

日本治山治水協会創立80周年記念特集：地球温暖化と治山・治水・利水  
対談：地球温暖化時代の治山・治水  
——過去、現在そして未来へ——

太 田 猛 彦  
山 田 正

**太田** 今日は、山田先生と対談ができるということで、大変楽しみにしています。思い起こせば1982年に、当時先生がおられた東京工業大学の研究室（東京工業大学土木工学科河川工学研究室）に、1年間だけですけれど、お世話になりました。その後も4～5年ぐらいは、ゼミに参加させてもらったり、交流がありまして、私は、森林水文なので河川は専門ではないんですけど、河川の勉強もできたことが財産になっています。たぶん森林分野で、河川分野の方とそんなにお付き合いさせて頂いている人はあまりいないと思います。

当時、東工大の研究室におられた若い方々の中から、今や河川分野をリードする人材が多数輩出していて、山田先生は大学での河川工学研究をけん引しておられますし、他の方も行政分野や研究所でトップに立たれてますね。

**山田** 当時、私は吉川先生（吉川秀夫、東京工業大学名誉教授、1922-2014）という大先生の下で助手をやっております、先生の教えは、水文学をやる上で、物理的裏付けをしっかりとしなさいということでした。それで、吉川先生の指導で、塚本先生（塚本良則、東京農工大学名誉教授）の一連の著作を読んだり、もっとずっと昔の林業試験場の報告書なんかも読んだりして、我々「河川



太田 猛彦

東京大学名誉教授

1941年生まれ。東京大学農学部卒。農学博士。東京大学教授、東京農業大学教授、日本森林学会会長等を歴任。林政審議会委員などを務め、現在はFSC ジャパン議長、みえ森林・林業アカデミー学長。専門は森林水文学、砂防工学、森林環境学。『森林飽和』など著書多数。

屋」が林学の勉強をして、太田先生が河川の勉強をされ、相互乗り入れをやっていましたね。

**太田** 相互乗り入れといえば、昔は、水文関係の大学の研究者の首脳レベルで組織を作って、森林分野、河川分野の交流があった時代があって、私も入っていたんですけど、今は水文・水資源学会というような分野横断的な学会はありますが、そういうトップの繋がりみたいなのが無いのは、少し残念ですね。

**山田** 河川、林学、農学、気象なども含めて、分野間の風通しがもっと良くなるといいと思いますね。

**太田** それで、今日の対談なんですけど、日本治山治水協会創立80周年ということもあり、治山・治水をめぐる歴史をまず振り返って、その後で、現状がどうなっているか、さらには今後の方向性といったことを話していければと思っています。

### 〈薪ストーブと林業の復権〉

**山田** その前にね、私、千葉県の方の方に住んでるんですけど、去年の冬から自分の家の暖房を、薪ストーブに変えたんです。自分でチェーンソーを持って木を切ってるんです。それで、毎朝薪割りですよ。チェーンソーで自分で木を切って、毎朝30分～40分くらい斧で割って、汗びっしょりかいてるんです。この1カ月で10トンぐらい薪割りました。

**太田** そんなにやったんだ（笑）。それは本物だ。私も自宅ではないんだけど、ちょっと小屋を持っていて、そこでは薪ストーブを使っているんですよ。それで、前の山の雑木を数本切ってもらって、玉切りして置いてあるのを割って燃やしてるんですけど、私の方はあまり小屋に行く時間がとれないから、そんな

山田 正  
中央大学理工学部教授

1951年生まれ。中央大学理工学部卒。工学博士。  
防衛大学校助教授、北海道大学助教授などを経て  
現職。国土交通省「今後の治水対策のあり方に関  
する有識者会議」など委員多数。専門は河川工学、  
土木工学、防災工学、水工水理学、水文学等。



に木が減らないですね。先生は、木はどこの山から取ってきてるんですか。

**山田** 薪ストーブの仲間がいて、その仲間が、ここの山にあると教えてくれるんですよ。私は、最近会う人会う人に、薪ストーブ、薪ストーブって言ってるんですが、実は今、全国各地に薪ストーブ愛好会のようなものがある、関心がすごく高まっているんですね。

これは、重要なことじゃないかと思っています。というのは、限界集落の問題で、10年以上前に、このままの状況だと2040年とか2050年にかなりの集落が消滅してしまうという報告書が出ているんですが、ちょうど1カ月ぐらい前に総務省が新たな報告書を出していて、限界集落のうち3分の1ぐらいでは、人口が微増し始めているという結果が出ています。

その背景としては、森林や林業に対して関心を持つ人が増えていて、例えば「林業女子」と言われるように、チェーンソーを使ったり、重機を動かしたりして林業に関わりたいたいという若い女性が増えていること、それから、薪ストーブがあるようなライフスタイルをしたいという人が、ものすごく増えていることがあるんじゃないでしょうか。都会からのUターン、Iターンが、今隠れたブームになっていますね。これは新しい動きかなと思って見てるんです。

**太田** 山田先生の言われる限界集落の人口微増という点について、新聞にも書かれたり、研究者も言っていますが、昔は、農業をやりながら林業をやるスタイルが一般的でした。最近では、Iターンで来た人とか、Uターンで戻ってきた人が、執筆をやりながら林業をやるとか、林業を兼業する場合でも様々な形が生まれていると言われています。「林業女子」も含めて、このような新しい林業の兆しがあるので、林業を大規模化するだけでなく、自伐林家といわれるような林業のスタイルも大事にしなければいけないという議論もあり、これは先生のお話とも共通しますね。

**山田** まだ微かな動きかもしれませんが、林業に対して、今までの見方よりも前向きな見方をする人が増えてきたのではないかと感じています。

**太田** そういう機運は確かに感じられますね。林業の低迷と言われていた時代に比べれば、林業に対する期待が高まっていると感じます。林野庁も、以前は間伐を促進して森林を適切に管理するといったことを重視していましたが、近年は、森林資源が充実してきたこともあって、木を伐ることの大切さとか、森林資源をどのように利用していくかということを前面に押し出すように転換しましたね。また、行政だけではなくて、市民の間でも、林業に対する関心が高

まっていると感じます。

## 1. 治山・治水の歴史

### 〈明治以降の治山・治水の歴史を振り返る〉

**太田** それでは、今日のテーマである治山・治水に戻りまして、まず歴史を私の方から振り返ってみたいと思います。

〔明治期から太平洋戦争まで〕

考えてみますと、今年は明治元年から満150年の年に当たり、一方治山治水協会は創立80周年ですから、150年のうち後半の半分以上は治山治水協会が関わってきているということです。そこで、河川、森林・林業、さらには農業・農業用水も含めて治山・治水の歴史を振り返ってみるには明治元年をスタートとするのが適当かなと感じています。

明治が始まった頃というのは、江戸時代の延長ですので、私の著書を挙げるのもどうかと思いますが、『森林飽和』（NHK ブックス、2012）に書いたように、江戸時代からずっと森林、特に山地の荒廃が続いていました。明治に入ってから、当時は石炭・石油といった地下資源をエネルギー源として使っていなかったのが、産業が発達するのに比例して、エネルギー源として森林資源の収奪と国土の荒廃が進み、明治の中期が荒廃のピークだったのではないかと思います。それで、明治中期に洪水とか山地災害などが非常に多発したということ为背景に、国土保全を目的とした最初の法律である、河川法、森林法、砂防法といういわゆる治水三法が成立しました。それが明治30年前後（河川法1896年成立、森林法・砂防法1897年成立）です。

その時に、治山・治水が、法律体系として初めて位置づけられたわけですが、実際に事業が始まったのは、明治43年（1910年）の大洪水を契機に、その翌年、明治44年から「第一期治水長期計画」が始まりました。この計画によって、河川ではそれ以前に行われていた低水工事から高水工事に転換して、本格的な治水事業が開始され、また、森林の方でも森林治水事業という形でスタートしました。それが、現在の治山事業になって繋がってきているし、河川の方でも、現在に至る河川事業がこの時から本格的に始まったと認識していま

