

北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会（第3回）  
議事録

平成30年3月9日（金）

## 1. 開 会

【事務局】 それでは、委員会に先立ちまして、本日の資料の確認をさせていただきます。

まず、お手元の資料は、上から順番に議事次第、委員名簿、委員のみ座席表、その下に、資料-1から資料-6となっております。そして、一番下にA3判のまとめの紙が1枚となっております。また、委員の皆様のみ、オランダ調査団のヒアリング時に提供していただいた資料を何部か付けさせていただきます。不足等あれば、事務局までお申しつけください。

会場の皆様におかれましては、携帯電話をマナーモード等に設定するなどよろしくお願いたします。災害対応等でメール等が入る可能性があると思います。マナーモードのご協力をよろしくお願いたします。

本委員会は、報道機関に公開で実施させていただきます。報道の方は、恐れ入りますが、審議に支障のない範囲内で撮影等いただきますようご協力のほどよろしくお願いたします。

ただいまより第3回北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会を開催させていただきます。私は、司会進行を務めます国土交通省北海道開発局建設部河川計画課の〇〇と申します。どうぞよろしくお願いたします。

委員の皆様におかれましては、年度末のお忙しいところ、また悪天候の中お集まりいただきまして、ありがとうございます。また、オブザーバーとして国土交通省北海道局及び札幌管区気象台からもご出席をいただいております。どうぞよろしくお願いたします。

なお、本日、京都大学大学院工学研究科教授の〇〇委員はご欠席でございます。

それでは、〇〇委員長から開催に当たってのご挨拶をよろしくお願いたします。

【委員長】 〇〇でございます。一言ご挨拶申し上げます。

本日が3回目の最後の委員会ということで、盛りだくさんの内容を収れんさせなければならぬので大変だと思いますが、ぜひよろしくお願いたします。

この委員会では、平成28年8月の北海道の大雨を踏まえまして、気候変動による洪水リスクをどうすれば科学的な根拠を持って推定できるかということを議論してまいりました。これまでの2回の委員会を通しまして、十勝川流域および常呂川流域でどれだけの雨が降って、河川の流量がどのように変化するのかということが試算されてまいりました。

これまでの成果を集約しますと、さまざまな可能性を考えた膨大なシミュレーションによりまして、現在、それから将来起こり得る降雨あるいは流量の数値が数多く計算されてまいりました。これはつまり、得られた結果に基づき、将来起こり得る洪水

のリスクを、多数の可能性、これを不確実性と称しておりますけれども、不確実性の中で漏れなく評価できるようになったことを意味する非常に画期的な成果でございます。

本日は、これまでの成果に関していくつか宿題をいただいておりますので、そのフォローアップをさせていただき、最後に推定された流量に基づいてどのようなリスクが想定されるかというところまで報告されると聞いております。今回がこの委員会の最終回となりますけれども、ここでの考え方あるいは情報が、気候変動を考えた新しい治水計画に役立てられるようになればと思っております。これが本委員会のミッションとなっております。

なお、将来の気候変動を考慮した治水計画は既に欧米諸国で立案され、対策も既に進んでおりますので、このような先進事例を我が国の施策の立案に生かすために本年1月に、事務局と私、〇〇委員でオランダを見聞してまいりました。そのあたりの情報についても後で報告がございます。今回も限られた時間の中で盛りだくさんの内容がありまして、聴講される方についてはついていくのが大変だと思いますが、事務局、委員の皆様におかれましては極力わかりやすいご説明、ご意見をご表明いただけると幸いです。それでは、よろしく申し上げます。

**【事務局】** 今、〇〇委員長からもご説明がございましたけれども、本日は、7月に行いました第1回、11月に行いました第2回で議論していただきましたことを踏まえまして、第3回の今回は最終回という扱いでございます。今回は、将来気候による降雨、洪水流量の変化の取りまとめ、またそれに対するリスクの評価までご報告させていただく予定でございます。

それでは、以降の進行を、〇〇委員長、よろしくお願いたします。

## 2. 議 事

【委員長】 それでは、早速議事に入りたいと思います。

### 2.1 (1) 本日の進め方について

【委員長】 まず、本日の進め方でございますが、最初に〇〇委員から気候変動予測における大気循環場の比較ということで話題提供いただきます。続きまして、〇〇委員からダウンスケーリング結果の分析についてのご報告、さらに事務局からオランダ調査団の報告がございまして、その後、流出計算結果とリスクの評価ということで説明いただきます。各発表の後に質疑の時間をとりますが、最後に全体討議の時間を長めに設けまして、今回は最終回ですので、この委員会の取れん、結論を固めていきたいと思っております。

それでは最初に、諸外国の気候変動予測と本検討で扱っている予測の大気循環場の比較につきまして、〇〇委員からご報告をお願いします。

### 2.2 (2) 将来気候及び将来降雨予測の分析報告

【委員】 北海道大学の〇〇でございます。資料-2をご覧ください。d4PDFの結果を使ってリスク計算までこのプロジェクトではやっていると思うのですが、私が第1回的时候に質問させていただいたとおり、地球温暖化予測というのはd4PDFだけではなくて、CMIP5にさまざまなモデルがございます。ここに20のモデルを挙げましたけれども、三十いくつあります。それを全て解析して比較するのは大変なのですが、本日はその一部を、ごく簡単に解析させていただきましたので、紹介します。赤で書かれた中国、カナダ、フランス、アメリカ、日本2つとドイツ、ノルウェーのシミュレーションモデルの結果を、北大の学生の寺田さんが取りまとめてくれたものがあるので、それを解析します。先週風邪を引きまして、やろうと思っていた降水の解析ができませんでしたので、気圧だけ紹介させていただきます。

気圧は、レファレンスとなるものは、1970年から1999年までの観測データ、左側が冬の気圧場、我々がよく知っているアリューシャン低気圧やシベリア高気圧などがあります。それから、夏のデータです。我々がよく知っている小笠原高気圧の張り出し、それからアジアには低気圧があり、モンスーン、トラフが伸びているのがわかると思います。

これは海面気圧の冬場のデータで、左側がd4PDFの結果になります。コンターが、過去実験と言われているものの結果です。このコンターと、左側の観測のコンターが一致していることが望ましいわけですが、冬場のアリューシャン低気圧やアイスランド低気圧の強さが少し弱いような気もしますが、概ね一致しているのがわかります。色で書かれたのが温暖化応答というもので、将来実験と過去実験の差になります。赤い方が低圧傾向で、青い方が高圧傾向ですが、北極側、南極側で低圧傾向に

なっていて、アリューシャン低気圧については少し北にずれるような傾向が見て取れます。

CMIP5は参加モデルの中でどのような位置づけにあるのかというのが次のスライドになっていて、ざっと見ると、概ね北極側と南極側で低圧傾向にあるというのは、最近のトレンドとも一致していますし、温暖化傾向でも比較的一致する傾向にあるように思います。アリューシャン低気圧は、北に動くものと強化するものの2つがありますけれども、少なくともd4PDFがほかのモデルの結果とそれほど大きく食い違うものではないということがわかります。

次に、夏の結果です。d4PDFを見ますと、太平洋にある亜熱帯高気圧、小笠原高気圧が弱くなります。赤い方は低圧になるので、高圧が低圧になるということは弱くなるということです。アジアにある低気圧は青くなるので、高圧になるので、これも弱くなる。全体的には、モンスーンの気圧の差が若干小さくなるだろうというのがわかります。元々の気圧配置のバイアスは、それほど大きくないというのもわかりました。

このような気圧配置の違いは、CMIP5で一致した結果というのはあまりありません。確かにモンスーンシステム自体が弱くなる傾向を持つものも2、3見られますけれども、気圧配置だけ見ると、あまり変化がないものも見られます。そのため、夏については本来は降水を見なければいけないのですけれども、その余裕がありませんでした。

また、資料にはジェット気流の違いというのでも載っていますけれども、これはかなり専門的ですので、説明は割愛させていただきます。

この解析をやっているのは、やはり解析し足りない。〇〇委員長から本日が最後だというお話がありましたけれども、もし可能でしたら、こういった基礎的な研究を来年度に向けて実施する枠組みができればいいのではないかと考えております。私からの説明は以上です。

**【委員長】** ありがとうございます。駆け足でご説明いただきました。進行にご協力いただいたということですが、サイエンスはサイエンスでどンドンやるのは全く異存のない話なので、進めていただければと思います。ただ、社会実装や計画を立てるという意味では、区切りをつけなければならないので、本日で締めるということでございます。

ただいまのご発表につきましてご質問、ご意見等ありましたらお願いします。

**【委員】** 東京工業大学の〇〇と申します。d4PDFの親モデルは、気象研、MRIと似たようなものかどうかということでしょうか。そうしますと、そのMRIと似ていたところをお伺いしたいと思います。

**【委員】** 非常にざっくり言うと、似ています。ただ、d4PDFは大気モデルで、CMIP5に提供している気象研のモデルは大気海洋結合モデルになっていますので、その2つの違いというのは、過去にも10年、20年にわたる研究の成果があって、それに従って、中高緯度はそんなに違いが出てこないですけれども、熱帯に来ると違いが出てくることは

あると思います。傾向を見ていただくと、稀に似ていないときもありますけれども、概ねMRIの傾向とd4PDFのレスポンスは近いです。

【委員長】 よろしいですか。他はいかがでしょうか。もう少しわかりやすく言いますと、夏のパターンだと、d4PDFではモンスーンが少し弱まるような傾向が計算される。ということは、端的に言うと、雨の降り方などを過小評価する可能性、危険性もあるという理解でよろしいのでしょうか。

【委員】 雨の降り方は、気温の上昇に伴って大気を含み得る水蒸気量が増える効果の方が、大気循環の効果よりも顕在化すると思われるので、気温の上昇に伴う水蒸気量の増加ほどは気にしなくてもいいと思います。ただ、前線の位置がどうなるかが問題で、例えば梅雨前線が北海道にかかるようなパターンになると集中豪雨が増えるわけですが、そうならないと小笠原高気圧が張り出して、むしろ晴天が多くなる。そういったところは、我々が文科省のRECCAのプロジェクトでやったときもなかなか確定できない状況だったので、今後の科学的な研究の推移を見守ったほうがよろしいと思います。

【委員長】 わかりました。ご研究では、ぜひともそのような雨の降り方なども見解を出していただければと思います。

【委員】 夏季の太平洋高気圧は将来弱まるという予測結果で、モンスーン自身も弱まるというお話があったかと思うのですが、過去の事例でいうとどのような年で、どのような特徴があったのか。完全に一致するのはなかなかないとは思いますが、どのような状況を少し教えていただけないでしょうか。

【委員】 あまり解析していないのでよくわからないのですが、言うほど弱くなっているわけでもありません。それ以上のことはなんとも言えないですね。降水を見るべきでした。これは本当に反省しております。

【委員長】 他にいかがでしょうか。それでは続きまして、〇〇委員からの話題提供に進んでよろしいでしょうか。それでは、ダウンスケーリング結果の分析につきまして、〇〇委員からご報告をお願いします。

【委員】 北海道大学の〇〇です。第2回委員会までは、20kmという空間スケールで存在した雨を、我々は5kmにまでダウンスケーリングして今回のリスク評価に使っているわけなのですが、それが本当に年最大を代表していたのだろうかという議論が前回ありました。その後急遽、できる限り通年でダウンスケーリングを行ったところどのような大雨事例がとれたのか、またこれまでの議論と何が違ったのかに注目して話をします。また、今回大量に大雨事例を出すことは、後で事務局からお話がある洪水のリスク評価に向けた話につながるの、最後はそこにつながるようにしたいと思います。

おさらいですが、今回の検討は、過去60年を50回繰り返して、力学的ダウンスケーリング、細かく気象場を計算することを行いました。将来については5,400年分。

5,400年先ではなくて、今後想定される気温が上がった状態を5,400回行うということです。

もう一回繰り返しますと、今回対象としている十勝川流域と常呂川流域において、元々のデータが存在する20km情報で大雨があったら、それを当てて細かく5kmに計算するというのがこれまでの議論でした。今回は、それをできる限り通して計算した場合、どのような大雨事例があったかということが注目するポイントです。

対象としている地域は、計算上はここで、今回の検討は、地球シミュレータの特別推進課題であったり、文科省のプロジェクト、またここにいらっしゃる皆さんや様々な方々のご支援を得て、このような超膨大計算ができていますという実情があります。

もう一回言いますと、私が今から話すのは、15日ダウンスケーリングと書いていますが、これまでの第2回委員会で出ました20kmメッシュで大雨事例だったものを狙ってダウンスケーリングしたものを15日DSと書きます。それに対して1年間通して計算して、そこから大雨事例を探したのを通年DSと書いています。時間とコンピュータの関係上、675年分、計算の実施を終えたという状況です。

通年を通した計算というのは、今までと同じく20kmを5kmにダウンスケーリングしていくのですが、計算上、7月24日から毎年計算するという枠組みになっていました、それを踏襲しました。そこで出てくる計算結果の大雨と、第2回委員会で議論した大雨が、本当に同じ期間に生じるか、同じ期間でもどのぐらい違うかというところを今から説明いたします。

これは、15日ダウンスケーリングと通年行った場合、同じ降雨事例が選ばれたかどうか、雨量はどの程度違うかというのを表したものです。横軸が第2回委員会でお示しました15日ダウンスケーリングでの大雨で、通年というのはこちらです。一致すれば青になります。これをご覧くださいますと、大きな雨ほど十勝川流域、常呂川流域双方で、過去の実験ですが、同じ事例を選んでいきます。全体では83%、78%の年最大雨量が両方同じでしたから、第2回委員会で狙いました20kmメッシュでの大雨事例の選定は妥当だと考えます。

