境税と言われているものを導入している県が増加しておりまして、緑税が13番目か14番目ぐらいになっています。これはリバーミーティングの趣旨とちょっと違いますが、水に関する機能以外の森林のあらゆる機能とか価値に対して、県民の合意の上に新たな税金を徴収して、いわゆる公共事業として国土の基盤を支えている森林をきちんとしていこうという施策なんだろうと思います。

今まで森林を管理してきた人たちの論理は、林業がきちんと業として機能していれば、水とか土とか、国土保全の機能もおのずと発揮されるであろうと。国も県も市町村もそういう政策だったわけです。だれも森林の国土保全の機能に税金を手当てしていなかった。

林業というのは、産業ですから、営利を目的として行われているわけで、そこに税金を投入する理由はないので、それさえ機能していれば、自動的に国土は保全されるという論理だったわけです。林業が業として成立しなくなった場合にどうなるのかということもだれも考えていなかった。今そうなった以上、何もしなければ、国土保全の機能がどんどん失われかねないという心配が出てきた。国土保全ですから、公共事業として手当てせざるを得ないし、広い意味での受益者、県民みんなが森林の恩恵を受けているという意味で、負担に合意されているんだろうというふうに理解しています。

ただ、税金がどう使われるか、税金の条例を決めるプロセスにも、住民参加の過程が踏まれて合意が形成されていなければいけないですし、流域委員会みたいな形で、取った税金の使い道についても、きちんと監視していく必要は当然あります。

ただ、私の理解では、河川の分野に比べれば、森林の分野というのははるかにおくれています。河川の方は、住民参加、合意形成という武庫川流域委員会のようなことをきちんとやられていて、法律的な裏づけもある。森林の方は、恐らくそれより10年おくれていて、そのところを今後変えていかなければいけないと私は思います。

それと、今ご質問された方が不満を持たれているのは、県の中で、いろんな部局が縦割りになっていて、それぞれの部局がとっている政策の間に整合性がない状態になっているんじゃないかと。それは直していかないといけないし、直してほしいというふうに一人一人が声を上げていかないと、何も変わらないんじゃないかと思えます。

先ほど飛ばした2番目の質問ですけれども、消費を洪水軽減というふうに私は結びつけましたので、そういう質問が出てきたと思うんですが、例えば、洪水をもたらす大雨が発生する前にしとしと雨が降っていて、流域が湿っていたりしますと、その分だけ森林の機能は相対的に小さくなってしまうという欠点はあると思います。しかし、それを抜きにしても、消費とはまた別の部分での森林の洪水緩和機能があります。それは、流出をおくらせていくような構造を土壌が持っている、あるいは遮断もあります。

湿度が高いから、遮断がないんじゃないかと今の方はおっしゃいましたが、それは間違っているというのが最近の研究成果です。今までみんなそういうふうに考えていたから気がつかなかったわけですが、遮断という形で水が逃げていくプロセスは、蒸発とは違うんだというのが最近の研究成果です。蒸発ではなくて、水滴が物理的に上空に輸送されていくというメカニズムであると。これは湿度がどうということとは関係ない。物理的に雨水が

飛散し逃げていくということらしいということがわかってきました。最近の研究によると、雨のときに湿度が高いから余り蒸発しないんじゃないかということとはちょっと違うらしいということです。

針葉樹、落葉樹、広葉樹で、わかりやすい表をつくってほしいというお話は、そういうニーズがあることは承知しております、きょうはそういう表は入れられませんでしたけれども、お答えになるような内容は発表の中でご説明したとおりで、今後さらに一層努力していきたいと思っております。

司会 ありがとうございます。まだまだご質問等おありかと思えますけれども、時間が若干過ぎてしまいました。両先生には大変お忙しいところ、事前の視察、またきょうの講演会ということでお時間をちょうだいいたしまして、本当にありがたく思っております。私どもは、これを手がかりにして、冒頭委員長が申しましたように、計画、方針に生かしてまいりたいと思っております。

最後に、閉会のあいさつを井上土木局長にお願いいたします。

井上 県の県土整備部土木局長の井上でございます。閉会にあたり、一言お礼を申し上げます。

寶先生、蔵治先生、お忙しい中、本日のこのミーティングのために、最新の知見も踏まえたご講演をいただきまして、誠にありがとうございました。また、皆様方には、お忙しい中、このように多数ご出席をいただき、ご清聴いただきましたこと、厚くお礼申し上げます。

冒頭に松本委員長からお話がございましたように、武庫川流域委員会では、いよいよ総合治水というような中で、森林の機能、特に洪水軽減効果、あるいはピーク時の貯留についての評価という非常に難しい点で悩んでいるというお話でございまして、きょうの両先生のお話は、私どもにとりまして非常に貴重なお話であったと思います。それをストレートに結びつける方法については、なかなか思い至らないところでございますが、今日のご講演の内容等を踏まえて、よく勉強してまいりたいと考えております。

武庫川流域は、両先生からもお話がありましたように、60%が森林で、かつてよりむしろ現在のほうが良好に維持されているのではないかというお話もございました。一方下流部は、ご案内のとおり多くの人口を抱えて、高度に土地利用がなされている中で、ここの治水をどうするかということにつきましては、我々河川管理者はもちろん、流域委員会の委員の皆様方も真剣にご議論をいただいているところでございます。

この20日には、昨年の台風23号の被災からちょうど1年でございます。武庫川流域でも、リバーサイド、あるいは武田尾地区が被災をしたということで、これらにつきまして、今後の治水を考える中で十分検討していかなければならない課題だと考えております。

きょうの両先生のお話を踏まえまして、今後とも流域委員会の委員の方々とともに、総合治水等について取り組んでまいりたいと思いますので、よろしく願いいたします。

本日は、どうもありがとうございました。（拍手）

司会 先生方、お忙しいところ、本当にありがとうございました。以上をもちまして、第8回リバーミーティング特別企画、森林の保水機能（緑のダム）の公開勉強会を終了させていただきます。

もう一度先生方に拍手で御礼を申し上げたいと思います。ありがとうございました。（拍手）