す。

その後、森林では、特に山腹工事などを中心に山地の緑化を本格的にスタートさせて、明治末期、大正、昭和にかけて少しずつ進めてきました。一方で河川事業の方も大河川を中心に、治水対策を一步一步進めてきました。このように、国土保全に努力して、少しずつではありますが良くなってきていたのですが、ご承知のように、昭和の前期に太平洋戦争が起これ、それに伴う混乱で治水事業がもはや進められないような状況になって、結局戦後を迎えたということだろうと思っています。

〔終戦から高度経済成長期まで〕

戦後しばらくして、経済的な発展、高度経済成長が始まるわけですが、それは国土の改変ということにも繋がってきていて、森林や河川の分野にも影響してきたと思います。国土総合開発法（現在の名称は国土形成計画法）が昭和25年（1950年）に成立し、この頃から、例えば佐久間ダムに代表されるような大規模な電源開発・水資源開発事業がスタートしていますし、森林の方でも、戦後の復興、さらには経済成長のため、木材に対する需要が非常に高まり、国土保全のための森林づくりとは別に、産業用あるいは建築資材用の木材生産のための伐採と拡大造林が、奥山まで進んでいったことがあります。

このように国土開発が進む中で、昭和28年（1953年）から昭和35年（1960年）ぐらいまで大きな水害が多発した時代がありました。この時、私たち森林の方では、昭和29年に保安林整備臨時措置法というのがスタートしています。これは昭和28年の北九州大水害が契機となって、翌29年に保安林整備臨時措置法が時限法として制定されるんですが、10回以上改正され、結局平成16年（2004年）3月末に失効するまで続くことになります。

また、戦後、カスリーン台風、キティ台風、さらには昭和34年（1959年）の伊勢湾台風まで台風の襲来がいくつも続いて大きな被害をもたらしました。このため、国土保全を流域全体を対象に行わなければならないということで、昭和35年に治山治水緊急措置法が制定され、これによって、国土の荒廃からの復旧が本格的に始まることになりました。もちろん治山・治水のための技術の発達もあり、予算も増加し、さらに様々な資材が使えるようになったことも、本格的な国土保全対策の実施を後押ししたと思います。

一方で、森林や河川を経済的に活用し、高度経済成長にどう貢献していくか

ということを背景に、林業基本法が昭和39年（1964年）、これは東京オリンピックの年ですが、制定されました。同年に、河川法も大きく改正され、新河川法が制定され、水資源開発、つまり水利用ということが大きくクローズアップされるようになりました。この頃、国土に関わる分野で、新河川法、林業基本法、それに農業基本法が軌を一にして成立し、経済発展、すなわち日本がより豊かになるという目標に向かってどう協力していくかという法体系に変わっていったと捉えています。

他方、高度経済成長期には、公害の問題が出てきました。森林の方では、森林を奥山まで伐採しすぎて、自然保護運動が盛んになるとか、河川の方では、水質汚濁、水の汚染の問題などが、大気汚染の問題などと並んで発生しました。これらにどう対応していくかという課題が一方で出てきた時代であったと考えています。

#### 〔地球環境問題の出現と持続可能な社会に向けた転換〕

さらに平成の時代、1980年代後半から1990年代に入ると、高度経済成長からの大きな転換があり、その中で一番クローズアップされたのは地球環境問題でした。中でも地球温暖化の問題が、1990年代に入ると広く知られるようになってきました。それまでも、公害や水質汚濁をどう克服するかという問題があったり、貴重な動植物の保護に関連して自然保護運動がありましたが、もっと広い意味での環境保全、とりわけ生態系の保全ということが注目されるようになってきました。

特に河川の方の動きは結構早くて、近自然河川工法とか、多自然型川づくりとか、そういう環境保全に向けた動きが芽生えてきて、他の分野でもそのような動きが出てきました。

このような、地球環境問題、地球温暖化問題の顕在化に伴い、高度経済成長期の林業基本法や新河川法の体系から、再度大きな転換があったと考えています。それが、森林の分野では平成13年（2001年）の森林・林業基本法の制定です。従来の林業基本法では林業生産の拡大を最大の目的としていましたが、新たな森林・林業基本法では、森林の多面的機能を持続的に発揮させるために森林整備を行うことを前面に出し、もちろんその中で木材生産は一番重要な機能であり、それは変わらないけども、多面的機能の持続的発揮を打ち出しました。しかし、実はそれより前に、新河川法でも、環境保全を河川事業の目的と

して直接実施できるようにするための改正が平成9年（1997年）にありました。また、農業分野でも、農業基本法に替わるものとして、農業の多面的機能の発揮を掲げた食料・農業・農村基本法が平成11年（1999年）に成立しています。つまり、まさに地球環境時代、あるいは持続可能な社会に向けての大きな法律体系の転換が、だいたい2000年前後に行われたと考えております。

〔熊沢蕃山以来の治山・治水事業の完了〕

現在に至るまで、山地では、森林の整備——これは林業だけではなくて、いわゆる国土保全面での森林の整備も含んでということですが——、そして治山事業、さらには砂防事業の進展があり、また、河川では、河川事業を通じて治水対策が進んだことで、明治期の国土の荒廃から、徐々に立ち直ってきました。考えてみますと、1600年代に熊沢蕃山が「治山・治水」の重要性をとнаえて以来、数百年にわたり続いてきた国土の荒廃による災害、つまり、人間が自ら森林を壊したり国土を過酷に使うことによって起こった災害を、あるいは歴史的なげ山の時代を、日本人はだいたい克服した、要するに熊沢蕃山以来の治山・治水事業はここに完了したと言っていいんじゃないかと思います。「治山・治水」は400年かけて歴史的な項目になったと、私はそのように感じております。その現れの一つが、昭和35年（1960年）に成立し、その後改正を経て続いてきた治山治水緊急措置法、また昭和29年（1954年）に成立し同じく続いてきた保安林整備臨時措置法が、いずれも平成16年（2004年）に廃止されたということですね。そして、これは治山・治水事業の成功の証であろうと感じています。

もちろん、洪水とか、あるいは山地災害というのは、無くならないわけですが、これは日本の国土の特徴であって、これは森林がいくら整備されても山地災害をゼロにはできませんし、河川の整備がいくら進んでもそれを上回る洪水というのは、出てくるかもしれないということであって、しかし、日本人が歴史的に国土を荒廃させてきたということについては、その対策は、一応の成功をみたのではないかと考えております。

〔東日本大震災が引き起こしたパラダイムシフト〕

ただ、その中で、この30年間に顕在化したのが、地球環境問題という、今まで私たちが歴史的に扱ってこなかった問題、主に地球温暖化と生物多様性の喪



失という問題であり、その対策にいまでも追われているということだろうと思います。一方で、森林が劣化していたための山崩れというのはずいぶん減ってきたと思うんですけども、日本の国土の特徴として避けられない大きな地盤災害というのがあります。そのような大きな地盤災害に対しては、ハード対策だけでは無理で、ソフト対策も考えていかななくてはならないという考えが、1990年代ぐらいから出てきました。平成12年（2000年）に制定された土砂災害防止法（「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」）もソフト対策を内容とするものですが、この流れの中にあるものです。

そのような中で、平成23年（2011年）に東日本大震災が発生しました。東日本大震災で発生した巨大津波も、地盤災害から派生したといって良いと思いますが、この大震災後の現状をどう見るかという、大震災を契機に社会が大きく転換し、治山・治水の、あるいは河川、森林、山地、海岸、さらには都市に関する防災上の考え方が大きく変わったと見てよいと思います。