一方、赤で示されているのは、通年を計算したことによって出てきた別の大雨事例です。数でいうと17%、22%ぐらいあります。ただ、上位7%、5%という計画の今回議論するようなものは、これまでのダウンスケーリングで捉えているということです。675年分計算はしたのですが、20kmメッシュでの大雨事例から順々に行いました。そうでないと、大きい雨はたまたま計算できるかどうかはわかりません。

そのためここでは、たまたま2年間連続で通年計算できたときは、ちょうどきれいに日本における雨の時期を選んだこととなりますので、その部分だけを改めて比較した事例です。これを見ますと、73%の年最大雨量がこれまで第2回委員会で選んできた雨と同じであったが、ここでも小さめの年最大雨量には違うものも選ばれたことがわかります。詳細のパーセンテージはここに示しているとおりです。常呂川流域において

も同じような傾向があります。

では、通年と15日でこれまで計算してきたものは、1時間降水強度はどの程度違うのか。前回の第2回委員会でお示ししたものと同様のものですが、観測であるレーダー雨量というのは、1時間降水強度はこのような傾きをしています。元々の情報である20kmメッシュの大雨事例だけで見ますと、相対度数が大分ずれてきます。これが今回、検討会で地形性等を含める、5kmでの細かな計算が必要だという証拠となります。通年と15日計算と両方見てみますと、大体同じです。

しかし、先ほども散布図でお示しましたが、異なる降水イベントは全体の17%に相当します。通年計算で選んだもののほうが、高い降水強度のものが選ばれました。これは、ある意味想定していたことです。というのは、元々20kmという大きなスケール、天気図のようなスケールで見つかった、計画に使うような大雨事例というのは、広域で降るものである。ただ、その中には天気図スケールでは見えてこないような短時間降水強度も存在するのですが、それは通年を計算すると出てくるということになります。

それを常呂川流域において計算してみたのが、こちらです。通年と15日の差がありますが、メッセージとしては大きく変わりませんので、詳細は省きます。

次に、今、短時間豪雨の話をしましたので、観測の話をしていきます。札幌は青で示されたもので、東京は赤です。1時間降水強度、99%タイル値、めったに起きない強めの雨です。それが観測でどのような癖があるのでしょうかという、理論値と比較する解析です。横軸が気温で、縦軸がそのときの降水強度です。青の札幌よりも東京の方が、高い気温でも短時間降水強度が強まっていることがわかります。ある程度右にいきましたとサンプル数自身が少ないので、議論がなかなか難しくなります。これを見ますと、理論値、破線はこれです。示していることは、気温が高くなるとポテンシャルとして水蒸気量が増えるのだから、それが雨になったら降水強度は増えるだろうということです。その傾きと観測が一致しているということを示しています。それを今回のダウンスケーリングした結果を用います。

同じセンスの図です。破線が理論値です。紫色が過去を実験したもので、緑が将来です。これをご覧いただきますと、この傾きが破線と近いというのが非常に大きな特徴です。今回ダウンスケーリングした結果は、観測と整合的であり、かつ理論に沿っているということを示しています。ただ、将来になりますと、過去であった部分が、もっと暖かいところでも雨が増えると出ます。先ほど札幌と東京の比較をしましたが、似たようなセンスが過去、将来実験でも見えていることがわかります。

この違い分は何かというのは、簡単に言うと2つ要素がありまして、熱力学的効果と力学的効果に分けることができます。熱力学というのは、ここでは気温が上がれば、それに応じて降り得る雨の量が多いという要素です。力学というのは、上昇気流がもっと強くなって、それによって雨も増えるのだろうということです。この解析によ

ると、大きくは将来の降水強度が増える部分は熱力学的効果で、気温が高くなるという確実性があれば雨が増えるというのをよく説明できるということです。一部、非線形効果も紫色であるのですが、概ねそのようなことがわかりました。

他の要素を見ていきます。例えば、雨の時間的な集中度はどうなのだろうか。集中度の定義はこのようなことです。年最大雨量が72時間もしくは24時間ありますが、ただらと降った場合、もしくはどこかでぴんと高い降水強度が出た場合という意味です。それを解析しますと、観測を含めてこのような分布になります。時間的集中度が高くなると右側、低いと左側です。観測と今回の計算結果はある程度一致していますが、通年計算しても、第2回委員会で計算した15日の計算でも、ほぼ同様です。

ただ、別の事例が選ばれたのがあると私が申しましたが、その別の選ばれたものに特化してみますと、一部、よりとんがった雨、突然大雨が降るような集中型の雨も含まれていることがわかりました。

一方で、空間的に流域内のどのようなところで雨が降るか。面的に同じ程度降っていくのか、それとも一部だけに降るのかという解析がこの図です。ここですと日高山脈沿いに集中していますし、こちらではおおよそ同一の降り方です。これに関しては、通年と15日計算でそれほど大きな差が出ていないことが見て取れます。

次に、2年前の大雨は台風が4つ来ていまして、15日ぐらいで年雨量が多いという特徴があります。これまでの20kmスケールで選んだ大雨というのは、年7日、年15日としても年最大の大雨だったのかという検討です。横軸が3日雨量です。縦軸がそれに対応する、その期間を含む1日、7日、15日雨量です。2つの流域の結果を示しています。これをご覧いただくと、青で示されているのが15日計算、つまり第2回委員会で使用した大雨事例は7日雨量、15日雨量でも年最大であった。つまり、赤で示している別の事例もあるのですが、パーセンテージでいうと約8割以上が、前回の第2回委員会で選んだ大雨事例に注目しておけば、それを含む、より長い時間スケールの雨でも議論ができるということを示しています。

次に、台風に関する議論も前回ありました。台風に起因した雨、そうでない雨はどのような特徴かという議論です。ここでの台風の選定は、右端にあります定義を使用しまして、そのとおり行っています。十勝川が上、常呂川が下ですが、実績の雨が青です。15日の今までの計算結果を赤で示しています。非台風由来というのは、台風が前後存在しなかったときです。ほぼ実績と近いというのが今回の特徴です。台風由来に関してもその特徴は変わりませんし、両流域とも癖はないようです。

それが過去実験と4℃上昇の将来実験を見ますと、台風由来も非台風由来も将来の降水量は大きくなるという結果は同一ですが、台風由来の方が雨の増加量はより大きくなるだろうということを示しています。

これらをまとめますと、基本的にリスク評価に使用される雨は、通年で計算してもほとんどがその雨であることがわかりましたので、妥当だと言えます。ただ、短時間

豪雨で降るようなものは一部、通年計算することで見えてきたものも存在します。ただ、年最大のうち上位の5%、7%という大き目のものは、ほとんどこれまでの検討で注目した大雨事例であることがわかりました。その他はまとめを読んでいただければと思います。

過去に遡りますと、年最大雨量に対して非超過確率がこのようにプロットされます。年最大ですので、年の数だけプロットがあるわけです。過去60年間我々が観測を持っているとしたら、60個これをプロットできるのですが、そもそものクエスチョンとして、果たして地球の複雑な多くのパターンがあり得る中で、全ての例を人間は経験したのだろうか。60だと少ないのも事実です。

一方で、統計理論によると、最近の論文で出したのですが、ここには幅があるということがわかります。200年に1回の雨とよく言われる200分の1の雨でも、両方側の信頼区間を考えると1,000分の1と同一であるということがわかります。ここにまとめているのですが、採用した確率分布が与える超過確率に、その信頼区間、先ほど不確実性という言葉も出ましたが、揺らぎ分を考えると、それがリスクと考えられます。

そうでないと、過去ではこの雨は外れ値なのかという議論になります。リスクというのが今回の検討会の大きなテーマで、ここでの定義は、いわゆる何年に1回の雨けれども、それはどのぐらい信頼区間があるのか。それを掛け合わせると、ここでは8,000分の1というリスクになります。リスクになると、他分野のリスクと比較ができるというのが大きな点になります。例えば、交通事故の死亡とか薬剤リスク等があります。大量に様々な雨の情報を分析して議論しているのが今回の検討の特徴です。

これは第2回委員会なのですが、それを今回のダウンスケーリング結果で見ますと、過去の気候が青です。横軸、縦軸は先ほどと同様です。赤が将来です。両方にオーバーラップしているところがあり、紫です。それが大きな意味を持ちます。つまり、将来想定される雨は、リスクは少し低いが、今でも起こり得るということを示しています。ではどこまで考えるのかがまさにリスクの評価であって、それをういた議論の重要さが出てきます。これが本日の話の中の、後半の主要なところになると思いますので、紹介させていただきました。以上です。

**【委員長】** ありがとうございます。ただいまのご説明に関しましてご質問、ご意見をお願いします。

**【委員】** 資料18ページ目のグラフが読み切れなくて、お話と日本語だけを見ての質問です。4℃上昇実験では降水量が大きく、特に台風由来の大雨ではその傾向が顕著になると書かれています。非台風由来と台風由来で、非台風由来は2割しか大きくならないけれども、台風由来は5割大きくするような話なのか、そうではないのかというのをもう一度教えていただけませんか。

**【委員】** 今おっしゃられたとおりです。全雨のうち台風に占める割合が、ということではなくて、あくまで台風由来がより増えそうだ、ということを示していますので、お

っしやられたとおりで。

【委員長】他にいかがでしょうか。

【委員】5ページの左側の絵を見ますと、20kmで選んだときには200mm以上の場合は見逃すことはないけれども、200mm以下の雨になると20kmだけでは選び切れないという場合があるということでしょうか

【委員】そういうことになります。前回〇〇委員からご指摘いただいた、20kmで雨が合ったのに、ダウンスケーリングをすると位置がずれるとか弱まるということもありましたが、恐らくそこと似たような関係性があるのかなと思い、今分析しているのですが、そこまではまだ見えていない状況です。

【委員】〇〇先生（委員）と同じ図ですけれども、台風由来の定義をもう一度確認したいのですが、今までの事例は15日前から計算しているということでしょうか。

【委員】そうです。

【委員】今回台風由来となっているものは、台風が上陸する前、数日からの雨を含んでいるものかどうかということですか。

【委員】そうです。前後が少し長いのですが、ここでは3日間で見えています。ですので、台風が前線を強化させて降るようなものも期間としては含まれることがあります。

【委員】もう一つよろしいですか。12ページに、変動係数の解析があったと思うのですが、これを将来どうなるかという解析をすると示唆が得られると思ったのですが、それは実施されているのでしょうか。

【委員】その部分はこれからになります。ここで示しているのは、あくまで過去の実験で15日のものと通年見たものということになります。

【委員】もし将来と比較できれば、より時間的に集中した事例が増えるのか減るのかといった解析、議論ができると思います

【委員】はい。

【委員長】他にいかがでしょうか。

【委員】20ページで新たな確率年評価のお話を聞かせていただいたのですが、これは利根川でのデータですね。

【委員】そうです。

【委員】伺いたいのは、利根川や他の川で計算したときに150分の1、200分の1というのはある種の安定性があるのですが、信頼区間という新たな概念を加える場合、分散が大きくなるような性格のものではなく、安定性はある程度の収まりがあるのか。

【委員】この手法は確率限界法というもので、極値分布の中で、より極値に特化した方法です。そうしますと、ある意味で収まりがいいのです。既存の方法ですと収まりが悪くて、どのような雨でも可能性としてはあるという解になってしまって解釈が難しいところがあるのですが、これは極値の振れ得る幅を議論したものなので、収まりがいいと思います。

【委員】 そうすると、より信頼性を高められる評価手法だと言えるのですね。

【委員】 そう考えています。ここでお示ししているのは理論値から得られる幅で、それをモンテカルロ法で何度やってもおおよそ同じ幅に入ってきます。今回、大量の雨のダウンスケーリングをしたのは、それを一種の力学的モンテカルロ法として実施したことです。理論の極値と物理モンテカルロ、統計モンテカルロ、全部あわせても同じような結果だというのが強いところだと思います。

【委員長】 リスクの評価については本日一番メインのテーマということで、後ほど事務局からご説明があると思います。大きな雨については取り逃しがないというようなご説明だったと思うのですけれども、通年でやると小さい雨が実はたくさん降っていたという事例は、これからはどのように見ていけばいいのか。考えなくてもいいのか、それとも考えたほうがいいのか。そのあたりの見解があれば教えてほしい。

【委員】 いくつかの観点があると思います。1つは、今後このような議論を全国の全ての流域で実施するのかがというのがあります。その流域の中でも、短時間豪雨が効くような小さな流域にも実施するのかどうか。あまり小さくなってきますと、今度は観測の空間スケールとの話もあって、その限界も生まれてくるのではないかと思います。そしてまた、流域一貫で物事を議論していくという今後の流れの中では、独立して全てを実施するのは非常に難しくなるところがあるのではないかと。ある程度流域一貫で見た方がいいのではないかと思います。

一方で、今回のように天気図スケールで見える大雨事例を狙っていきますと、ここで出たように、年最大の中では大きい方ではないのですが、短時間豪雨が強いというものが出てきますので、一部取り出して計算してみて、その値が、例えば下水道の話をしよとしたら非常に短時間豪雨は効いてきますし、中小河川でも当然効きますから、それは別途検討する必要が出てくると思います。ただ、今回の十勝川、常呂川はモデルの癖、バイアスが少なかったというのが特徴で、このモデルの良さがわかった検討だと思うのですが、もしかすると空間スケールが小さく急に出るような大雨に関しては、モデルの特徴、癖に左右されるものが出るかもしれないと思っています。そのあたりはもう少し解析、検討が必要ではないかと思っています。

