

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2回）
議事録

平成29年11月21日（火）

1. 開 会

【事務局】委員会に先立ちまして、まず本日の資料の確認をさせていただきます。

お手元に議事次第、委員名簿、資料-1から資料-5までをお配りしております。また、委員のみではございますが、参考資料を配付させていただいております。不足等ありましたら、事務局までお申しつけください。

会場の皆様は、携帯電話をマナーモード等に設定するようよろしくお願いいたします。

また、この委員会につきましては、報道機関に公開で開催させていただいております。カメラ撮りにつきましては冒頭のみとさせていただきます。議事が始まりましたら撮影はお控えいただくようよろしくお願いいたします。

ただいまより第2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いたします。

それでは、開催に当たりまして、国土交通省北海道開発局建設部河川計画課長の〇〇よりご挨拶申し上げます。

【河川計画課長】河川計画課長の〇〇でございます。開催に先立ちまして、一言ご挨拶させていただきます。本日は、ご多忙の中、また先日大雪が降りまして非常に足元が悪い中、お集まりいただきまして、誠にありがとうございます。

今、雪のお話をしましたので、ちょっと調べましたところ、一昨日の札幌での大雪は29cmの積雪があったようでございます。これは11月中旬の記録としては、統計開始以来3番目に早い記録だそうでございます。また11月中に20cm以上の積雪になったのも今年で4年連続だそうでございます。これも約60年ぶりの記録と聞いております。そのような意味では、気候変動の影響かどうかはわかりませんが、雨ばかりではなくて雪の降り方も変わってきているのかなと感じている次第でございます。

本来の大雨に関しましても、今年7月の九州北部豪雨から始まりまして、台風21号、22号というように全国で甚大な洪水の被害が発生しております。まさに気候変動の影響が現実のものになっていることを、皆様も肌で感じているのではないかと感じている次第でございます。

そのような中、本委員会におきましては、気候変動による影響を科学的に予測して、リスクの変化を算定して、それを社会と共有することを目標にしているわけでございます。本日は第2回の委員会になりますが、リスク算定のもととなります降雨と流量の分析結果を事務局からご説明させていただき、あわせまして〇〇委員が中心にな

ってご検討いただきましたダウンスケーリングの結果についてもご報告いただけると伺っておりますので、ぜひよろしくお願ひしたいと思います。

本日も活発なご議論になることを期待いたしまして、私の挨拶とさせていただきます。どうぞよろしくお願ひいたします。

【事務局】続きまして、今回初めてご出席いただいております委員をご紹介します。

京都大学大学院工学研究科教授〇〇委員でございます。

【委員】工学の分野で水文学を専門としております。どうぞよろしくお願ひします。

【事務局】なお、本日、東京工業大学環境・社会理工学院教授〇〇委員は欠席でございます。また、北海道大学大学院理学研究院教授〇〇委員でございますが、少し遅れて到着する予定でございます。

オブザーバーでございますが、今回新たに国土交通省北海道局より〇〇企画専門官にご出席いただいております。どうぞよろしくお願ひいたします。

2. 委員長挨拶

【事務局】それでは、委員長より開催にあたってのご挨拶をよろしくお願ひいたします。

【委員長】それでは、一言ご挨拶させていただきたいと思ひます。本委員会の委員長を拝命しております〇〇でございます。

今、〇〇課長からもこの委員会の趣旨説明がございましたが、前回は方向性を皆様で議論していただきまして、有益なご意見をいただきました。誠にありがとうございました。それを踏まえまして本日は、将来の洪水の外力となります雨量、河川の流量がどうなるか、後ほど出てきますけれども、大量アンサンブルデータとして実際に計算された結果が示されることになっております。言わば最先端の学術的な知見を治水計画に生かそうという、我が国で初めての試みでございます。

これまで、モデルや観測から流量や雨量の確定的な値を出そうとしてきたのですが、現実にはさまざまな条件で変わり得る、あるいは結果に分布が生じるということがございます。これが大量アンサンブルデータによって不確実性として示されるということでございます。この不確実性を考えますと、現在も大規模な洪水が起きる可能性がある。温暖化するまでもなく、現在も起きるという結果が本日示されることになります。

このような考え方は、欧米諸国では既に導入して、治水計画も立てられています。洪水の多い我が国ではまだなのかということなのですが、遅ればせながらこのような議論がようやくできる材料が揃ってきたということでございます。本日はそのような結果が示されるということで、興味深いお話が伺えると思ひます。