以上が、私が考えております明治時代以降の治山・治水の概略の流れ、そして、今私たちが置かれている基本的な状況ではないかと思っています。

#### 〈「森林飽和」に至る発想の原点——昔は山に木がなかった〉

**山田** 今太田先生に解説していただいた、明治の初め以降から、今日までの森林・河川、治山・治水の流れのお話を伺い、また、太田先生が書かれた『森林飽和』という本も読ませていただいたんですが、太田先生の発想の原点というものを質問させてもらおうと思ってます。

『森林飽和』を読んでいて、これぐらいきちんと日本の森林の歴史と現状が書かれているのは太田先生の本が最初じゃないかと思っていました。太田先生が、「今の森林の現状というのは、森林飽和だよ」と、それから「江戸時代から明治、戦前ぐらいまで、山ははげ山だよ」と、いろいろなところで発言されたり、本の中に書かれているのを読んだりして、そう思いながら昔の写真を見ると、いたるところはげ山だったということに気付かされました。私自身、何となく昔から山には木が沢山生えているものだとずっと思われてきたんですが、歌川（安藤）広重の東海道五十三次に描かれている山の絵ははげ山で、マツだけがちょろちょろっと生えている程度だよと太田先生から指摘されて、なるほどそうだったのかと思ったんですが、そのあたりの太田先生の気付



きはどのように生まれたんですか。

**太田** 私は、治山をやっているの、古い山の写真とかは見ていたわけですね。戦後の治山事業の、例えば岡山県とか愛知県とか、いろいろなところの報告書に出ている写真を見ると、はげ山はあるんですけど、それ以外のところも木が少ないんです。でも、当時、他の治山や砂防の先生方と話していても、はげ山以外でも木が少ないという話は出てこないんですよ。そういう時にたまたま広重の絵を見たら、なんだか報告書の写真と広重の絵が似てるじゃないですか。それで、あっと気が付いたんです。それは1980年代の終わり頃ですよ。私が東大に戻ったのは1990年なので、その直前ぐらいにそう思ったんです。

よく考えてみると、林業の歴史は良く研究されているけれども、それは有名な林業地の人工林の歴史であって、森林の歴史は盲点になっている。また、治山・砂防でははげ山の歴史は研究されているけれど、はげ山以外の山がどうなっていたかということについて述べる研究者はいなかった。それで、森林の歴史と林業の歴史は違うのではないかと、いろいろ調べてみると、やはり昔は山に木が少なかったということが分かってきて、最初は、1990年ぐらいに東大農学部で治山・砂防の講義の中で、「戦後木がなくなったと言われているけれど、それ以前のほうが木は無かったんだよ」というのを初めて言ったわけです。そして、出版物として一番初めにこのことを書いたのは、治山治水協会から出していただいた『森林と環境—森林の公益的機能とは何か—』（日本治山治水協会 2001年）という冊子なんです。それが原本なんです。今でも講演や講義を行う時には、この冊子に使った写真も含めて三枚の写真をセットで見せていて、それは岡山県の、一つははげ山の写真で、表面侵食によるリルが多数みられる写真、二つ目が、はげ山ではないんですが、木がほとんどなくて表層崩壊が発生している山地の写真、三つ目が、その下流の吉井川の写真で、橋げたが埋まるぐらい土砂が堆積している写真（『森林飽和』 pp. 40, 41）です。ですから、最初に講義でこういうことを話し始めて、もう25年たっています。

**山田** 日本の森全体を眺めてみると、はげ山だけでなく圧倒的に木が少なかったということに気付かれたんですね。私は、太田先生よりも10歳ぐらい若く昭和26年生まれなんです、兵庫県の但馬地方で、中国山地の山間の小さい集落に生まれたんです。子供の頃は、まだプロパンとか石油ストーブとかが出回る前ですから、地主さんや山持ちさんにお礼をして、山の木を切らせてもらって薪にして、それでお米を炊いたり、風呂を沸かしたりしていました。それ

で、私にも昔の山のイメージが残ってしまっていて、私が父に手伝えと言われて山に登って広葉樹を切って、束ねて下ろしてきた木は、本当に低木、いわゆる「柴」でしたね。そして、当時両親が一生懸命、山にスギを植えていた記憶があって、今は鬱蒼たる森林になっているんですが、私は昔の山のことを知っている最後の世代かなと思います。

**太田** 今の人には、山に木がなかった時代というのは想像できないんですよ。私でも山に行って今の森林の状態から、木が全然なかったというのは想像できないですよ。

**山田** 1カ月ほど前に学生と一緒に福島県の阿賀野川の上流や只見川の上流に行った際に、お願いした地元のガイドさんが昔の裏磐梯を撮影した写真集を見せてくれたんですが、それが先生に説明していただいた写真のように、山が一つとして木がないんですよ。

**太田** 何の写真でもいいけれど、昔の写真で町の写真とか、記念写真で背景に山が写っているのを見ると、絶対に木はないからと言っているんです。軽井沢の夏季大学で講義した時も、昔、天皇陛下が皇太子時代にテニスをされている写真を見せて、後ろの山に木はないでしょうと説明したんです。和歌山県で話をした時も、昔の高野山の写真を持ち出して見せたらやはり山に木はないんです。昔の名所図会なんかを見ても木は多くは描かれていないんですが、写実的に描いたとされる絵を見ても木は少ししか描かれていないので、ほとんどの絵は木を省略しているわけではなくて、実際の景色のとおりということが分かりますね。

#### 〈日本の立地と災害〉

**山田** ところで、山に木があったら洪水が起きないという論調がマスコミなどの中にありますね。私の郷里なんかでは、今や鬱蒼とした森林になっているんですが、それでも、毎年洪水が発生してしまっていて、森林が育って、はげ山がなくなれば、洪水がなくなるわけではないということは、はっきりさせておく必要がありますね。

**太田** 森林があっても、日本の国土の特徴として、洪水や災害は避けられませんよ。日本の国土は「アジア大陸の東岸の中緯度にある島国である」ということを言うだけで、プレートテクトニクスに基づく地質情報に、アジアモンスーン地域という気候に関する情報を加えれば、全ての日本の自然の特徴を説明す

ることができます。世界地図を広げてみるとわかるんですけど、島は、亜熱帯・熱帯と寒帯には沢山あるけども、中緯度の温帯には、英国を除けば日本だけなんです。大陸の東岸に位置する島国で、海流の影響も受けて、四季が極めてはっきりしていて、夏に降水量が非常に多いという国は日本しかなくて、自然も植生も、世界で最も多様と言っているですね。他方、自然災害は日本の特徴として避けることができない宿命ですね。

#### 〈江戸時代から明治にかけて治山・治水を担った人々〉

**山田** 太田先生に明治以降の治山の歴史、明治30年頃の治水三法の成立といったことをお話ししていただいたわけですが、明治より前の時代、つまり戦国時代から江戸時代にかけても、各藩は、治水、あるいは森をどう維持管理していくかということを、それぞれ工夫して取り組んでいますね。明治維新は殆ど革命に近いものだったわけですが、明治時代の治山・治水の取り組みがスムーズに機能したのは、江戸時代においても、自然災害について常に危機意識を持っていたということがあると思います。災害に対して漫然と構えていたら、米も取れなくなるわけですから、藩の経営上、武士階級も、治水対策や森林管理を工夫してますね。

例えば、司馬遼太郎さんの本で読んだんですが、明治政府が成立したばかりの時に、大久保利通が京都の近くを訪れたら、里山が美しく整備されていたところがあったので、これは誰が管理しているのかと尋ねたところ、幕府がじきじきにやっておりましたという答えがあり、大久保利通も幕府はこんなことまでやっていたのかと見直したという記述がありました。つまり、江戸時代に、藩経営をうまく行うためには、自然災害にしっかり対応しなければならないということで、いろんな勉強をしながら人材が育っていたと思います。そのような人たちが明治時代にうまく繋いでいって、また明治に新たな人材が現れてきたということが、明治時代の治山・治水が円滑に進んだ理由じゃないかと考えています。