【委員長】 わかりました。他にいかがでしょうか。

【委員】 8ページの右上の図なのですが、通年ダウンスケーリングの方が強い雨が大きくなってきているように見えるのですが、1時間の降水で見ていくとそのような見逃しが増えてしまうので、72時間程度で見ていかないといけないということなのですか。

【委員】 この部分は十勝川ですが、十勝川流域では72時間で見る大雨ではほとんど20kmで、この雨とわかっているということを示しています。一方で、非常に強い雨を見ようと思ったら、通年で計算しておいて短時間豪雨を探す必要があるのではないかと示しています。これが常呂川ではどうなのかを見ますと、常呂川ではそのような答えにはなっていませんので、そのような雨は流域の境で分離された世界なのかどうかとい

うことは調べなければいけないと思います。

ただ、今回の流域スケールは大きいといいますが、これまでの流出やリスク評価をするスケールにしたらとても小さく、挑戦的なことをやっていると思います。これまで第2回検討委員会で実施してきた20kmスケールで見える大雨事例を選ぶことで、大多数の大雨事例を概ね捉えているということは、非常に強い優位性を持っているのではないかと私は思っています。

**【委員】** 1時間で見ると、大規模で見えないようなローカルに発生する強い雨が起こり得るということが、特に右側の部分で見逃してしまう理由ではないでしょうか。

**【委員】** 可能性があると思っています。

**【委員長】** 先ほどの質問に追加ですが、今675事例、675年分で実施されているということなのですが、中小河川など小さいスケールで検討する場合は、5,400ケースを毎年実施するなど、取り逃しのないように、そのようなことが必要になってくるという理解でよろしいのですか。

**【委員】** 今後の治水計画と、それに対する気候変動を踏まえた適応策を全国的にも実施しようとするなら、非常に大きな情報が出てくると思います。ただ、実際に行政の検討が始まると、与えられる時間スケールは短いですし、地球シミュレータもしくは京コンピュータ程度の日本のトップ1、2のものを使わなければ全く検討できない世界なのです。です、その壁をクリアできるのであれば、全国で大量に実施するというのを狙っていいと思うのです。もしそれが無理ならば、今回のように天気図スケールで狙うべき雨を狙って、一部細かく計算をして、短時間豪雨も振れ幅を見ておくのが現実的検討ではないかと思っています。

**【委員長】** そのあたりとのトレードオフということですね。

**【委員】** ご説明あったように、力業で全部やり切る方法も1つあると思うのですが、日本全国でいくらかモデルケースを作って、北海道と九州だと大きく違うわけですが、それを全部やる必要はなくて、ある程度知見をためた上でやっていくのがおそらくスマートでリーズナブルな方法なのではないかと思っています。

**【委員】** 後で、オランダへ行った話が出てくると思うのですが、オランダ等を見ても、様々な問題が出てくる中で方針をある程度固めて、それに沿って進み、どのような新たな課題が出るかというのに挑戦しているのが非常に大きいのです。今、〇〇先生（委員）がおっしゃられたように、モデルケースを決めて、より進んで、より新たな課題を考えようというのは重要ではないかと思っています。

**【委員長】** 既に〇〇先生（委員）にも地球シミュレータを使って膨大な計算をしてもらっているのですが、計算すればするほど欲が出てきてこのような話になっていくのですけれども、ちょうどオランダの話題も出てきましたので、これで〇〇先生（委員）からのご報告を終えてオランダの報告に移ってよろしいでしょうか。

それでは、オランダの事例調査につきまして、北海道河川財団からご報告をお願い

します。

## 2.3 (3) オランダ調査団報告

【事務局】北海道河川財団の〇〇と申します。よろしくお願いたします。今回、オランダの気候変動の適応策について調査を行いましたので、調査団長の〇〇先生（委員長）にかわりまして、その結果をご報告いたします。

調査の目的ですが、気候変動の影響に対する検討は、諸外国ではいくつか先進事例が報告されていまして、その中で将来の降雨予測からリスクの評価、そして具体的な適応策に至るまで体系的に取り組まれているオランダに着目しまして、資料調査の上でオランダの有識者や政府関係者らを対象にヒアリングを行いました。

ヒアリングの対象と主な内容です。行政機関には、安全基準、治水安全度の考え方や気候変動適応策の状況について、リスク評価の研究者には、想定している死者数の算定方法について、次のデルタ委員会には、気候変動シナリオの扱いやリスクの目標の設定の仕方について、また気象研究所には、降雨予測や流出計算についてヒアリングを行いました。

こちらの表は、諸外国の気候変動の検討経緯を示しています。一番左に書いてありますIPCCの気候変動予測を受けまして、EUでは加盟各国に対していくつかの指令を出しています。右側には比較対象でアメリカを示しておりますけれども、オランダは過去の大災害の経験から、これまでもずっと治水安全度を高めてきていまして、さらに気候変動の影響を予測した上で、リスク評価及び対策の計画や具体の適応策に至るまで体系的に取り組まれています。

ここにEUの洪水指令とEU白書というものがございまして、少しご紹介いたします。EUの洪水指令は、頻度の異なる3つのシナリオについて、洪水のハザードマップと、その洪水による影響を示したリスクマップの作成を加盟各国に指示しているものです。さらに、右側の2009年EU白書においては、気候変動によるリスク評価と適応策について、将来の不確実性はあるけれども、後悔しない対策を進めるべきであるということ位置づけて検討が進められています。ここで洪水ハザードマップとリスクマップと言っておりますけれども、次のスライドでご説明いたします。

欧州では洪水ハザードマップとリスクマップを区別しておまして、いずれも作成し、公表しています。ハザードマップは、日本でも同様なものですけれども、浸水の範囲や浸水深など洪水の状況を示すものです。そして、右側、一方のリスクマップでは、土地利用の情報や土地利用に応じた被害の推移カーブなどを考慮して、洪水の影響や被害について定性的、定量的に示すものです。こういった取り組みがヨーロッパではなされています。

次に、オランダの過去の災害とこれまでの取り組みについてご紹介いたします。オランダでは、1953年、北海の高潮によって17万5千haという莫大な面積が浸水しまして、

4,500戸が損壊、1,800人が亡くなるという大災害がありました。これを受けてオランダでは、デルタプランという大変大規模な計画が策定されました。そのデルタプランによりましてオランダでは、河口部のデルタ地帯をいくつかの大きな水門を用いて締め切るという大変大規模なプロジェクトが進められました。40年間で55億ユーロ、日本円にしますとおよそ7,500億円程度に相当するような巨費が投じられました。このような取り組みによって治水安全度を高めてきたオランダですけれども、近年も災害が発生しております。

次のページです。1993年、1995年と、継続的な降雨もありまして河川の水位が上昇し、死亡者こそ出なかったものの、何十万人もの方が避難して、数百億円に及ぶ被害がございました。こういった被害を受けてオランダでは、気候変動の影響も考慮した対策が進められています。

次は、Room for the Riverというプロジェクトの概要を示した10ページになります。堤防の強化だけではなくて、河川空間を拡張するという対策が次々にとられまして、気候変動の影響も考慮した上で計画が実施されています。現時点までに整備はほぼ完了していると聞いてきました。

続きまして、12ページ、気候変動の影響の予測についてですけれども、本委員会における検討、左側と、オランダの検討状況を比較してお示ししています。日本の治水計画では過去の洪水、観測実績に基づいた確率雨量で計画されているのに対して、オランダでは、これまでは1,250分の1といった流量確率に基づいて、また最近では、その上で堤防の安全度も考慮して洪水発生確率を評価し、加えて幅を持った安全度で、河川の計画がなされています。また、気候変動の影響につきましても、右側の下の方になりますけれども、将来の目標流量も設定した上で具体の取り組みがなされています。

次のページ、気候変動の予測にかかわるモデルなどの比較です。オランダは、世界各国の予測モデル、先ほど〇〇先生のご説明にCMIP5というのがありましたけれども、そちらの245のアンサンブルを用いて計算しています。北海道の検討では、1つのシナリオに対して大規模アンサンブルでアプローチしているのに対して、オランダでは、アンサンブル数は少ないものの、複数のシナリオを考慮した上で、また通年計算を行っているという点が相違点としてございます。

ここでも出てきましたオランダの気候変動予測KNMI'14、2014年に更新された気候変動予測について概要をご説明します。右上の図なのですが、IPCC第5次報告書における各国の予測です。これを大気循環の程度ですとか、あとは全球の気温上昇の程度に応じて分類しまして、オランダ独自の4つのシナリオとして検討を進めています。

これらのシナリオにつきまして、次の15ページ、ライン川の流量予測もしております。左側が2050年時点、右側が2085年時点の予測で、縦軸が流量、横軸が確率年を示しています。ライン川では、国境よりも上流のドイツでの氾濫も考慮しておりまし

て、確率の上の方では流量が少し低減しています。2050年時点ではシナリオによる差は小さいのですが、2085年になりますとシナリオによって異なる予測となっております。それら異なるシナリオを全てカバーする値として18,000m<sup>3</sup>/sという流量を将来の目標に設定しています。

次のページ、16ページです。先ほどの比較表の続きとなりますけれども、こちらの検討においてもオランダでもリサンプリングを用いて確率評価を行っていたりですとか、分布型の流出計算を用いている点など共通しております。オランダのヒアリング時に聞いた話なのですが、北海道の検討状況についても意見交換しております。「予測や可能性に基づく考え方で日本の水害対策も動いているのだ、そういった点は大変新しい思う」というコメントもいただきました。

こちらに示している、オランダで使用されている流出計算モデルについて少しご紹介いたします。タンク型の貯留モデルを用いていることなど、こちらの検討とも共通しておりますが、オランダでは積雪や蒸発散なども考慮している点が少し異なります。水利用のことも考慮した上でこういったモデルを利用しているのではないかと思います。

次に、デルタプログラムと洪水リスク管理についてご説明します。デルタプログラムは、オランダの洪水リスク管理と気候変動適応の中核となっている計画です。

次の20ページですが、デルタプログラムは、デルタ委員会によって毎年更新されています。最新の気候変動予測も考慮しております。人的、経済的リスクを評価した上でその対策を講じています。中央付近にリスクベース・アプローチという言葉がありますけれども、これについて次のスライドで少しご説明いたします。

こちらがその概要図です。左側で、河川の水位や堤防の強度を考慮した洪水確率を求め、右側では、洪水の広がり方や避難を考慮した上で人的、経済的リスクを示しております。両方を掛け合わせたものとしてリスクと定めております。リスクを算定した上で対策を講じるといったことが具体的に進められています。

対策について、重層的リスク管理という考え方を次の22ページに示しております。まず、一番下の第1層、主にハード対策によりまして洪水の発生確率をコントロールするところになります。こちらを最優先に進めているというコメントを聞き取ってまいりました。それを超えるような洪水については、土地利用の計画ですとか、氾濫流を制御するような被害を抑制する対策を考えるというのが第2層。さらに、被害を防ぎ切れないような洪水については、避難施設の整備や情報提供をうまく行うということを検討している第3層、といった階層に分けた対策、概念を持って進めています。この第3層の情報提供について、オランダの取り組み状況を少しご紹介いたします。

23ページですが、こちらは浸水情報を提供しているウェブサイトです。オランダ国民は誰でも見れる状況になっています。現在の最悪想定、4,000年に1度といった規模の洪水について、その危険性を知ることができます。自分の住所を入力しますと、「あなたの家は4mまで浸水します」などといった情報が表示されまして、その下に

は、「あなたが人生でこれを経験する確率は10%以上です」などといった確率の情報も表示されます。そして、生活にどういった影響があるのかなども表示されまして、避難に関する情報も入手できます。

一方、日本でも同様の取り組みがなされていまして、国交省のハザードマップポータルサイトで住所や緯度、経度を入力しますと、周辺の浸水想定区域を見ることができます。右上の比較表で比較しますと、日本では浸水深のほか、土砂災害ですとか津波の危険性も知ることができます。オランダでは、先ほどのスライドにもありましたけれども、被害に遭う確率といった情報も得ることができます。

次の25ページですけれども、ハード対策につきまして、オランダの堤防の洪水防御基準についてご説明します。オランダでは、洪水による死亡率を年間10万人に1人以下とすることが目標として定められています。この目標を達成するために、洪水発生確率の目標値である洪水防御基準について、地域ごと、また堤防の区間ごとに定められています。国として箇所ごとの洪水確率を算定しておりまして、人口や資産等のリスク、また予報の精度ですとか避難の可能性について、地域の状況も加味した上で目標設定をしています。例えば、左の図の上のほう、3-1というところがありまして、この場所は島になっています。右側の表を見ますと、たくさん書いてあるのですけれども、避難率が0%、恐らく島の外へ避難ができないという想定の上で、被害の低減のために、先ほどの重層的リスク管理を検討するといったことが考えられているようです。