それから、前回の委員会で言葉が少し難しいというご意見がございました。配付資料として用語集も用意されておりますので、こちらをご参照いただきまして、参考に

していただければと思います。

とにかく本日も内容が大変盛りだくさんで、専門的な知識を要する部分もかなりございますが、内容から見て、致し方のない部分もございます。事務局や委員の皆様におかれましては、なるべくわかりやすい表現でのご説明、ご意見の表明をいただけるとありがたいと思います。

本日は、限られた時間ではございますが、忌憚のないご意見をいただければ幸いです。

【事務局】これより議事に入りますので、カメラ等による撮影はここからはご遠慮いただきます。

以降の進行は委員長にお願いしたいと思います。どうぞよろしく願いいたします。

3. 議 事

【委員長】それでは、早速ですが、議事に入りたいと思います。

まず、前回の委員会で皆様にご指摘いただいた事項に関する確認と対応状況、それから本日の進め方について事務局からご説明をお願いします。

3. (1) 前回指摘事項および本日の進め方について

【事務局】事務局をしております北海道開発局の〇〇と申します。よろしく願いいたします。

まず、資料-1をご覧ください。委員会の内容とスケジュールを示しております。本日の第2回委員会におきましては、①ダウンスケーリングの実施報告ということで、ダウンスケーリングを実施された〇〇先生（委員）からご説明をいただく予定となっております。その後、②番目の検討事項ということで、ダウンスケーリング結果を分析した結果あるいはバイアス補正、流出計算等について説明をさせていただきます。さらには、今後の洪水のリスク、どのように被害を算定していくかということでございますので、それに用いる外力、項目等についてご審議をいただきたいと思っております。

資料-2をご覧ください。第1回委員会での指摘事項を記載しております。第1回開催後、少し時間が経過しておりますので、簡単に第1回委員会での指摘事項について振り返りをさせていただきたいと思っております。

No. 1からNo. 4までについては、ダウンスケーリングの実施手法についてご意見をいただきました。特にNo. 3のバイアス補正について多くの意見をいただいております。委員会終了後も、〇〇オブザーバーあるいは〇〇委員からもバイアス補正を実施すべきではないかというご意見をいただいております。これは後ほど説明させていただきます。

その次に、No. 5、6、8、9、10、17と内容は多様でございますけれども、諸外国の事

例、諸外国のリスク分析結果の反映方法につきましてご意見、ご質問等をいただいております。現在事務局では、諸外国の状況、特にオランダを中心に調べております。諸外国が気候変動の予測結果をどのように社会実装しているかにつきましては、第3回委員会でご説明をさせていただきたいと思っております。

No. 7でございます。〇〇委員から、大気循環場の比較ということで、IPCCの報告を踏まえて、今回のd4PDFとの違いを、と言われております。既に論文等では、第5次評価報告書を作成するに当たって世界各国が実施したモデルと平均的な場は整合的という論文もございますけれども、これも次回に研究成果を取りまとめて、ご報告をさせていただきたいと思っております。

No. 11でございます。〇〇委員から、今回科学的知見に基づいて分析をしているけれども、日進月歩なので随時見直していくことを明記するように、というご指摘をいただいております。これは、検討結果の取りまとめのところに反映させていただきたいと思っております。

No. 12、13、14でございます。ダウンスケーリングを行う際の抽出手法についてご意見をいただいております。〇〇委員からは、20kmメッシュで年最大降雨を抽出した場合に見逃す可能性があるのではないかというご指摘をいただいております。現在700ケースにつきまして通年のダウンスケーリングを実施しているところでございます。その分析結果を踏まえまして、こちらについては次回の委員会で、通年の場合と年最大抽出の場合の違いをご報告させていただきたいと思っております。

No. 15は、〇〇委員から、日本全体、世界全体での位置づけに関してのご指摘をいただいております。これにつきましては、世界各国で気候変動の予測結果はどのようなになっているか、あるいは日本ではどのような状況になっているか。それを踏まえて今回の北海道の予測結果はどのようなになっているか。そのような捉え方で整理をすべきということだと理解しております。そのような形で取りまとめには反映させていただきたいと思っております。

No. 16は、委員長初め、その他の検討結果との比較を実施すべきではないかとご指摘をいただいております。こちらも現在研究成果を収集しているところでございまして、第3回委員会で報告をさせていただきたいと思っております。

No. 18でございます。〇〇委員から、時間軸についてご指摘をいただいております。これにつきましては、時間軸をどのように考えるかは事務局でまだ整理はされておりませんが、そのような対策を考える上でどのようなものをリスクの評価軸として選んでいくかについて、本日の委員会でご報告をさせていただきたいと思っております。