もちろん明治初期から中期にかけて洪水災害が多発したということがあり、まずは治水対策ということで河川法（明治29年〈1896年〉）から始まり、すぐ砂防法、森林法が制定される（明治30年）のですが、明治30年頃にこういう発想で進めていったというのは素晴らしいと思います。

**太田** 明治40年頃には、国の指導で、山腹基礎工・山腹緑化工を全面的に進め

ていますね。今、世界で一番森林面積が増加している国は中国と言われていて、国家政策として植林を進めています、それが始まったのは鄧小平国家主席（当時）時代の1980年前後ですね。それより80年前に、日本が山腹工事と山腹緑化を精力的に進めながら、河川の高水工事と一体的に行っていたというのは、誇るべきことかと思います。

**山田** 明治のこの時期に、内務省では沖野忠雄さん（1854-1921）が港湾整備、河川整備といった治水事業をリードしていました。また、北海道では石狩川の治水計画の基礎を築いた岡崎文吉さん（1872-1945）という人がいました。それから少し時代を下りますが、「砂防」という言葉の生みの親で、治水砂防協会を設立し、砂防会館を建設した赤木正雄さん（1887-1972）、そしてさらに下って東京大学の地理系の先生で『利根川と淀川：東日本・西日本の歴史的展開』（中公新書 1975）という本を書かれた小出博先生（1907-1990）がおられます。この中で、岡崎さんは岡山県生まれで、あとの3人は兵庫県豊岡市のほぼ半径5 km 以内ぐらいから生まれているんですよ。それで私の家はそれから10km ぐらい離れたところなんです。

**太田** じゃあ半径をもう少し大きくすれば、大先生がみんな入るわけだ（笑）。

**山田** なぜ、沖野忠雄さんも赤木正雄さんも小出先生も、河川とか治水という分野に入っていったのかと考えると、この人たちの出身地が円山川の下流で、城崎温泉などがある豊岡市なんです、この地には治水の伝説が残されています。日本最初の治水工事を行ったのは、古事記、日本書紀、それから播磨国風土記にも出てくるんですけど、朝鮮半島から渡来した新羅国の王子で天日槍命（あめのひばこのみこと）だと伝えられています。天日槍命が日本に来て、あちらこちらで仕事をして、最後に但馬地方にやってきます。そこで、円山川の河口が閉塞して、人々が水害に苦しめられていたのを見て、それを切り開き、洪水流を日本海に流し、肥沃な但馬平野を生み出したという言い伝えがあるんです。その仕事に感謝するということで天日槍命は豊岡市にある出石神社に祭られています。天日槍命は、朝鮮半島渡来の技術者ではなかったかと思うんですが、今でも治水の神様として但馬一の宮である神社に祭られてるんです。

つまりこの地域は、歴史的に洪水や災害で苦しめられてきて、人々も長い間どうすれば良いか工夫してきた地域だと思います。こういう地域から、沖野忠雄さんが出てきて、木曽川、筑後川、石狩川など日本の主要河川の治水計画を

全て作り、そして赤木さんが出て、小出さんが出たというのは、災害の多いところに人材が出るという一つの例ではないかと思うんです。

#### 〈先端的だった日本の初期治水技術〉

**山田** ついでに言うと、今の石狩川は沖野忠雄さんの案によるものなんです。もともと、すごく蛇行していた石狩川を直線にしようと考え、それによって、地下水も下がり、大湿地帯であった石狩平野が乾田化していった、今では石狩川流域は日本で最大の米作地帯になりました。ですのでこの案は成功しました。一方で、石狩川の長さが六十数 km 短くなって、河川勾配が急になるとともに、水が早く流れ出ていってしまうということがあります。

石狩川の計画を検討していた当時、北海道で活躍していたのが岡崎文吉さんで、岡崎さんは、蛇行した石狩川をそのまま残して、別に放水路を掘るという案を持っていました。沖野さんは内務省のトップ官僚であったのに対し、岡崎さんは北海道の河川技術者だったというのものもあるかもしれませんが、結局沖野案が採用されたんです。ただ、もし、岡崎案が実現していたらまた違う世界があったかもしれない。

**太田** それは、水害の被害の大きさと、道民生活の安全といったことを考えると、沖野案になったんでしょうね。現代から見ると、洪水時は放水路で流し、平時には、川が蛇行して、豊かな自然があるのがいいと思いますが、当時はそこまでは要求できなかったでしょうね。

**山田** ただ当時の技術者が偉いのは、沖野さんや岡崎さんは、現場の技術に取り組みながら、アメリカ土木学会に沢山論文も書いているんです。例えば岡崎文吉さんが発案した護岸工法は、岡崎式ヨーカン護岸（注：「岡崎式単床ブロック護岸」の別称。土木学会選奨土木遺産に指定されている。）といって、今でもアメリカ陸軍工兵隊が使っています。

**太田** ヨーカンてどういう意味ですか。

**山田** お菓子の羊羹なんですよ。れんが大のブロックをピアノ線でつないで、堤防全体を護岸にするんです。今でもアメリカ陸軍工兵隊は「岡崎式護岸」といって、使っています。アメリカの人が「岡崎だ、岡崎だ」というから、アメリカまで見に行きました。肝心の日本人は、忘れている人も多いんですけど。

**太田** なんか見たことあるなあ。

### 〈国土総合開発計画と治山・治水〉

**山田** それから、太田先生にまとめていただいたなかで、太平洋戦争前後の荒廃から高度経済成長の始まりの時期には、旧国土総合開発法に基づく三全総（第三次全国総合開発計画）、四全総（第四次全国総合開発計画）によって、道路や鉄道の整備計画、河川計画はかなりしっかりやったと思うんですよ。ところが、四全総までは良かったんですけど、五全総（第五次全国総合開発計画）になると治水の話はほとんど消えてしまったんです。これは太田先生の言われたように、治山・治水がほぼ完了したという認識だったと思います。

この状況はやはりあまり良くないんじゃないかということで、議論したこともあるんです。現在は、国土形成計画法に基づく国土形成計画という名称になっていて、北海道では、北海道総合開発計画となっていますけれど、経済発展がメインになっていて、農業や観光ということは入っていますが、治水的な事柄は少なくなっていて、農業の面でも、農業用水の持続可能な取水というような視点がなくなっているんです。

**太田** それは、やっぱり河川事業の、ハードの事業というのは、一応の区切りを見たという側面があるということなんでしょうね。

**山田** 治山・治水事業が一応の実績を残し、成果も現れた。もう一つは、昭和60年代後半から、バブルの頃にかけては、東京周辺ではせいぜい小貝川が氾濫したとか、多摩川で小規模な堤防決壊があったぐらいで、大規模な洪水が起きなかったということもあると思います。

**太田** そうですね。東京周辺で水害がなかった時代というのが20年ぐらいあるんじゃないですか。

**山田** あるんです。あるんです。

**太田** 治山・治水が成功したということと同時に、比較的平穏な期間が20年ぐらいのスパンで続いたということかもしれないんですよ。地盤災害でも、自然現象ですから、多発する時期と平穏な時期がありますから、洪水も、大きな洪水氾濫がしばらくない期間がありました。ただ、最近また発生してきています。

**山田** ただ、気を付けないといけないのは、全国的に見ると、例えば、昭和56年（1981年）に北海道で石狩川が大氾濫を起こして、石狩平野のほぼ全域が浸水しました。ところがね、関東周辺で大氾濫が起きないと、マスコミも大きく

報道しないので切迫感を持たないということがあります。

北海道は日本の食糧の約20%を生み出しているわけです。現代は経済的には流通が遠隔で繋がっているのですが、例えば十勝平野で洪水が起こったために三重県の学校給食が止まったなどという影響が実際には起きているんです。けれども、災害が首都圏近くで起きないと、切迫感を持たないということはあると思います。