次のページは、オランダの洪水による人的リスクを示しています。左側が現況のリスクでして、オレンジ色が死亡率が年間10万人に1人以上、10万人に1人を超える人が亡くなるという箇所を示しています。先ほどの洪水防御基準に基づく堤防強化などを実施することで、右側の2050年時点には、オランダの全土において死亡率が10万人に1人以下という安全度が達成できるということが計画されています。また、ヒアリングで聞いてきた内容ですけれども、手遅れにならないように、2100年の将来流量予測も考慮した上で、2050年を目標に対策をどんどん進めているといったことが情報としてありました。

次のページは、経済的リスクについて示しています。こちらは1ha当たりの年間の被害額を図示したものですけれども、右側の対策を実施した後は、経済リスクが全土の総額で20分の1以下に減少するということが示されています。

さて、オランダのリスク評価について詳細をご紹介します。こちらは、オランダの死者数の推定方法について示したものです。洪水の危険がある地域の人口から、避難率ですとか死亡率を考慮して死者数を求めています。死亡率は、右上、複数の領域に分けて評価しています。この点は後ほど詳しくお話しします。左側の避難率については、イベントツリー解析という考え方を用いまして、洪水予測の可否ですとかさまざまなケースを考慮して避難率を推定するという研究がなされていました。

図解したものが次のページにあります。死亡リスクの算定は、浸水範囲からそもそ

も避難できるかどうか、また浸水範囲の中においても垂直避難したりですとかシェルターに逃げ込んだりですとか、そういった避難が可能かを考慮した上で、Stage3という下の図で、洪水に見舞われる人の割合を算出して、死亡率を掛けて死者数を算定しています。

その死亡率の関数についてです。オランダでは洪水による死亡率を複数の領域に分けて評価しておりまして、31ページ右側の図で、堤防の決壊箇所付近、濃い色で示しているところでは、流速や流体力が大きい領域1では100%の確率で全ての人が亡くなるであろうということです。また、その外側では、水位上昇率が早い領域、さらにその周囲の水深が支配的になる領域については、歴史的な水害のデータから左側に数式で示していますような死亡率の関係式を導いて死亡率を推定しています。

算定された洪水のハザードやリスクは、オランダ全土について公表されています。32ページです。浸水深や水位上昇率、経済被害のほか、人的被害についても公表されています。33ページになりますが、こちらの図はロッテルダム周辺の死亡率を示しています。ha当たり100人以上が亡くなる地域といった定量的でとても具体的な情報をウェブサイトで入手することができます。

一方、日本では、国土交通省のウェブサイトで河川の浸水状況などを見ることができます。また、浸水の状況をアニメーションを用いて表示することもできます。左の比較表で、オランダでは死者数まで全土で公表していますが、日本では一部の河川において死者数の推定結果を公表している、右側のような事例がございます。

最後に、Florisプロジェクトと呼ばれるオランダの国家プロジェクトをご紹介します。このプロジェクトによって、洪水によるリスクの推定を精密に行いました。堤防の強度について、越水や侵食、パイピングなども考慮して確率的に推定しておりまして、水位や流量の確率とあわせて、地域ごとに洪水の発生確率やそれによる人的、経済的リスクを算定しています。右下の図ですけれども、氾濫シミュレーションを多数行った上で洪水の確率と死亡率の関係を導いた一例です。このような評価を全国の各地域で行っていました。ヒアリングで聞いた内容では、各地域のリスクを把握することで対策の優先順位づけが可能になるといったことを聞いてきました。

まとめです。調査とヒアリングの結果、将来の4シナリオをカバーする河川流量の予測、また年間10万人に1人以下といった死亡率の目標値、さらに流速や流体力を考慮した死亡率の算定といった新しい情報が得られました。最後になりますけれども、オランダではこちらの検討状況についても意見交換しておりまして、大規模アンサンブルを用いた確率的な検討は、オランダの有識者もたいへん興味を示しておりました。また、オランダでは先進的な研究や新しい考え方を次々に取り入れておりまして、技術革新を図りながらも合意形成と社会実装をどんどん進めていっているという点が、とても合理的で特徴的な印象を受けました。以上でご報告を終わります。

**【委員長】** オランダの取り組みはたいへん参考になる部分が多いということで、非常に

盛りだくさんな内容ですけれども、時間の都合でかいつまんでご説明いただきました。ご意見、ご質問等ございましたらお願いしたいと思います。あるいは、〇〇先生（委員）とか、もし行かれた方で、補足等があればどうぞ

【委員】15ページ目の図は、重要なものだと思います。15ページ目の右の図なのですが、薄い灰色で示されているものが流出量と、横軸に確率年ですが、外力によってどんどん流出量が増えるというのがありますけれども、一方で、色がついた線というのは流出量が頭打ちになっています。頭打ちになっているのは、上流のドイツ側で溢れたために、外力が違っててもピーク流出量はあるところでおさまるという理解でよろしいですかね。例えばライン川では、外力がある値を超えていけば結局頭打ちという議論で、施策としても、もしくは適応策としても落とすところがあるというのも、溢れることについて、他の国のことを許容していることになるわけなのですからけれども、それも1つの見方ではないか。ただ、日本の流域においてどういう考え方があるかというのは、1つのポイントになるのではないかと思います。

【委員長】溢れさせる治水みたいなのが可能であればですね。他いかがでしょうか。

【委員】避難とか死亡率の計算のところなのですからけれども、対象者の年齢ですとか性別とか、属性を考慮されているのかいないのかというところはいかがでしょうか。

【事務局】避難にかかわる想定ケース、シナリオを様々検討しているようなのですが、年齢の広がりみたいなものは、今のところそういった情報は見つけておりません。

【委員】単純質問なのですが、まず6ページのところのステージ-被害カーブが土地利用によって違っているのですが、これはどのような要素を評価するのか。それから、22ページに重層的な評価の第1層のところ、先ほどの1,000分の1とか、あるいは何百分の1というところがここに当たるのか、それとも第2層と1層という層と、先ほど出てきたリスク評価の関係はどうつながっているのか。それが2点目です。また、人の命で評価されているのですが、経済的な評価というのはあまり意思決定にはつながっていないのか。最後に、地域と政府の一致というのがあったのですが、その意味がわかりませんでした。

【事務局】まず1つ目、6ページの土地利用に関するお話ですけれども、おそらく農地ですとか園芸用地といったところでは、作物が少しの浸水でもすぐ被害を受けるということで、被害の立ち上がりが早くなっているというカーブを描いているのだと思います。その他の用地についてどういった被害なのかというところは詳しく検証できておりませんので、引き続き調査を行いたいと思います。

次のご質問が、22ページの重層的リスク管理について、ご指摘のように、第1層では堤防ですとか構造物を用いた洪水の防御というところが示されておりまして、何千分の1といった基準に対して堤防の安全度を守るというものです。

そして、27ページの経済的リスクについてです。こちらは、経済リスクがどのよう

に社会的な施策に生かされているかまでは読み取れておりません。

【委員長】当然考えてはいますよね。考慮されていると思います。

【事務局】そうですね。考慮はされていると思うのですけれども、どういったところに生かされているのかはわかりません。

【事務局】人命のリスクは、10の-6乗、100万分の1がオランダの他の安全度から見ると本来満たすべき目標水準です。しかしながら、経済評価をしたところ、100万分の1でやると経済性に劣るということで、ほかの安全基準と比べると10の-5乗、10万分の1でもやむを得ず我慢したという形になりますので、経済性を考慮して、目標水準をオランダでも決定しているということです。

【委員長】政府と地域の関係については、私からでいいですか。オランダには国ができる500年ぐらい前から地域に水委員会というのがあって、地域の水防などを担っている。そのような受け皿がしっかりとあるので、政府でこのような枠組みをつくると、すでに実施する体制ができ上がっているため、日本でそのような役割を担うのは地方自治体などなのでしょうけれども、それよりはかなり強固なつながりがあるように感じました。

【事務局】最初の浸水深によって被害率が違うのは、農地のほうが割と立ち上がりがかつたのは、1m浸水すると農作物とかは被害を受けやすい。ところが、建物は2階建てとか高層建築がありますので、「率」にしたところで全資産にかかる割合はそれほど大きくない。そのような被害、浸水深の現れ方の差になっているものです。

【委員長】全体的なイメージからいうと、ハザードの雨とか流量の評価は、我々日本もかなりやっているのですけれども、その先のリスクの評価というのはオランダがまだまだ進んでいるなと感じました。なおかつ、メッシュ情報などで見える化していて、このような情報を出したら日本ではどうなのかなというほどに公表している。そこまで踏み込んだものができるかどうか、これからの我々の新しい治水対策、治水計画の鍵になるのかなと感じました。後で、北海道のリスク評価の検討結果報告がございしますので、これをベースにまたご議論いただければと思います。

それでは、時間の都合もございしますので、先に進みたいと思います。将来気候における降雨流出計算と洪水リスク分析について、事務局からご説明をお願いします。

## 2.4 (4) 将来気候における洪水流出量の変化及びリスク評価

【事務局】国土交通省北海道開発局河川計画課の〇〇と申します。お手元の資料-5につきまして説明させていただきます。

まず、ページはないのですけれども、3ページ目の目次をご覧になっていただきたいと思います。最初に降雨予測計算結果ということで、修正点がございましたので、修正内容のご報告と、前回委員会から進めまして補足で検討した事項を説明させていただきます。2番目につきましては、洪水量の分析結果です。前回委員会におきまして流出

計算方法について、さらなる工夫のご意見をいただきましたので、改善点について報告させていただきます。3点目には、洪水リスクの共有という項目の中で、洪水量の変化に伴う被害の算定結果について説明させていただきます。

もう1ページめくっていただきまして、5ページ目になります。上にダウンスケーリング計算結果の修正と書いております。その下のところで数値の変更内容について説明させていただきます。第2回委員会結果で提示したものにつきまして数値等の精査を進めたところなのですけれども、ダウンスケーリングの結果から降雨データを抽出し集計する際に、東に約7.5km、南に4.5km集計がずれていたということで、集計を再度やり直させていただきました。修正結果の一例について説明させていただきます。

8ページ目につきましては、ダウンスケーリング結果、20kmデータからダウンスケーリングを実施した結果を示しております。上側の青色の図が過去、20kmメッシュが白丸の破線になっております。それをダウンスケーリングすることによって青丸の実線になったものでございます。ダウンスケーリングをすることによって、黒破線の解析実績に一致する方向に動いたということでございます。ずれを直した結果が、表の中の括弧書きで書いております。前回委員会で提示させていただいた数字が括弧書きの数字、括弧がないものが見直した数字ということで、1mmとか数mm程度の修正になったものでございます。それ以降についても、第2回で説明させていただいたものと今回数字を精査し直したものの違いを書いておりますけれども、数mm程度のずれになっております。

それらの結果につきまして、14ページが、ダウンスケーリング結果のバイアス補正の式でございます。前回委員会の際には、帯広基準地点のバイアス補正、右側になりますけれども、関係式 $y=ax$ の係数 $a$ が、帯広では1.00となっております。バイアス補正不要という形になっておりましたが、今回若干修正したことによりまして $y=0.99x$ となりました。 $y=0.99x$ というのは非常によい結果ですので、精度自体が高かったということは変わらないということでございます。北見基準地点でいいますと、下に書いておりますように、前回 $y=1.13x$ だったものが $y=1.10x$ と、今回は係数が小さくなっているということで、結果、数値は変わっておりますけれども、ダウンスケーリングの効果が遺憾なく発揮された結果については変わらないということをご報告させていただきます。

続きまして、25ページは、先ほど〇〇先生（委員）からご説明いただきました通年ダウンスケーリングの結果になります。重複しますので、説明は省きます。先ほどのご説明になかったところは、右側でピークのずれの時間を見ております。右側が、d4PDFの中の20kmメッシュのときに年最大降雨が発生した日時のもので、通年ダウンスケーリングを実施したときのピーク最大の日時がどれぐらいずれていたかというものでございます。これで見ますと、同一時刻が80%、9割はプラス・マイナス6時間以内ということで、この整理の中でも、通年と抽出計算結果では大きな違いはなかったと認

識しております。

28ページ目では、第2回以降、補足で検討させていただいた内容でございます。これまで十勝川の帯広基準地点あるいは常呂川の北見基準地点ということで、直轄全域の検討をしてまいりました。今回、十勝川では、北海道が管理しております佐幌川流域についても検討してみたものでございます。佐幌川流域につきましては、帯広基準地点より日高山脈側に近いエリアとなっております。平成28年に大きな災害が発生したペケレベツ川を含む流域となっております。常呂川につきましては、無加川を対象としております。無加川につきましては、これも28年の洪水の際に温根湯温泉等で浸水が発生した河川となっております。

29ページにつきましては、佐幌川の状況を示しております。左端の青丸の破線が、d4PDFの20kmメッシュのデータの流域平均雨量の分布となっております。これをダウンスケーリングすることによりまして、青丸が右の方に移動しております。こちらはアメダスデータによる観測実績でございます。特に100mm以上の強い雨のところで見ますと、ダウンスケーリングをすることによって観測実績と非常によく一致する傾向となっております。

次に、常呂川流域について説明させていただきます。31ページにつきましては、常呂川の支川、無加川について実施したものでございます。無加川につきましては、先ほどの佐幌川の傾向とは違っておりまして、20kmメッシュのd4PDFでも観測実績とよく一致しているものでございます。それを5kmメッシュにダウンスケーリングいたしましても、20kmで整合がよかったものがそのまま保存されている。高い精度がダウンスケーリングすることによってもそのまま保存されているのが確認できるだろうと思えます。