さらには、No. 19のところ〇〇委員から、検討プロセスを残すように、とのご指摘をいただいております。気候変動の影響を本格的に行政と研究者が一体になって取り組んでいることは、日本で初めてだと。どのような考えでこのような検討を行ったのか、その過程を残すようにというご指摘だと思っておりますので、取りまとめにこち

らも反映していきたいと思っております。

以上、簡単ではございますけれども、第1回委員会での指摘事項について報告をさせていただきます。

【委員長】ただいまの説明に対しましてご意見、ご質問等ありましたらよろしくお願いたします。前回の指摘事項に対する対応ということでございました。他にも本日は多くのメニューがございますので、先に進ませていただきたいと思います。

次に、ダウンスケーリングの実施状況を、実際にダウンスケーリングの作業を実施していただいております〇〇委員からご報告をお願いしたいと思います。

3. (2) ダウンスケーリング実施報告

【委員】北海道大学の〇〇と申します。これまでのダウンスケーリングに関する検討状況を紹介させていただきたいと思っております。元々の資料はたくさんありまして、15分、20分にまとめようとしたものです。

まず、この検討は、気象モデルで、北海道を中心として細かく過去の気候と将来の気候を計算するというものです。実施にあたりましては、地球シミュレータ特別推進課題、また文科省のSI-CATというプロジェクトの支援をいただいて、ここにいらっしゃる皆様方、気象研究所の皆様方やJAMSTECの皆様方、また委員の〇〇教授、〇〇准教授にもご協力いただいて進めているものです。

この検討会で使用しているデータというのは、通称d4PDFという名前ですが、気象庁のモデルによって、過去の気候とこれから予測される気候を予測しています。特徴は、先ほど委員長よりお話がありました、過去の気候が何度もその気候が存在し得たらどのようなことがあり得るかを検討するものです。しかしながら、今我々が持ち得るデータは20kmの平均情報です。そうしますと大雨の再現性等に限界がありますので、今回細かく計算をしている現状です。

次の3ページはスクリーンをご覧いただきたいのですが、d4PDFと呼ばれるものは、60年を50回繰り返すわけです。ですので、各1つの計算が60年ありますが、その中に過去最大値というのがありまして、その最大値が50通り存在し得るというものです。たまたま運よく経験しなかった大雨災害のようなイベントを、気象モデルの中ではどの程度の幅を持って議論しているのか、またどのような幅が存在し得たのかというのを明らかにするものです。

この振れ幅というものは、これまでの60年間を振り返りますと、雨の大きさで言えば、北海道は本州に比べたら少ないものです。ただし、これをご覧いただくと、その60年間の中で出得る最大値の振れ幅、最大値が出たり出なかったりして、大きな振れ幅は北ほど持っていて、北海道が一番持っているというのがこの検討結果で見えるところです。まずこれが背景となります。この情報は、20kmという空間の平均スケールから出されています。これを、5kmというスケールまで細かく、いわゆる力学的ダウン

スケーリングという手法で行います。気象モデルを運動方程式、連続方程式等で時々刻々細かく計算するというものです。

過去実験、4℃上昇実験というのは、過去はこれまでの60年間で50回やり直す、4℃上昇は、現在の気候に対して4℃上昇した状況を想定した将来とお考えください。トータルで8,400年あります。8,400年を全て計算するのは、この半年間もしくは3カ月間では不可能ですので、前回の第1回検討会で議論がありました通り、20kmのスケールで存在する大雨事例をまず選定し、その大雨事例について5kmにダウンスケーリングを実施するというものです。十勝川と常呂川が今検討の対象流域です。

詳細は記載の通りなのですが、両流域で20kmで大雨を想定して8,400通りの計算を実施しました。現在完了しているところです。計算の対象範囲は、太線で示されたところです。おおよそ800km、800kmという東西南北の範囲を、20kmから5kmにしていきます。

9ページ目です。そもそも20kmと5kmというのは何が違うかといいますと、基本的には解像度と地形の影響の効き方です。図の左側が20kmメッシュですが、大雪山を見ましても約1,000m程度になりますが、5kmで解像しますとそれが1,600m程度まで上昇します。このようなことは地形性降雨の検討をより現実的なものにするというのが重要な点で、今年の台風10号というのは地形性豪雨と言われています。このような検討をより現実的にするために不可欠な情報です。