## 2. 治山・治水をめぐる現状

**太田** そのような中で、東日本大震災が発生し、また水害では、平成27年（2015年）に常総市で鬼怒川の堤防が決壊して大きな洪水氾濫が発生しました。

この想定外といわれた東日本大震災、さらに常総水害を経て、これまでの防災に対する考え方が大きく転換し、災害対策の基本は、防災対策というより減災対策なのだということになり、「レベル2」とか「多重防御」という言葉が生まれました。

一方、地球環境問題とはいうと、地球温暖化はさらに進み、極端な気象現象が発生し、生物多様性の喪失も進んでいます。また、エネルギー政策の転換、つまり再生可能エネルギーや省エネなどが話題になって、できれば自然共生社会に持って行くということが言われるようになりました。さらに人口減少、高齢化社会といった問題が提起されるようになり、中山間地では限界集落とか森林の所有者不明といった問題が起こってきました。こうした中で林野庁では、森林の蓄積が増加してきたということから、今までは間伐を中心に森林の蓄積を増やそうという方針で進めてきましたが、長い間の林業の不振を払拭するという課題もあって、最近では林業の成長産業化という方針の下で、木材の利用を拡大していこう、あるいは現場では間伐から主伐に軸足を移していこうという流れが出てきました。一方、河川の方では、レベル2対策といいますか、想定上最大の洪水を考えると、異常気象現象対策などを考えていく、他方では多自然型川づくりをもっと進めていく、といったことが現在の状況ではないかと思っています。

さらに、ごく最近になって、森林環境税とか森林経営管理法とか、一歩進んだ林業活性化対策、あるいは森林整備対策が講じられるようになり、また、森林と河川、あるいは山地と海岸を結ぶ、里山、里地、里川、里海の連携、そし



てそれらをカバーする水循環基本法が平成26年（2014年）に成立したということだろうと思います。

こうした中で、これから私たちはどのようなことを考えていかななくてはならないのかということだと思います。それで、いろいろな対策やテーマがあるわけですが、ここでは、治山・治水ということですのでやはり防災の問題、地球温暖化の問題、これはさらにはエネルギーの問題に繋がっていますけれど、そのようなところを中心に懇談を続けたいと思っています。

### 〈地球温暖化の影響〉

**山田** 今、先生から治山・治水を取り巻く現状をお話いただいた中で、地球温暖化の影響をどう考えるかということなんですが、平成28年（2016年）の台風28号による災害では岩手県の小本川の氾濫で、高齢者施設の入居者が多数亡くなりました。太平洋側から東北地方に台風が上陸したのは、その時が観測史上初めてということです。また、同じ年に、北海道には1週間に3つの台風が上陸して、これも非常にまれな事象だと言われました。

実は、私は北海道の治水をどうするかということについての委員会の委員長をやっていて、委員会の検討の一環としてコンピュータでシミュレーションをしてみたんです。そうすると、だいたい50～60年に1回は、岩手県に太平洋側から台風が上陸するという結果になるんです。それから北海道に1週間に3つも台風が上陸するというのも、あることはあるんです。ただ、過去の60～70年ぐらいの観測データには無かったというだけなんです。

**太田** 災害の記憶という点では、自分世代と、親世代、せいぜい祖父母の世代の記憶以上には遡れないのと同じですね。一般には、せいぜい50～60年ぐらいが限度で、100年前の災害になると、知識として教えることはできるかもしれないけれど、感覚としては全然伝わらないですね。

**山田** 誤解されがちなこととして、このような事象が地球温暖化のために起こったと言われますが、温暖化がなくても、十分長いタイムスパンで見れば、台風が岩手県に太平洋側から上陸するようなことも、北海道に1週間に3つ台風が来るようなことも起きます。ただ、地球温暖化により、状況がよりシビアになってくるといえる問題なんです。

**太田** 地球温暖化がなくても起きますよということですね。だから、温暖化の影響をはっきりと分離するのは難しいということになります。それで、トラン

ブ大統領のように地球温暖化の影響を否定する議論も出てくるわけですが、総合的に分析を重ねた結果、やはり地球温暖化の影響があるだろうという結論を出しているのが IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第5次評価報告書ですね。

#### 〈地球温暖化を評価するための新しい技術〉

**山田** 地球温暖化の影響をどう評価するかという点で、現在、北海道の治水計画は、最先端を行っているんですけど、その検討に際しては、過去の観測データを使って予測するということはもうできないわけです。

それで、どうやったかと言いますと、全球気候モデルを使って地球全体の気象をシミュレートしたデータをまず入手して、東北・北海道地域について、最初は粗い初期条件、境界条件で計算します。さらに、今後60年ぐらいまでの気象を、さらに細かく条件を変えながら5,000通りぐらい計算するんです。これには地球シミュレータを使って、従来より細かい5km メッシュで計算しています。

そうしてみると、岩手県に太平洋側から台風が上陸することも50～60年に1回あるということもわかったし、地球温暖化がなくても、確率的に大きな災害が起こることもあり得るということが分かりました。それに対して、地球温暖化を考慮するとよりシビアになるということです。このことを国民がどう理解すべきなのかということだと思います。

この方法では、過去の気象データは単にトレーニングデータ（コンピュータモデルの精度を上げるための学習用データ）として使い、コンピュータモデルで未来の気象を予測して、それによって防災計画、河川整備計画などを検討するということになります。

今、国土交通省で、地球温暖化を見据えて今後の治水計画をどう考えるかということを検討する初めての委員会が発足したところです。これは、世界の趨勢から見ると決して早いとは言えないんですが、ようやく、国全体でも、このような新しい方法を使って防災計画を作っていこうという方向になっているんです。

**太田** 今までだったら、過去のデータが中心で、既往最大降雨とかの考え方や、過去のデータの範囲内で確率計算するというような方法でやっていましたけど、シミュレーションで予測をする場合でも過去のデータを使うのは同じだ

とすると、その違いはどう説明すればいいんだろう。

**山田** その点は、学術的に良いポイントをご指摘いただきました。

例えば雨量がどうなるかということを例にとってみますと、従来の方法では、年最大降雨量の値が、極値分布の理論に従い一定の確率分布をするという前提で、過去のデータに基づき一定の再現期間内に最も発生確率の高い年最大降雨量（確率降雨量の期待値）を求め、これを100年確率雨量とか200年確率雨量として用いていたんです。

しかし、よく考えると、一定の再現期間中に発生する年最大降雨量自体も確率分布しており、50年とか100年という短いタイムスパンの中で、200年確率雨量とか300年確率雨量が発生することもあり得るわけです。

そこで、シミュレーションを用いることにより、一定期間中に発生する最大日降水量が期待値を中心として、どのように分布するかを求めることができます（ボックス）。

**太田** そうすると、例えば治水計画に基づくハード対策は確率降水量の期待値で行い、確率分布にしたがって期待値をはずれるような極端な降雨については、避難対策などのソフト対策で対応していくというような考え方になるわけですね。

**山田** そうですね。そして地球温暖化の影響ということになると、気温上昇などの条件を変えたシナリオでシミュレーションをすることによって、一定期間に発生する年最大降雨量の期待値が、現状のままのシナリオに比べて、どのようにシフトするか、また、期待値を中心とした分布がどのように変化するかを評価することになります。つまり、期待値のシフトがどの程度かということと、期待値を中心とした降雨の確率分布がどうなるかという二つの側面を検討していくこととなります。

**太田** 気象や洪水の将来予測という点で、学問と技術の進展により、コンピュータによるシミュレーションを始めとした新しい手法がふんだんに使えるようになってきたということです。

**山田** そういことですね。以前は、気象の将来予測なんてできないんじゃないかという時代もありましたけども、技術の進展で、シミュレーションの精度が向上してしまして、現在時点から過去の気象を、時間を遡るようにシミュレートしてみると、統計的に過去の気象データに良く合うんです。何月何日に同じ気象現象が起きることを想定した実験ではないんですが、統計学的には一致