33ページ目につきましては、過去実験を1枚で比較しました。上段が十勝川流域になります。左側が十勝川の帯広基準地点のところでございます。帯広基準地点につきましても、白丸の20kmメッシュから今回ダウンスケーリングすることによって観測実績の黒破線によく一致している。佐幌川流域ですと、さらにそのような傾向が顕著に表れている傾向を見ることができます。常呂川では、直轄河川を対象とする大きな流域でも、支川のような小さな流域になりましても、20kmメッシュでも良好な状況であったものが、ダウンスケーリングしても良好な再現性をそのまま保存していることがわかります。

34ページは、ダウンスケーリング後の5kmメッシュにつきまして、過去実験と将来実験の結果を比較したものでございます。右上の十勝川水系佐幌川流域を見ますと、99%タイル値でいいますと、過去実験と比較して1.43倍に増加する形となっております。流域面積がもう少し大きい左側の帯広地点では1.34倍という形になっておりまして、若干ここで1割ほど日高山脈側に近い佐幌川流域で降雨の倍率が大きくなっているという傾向となっております。しかしながら、中央値や95%タイル値で見ますと、同じよう

な1.16倍、1.32倍になっている。常呂川ですと、本川基準地点1,400km<sup>2</sup>と支川の無加川流域500km<sup>2</sup>あまりのところで比較すると、ほとんど気候変動によります95%タイル値、99%タイル値の変化の伸び率については大きく変わっていないという結果になっております。これは事務局で当初予想していたのとは違った結果となっております。気候変動が生じると、日高山脈沿いとか、そのような小流域の山地側のところで影響が顕著に大きくなるのではないかと、あるいは小流域のほうが大きくなるのかなと見ていたのですけれども、明瞭に違いが現れなかったという結果になっております。

次に、43ページ目につきましては、こちらも補足で検討したものでございます。この検討内容は、d4PDFのデータのまみりサンプリングをして、計画規模150年に1回あるいは100年に1回の規模の降雨量の分布を求めたものと、5kmメッシュにダウンスケーリングした後に気候変動による比率がどのように変わっているかを見てみたということでございます。上側は、十勝川の帯広基準地点でございます。左側のGumbel分布でいいますと、上側でd4PDFの5km、ダウンスケーリング後と比較した150分の1の伸び率は1.33倍になっております。下側のd4PDFの20kmをそのまみりサンプリングして流域平均雨量の伸び率を見ても、1.33倍であったというものでございます。GEV分布でも約1.38倍と1.37倍という形になっております。

下側は常呂川でやったものでございます。常呂川では、Gumbel分布では1.34倍と1.33倍、あるいはGEV分布では1.42倍と1.37倍という倍率の違いで、コンマ一桁で見るとそれほど変わっていないということになります。絶対値自体は、先ほどダウンスケーリングの効果という形で示させていただきましたように、d4PDFのまま数値自体を用いることはできないのですけれども、ひょっとすると比率だけを見るのであれば20kmのまま使えるかもしれない。北海道では240ほど水系数がございますが、これを全部実施していくときに感度分析をするときには、ひょっとするとダウンスケーリングしないといけない流域とダウンスケーリングしなくても良い流域を見ることによって、全国の二級河川で2,300ぐらいございますけれども、その程度の膨大な数でも、概ね傾向を見るにはd4PDFは素晴らしい武器なのかもしれないと事務局としては感じました。

46ページ、47ページにつきましては、参考として環境省の全球気候変動予測データです。私たちはd4PDFを扱いましたけれども、その他RCPシナリオの倍率も参考に記載させていただいているものでございます。

56ページ目から説明させていただきます。前回第2回委員会で、降雨の検討は本当に素晴らしいというご意見をいただきました。それに比べて流出のほうはもっと工夫する余地があるのではないかと、前回委員会でご指摘がございました。そこで今回、流出計算手法の改善を図ってまいりましたので、ご報告させていただきます。

56ページの上の段でございます。今回私どもは、2段タンク型の分布モデルというものを使っております。第2回委員会で説明させていただきました流出計算方法につきましては、平成23年9月の出水を再現する情報を使用したと説明させていただきました。

23年9月出水の定数を使った理由は、対象とする主要洪水4つ並べておりますけれども、23年9月洪水につきまして再現しておりますので一致している。平成13年9月洪水でも概ね計算値と実績の降雨を与えたものが一致している。平成15年8月でいいますと、計算値の方が少し過大に出る傾向がある。平成28年8月の洪水でいうと、今度は実績のほうが大きくなって過小評価になっていく。全体でいいますと、4つのうち2つが一致していて、残り1つは過小と過大だということで、平均的な定数だということで使用しております。下で書いておりますのが、平成23年9月定数を用いて過去実験3,000年分の流出計算をした結果の頻度分布を示しております。白丸、黒実線が観測実績で、計算値、3,000年分の度数分布が青となっております。やはり乖離がある形になっております。

これを改善する手法といたしまして、57ページでございます。アメダスのデータ、あるいはアメダスがないときには雨量観測所のデータも用いましたけれども、過去の実績の降雨量とピーク流量をプロットした図が上の図になっております。実績の丸を、2次関数で近似した曲線が黒実線になっております。これが全体の傾向を表す近似曲線と仮定いたしまして、黒実線の近傍にある洪水をピックアップしたものがオレンジ色の丸になっております。これら5洪水が代表的な洪水であるということで、定数の再現対象洪水として選んだものでございます。

58ページの下の方でございます。流出計算を行う際にパラメータがございます。そのパラメータを再現したものが、下のグラフの白丸でございます。平成25年10月の洪水を再現したもの、平成18年10月を再現したときのパラメータが白丸で並んでおります。それらをもう一度、今度は指数関数で近似したものが黒い線となっております。これを各々これから流出計算を行います72時間雨量に合わせまして、その雨量に相当する関数でパラメータを設定したという手法でございます。

59ページ目はその結果でございます。第2回委員会で提示させていただきました23年9月出水の定数でいいますと、観測実績と3,000年分の計算値がずれていたものが、今回、関数化する定数を用いることにより、観測実績と3,000年分の流出計算結果の頻度分布が概ね一致したものでございます。

60ページ目でございます。しかしながら、今回の関数化モデルの定数もまだ課題があると認識しております。前回の委員会で提示させていただいたときにも、中小洪水についてはずれが生じるだろうというのは把握した上で提示させていただきました。左側が平成23年9月定数で、観測実績が黒丸、計算値をオレンジのバツでプロットしたものでございます。小さい雨では計算値の点々が上の方に出ている形になるのですが、このあたりの降雨は、実際には流域に被害を全くもたらさない対象の降雨となります。十勝川で被害をもたらしますのは200mm前後より上になりますので、200mm前後を超えるような観測実績、規模の大きなものでいいますと、平成23年9月パラメータも概ね計算値の範囲に入っているものでございます。今回関数化した赤い線でいい

ますと、特に被害をもたらすような200mmより上のところを見ていきますと、観測実績が観測値より上半分にある、あるいは平成28年8月は計算範囲から外れているということで、この関数化モデルでは少し過小評価になっている可能性があるということで、課題があると感じております。

61ページでございます。このため、今回、降雨の変化に伴いまして洪水量がどれだけ変化するのは、これら関数化したモデル、平成23年9月定数、平成28年8月定数を併記し、整理させていただいております。今回、降雨が十勝川流域でいいますと4割程度増える結果に伴いまして、洪水流量がどの程度変化するのは、下の表にございますように、中央値ですと約1.5倍から1.7倍程度となります。降雨の信頼区間の中、黒点線の間にある洪水流量全ての中央値ですけれども、過去実験と将来実験で比較したところ1.5倍から1.7倍の範囲でした。

62ページは、常呂川で同様に整理しております。これら点線の間でございます降雨の信頼区間、95%信頼区間の中でございます流出計算結果の中の中央値の倍率でいいますと1.5倍、1.7倍、つまり、約6割ぐらい増えるという結果になりました。

64ページでございます。大量アンサンブル実験データのメリットと書いております。今回の技術検討委員会の前身として「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会」がございました。水防災検討委員会の大きな提言の1つが、限られた観測実績に基づく治水計画から計算に基づく治水計画へパラダイムシフトを図るべきというものでした。今回、大量アンサンブル計算によりまして降雨の時空間分布を得たことは、非常に強力な武器を得たと思っております、これをいかに使っていくかということがこれからの大きな課題の1つ目になると思っております。

2つ目は、今回の流出計算も30,000ケース以上で、かなり膨大な計算を実施しているわけなのですが、私どもや多くの研究者の方々も、比較的簡単な手法で被害を求める手法も実施しております。例えばd4PDFで、ある流域のところで降雨が2割増しになったときに、これまで計画で使っている過去の観測記録の降雨の波形をそのまま2割程度増やして、洪水量が増えたときの被害の分析を多くの研究者の方が研究されております。そのような手法が妥当かどうかを見たものでございます。

64ページは十勝川流域で、右側の将来実験のところで書いておりますけれども、例として昭和37年8月実績降雨の波形がありますけれども、これを150年に1回の確率に直すと246mm程度、5割ほど増えることになる。それを引き伸ばした流出計算結果でも、ほとんど計算の範囲に入っている。さらに4割降雨が増えるとして、青丸から赤丸ということで昭和37年8月の波形を引き伸ばして計算しても、概ね大きな計算の範囲の中に入っているものでございます。

65ページにつきましては、常呂川でも同じように整理してみたものでございます。昭和37年8月の実績降雨ということで88mmぐらいがある。これを100年に1回の生起頻度の雨に直しますと171mm程度になるということで、それを引き伸ばしてもこの計算の範

図の中に入っており、約4割程度さらに気候変動で増えるとなると、そこから雨を引き伸ばしたとしても概ねこのような計算の範囲に入っている。簡易な方法等を使ったとしても、概ねこのような計算の範囲に入っているものでございます。私たちが全国の河川で気候変動の対策に取り組もうと思うと、今回ここで実施したような数万ケースの流出計算を実施するのは現実的ではない。そのようなときに簡易な方法で対策が考えられても、おかしなことにはならないということを確認したと思っております。

続きまして、70ページ目でこのような洪水の変化に伴う被害の変化につきまして説明させていただきます。今回、被害を算定するに当たりまして、洪水流量をどのようなものを対象として選ぶか、ということです。これは第2回委員会で提示させていただいたものと同じ手法です。降雨の信頼区間を求めることができた。降雨の信頼区間の中央値付近の中で洪水流量が最大になるケースをケース①、あるいは信頼区間の中の幅の中で洪水流量が最大となるものをケース②。この十勝川の例ではたまたま一致しております。もう一つは、信頼区間の中で降雨量が一番多いものをケース③として、この3ケースを選ぼうというものでございます。

71ページ目につきましては、気候変動後につきましては、最悪ケースとして、今回の5,400年分の計算結果から降雨量が最大であったものをケース④。それを平成28年8月の流出量が大きくなるケースで計算してみる。そのような抽出をして実施したものでございます。

74ページ目では、今回検討ケースとして抽出したものの一覧表を示しております。それでは、それらの外力を用いて被害を算定した結果をご説明させていただきます。80ページ目につきましては、十勝川を対象に氾濫計算を実施したものでございます。左側が過去実験のケース①でございます。将来の降雨量の中央値付近でピーク流量が最大となったもの、洪水量でいいますと6,400m<sup>3</sup>/sの洪水量でございます。将来実験になりますと、洪水量でいいますと8,800m<sup>3</sup>/sということで、約4割程度洪水量が増える。雨が3割程度増えて、洪水量は4割程度増えたような結果でございます。下の図は何かといいますと、そのような洪水量が発生したときに洪水氾濫で浸水する範囲を示しております。青とか紫になりますと、浸水深が深くなるということでございます。左から右の方に変化いたしますけれども、浸水面積といたしましては約14%、1.14倍に増加することとなっております。今回、過去実験と将来実験で雨の時空間分布が異なっておりますので、被害の出方も異なっております。見ますと、帯広地点の上で音更川が流れ込んでおります。雨の降り方、場所が変わっているので、音更川で氾濫しなくなる。そのような傾向が現れております。

81ページにつきましては、過去実験としては同じです。将来実験といたしましては、信頼区間の中でピーク流量が最大になったケースで、洪水量でいいますと、今度は5割ぐらい増えている状況となっております。こちらも過去実験と将来実験で降雨の時空間分布が異なっておりますので、札内川沿いのところで浸水がなくなって、利別川付近、

下流付近で被害が大きくなるケースとなっております。

82ページにつきましては、信頼区間の中で降雨量が最大のケースでございます。降雨量は最大なのですが、洪水量はそれほど大きくなっておりません。過去実験でいいますと洪水量は4,800m<sup>3</sup>/sということで、これまでの2ケースと比べると少なくなっておりますので、特に下流側付近では被害が小さくなっている傾向となっております。

83ページは、気候変動後ですので、ほとんど全川で、特に中下流部で5m以上浸水深が深くなっている状況でございます。

84ページ目で、被害の出方を一覧でまとめさせていただきました。先ほどご説明させていただきましたように、一つ一つの比較では降雨の時空間分布が異なりますので、被害を比較することが簡単にはできないということで、今回ケース①、ケース②、ケース③の過去実験の平均値と将来実験の平均値で見ました。本来はオランダのように何万ケースも同じような氾濫ケースをやれば平均値の議論ができるのですが、今回は3つですけれども、傾向を見るために平均値で比較したものでございます。浸水面積とか農地被害面積でいいますと、過去実験と将来実験、気候変動によって4割程度浸水被害が増加する形になっております。