ダウンスケーリング前後の降水量は、そもそもどう違うかということに移っていきます。11ページ目をご覧ください。ある将来の大雨イベントの一例をあらわしたものです。向かって左側が20kmの空間スケールですが、十勝川流域を中心に緩く、暖かい色のところが大雨です。三陸沿いも大雨があります。それに対して、右側が5kmにダウンスケーリングした結果です。黄色だったところが赤くなっていることがわかります。これは地形によってより影響されやすい雨を表していますが、この例は、ダウンスケーリングをすることによって、十勝川の帯広基準地点を含む流域の3日雨量が322 mmから377mmになるという例です。

この事例は今年の台風10号と似ていますので、参考として左上に台風10号時を出して、台風が東北沿岸を来まして日本海側に抜けていくという例です。右下を今抜けていきましたが、5kmで解像することによって、今のような台風10号に匹敵する雨イベントを現実的に出せる。これが20kmとの大きな違いとなります。もう一度出します。まず三陸海岸で大雨があつて、その後、日高山脈に行きます。台風10号に非常に近い雨域を持っています。これが8,400通り、これまで行った一例です。

では、ダウンスケーリングによって降水量の空間分布はどのように変化したかをご覧ください。過去実験というのは、これまでの60年間です。例えば十勝川の帯広基準地点で200mmを超える、おおよその計画規模豪雨を超えるイベントの場合は、どこで雨がダウンスケーリングによって増えるかと言いますと、日高山脈のところで赤くなり、雨が增えるということがわかります。一方で、4℃上昇の将来では、200mm相当

の雨は258例ありまして、十勝川流域では日高山脈、そしてその北側で、より雨の増加が予測されています。

一方で、常呂川では北見基準地点を含む流域で議論していますが、そのときの大雨事例をご覧ください。ここでは、基準が1日で150mmを対象としています。赤いところが流域の場所を表しております。ダウンスケーリングすることによって、雨の増えているところと減っているところがあります。増える、減るというのはペアで存在し得るものでして、1つは、地形によって雨が止められたら、その反対側は雨は減ることは起こり得ることです。

その他、20kmで存在した大雨事例が、ダウンスケーリングすることによって減少もしくは大雨にならない例も中に含まれます。例えば、20kmの空間解像度では常呂川を含む場所では大雨なのですが、ダウンスケーリングをしたところ雨域が南側に少しよれています。これはモデルの癖とも考えられますので、世界中でよく使われる、別の地域気候モデルで同じようなことを行いました。そうしましても、おおよそ雨の位置はこのようにずれます。

次に、下側の雨の時間変化をご覧ください。20kmの場合ですと、日本海側から雨域が現れて、それが北海道あたりで発達していきますが、5kmの解像度にしますと、秋田あたりの山で雨がかなり降ってしまって、より乾燥した空気塊になった状態で北海道に入り、雨域が常呂川ではなく、少し南に行った例です。このようなことも、中には存在し得ます。それを含めて大量に行うという意味があります。

もう1つ考えられることは、細かくするための気象モデルである地域気候モデルに関してですが、その癖で物事が決まってしまうのか否かです。ただ、これに関しましては、〇〇委員を初め我々を含む論文では、細かくダウンスケーリングすることは、地球規模での現象により雨の変化は支配されていて、細かく計算する地域気候モデルにはそれほど依存しない、相対的には依存しないということを表しています。

我々の今回の検討では、全ての事例は見尽くせませんが、下側の世界でよく使われるWRFという地域気候モデルと、上側にある今回の主の検討モデルである気象研究所のモデルの雨の分布をご覧ください。概ね同程度の降雨の空間分布と強さを表していることがわかります。十勝川の帯広基準地点を含む流域で、我々が主に使っているNHRCMというモデルに対する、他のモデルの降水量の比較がこちらです。概ね同程度である。今回の検討は単一モデルを使っていますが、他のモデルでもそれほど大きな違いはないということを説明しています。

過去の実験と4℃上昇、つまり将来の実験というのは雨はどの程度違うのかという観点に移ります。この図は帯広基準地点です。重要なところだけを申しますと、20kmで元々あったものを5kmにしたことによって、過去に対して将来というのは、年最大3日雨量が1.17倍増える。一方で、計画規模に相当する99%タイル値ですと1.3倍程度上昇するという答えが出ています。20kmと5kmの違いをご確認ください。一方で、常呂川流

域では、1日での雨を議論する流域ですので1日で議論していますが、1.17倍。計画規模に相当する99%タイル値が1.36倍となります。

先ほど申しましたが、雨をダウンスケーリングすることによって、常呂川流域では1割程度降水量が減るといった特徴があります。20kmでは81mmありますが、5kmにしたことで71mm。十勝川流域の山で雨が降りきってしまうのですとか、釧路川の上流で降ってしまっても常呂川に入らない、もしくは湧別川、渚滑川に雨が行くということも中には含まれるため、このようなこととなっています。