# ボックス：気象シミュレーションによる大規模降雨の発生確率の評価（1）

気温上昇などの計算条件を変えた気象シミュレーションにより、過去気候（現在までの気候）および将来気候（地球温暖化進行時の気候）下での気候データを作成することができる。このデータを導入することで、確率降雨量の分布が得られ、従来採用してきた確率降雨量はその分布の期待値として扱うことができる。洪水リスク評価にこのデータを用いる利点は、信頼区間（確率降雨量の分布のうち何割かを含む区間）を求め、大規模降雨の発生確率を把握可能とする点にある。

図1の左図は、十勝川帯広基準点において、過去気候および将来気候における確率降雨量の振れ幅を示したものであり、丸点は観測実績を表す。また、図1の両図中において、過去気候と将来気候の確率降雨量が重複する範囲より、将来気候における確率降雨量は過去気候においても発生する可能性があることが分かる。

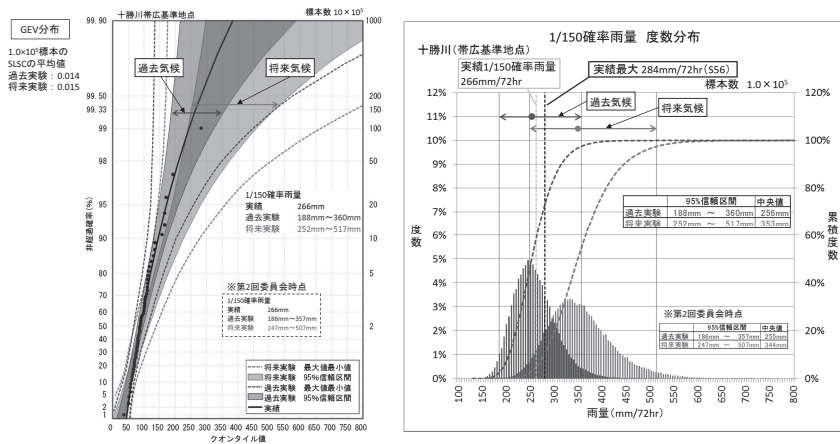


図1 確率降雨量の評価

〔「北海道地方における気候変動予測〈水分野〉第3回技術検討委員会」  
 〈国土交通省北海道開発局，北海道主催〉資料，  
[https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa\\_kei/splaat0000017ws4.html](https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat0000017ws4.html)〕

する結果が出るんです。それでそのモデルを未来に向けて使ってみるということなんです。

**太田** 未来に向けて地球温暖化の影響を入力してみて、モデルを駆動させてみる。その時に、いくつものシナリオを作ってシミュレーションを繰り返し、将来のある時点における気象の分布を計算するということですね。

**山田** 世界的には、この分布を不確実性つまり *Uncertainty* という言葉で表して、不確実性にどう取り組むかということが言われています。

**太田** 不確実性という言葉は、分布ということを意味している。

**山田** そうということです。例えばアメリカの治水事業をやっている陸軍工兵隊なんかも、不確実性、つまり *Uncertainty* にどう取り組むかという検討をもう10年以上やっているんですね。

**太田** 先生が言われたことをまとめると、地球温暖化の現象というのは現れてきており、それは今後の防災計画では考慮しないわけにはいかない。その場合に、地球温暖化の要因も含めた将来の「不確実性」にどう対応すればよいかということまで、治水や防災の分野は進んできているということですね。

**山田** そうですね。それで、不確実性にどう取り組むかということで、北海道のことに戻りますけれども、平成28年（2016年）の水害では、日高山脈と大雪山系にものすごい量の雨が降って、下流域の農地などが随分洪水被害にあったわけです。河川整備は、計画上、総雨量300～400mm 程度をマキシマムとしていて、それ以上降ったら越水するという前提で整備しているのに、実際は、500mm 以上降ってしまったわけです。このような降雨が発生した場合、今後どう守ればよいのか、全く越水がないように、全部守るというのはもはや現実的ではないんです。そこで、少しずつ痛み分けするのが良いのか、それともヒューズのように弱いところだけに溢れさせることによって、それ以外のところを守ろうとか、あるいは、川の周辺のある区域までは浸水域として、そこから先は水が溢れないように二線堤を作って守ろうとか、今いろんな案が出ています。実際にどのような方法を採用するかは、地元との調整などによりますが、現在検討が進んでいるところです。

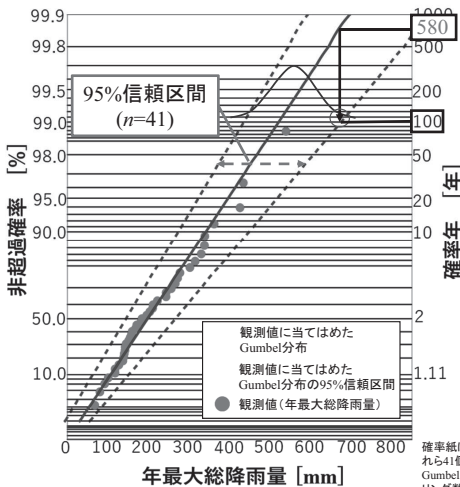
ただ、今後の治水や防災を考える時に、東京でものを考えるのと、地方で考えるのとは、大きな落差があるので、それは気を付けないといけない。地域の人たちが大事な土地、農地を苦労しながら営々と守ってきたということがあって、治水のためということで安易に東京の発想でものを考えてはいけないと

# ボックス：気象シミュレーションによる大規模降雨の発生確率の評価（2）

従来手法では、年最大降雨量が統計学の理論によりある確率分布に従うという前提の下で、確率降雨量を算定し、これによりリスク評価を行ってきた。図2における中央の実線は年最大降雨量が従うと仮定した確率分布（Gumbel分布）を示している。

従来手法には、大規模降雨に対する評価方法が確立されていないという問題点が存在する。信頼区間の導入により、大規模降雨に対する確率論的な解釈が可能となり、従来では想定外として扱われるような豪雨現象を河川計画に取り入れることができる。この結果は、河川・水文分野において、リスクの相対評価の導入可能性を示唆するものである。

信頼区間の導入により、従来では想定外と見なされるような水文現象を正当な確率年で評価することができる。



## 信頼区間を導入した新たな確率年評価の一例

観測値に当てはめたGumbel分布が与える  
580年確率水文学量  
＝100年確率水文学量の95%上側信頼限界値

### 当該水文学量の超過確率

＝（観測値に当てはめた確率分布が与える  
超過確率（1/100））×（95%上側信頼限界線  
が与える超過確率（2.5%））  
＝（1/100）×0.025＝2.5×10<sup>-4</sup>（1/4千）

信頼区間を考慮することで、記録的豪雨が  
発生するリスクを算出することができる。

他のリスクとの相対評価が可能となる

[ref.]交通事故で死亡：1/2万 [1/年]  
飛行機死亡事故：1/50万 [1/年]  
薬剤死亡リスク：1/200万 [1/年]

確率紙には、草木ダム流域における41年間分の年最大総降雨量の観測値およびこれら41個の観測値に当てはめたGumbel分布、確率限界法検定により導出した当該Gumbel分布の95%信頼区間を記入した。※左に示す確率紙において、nはサンプル数を表す。

図2 信頼区間を導入した水文頻度解析

思っています。

そういう意味で、例えば遊水池などは、実は防災対策としてあまり軽々に言うべきでないと思っているんです。大事な農地を営々として守ってきたところに、東京の発想で、「遊水池として指定するので、30年に一度大洪水で浸水しますけれども、我慢してください」と簡単に言うことはできないと思っています。私は、実際に遊水池を作っている例も見えますけれども、果たしてこの遊水池が地域を守っていくことに貢献しているのか、地域の人たちの営農意欲を高めることに繋がっているのか、考えないといけないと感じることもあります。遊水池を全て否定するわけではありませんが、今後、国土全体をどのように守っていくのかという議論が必要ではないかと考えています。