後でまとめのページがございますので一項目ずつご説明はいたしませんけれども、これら浸水面積とかを見たときに、大きく被害が増加する項目がございます。それが、85ページでございます要配慮者施設でございます。これは社会福祉施設と医療福祉施設の合計なのですが、他の浸水面積とか家屋数ですと2割から3割程度の変化だったものが、要配慮者施設は1.6倍ということで、伸び率が大きくなっております。

もう一つが、下のページでございます想定死者数でございます。こちらは約2.3倍ということで、ほかでは1.3、1.4倍だったものが、ここだけは2倍を超えるような形で大きくなっております。このメカニズムにつきましては、洪水量が増えますと、なかなか浸水面積というのは増えません。地形的な制約があって増えることができないということがありますので、氾濫した水は浸水深が深くなっていきます。深くなることによって人的な被害が増えていくという傾向が現れているものでございます。

87ページ以降は常呂川流域の被害状況も記載しております。傾向も同じような傾向となっております、93ページの要配慮者施設のところで見ますと、他の項目では1.3倍、1.4倍だったものが要配慮者施設では1.6倍になっている。想定死者数では6.7倍ということで、数字が大分大きくなっております。

続きまして、先ほどのオランダでは、治水や気候変動の影響をどのような目標水準にするのかについて、人的被害を抑えることを政策目標にしていたということで、人的被害の出し方について着目してみました。95ページでは、日本で用いております手法を示しております。先ほど〇〇先生（委員）からも「年齢を考慮していないのか」というご質問がございましたけれども、日本の場合は年齢を考慮しております。どの

ような概念かといいますと、65歳以上の方々については、居住階の床面まで避難することができます。2階建てなら2階まで逃げることができる。3階建てだったら3階まで逃げることができる。建物の中で移動した階で、自分がいる場所の床から浸水深が1.8mを超えると9割以上の死亡率。水位が頭以上高い状況になると9割の方が亡くなるというものです。準危険水位帯となっておりますのは1.2mから1.8m、胸の高さから自分が沈んでしまうまでぐらいですと12%の死亡率を掛けるというモデルになっております。65歳未満、それより若い方については屋根を突き破って天井まで逃げることができる。そのようなものが日本の算定手法になっております。特に水深と年齢に依存しているのが日本のモデルでございます。

下のオランダのモデルにつきましては、先ほど説明させていただいたとおりでございます。領域を分けて、流速や流体力も考慮しているものでございます。避難率を全体に乗じるのは、日本もオランダも同様でございます。

それを十勝川、常呂川で適用してみた結果でございます。102ページにつきましては、特に帯広市街1ブロックを対象に検討しました。流域全体の数字ではなくて、1ブロックだけを検討したものでございます。こちらでいいますと、赤で囲んでいるところが平均値を示しております。オレンジと緑となっておりますのが、オランダの手法になっております。青が日本の手法でございます。過去実験ではオランダの手法では78名だったものが、気候変動によって462人、1オーダーほど増加します。率は日本の手法も大きいですが、絶対数自体が6と78、75と462ということですので、オランダのような手法だと1オーダーほど大きくなる可能性があるという結果を示しております。

108ページで、北見市街1ブロックでオランダの手法も試しております。帯広と同じようなケースとなりまして、オレンジと緑色のオランダの手法は、青の日本の手法と比べますと、1オーダーほど大きな値を算定している形になっております。特に帯広と比較すると、伸び率が大きくなっている。10倍ほど気候変動によって増える可能性があるという結果になっております。

これらの検討結果を1枚にまとめさせていただきましたものが、A3の1枚物になっております。まず、降雨の分析結果につきましては、ダウンスケーリングの効果ということで、5kmメッシュにダウンスケーリングすることによって、強い短時間雨量の再現性も高まったということでございます。もう一つは、常呂川、十勝川ともに、特に十勝川ではバイアス補正をすることによって、バイアス補正係数は0.99と、観測実績とほぼ一致するような結果を得ることができたのが、1つ目の成果だと思っております。2点目は、大規模アンサンブル実験の効果でございますけれども、過去実験3,000年、将来実験5,400年分のダウンスケーリングを実施することによって、災害をもたらす極端現象につきまして確率統計的に扱うことができるようになった。特に右側の下で表しておりますけれども、大規模ダウンスケーリング結果をさらにリサンプリングすることによりまして、150年に1度の生起頻度の雨、治水対策の防御水準の降雨がどのよ

うに分布するかを示したものでございます。青色の過去実験による算定結果と赤色の将来実験によります算定結果ですと、信頼区間も多くの部分重なっているということは、現在気候におきます気象現象の振れ幅、ここでは変動という言葉を使いましたが、本来気象現象が持っておりますカオス的な振る舞いによる変動分についても十分対応できる。気候変動に備えるということは、50年後、100年後に役立つだけでは決してなくて、本日も起こっております、3月では観測史上初めての記録の降雨にも対応できることがわかったということだと思います。降雨が気候変動によってどの程度増えるのか、それを明らかにしなさいということが今回のミッションでございました。今回の検討結果では、十勝川、常呂川とも約4割ほど降雨量が増加することが明らかになりました。

2つ目の分析結果につきましては、まだまだ流出計算手法については課題が残るものの、下に洪水量の変化の各手法を示させていただきましたけれども、降雨量の増加に伴いまして洪水量は、常呂川、十勝川では約1.5倍から1.7倍に増加することが明らかになりました。もう一つは、これら降雨の時空間分布を得ることによって洪水量の分布を得ることができたのも1つの大きな成果だと思っております。

被害の分析結果につきましては、一覧表にまとめさせていただいております。十勝川流域では浸水面積は4割増えると書いておりますけれども、様々な項目で被害等も増えてまいります。特にその中で影響を受けるのが要配慮者施設の増加割合で、双方とも1.6倍となっております。もう一つは、想定死者数が十勝川では2.3倍、常呂川流域では6.7倍といったように、他の項目と比べるとセンシティブに反応しまして、特に人的被害への影響が非常に危惧されるという結果が明らかになりました。

それらを踏まえまして、今後検討すべき事項を記載しております。1点目につきましては、気候変動後に生じる降雨は、現在気候におきましても変動の1つとして表れている。オランダでは、ヒアリングの結果、too late, too little、対策が遅きに失しないように、あるいは小さい対策で後で後悔しないように戦略を進めています。現在我が国の防災分野では、適応策はほとんど進んでいない状況でございますけれども、北海道におきましては、このような検討結果を含めて、被害をどのように軽減するかに取り組まなければならないと考えているところでございます。

2点目につきましては、今回、十勝川流域、常呂川流域を対象に検討してまいりましたが、道内だけでも直轄13水系、二級河川でいきますと230水系ほどございます。道内の他水系への影響、あるいは他地域、全国への影響についても把握する必要があると考えております。平成28年8月の被害でも、特に日高山脈沿いで顕著に大きな被害が出たということもございまして、そのような中小河川とか山地部では大きな被害が出ると思われましても、今回の検討ではそこまで明瞭な結果は得られませんでした。さらに降雨などの小流域の分析を進める必要があると感じております。

4点目でございます。本検討では、唯一大規模アンサンブルの結果がございました

d4PDF、RCP8.5シナリオを用いて検討を進めてまいりました。オランダでのヒアリングでは、複数のシナリオを基に分析しており、2050年までの対策は、4つのシナリオ全てに対応できる対策をとっているということでございました。2100年については、どのようなシナリオが生じても対応できるようにオプションをそれぞれに準備して、フリーハンドを持つような政策的判断をしていました。軽減のところではソフト対策やハード対策など、様々なオプションを考えていこうとすると、他のシナリオについても検討等を進める必要があるのではないかということを書いております。

5点目でございます。本委員会のミッションは、降雨の変化量を明らかにする。洪水量の変化を明らかにする。被害の変化を明らかにして、リスクを社会と共有するというところまでが今回の委員会のミッションでございました。しかしながら、オランダに比べますと、リスクの社会的共有を図るまでについては、まだまだ技術的な改善を図る必要がある部分が残っていると考えております。

最後でございますけれども、本委員会の検討は、7月下旬ぐらいに第1回委員会を立ち上げさせていただきまして、本日の第3回でまとめるということでございます。事務局といたしましては、さらに検討を深めたいところではございましたけれども、時間的な制約の中で進めてきましたので、まだまだ不十分な点も残されております。先ほど〇〇先生（委員）からおっしゃられたように、これで終わることなく、同じ枠組みではないと思っておりますけれども、道庁、開発局、研究者の方々とかけんけんがくがく議論しながら進めるのは画期的なことだと思っておりますので、そのような検討を引き続き進めていかなければならないということと、わずか半年余りの期間で検討した内容でも、全国に役立つ情報が多々入っていると思っております。このような技術的知見を速やかに取りまとめて公表して、多くの他の河川、他の地域でも検討の参考になるようにまとめていく必要があるのではないかということで、今後検討すべき事項という形でまとめさせていただきました。以上で事務局からの報告を終わらせていただきます。

**【委員長】** たいへん盛りだくさんの内容を駆け足でご説明いただいて、ありがとうございました。よろしければ、重要なところなので、皆さんからご意見をいただければと思います。説明の不明な点についてと、大事なものは、これを材料に具体的な治水計画をこれからつくることを目指したいと思うのですけれども、それに向けてこのようなことを考えればいいのか、などのご意見を伺えればと思います。よろしくお願いいたします。

**【委員】** 私から2つあります。1つはコメントで、もう1つは考えるべき点があると思っております。

コメントのほうは、偉そうな言い方をして申しわけないのですが、オランダに行かれて、様々なことを意見交換されたと思います。その様子を伺うに、我々がオランダに学ぶ部分もあったかもしれないのですが、オランダが我々から学んだ部

分もかなりあったのではないかと思います。日本は歴史的に遣唐使とか欧州使節団のように、欧州に学びに行くことがあったかもしれないですが、これからは我々の気候変動適応の施策が世界をリードするような立場に立っている可能性があるため、責任は重いのですけれども、世界の責任ある立場に立っているのだという意識があったほうがいいのではないかと。その意味で、公表すべきなのは全国に対してではなくて、全世界に対してこの検討を公表すべきだと私は思いました。これがコメントです。

2つ目は、それよりはかなり矮小な話になるのですが、支川に対する検討で、無加川と佐幌川に対する検討があったかと思えます。これは危険な部分があるので、指摘させていただきます。2つ危険な部分があって、1つは、アメダスデータとの比較で合っていると仰いましたけれども、そんなにたくさんアメダスデータがあるわけではありませぬので、特に山岳部は非常に少ないという点が1つ。

もう一つは、確かに5kmメッシュでシミュレーションするのですが、どうしてものっぺりした結果になってしまいます。空間的に平滑化された結果になる。実際の雨では、支川ぐらいになると、川の左岸のあたりでもものすごく降ったというようなことがあると思うのですが、そういうことはシミュレーションではなかなか出しにくいと思えます。数百mメッシュのシミュレーションでは出てくるかもしれませんが、5kmだとまだ限界があります。〇〇さん（委員）が昔モンテカルロ法で、山のここで降った、ここで降ったというふうに、様々な降り方に対して対応していたと思うのですが、そういった検討を仮にするとして、倍率で見るとそれほど結果は変わらないかもしれませんが、確率分布で見たときには裾野がもう少し伸びるような、大きく違う結果になるのではないかと思いました。

**【委員長】** 前半の世界への発信という部分は、確かにおっしゃるとおりです。

**【委員】** 〇〇先生（委員）のご指摘に対して、オランダに私も行かせていただいて、おっしゃられたとおり、こっち側からもっと発信しなければいけないと思いました。実際オランダの方々とは議論しましたら、耳を真っ赤にして、こちらの方法に対して意見してくるのです。これは非常に成果だと思いました。オランダの方々も、競争意識を持って北海道の検討にコメント、質問してきた。特にオランダの気象局であったりとか、国土交通省に相当するところでもそうだったので、ヨーロッパでも中心的に進んでいるオランダが、北海道の検討に対してある意味のライバルとして意識したようなところもあったと思えますので、私も本当にご指摘のとおりだと思います。

最後にコメントされた、小さな流域に対して今後どう議論するかなのですが、実際ダウンスケーリングしている私たちの側としても、どのスケールまで計算できるかというのは難しいところがあります。三百数十km<sup>2</sup>ぐらいになると、流出モデルでも1つのランプモデルとして扱うほどのスケールでもあります。ご指摘されたとおり、日本の

雨の長期データというのは、良くても10kmに1ポイントで、平均的には20kmに1ポイントです。そうすると、2016年の空知川流域の雨などは、3日雨量あたりをどこで測ったかというのを仮にレーダーアメダス雨量で変えてみますと、10%から15%揺らぐのです。まさにそのようなところの揺らぎ部分を今回の検討結果に考慮するというのは、小流域を大流域と一緒に、同じ枠組みで議論する方法になるのではないかと思います。

もう一つよろしいですか。今後検討すべき事項というところに、別のシナリオのようなことがあったと思います。〇〇さん（事務局）のお話の途中で、20kmと5kmの大雨というのは、値は違うけれども、将来と過去を比べると倍率はおおよそ同程度であるとのことです。これは、今後全国的にこの議論を展開していく中で重要な点ではないかと私は考えています。そうすれば、今回は仮に4℃という上昇時の将来のみを検討していますが、逆手にとると大雨を選んで計算しているので、雨の外力としては、様々な降雨パターンを検討したリスク評価にもなるのではないかと。2℃上昇を想定した将来のリスクというのは、この程度ではないかということにもつながり得ると思います。そのようなところに、今回の検討会のように短い時間で頭を使ってやるというところのよさが出てくるのではないかと思います。

【委員】26ページの左の図と、資料-3に似たような図があるのですが、これは係数が違うわけです。675年と629年。上から順番に計算してきているということで、下のほうがずれが大きいということを考えていくと、これからどんどん下のほうへ入ってくると、もう少しずれが大きくなってしまふ心配はないのかが気になります。

【委員】〇〇先生（委員）の資料です。26ページの左の図と、資料-3の同じような図がありますよね。係数が675年と629年ということで、これは上から順番に計算してきているのですよね。ということは、下のほうが入ってくるほうが、だんだんずれが大きくなるということではないですか。

【委員】そうですね。小さな雨量ほど、ある意味20kmで見えているものは係数としては少なくなるので、その可能性は出てくるとは思います。

【委員】ということは、1000年、1,000ケース計算する予定ということになると、またさらにずれが大きくなる可能性があるということですね。上から順番に計算してきているのであれば。

【委員】計算してみているのでなんとも言えないのですが、おっしゃっているのは、通年計算で抽出するものと15日から抽出したものの違いですよね。それはあり得ると思います。ただ、実際に我々が検討すべき降雨事例はそのようなものではないという前提があると思っています。つまり、この流域スケールで大きな雨で、かつ今回の検討に資するべき事例なのです。事例数が増えてくると相対的にずれが出てくるというのは、母数としてはそうですが、検討としては大きく効かないところではないかと思っています。

【委員】中央値とか95%タイル値とかも当然ずれてくる可能性ないですか。

【委員】中央値、95%タイル値の総雨量ですか。

【委員】95%タイル値の雨とか中央値の雨などが、下のほうの雨が増えてくれば変わってくる可能性がないかが心配です。

【委員】総雨量の中でですね。1,000事例とかの総雨量の中で。

【委員】本来的には、できれば3,000ケース計算したいのですよね。

【委員】ええ。小さな雨の部分に関しては、それはあり得ると思います。

【委員】上の強い雨に関してはあまりずれがないということがわかっているのだったら、強い雨の方はそれほど計算する必要はなくて、弱い方の雨がどれだけずれるか。弱い雨でも200mmほどになってしまう可能性はあるわけですよね。

【委員】順番としては変わらないですけれども、その時空間分布は20kmでは出せないなので、ダウンスケーリングはしなければならぬと思っています。つまり、今回の検討で大事なところは、総雨量は同じであっても、降雨分布、時空間分布によってピーク流量がまず変わり得て、それによってリスクも変化する。それはダウンスケーリングしなければ議論にならないというのが大事なところだと思います。ですので、大きな雨をダウンスケーリングしないというのは、適切ではないと思います。

【委員】ダウンスケールした後、95%タイル値が178mmとなっているのですけれども、200mm以下のところで結構影響を受けているので、95%タイルの値も影響を受ける可能性があるのではないですか。

【委員】当然含まれてくれば、影響は出てくると思います。ただ、どちらを優先するかという意味では、大きなものから選んでいかなければ意味がないということと、大きなものではない雨を20kmの情報から選ぶ情報を我々は持ち得ていないと思います。今回の場合は20kmメッシュでの大雨なので、雨というものをある意味信じていますが、それでは得られない小さな雨というのは気象場から選ぶことになります。そうすると20kmのスケールで見える小雨、ローカルな雨を生じ得る気象場を見つけられるのかといたら、そうではないと思うのです。ですので、結局は大きな雨から選ぶというストーリーは変わりようがないのではないかと思います。全てできたら、その部分の説明がしっかり、よりできるとは感じています。

【委員長】なかなか難しいですね。学術的にはいずれは解決しなければならない問題なのかもしれないのですけれども、今は現状の材料で言えるところまでを考える。実際に治水計画をつくらなければならないという部分もありますので、これだけわかっただけでもとても貴重な結果なのではないかと思います。他にいかがでしょうか。

【委員】まず、大学で何を研究したらいいのだろうというほどに素晴らしい検討で、大変感心しました、というのが全体的な感想です。それは正直な感想なのですが、1点だけ、私は水分野だけに各地で冷や水をかけて回っていますので、すごく迷ったのですがやはり言おうと今決心しました。

赤字で線が引いていなかったら言わないつもりだったのですが、人的被害への影響が特に大きいと赤字で線が引いてあるのです。ここは推定が一番難しい。他は物理的な計算の結果で、農地面積、浸水面積等々あります。孤立者数も、その地域の中に入る人数ですので、良いと思いますが、死者数はかなり難しいのではないかと思います。少なくとも私は、委員会全体の意見としては違っても反対しませんが、個人としては太字、赤線、下線というのは危険ではないかという気がします。過去実験で数十人から百数十人亡くなるという想定ですが、日本で川の水があふれての浸水で、これほどの人数が亡くなったというのは、どこまで戻るのか。鴨川台風ぐらいまで戻るのですかね。最近でも水が溢れてこれほど亡くなることはないので、なかなか推定が難しい。数式でこうやったというのは十分承知しておりますが、赤線、下線はちょっと危険かなと、少なくとも個人的には申し上げさせていただきます。

**【委員長】** 亡くなった人の数というのは、確かに検証が難しいですね。そういった意味では、オランダの手法と今回提案されている方法でも大分推定値が違います。不確定性がある、ここまで踏み込んで書けるのかというようなご指摘だったと思うのですけれども、これは確定値ではなくて、もちろん今後このような部分を精査した上でということです。今はこのような試算ができましたという位置づけなので、誤解を与えないような書き方は必要なのかもしれないですね。

**【委員】** 直接的に事実として被害が大きくなるという書き方なので、誤解は生むと思うのですが、利根川、荒川で検討したときは、避難しない場合とか、もう少し条件をつけて社会的にアピールしました。私は積極的に出していくべきではないかと思います。というのは、先ほどのダウンスケーリングするかしないかという議論もそうなのですが、これをどう使っていくのかというところとリンクしてくると思います。この流量や被害規模を対象として、資産も人も守っていく、命を守るということと、明確な目標は命を守る、避難をするということが1つのメルクマールになってくる。そうすると、そのリスクをきちっと示していくことは、防災に関係する者に求められており、逆に責務ではないかと私は思いますので、この表現は多少工夫するにしろ、ぜひこれは明らかにしていく必要があるのではないかと思います。

もう一つは、一昨年の委員会で申し上げたのですが、東日本大震災で日本の防災はものすごく変化しました。つまり、科学的リスク評価のもとでリスクを評価して、ハードとソフトの対策をどう組み立てていくかという新しいステージに入りました。津波防災地域づくりもそうです。本日の議論は、それを水害でやっっていこうという方向だと思いますので、さらにそこは必要性が高いのではないかと思います。

さらにそれを強化するために、津波のシミュレーションのときは流速と流体力を出しました。結局、避難時間などの時間の問題や流速あるいは流体力、建物に当たる力によって建物がどの程度破壊していくのか、そのような意味では、今回のシナリオでは、流速の話は今後と書いてありますけれども、計算では出ますよね。むしろ流速も

あわせた格好での被害も伝えていくことが必要になるのではないかと思います。

**【事務局】** ○○委員がおっしゃられるように、死者数の推定の数自体は、他の項目と比べると正解かどうかは難しく、正解が得られない類いの数字だと思っております。他と比べると数字の質が違うというのはご指摘のとおりだと思います。

一方で、私が内閣府のときに利根川や荒川の被害想定も検討したのですが、洪水流量が1割増し、2割増しという感度分析を実施したときに、一番被害が現れるのは人的な影響です。浸水深が増えるのと並行して、洪水量が上がるとどうしても増えてくるというのが最大の特徴でありました。ここで書いてありますように、数字自体は、先生がおっしゃられるとおり精度の問題はあるのですが、その部分の影響を大きく受けることのほうが蓋然性が高いのだろうと事務局としては思っております。書き方は工夫させていただきますけれども、人的被害はキーワードとしてぜひ残させていたいただきたいと思っております。

**【委員長】** 本日は時間の関係で説明がなかったですが、オランダはリスクの評価に流速や流体力なども考えて、なおかつメッシュ単位で死者の数を出したり、そこまで踏み込んで検討しています。日本でそこまでできるかどうかは別として、学術的にもリスク評価の研究のようなものはすべきではないかと思います。一昨日、昨日と、水工学講演会に出てきましたけれども、発表を聞いて日本はハザードの研究は進められているけれども、リスクというのはまだまだこれからだと感じたので、そちらの方も進めていただければと思います。

**【委員】** つけ加えますけれども、もし可能でしたら参考にしてください。静岡は今、津波対策で死者数ゼロを目指しています。地域ごとに市の中を区切りまして、この地域は死者何人、市で2,000人としています。これをゼロにするためにハードとソフトの対策をどう組み合わせるのかということで、社会的コンセンサスもそれで得ていますので、十分使える手法だろうと思っております。

**【委員長】** そのような結果を出していくのが、本日としては非常に重要であろうということですね。せつかく行政の方もいらっしゃいますので、治水計画などに反映させるためにはこのようなことを考えるべきだ、などの話でも結構です。

**【委員】** 1つ興味深かったポイントが、A3の用紙の青と赤の確率分布が重なっているという話を何度か強調されていましたが、将来懸念しているリスクが現在にも存在しているというところがありまして、今回の検討は4℃上昇で、かなり先の将来であるということでした。治水計画を考えるときには長いスパンで見る必要があるのかもしれないですが、現時点で検討しておくべき項目ですとか、今回の全体的な評価を通じて現時点で検討すべきことも整理しておく必要があると思われました。

**【委員】** まとめの最後のところで技術的知見を速やかに取りまとめとあったのですが、あわせて課題を取りまとめてほしい。科学的根拠に基づいて防災を進めようと考えていて、そういった意味では科学的な根拠がある意味でオーソライズされたということ

だと思うのですが、それは課題など、ここはもう少し精度を上げる必要があるなど、そのようなものとセットだと思いますので、そこは両面から整理をしておいていただきたらと思います。

【委員長】 課題も山積みですよ。

【委員】 余計なことを言いますけれども、やはり最先端ですので、課題が多くて当たり前です。そこはあまり自信を失わなくていいと思います。

【委員長】 もちろんです。進めるところは進めていくというスタンスでいくべきだと思います。他にいかがでしょうか。

【委員】 オランダのときに、6年ごとに見直すという話があったのですが、今回のような確率の推定値が正しかったのかという評価、リスク評価を「評価する」というのもやらないといけないという気がします。ある程度長いデータがないとできないと思うのですけれども、そういったところも考えておく必要はあると思いました。

【委員長】 そうですね。例えば人的被害なんかは、オランダは自国だけでなく、アメリカのハリケーンカトリーナの情報とか、そのようなデータベースをどんどんつくって、データを集めて分析したりもしているので、情報の集約化や共有化も考えるべきではないかと思います。

【委員】 横軸に外力、雨があって、縦軸にそれを評価する、今回でいう死者数想定なのか、浸水深なのか、面積なのか、いろいろあると思うのですが、よく出てくるB/Cの話とどこを変えた議論になるべきなのか。全国统一の話なのか。さきほどオランダの話で、優先順位という言葉が出てきたと思うのですけれども、日本の場合は流域内優先順位なのか、地域内優先順位なのか、全国優先順位なのかという議論を進めていく必要がまずあるのではないかと思うのです。どの場になるかは今後あると思うのですけれども、様々なケースを考えてみたらこのような論理なのだななどといったフローチャートが今後つくられていくべきなのではないかと思っています。

【委員長】 何を評価軸に考えていくべきかという議論が必要になってくると思うのですけれども、例えば死者の数というのは10万人に1人を目標に決められていますけれども、それでいいのかななどの話も、かなり重たい話としてあるのではないかと思います。

【委員】 今、国会で気候変動適応に関する法律の審議がなされていると思うのですけれども、この検討と併走する形になっていると思うので、その法案が可決された段階になったときには、これも気候変動適応関係の1つのポイントとしてきちんと項目づけをして、地方自治体関係でセンターをつくるような話にもなるはずなので、そのようなところにこの検討をきちんと入れていくが大事だと思います。少し違う視点の話ですが。

【委員長】 これはまさに先取りした取り組みですよ。社会がようやく追いついてきたような感じだと思います。他にいかがでしょうか。

【委員】 今回、流出モデルをどうするか、パラメータをどうするかを考えなければいけ

なくて、研究的に解決しなければいけないところが大きいと感じています。洪水予測の検討がこれからどんどん進むと思われますので、そことある意味で対になって議論することは、短期予測の話でも、今回のような長期スケールの話でも有意義ではないかと思います。手法論のところは、同じ基盤から議論するというのも十分あり得ると思います。

**【委員長】** そうですね。説明では聞き取れなかったかもしれないのですが、他の主要な洪水は全てできるのですけれども、平成28年8月出水だけはうまく再現できなかった。ですので、雨量に対する流量の結果がクラウドのようになってしまっているのです。平成28年8月というのは何度も雨が降って、飽和して、そして最後に流出したというケースですので、そのような部分の精度を上げるための研究も必要になってくると思います。他にいかがでしょうか。