### 3. 将来に向けて

#### 〈ソフト対策とハード対策のあり方〉

**太田** 今の山田先生の遊水池の議論は、人工林を防災対策面のみから伐る、伐らないを議論することと一脈通じるところがありますね。国土にはそれぞれの土地利用にかかわる営みがある。それらも考慮してどのように守っていくかの議論が必要ではないかということだと思います。さて、そのようなことになってきますと、将来、防災対策はハード対策でどのぐらい対応するか、ソフト対策でどのぐらい対応するかという役割分担の問題が出てきますね。

**山田** そしてそれは、まちづくり、地域づくりをどうしていくかということにも繋がってきますね。ソフト対策の、ひとつの法律的なポイントとして、水防法の改正がありました。平成27年（2015年）、平成29年（2017年）の水防法の改正で、防災に関わるソフト対策が強化されました。

過去には、国にも防災に関する危機管理という概念があまりなくて、河川が氾濫した場合にどうするかなどという議論は、あまりできなかったんですね。氾濫の計算なんて人心を惑わすだけだからやめてくれ、なんて言われてね。

**太田** そのへんは、山地災害、地盤災害についても同じような状況があって、例えばハザードマップの公開といったことも以前は難しかったわけですが、東日本大震災の後では、積極的に公開しようという方向に変わってきました。砂防の方でも、土砂災害防止法では土砂災害警戒区域を指定するというこ



とになっているんですけど、地価に影響するなどという事情があって、遅々として指定が進まなかったわけです。しかし、平成26年（2014年）の広島豪雨災害を契機に、土砂災害防止法を改正して、それ以前は土砂災害の危険のある個所について調査を行っても、結果を公表するかどうかについては別の判断だったのを、調査したところは公表しなければならないようになりました。また、森林の土砂災害についても、公表していくことになってきています。

**山田** 調査結果の公表という点では、今、国土交通省が管理する1級河川だけでなく県が管理している河川についても、堤防など河川構造物の健全度を5段階評価をして、健全度の通信簿として国民にオープンにしていこうという取り組みをやっているんです。ここまで来るのはなかなか大変でした。国はまだいいんですが、地方自治体は、健全度の評価が悪かったら対処しなければならないけれど、河川管理費が限られていて予算がないというような実態があって、「困ります」といった話もありました。しかし、もうそんな時代じゃなくて、国民に防災の体力がどれくらいあるかを見せなければだめだということで、国土交通省は健全度の評価を出すことにしました。評価マニュアルの作成には私も携わりました。

また、管理の当事者である国だけではなくて、第三者の評価も必要だということで、土木学会でも、こちらは4段階評価ですが、トンネル、道路、橋梁、河川ではダムといった、土木構造物全般について健全性評価を出すようになったんです。

アメリカは既に20年前からこのような取り組みをやっていて、防災力、インフラ老朽化の度合いなんかを国民にちゃんと見せることをやっています。オバマ前大統領は、年頭の演説の中で、アメリカ土木学会のまとめたインフラ健全度というものに言及して、インフラの更新のために日本円で数百兆円の更新費が必要だということを言っています。

#### 〈ハード対策は長期的視野で〉

**太田** 一方ハード対策では、これまでも想定を超える大雨に対応するためには高規格堤防をということが言われてきましたが、どのようにお考えですか。

**山田** 高規格堤防は、地震に強いし、越水しても破堤しない、高潮が来て越水しても、堤防自体が壊れないから越水量はそれほどでもない。特に荒川とか江戸川とか隅田川とか低平地を流れる川にとっては究極の治水対策だと思うんで

すけど、誤解を受けている面もありますね。

今年（2018年）3月に、東京都と一緒に1,000年に1回の高潮のシミュレーションを出したんですが、これは改正された水防法に基づいて、1,000年に1回の高潮、洪水の浸水域がどうなるかというのを、国民に対して示すために行ったんです。このシミュレーションに示されたような低平地の危険度を、未来の子供たちのためにできるだけ減らしたいと思っているんです。それから、高規格堤防ありきではなくて、将来のためのより良い街づくりの一環として、一時避難所としての高台などを長期的視野に立って整備していくことが重要かと思っています。

今、オランダが高規格堤防をいい発想だと言って、「ジャパンダイク」と名付けてオランダでも作ろうとしてるんですよ。オランダという国は400年かけて今の国土を作っているわけで、非常に長期的視野で取り組む国なんです。

**太田** 海岸林についても、今、東日本大震災の復旧で、防潮堤を作っていますが、巨大防潮堤のために海が見えないという議論があります。これも今どうするか、こうするとかではなくて、長いスパンで長期的視野に立って考えるということもあるのではないかと思います。防潮堤の背後に200m ぐらいの幅で海岸林があるわけですけど、長期計画の下で海岸林の内陸側を防潮堤より高く盛土して、何十年もかけて森づくりを行い、しかるのちに防潮堤を取り除けば、自然もある、海も見える、災害にも対応するということができるのではないかと思います。

明治以来百年かかって熊沢蕃山以来の治山治水事業を完成させたわけですから、今後は環境とか自然に配慮した「新しい治山治水の長期計画」を作って、一步一步実現させていくことが必要ではないかと思うんです。

#### 〈国土をどう守るか——バイオマスの利用〉

**山田** さきほど、地域で林地、農地などを含め国土全体をどう守っていくかということをお話ししましたが、北海道で、天塩川流域の下川町では、木質バイオマス発電など森林政策をすごく頑張っているじゃないですか。これは、防災ということにとどまらず、山をどう守っていくかという視点で、太田先生も指摘されているエネルギー政策の転換とか、自然共生社会に向かっているいい例かなと思うんです。

私は、国土のいいところをソーラーパネルにしてしまっている太陽光発電よ

り、バイオマス発電を進めるべきじゃないかと思っているんです。

**太田** 太陽光発電は、再生可能エネルギーだから環境に良いという考えでやっているわけですけど、ソーラーパネルを山の斜面に貼るということの問題点もあって、そのへんのバランスも考えないといけませんね。

**山田** 私は薪ストーブを始めたのをきっかけに、バイオマス発電について調べてみたんですが、スウェーデンなどでは全エネルギー供給のうち木質バイオマスエネルギーが10%台なのに対して、日本は0.0何%みたいな状況ですね。

**太田** 木質バイオマス発電は、エネルギー全体に占める%という点では、それほど大きくなくても絶対やらなければいけないと思っています。それは森林を無駄なく使うことになるからです。木材を適切に生産して生物多様性保全と両立させるようにすれば、バイオマス発電は持続可能であり、いわゆるカスケード的利用の最終段階を受け持てば、理想的と言えます。

**山田** 森林だけではなくて河川のほうでも、河川敷にニセアカシアなどの樹木が繁茂して、それを伐採するための管理費が大きな負担になっていることがあります。ところが、あるとき富士川水系の笛吹川の木を伐採して、玉切って積み上げて、欲しい方にはあげますと言ってみたところ、薪ストーブを使っている人なんかは、ものすごい需要があることが分かったんです。そこで、河川敷の木を、市民のアウトドア活動として使ってもらって、それが楽しいという時代になってきてるんですよ。

**太田** 山の方でも、森林の整備を積極的にやって下さるボランティアがだんだん増えていますし、河川の場合は、森林よりもアクセスが近いから、市民参加をどううまく組み込んでいくのかというのが重要になりますね。流木対策でも、出てきた流木をどう処理するかというのが大変大きな課題でして、市民に使ってもらうとか、あるいはバイオマス発電も含めて工学的な処理の仕方を研究するなど、総合的に進めていく必要があると思います。

**山田** ボランティア活動などを通じて市民生活を楽しいものにするというようなアプローチはいいことだと思います。もう一方の工学的に処理するということでは、今、私は亜臨界水処理技術という新しい技術を応援しているんです。水は200℃、20気圧前後で、H（プロトン成分）とOH（水酸化物成分）に分かれ亜臨界水という状態になるんですが、亜臨界水状態では分子運動が非常に激しいので、これでチップ化した木材などを処理すると20～30分で加水分解されて、低分子化し、粉状になるんです。処理には筒状の反応容器を使うんです。