**【委員】** この研究成果を社会実装にどう使っていくかというところで考えると、一番大きいのは、極めて希現象にはなると思うのです。ただ、最近の防災、減災の流れを考えると、地域の皆さんがどういった対応ができるのか。先ほど避難や要配慮者の議論が出てきましたけれども、要配慮者にとってどのような情報が有意なのか。

もう一つあるのは、シナリオ型というのが出てきたのですが、別なシナリオがあって、砂防の分野で実施していますように確率的な評価だけではなくて、このような災害が起きる場合の対応など、大河川が溢れるとき、小河川が氾濫、あるいは山津波のようなこともあります。そのようなシナリオをもって地域の皆さんと相談していく、議論していくことが必要になると思います。〇〇先生（委員）おっしゃったように、そのような中でもう一度どの部分をより強化していくか。優先順位は、そこのキャッチボールで考えていくプロセスになるのではないかと思います。

**【オブザーバー】** 私、昨年の7月まで開発局におりまして、前回の委員会含めていろいろと携わらせていただいた者でございます。今回の気候変動予測技術検討会の審議の結果というのは、科学的成果をもって今後、次の適応策をどうやってやっていくかというフェーズにまさに入っていくことになると思っております、そのよな意味では、今回のこの科学的な成果は非常に大きなものであると考えております。

その上で、今回の検討すべき事項の中でRCP8.5シナリオについて分析してきたわけですが、複数シナリオについて分析を行う必要があるということに對しまして、どのようなアプローチといたしますか、どのような方法論で向かえばいいのかについて何かご意見があればお願いしたいと思います。

**【委員長】** d4PDFでここまで検討したのですけれども、複数シナリオとか、d2PDFという2℃上昇のシナリオもあると思うのですが、大量アンサンブルデータをつくって評価するとまた時間かかってしまう、いつまでたってもハザードの分析から抜け出せないことになってしまいますので、私としては、今回のようなものをベースにして、まずは対策や治水計画などに結びつけるべきではないかと思います。もちろん科学的な知見

がどんどん出てきて情報が充実してくれば、考え直すという部分はあると思うのですけれども、私はそう思います。

【委員】〇〇委員長の言うとおりののですけれども、スケーリングという考え方がありまして、要するに今は4℃上昇という状態を想定した将来なののですけれども、では2℃だったらどうなのですかというときに、極めてざっくり言うと、半分にすればいいということになります。それに当てはまる場合と当てはまらない場合は当然科学的にあるのですけれども、複数回同じような膨大な計算をするという検討に比べればまだよい方です。

もう一つの尺度として、4℃上昇の未来が何年後に起こるのか、という尺度があります。それは当然、温室効果気体の分量によって変わるわけですが、その2つの軸を持って、一番簡素なのはスケーリングをもって解とする。そのスケーリングする際に、今膨大な4℃上昇実験のd4PDFの確率分布があるので、これをもとにするのが一番簡素な考え方です。より精度を求めるときには、様々なリソースを持ってもう一回計算することになると思います。

だから、たくさんシナリオがあるからもう一度計算しなければいけないという性質のものではなくて、それぞれのパターンをきちんと分析した上で出てきた結果を按分していくという格好が1つ考えられます。仮に循環場が多少変わったとしても、循環場に対する分析を行えば、按分の仕方を変えることによって同じような考えもできますので、そういう科学的な工夫によってやっていくとよいのではないかと考えます。

【委員長】そのあたりの出力をどのように解釈するかは、研究者や専門家のご意見を参考にしながらということになると思いますけれども。

【委員】私が熱力学と力学という効果の議論をさせていただきましたが、今回検討した場所については熱力学効果が非常に強かったのです。力学効果というのは、上空での上昇気流と雨との関係で、それはどちらかという循環場によりかわるようなことだと思うのですけれども、熱力学効果に比べればそんなに大きくなかったと思います。4℃上昇でそうだということは、結局2℃上昇であれば、今と4℃の間ぐらいを見ていく。私の感触としてはそう思っているところです。

【委員長】そうですね。その辺が一般化できて、クラウジウス・クラペイロンの式のよりに雨の量が決まってくるのがわかれば、様々な対応ができる可能性もあります。

【委員】もう一つ言わなければいけないことがあって、現行のCMIP5モデルでは解像できていないものがたくさんあります。例えば、メソデータスケールの現象など、要するに10kmより小さい線状降水帯などはなかなか出てきていない。そのため、CMIP5を検討すればそれで終わりかという、必ずしもそうでもない部分があります。そこは本当に研究の部分になるので、次世代のモデルに期待するなど、気象学の進展に期待することになります。それも補足させていただきます。

【委員】研究の話ばかりになって恐縮なのですが、例えば〇〇先生（委員）が紹

介された、99%タイル値の横軸が気温になっているグラフがありますけれども、気温が1℃上がると7%水蒸気量が増えます。今は4℃上昇のシナリオを想定しているのので、1℃上昇が4回なので7%の4乗になって、大体1.3倍です。まとめの図の降水量の増加が1.4倍前後ということなので、そういった関係があります。

どうして1.3ではなくて1.4なのかというのは、理想的な条件を見ていたり、あるいは7%増えるというのは、同じ高さの水蒸気を考えていますけれども、気温が高くなると、より対流性の背の高いものが増える。そういった効果で、強い雨は1.3よりさらに伸びるだろうと、そういったところが研究の可能性を持っていると思います。この倍率が全国的にどう分布しているかとかも大学等々で研究すべきことかと思えます。

**【委員】** もう一つ、北海道の検討と九州の検討だと、おそらく九州の検討のほうが難しいと思います。というのは、水蒸気量が全く違いますし、起きている現象も、北海道であれば、ささやかに何かぶくっと増えるだけで済むかもしれないですけども、九州であれば、台風がどうなる、梅雨前線がどうなるなど、直接効いてきます。そういったことを考えると、今回のようなモデルケースの計算は、少なくとも全国展開されるのであれば、九州とか関東のどこかで同じように計算をしたほうが良いと思います。

**【委員長】** 北海道でできたからといって、そのまま当てはめるわけにはいかないということ、地域のことを考えてということですね。

**【委員】** 情報としてですが、RCP2.6シナリオですけども、ここに出ていました環境省でやった実験の他に気象研で今つくっているところですので、今年度中に公表します。ただ、アンサンブル数は今回ほど多くないです。あと、メソデータに関していいますと、2kmの結果がRCP8.5シナリオは出ていますし、RCP2.6シナリオも今計算中ですので、近い未来に出てくると思います。

**【委員長】** 近い未来というのはどのぐらいですか。

**【委員】** 1アンサンブルであれば、今年の夏ぐらいまでに公表します。

**【委員長】** わかりました。

**【委員】** 今回たまたま大量な計算がすぐ実施できたのは、多くの機関の方々のご協力で、気象研究所の〇〇さん（委員）初め皆さんにご協力いただいたり、全国的に関わってくださった方がいるのが背景にあります。このようなことを常にやり続けるのは難しいですが、防災や今後の適応に対して超大型計算機をしっかりと使うなど、もっと短い時間で計算するなどというのは大きな枠組みを必要としています。その枠組みを入れなければ、なかなか定常的にこの話は進まないと思います。

先ほど細かな雨の事例の話がありましたが、事前雨量の効果というのが2年前の北海道豪雨では重要だと思っています。今回の流出計算でもパラメータの選び方に難しさを与えてくれたのですが、そのようなことを議論するには、ある程度連続で計算したものと、その流出パラメータを使ったことによる対応関係ももう少し詰める必要があ

ります。それが実際、総降雨量に対する確率年を右側にどの程度ずらすのか。信頼区間の話になってくるのではないかと思うのです。それが2℃上昇でも同じ100分の1に対するこの信頼区間であるということで、そうするとリスクがもう少しはっきりするだろうと考えています。

先ほどお話しされた破堤やパイピングなど、様々な効果が重要だということだったのですが、それに対して北海道では今後どのようにやろうとしているのか、お考えがあれば教えていただきたいと思います。

**【事務局】** 北海道の中でどこが一連を通じて弱点になっているかという、やはりリスクの出し方です。最終的に地域の方々の命を守るとなると、地域の方々に必ずリスクを認識してもらわなければならないと思っていますが、そのための検討が不十分と考えている。どんなときに溢れるのかという表現が、私たちは計画高水位になったら途端に壊れますという1つの選択肢しかないのですけれども、オランダでいうと、このときに壊れる、このときにも壊れる、それを全部確率的に評価すると、お宅で氾濫する確率はこれくらいなのですよ。だから住み方など、住民側で考えることができる。やはりそこが一番の弱点で、今後取り組むべき課題の大きなテーマの1つであると認識していますので、そのリスクの分析手法については北海道庁さんと開発局が共同で引き続き取り組んでいこうと考えています。

**【委員長】** ぜひお願いいたします。堤防の評価は、やはりオランダのほうが進んでいるという感じがします。

### 3. 委員長講評

**【委員長】** 本日は様々なご意見をいただきました。これを踏まえまして事務局で整理、取りまとめをよろしく申し上げます。

最後に委員長が総括ということなのですが、簡単に所感を述べさせていただきます。取り組みの方向性とか技術的な問題は、本日皆さんからいただいたご意見など、今まで議論してきたことに集約されていると思いますので、今後重要なのは、実際の具体的な治水計画を立てていくことです。これは新たな治水計画なのですけれども、ここまでやったのだったら、それを実現する方向に持って行ってほしいと思っています。もうここまで進んでいますので、北海道が全国に先駆けたモデルケースになり得るのではないかと思います。

皆さんもそういうことには賛成すると思うのですけれども、ただし、具体の話になると、予算措置や合意形成などの課題をクリアしなければならないので、それほど簡単ではないと思います。そういった意味で、技術的なこと以外に留意すべき点を2つほど挙げさせていただきたいのですけれども、1つは、一般の人にもわかりやすく成果を説明することが必要なのではないかと。最先端の科学でも最近はサイエンスコミュニケーションというのがありますので、ここまでやったのであれば、これを一般の人にも

丁寧に説明することが必要なのではないか。今後、我が国の限られた予算の中で大きな投資をしていくには国民の理解とか支持が絶対に必要なもので、広くそういう説明が必要なのではないかと思います。

もう一つは、精神論的な話になってしまうのですが、オランダに行き行って感じたのは、子孫に災いを残さないという決意です。限られた人からのヒアリングですが、そういうものを感じました。オランダでもいろんな議論があったのですが、そういう決意があったからこそ、締切大堤防やデルタ計画などの大規模プロジェクトを実施してきて、それが実を結んできている。そのような強い意思が国や国民を守る対策に結びついていると思いますので、そういう決意を共有する。そして実現するゴールはぶれないように実施していく。もちろん私も責任の一端を担っていると思っています。

最後に、今回の委員会の大きな成果は、精力的に検討を進めていただきました事務局、あるいは膨大な計算をやっていただきました〇〇先生（委員）や、〇〇先生（委員）のところの星野研究員、そういう人の協力なしには得られなかった成果だと思います。委員の皆様からも有益なご意見をいただき、非常に大きな成果が得られたと思っていますので、治水対策の実現に向けて引き続きご支援、ご協力いただければと思います。以上です。

それでは事務局にお返しします。

#### 4. 閉 会

【事務局】長時間にわたるご審議、本当にありがとうございました。本日の資料は、後日ホームページに掲載させていただきます。また、本日の議事録についても、委員の皆様にご確認をいただいた後、ホームページに掲載させていただく予定でございます。

それでは、閉会に当たりまして、北海道庁と北海道開発局を代表いたしまして、国土交通省北海道開発局河川計画課河川調整推進官の〇〇よりご挨拶申し上げます。

【事務局】本日も含めてこれまでご指導いただきまして、ありがとうございました。本来だと北海道庁の〇〇課長が挨拶をする予定だったのですが、本日の雨と、もう一つは議会对応のため急遽欠席されました。

代わりに私の方で事務局としての感想を述べさせていただきます。今回委員会の事務局をさせていただいて、非常に楽しかったという一言に尽きます。私たちは治水に携わって洪水を扱いながら、今までなぜ気象の方々と話す場面がなかったのだろうということを実感しました。私たちは過去の降雨だけをひたすら分析していたのが、先まで読めるような時代になってきたということは、日々の様々な予測をするときにも、多くの気象シミュレーションが様々な防災に使えるということを改めて感じたところでございます。

委員長が言われましたけれども、今後の気候変動予測をどう社会実装していくかが

今の大きなテーマだと思っております。北海道庁では今、川づくり基本計画という、今後の川を整備するときの基本方針の中で、気候変動の適応策に取り組むとか、リスクを評価しながら整備の進め方の案が北海道河川審議会で議論され、近いうち成案になれば議会にも報告されるとお聞きしています。

国土交通省としても一緒になって頑張っ、北海道から気候変動の適応策に取り組んでいくという流れを途切れさせるわけにはいかないと思っています。〇〇先生（委員）が「世界の北海道」とおっしゃられましたけれども、実は最後のまとめのところでは背景が世界地図になっております。日本国内だけを見ているのではなくて、世界を相手に戦っていこうということです。ライバルは世界だということで、本日のご指導を踏まえて新しく認識をして、引き続き皆様のご指導をいただきながら、北海道の住民の方々の安全をいかにこれから孫、子の世代まで守っていくかということについて、これからも努めてまいりたいと思います。

これまで本当にありがとうございました。また引き続きお世話になると思いますけれども、ご指導のほどよろしく願いいたします。本日は長時間ありがとうございました。

**【事務局】** それでは、以上をもちまして委員会を終了させていただきます。本当にありがとうございました。