が、現在比較的簡便な装置が開発されています。この技術は木材を燃焼させるわけではないので、二酸化炭素を発生させず、その意味でも環境に優しい技術なんです。この分解した粉状のものは、例えばそのまま農地に撒いて肥料にもなります。

この技術は、今北海道のベンチャービジネスが、シラカバの木で取り組んでいます。シラカバの木をチップ化して、20分ぐらい亜臨界水処理したものを、これは処理直後はすごく熱いんですが、そのまま放置しておくと、乳酸菌発酵を起こします。ひょんなことから、これを牛が好んで食べることが分かりました。考えてみれば、牧草をサイロで発酵させたようなものですからね。それで、これは牛の飼料になるということで、これを食べさせればどのような効果があるのかを獣医学の先生にも入ってもらって調べていて、育った牛の肉は、今売り出しているんですよ。

また、国土交通省の東北地方整備局が、流木の処理に使えるんじゃないかということでこの技術に興味を持ち、今度試験的にやってみるということで初めて補助金が付きました。

**太田** 木材を飼料として利用するというアイデアはずいぶん前からありますけど、木材を工学的に処理して飼料にするという技術の成功例ですね。

#### 〈新しい技術への取り組みを促す〉

**山田** 2,3年前マレーシアの環境副大臣が私のところに、亜臨界水処理を見せてほしいということで突然訪れたことがありました。なぜ興味をもったかというところ、マレーシア政府が筑波の研究学園都市のマレーシア版を作るにあたり、そこのごみ処理に亜臨界水処理技術を使いたいということでした。その後実際に導入しまして、マレーシアでは亜臨界水処理によるごみ処理施設が動いているんです。中国でも台湾でも稼働しています。日本よりも導入が進んでるんですよ。

**太田** 今、日本は新しい技術などに対する変化のスピードが遅くなっているような気がします。

**山田** 中国に招かれて珠江（パールリバー）というところの多自然型工法を見に行ったことがあります。中国でも「多自然型工法」と書くんですが、長さ40kmにわたって同時着工で多自然型工法を導入するというような規模でやっていました。このような状況を見ると、うかうかしていると新しい河川技術へ

の取り組みという点で日本が遅れをとることになりかねません。

スーパーコンピュータなどのハイテクじゃなくても新技術というのが実は沢山あるんです。それで、今あるところをお願いして、このようなローテクだけど新技術というのを集めて、一種のパンフレットを作ってもらっています。このパンフレットが、地方自治体の事務所などに広く置かれて、新しい技術に取り組むきっかけになれば良いと思っています。

世界では、研究者や研究所が開発したコンピュータソフトは公開していくというのが趨勢になってきています。そういった成果を公開していかないと、研究がアジアや世界にインパクトを与えられないんです。そこで、国土交通省の国土技術政策総合研究所を中心に、Common MP (Common Modeling Platform) というソフトウェアが開発されました。Common MP は、使用言語を問わず、コンピュータプログラムを搭載して公開できるような仕組みとなっています。このシステムは現在すでに動いていて、例えば流出計算などはCommon MP の搭載プログラムで行うことができます。もし、今あるプログラムより良いプログラムがあれば、誰でも公開することができますし、どれが一番いいかは最終的に言ってみれば学問的市場原理で決まるということです。そうやってオープンな中で技術の進歩を早めるとともに、インパクトも大きいものにしていこうという試みなんです。

#### 〈資源の循環利用が日本を支える〉

太田 『森林飽和』を書きながら日本人と森林の関わりを見てくると、日本は農業国だというけれど、実は自然資源に大きく依存していて、その自然資源の中で一番使われたのはやっぱり木材なんですね。だから江戸時代とかに山から木が無くなった。でも、自然資源、とりわけ木材をどのようにうまく利用するかをいろいろ工夫することを通じて日本文化や社会が築かれて、技術も発展し、日本の底力となり、その基盤の上で明治時代にヨーロッパの技術をアジアの中でもいち早く取り入れることができた。

環境問題、つまり汚染とか地球温暖化という問題が起こるのは、そもそも現在の地上には存在していない石油などの地下資源を使うからであって、もともと地上になかったものを地下から取り出してきて使って、その廃棄物とか二酸化炭素が地上に残るとそれが問題をひき起こす。言ってみれば当然のことなんですよね。そう考えると、現代社会は地下資源に依存する社会になってしまっ

ているけれど、地上資源つまり森林資源を使って、それを循環させ、地下資源利用の弊害を少しでも防いでいくというのは、日本人に課せられた責務ではないかと思います。

そういう意味で、私は治山・治水が専門なんですけれど、林業を発展させなければならないと思っています。ただ、その時には、持続可能なやり方で多面的機能を全部発揮させながら林業をやっていくことが重要で、そのことを通じて世界に貢献していくことをどうしても実現させたいと思っています。

一方で、日本は自然が豊かであると同時に、自然災害も多発する国であって、5,000人以上の人が犠牲になる自然災害が100年のうちに3回も4回も起こるという先進国は、他には一国もありませんから、そのような自然災害にも対処しつつ、森林、河川、海といった自然資源をできるだけ利用しながら、国土を管理していくということが重要なんじゃないかと思います。

#### 〈縦割りを排す〉

**山田** 今、太田先生のおっしゃったことに全く同感です。それから、一つ若手の研究者の皆さんにアドバイスしたいのは、自然資源や国土を対象にするうえで、あまりにも狭い専門にとらわれなくて欲しいということです。時として省庁の所管と同様に研究者も縦割りになりがちな傾向が見られますが、これはよくないと思います。もちろん研究は深くなくてはいけないんだけど、専門に偏りすぎないで、広い視野を持ってほしいと思います。

**太田** 私ものすごくそれに同感ですね。大学にいる研究者は、行政に協力はするけれども、省庁の所管とかにはとらわれず、国民の立場で考えて研究を進めるべきだと思いますね。

**山田** 私は、河川の先生ということになっているんですが、実は私の博士論文は「山地流域における洪水流出機構」という、山に関するものなんです。私にとっては、山の溪流から、最末端の河口、そして海まで、自然現象としての流域で起きることは全て興味があり、研究対象なんです。私は森林ですとか、河川ですとか専門を狭く考えていては発展性がないと思います。

**太田** 行政についても、治山・治水ということを考えた時に、山は山、河川は河川ということではなくて、所管にとらわれず流域全体を見ていくという視点が必要ではないかと思っています。そういう意味で、水循環基本法が一つの切り口になる可能性があるとも感じています。

**山田** 水循環基本法ができて、最初の3年間ぐらいはみんなが勉強する時期だったんですが、昨年度（2017年度）から、地方自治体を中心とした協議会の取り組みに対し、助成する仕組みができたので、現場での具体的な取り組みが進んでいくのではないかと考えています。

#### 4. 終わりに

**山田** 最後に森林関係、農業関係の若い研究者の方にエールを送りたいのは、日本の国土の7割もが守備範囲で、研究対象としては、動植物あり、気象・気候あり、水質あり、林業・農業という産業あり、こんな面白い分野はないということですね。

**太田** 工学系、物理系、化学系といった分野は、複雑系でなくて、原理だけでモノづくりをやるからすごく進むんですよ。でも、生物学とか地球科学は、ものすごく複雑な自然系で、どういう要素が関係しているかも、まだはっきり分かっていない。ですから、私たち人間はまだほとんど解明していないといっているんじゃないでしょうか。

森林も河川も農業も、日本の国土を考えていかなくちゃならない分野だから、「絶対になくなる分野」だし、地球温暖化の問題などいくらでもやることが出てくる。

**山田** 我々の分野はすぐ答えの出ない分野というのが魅力的です。すぐ答えの出る分野って意外とつまらない（笑）。これからの研究にますます期待したいですね。

（2018年4月13日対談）