今回ダウンスケーリングした結果が時空間的にどの程度妥当性を持っているのか、もしくはどのような特徴があるのかという観点に移ります。この図は、両流域において、流域全体に同程度の雨が降ったか、もしくはある地域に集中したかということを示しています。この雨にありますように、ある一部の地域のみには大雨があった場合、パラメータである変動係数は大きく出ます。一方で、流域全体に同程度降った場合は小さな値です。したがって、小さな値になりますと平たく雨が降っていて、右にいけば、ある地域のみには降っているということを示しています。ここの比較対象は、レーダーアメダス解析雨量を用いています。期間は2006年から2016年ですので、3000年や8000年は当然ありませんが、アメダスとレーダーによる1つの真値として使用しています。それをご覧くださいますと、20kmで見た雨域の空間的な広がりに対して、5kmにしたことが赤であるものにどの流域でもより近いパターンを示していることが確認されます。

これを確認した上で、過去と温暖化後の将来は、雨域はどのように変わるのかをご覧くださいますと、十勝川帯広基準地点の流域、常呂川北見基準地点でも、赤い色、暖色系が見えます。これは大雨がより局所化することを表しています。先ほどの図では、観測にある程度近いということを確認しました。そして、将来は、現在よりも同じ年最大規模の雨がどこかに集中しやすいということを示しています。閾値を200mm、150mmと分けましたが、どの大雨規模でも将来気候というのは、より地域的に集中した大雨になりやすいという結果が、十勝川の帯広基準地点の流域、常呂川の北見基準地点においてもメッセージとして同様のことが得られています。

では、特にどの場所で集中化があるかというのをご覧くださいます。ここでは帯広基準地点で200mmを超える雨で議論していますが、過去の気候では3,000件中33件、将来では5,400件中258事例ありますが、特にこれをご覧くださいと通り、山岳地域や中上流域において雨の集中化が予測されています。それを次に常呂川北見基準地点をご覧くださいます。2つの図の赤い色がどこにあるか見ていただくと、常呂川の南東側でより出ますので、常呂川が陰になりますから、先ほどのように雨の減少があり得るのですが、将来常呂川では十勝川より平たく雨が降りそうだということです。

短時間豪雨に関してはどうかをご覧くださいます。短時間豪雨、1時間降雨強度が、今

回対象とした事例の中でどのような分布を描くかという議論です。これは既に〇〇委員の論文で同じ検討がされており、5kmより細かくしていかなければ短時間豪雨の議論というのは難しいとのこと。ご覧いただきますと、NHRCM05、5kmというのがアメダスとかなり追従している。他の粗いモデルは追従できていないということを示しています。今回のダウンスケーリングで見ますと、緑と赤がダウンスケーリング前よりもかなり追従している。したがって、短時間豪雨に関する議論も、今回のダウンスケーリングはより実績に近いことを示したことになります。

将来と過去では短時間豪雨はどのような違いがあるかを見ますと、上にあります十勝川帯広基準地点と常呂川北見基準地点で、最大値だけを示していますが、短時間豪雨は上昇するとの予測が得られました。つまり、地域的にも局在化、短時間化して、全体の年最大雨量が増えるという結果が両流域で得られています。

続きまして、どのような要因で大雨となるのだろうかという点です。ここでは台風の一部のみ紹介いたします。〇〇委員からご提供いただいた台風の情報をもとに、台風が北海道の赤の領域に近づく前後72時間以内に存在した大雨を台風起源と、ここでは定義します。その定義において見ますと、これは十勝川流域です。左側が過去の実験で、右側が将来です。黄緑色の線が台風に関係しない大雨の度数分布、青色が台風に関する度数分布です。右側は、将来気候において台風に依存しない赤と、台風に依存するオレンジです。これをご覧いただくと、台風による年最大の大雨は将来、より重要になり、将来の降水量の変化は、より台風で決まると示しています。メッセージは同じですので詳細は省きますが、常呂川流域でも同様の結果が得られました。

最後になりますが、今回の検討は、将来予測されている複数の海の温度を1つの条件としています。毎年の天気、天候も海面水温に非常に多く支配されると言われているのですが、将来の予測もしかりです。将来の海面水温というのは、過去の予測の精度の高かったモデルを世界中から集めまして、それをもとに検討しています。それがd4PDFというものなのですが、どの海の温度、海面水温のとき大雨事例が出やすいかというのがこちらの図です。

一番重要なメッセージは、ここに示してあります通り、異なる海の温度、色々な海の温度の空間パターンが将来考えられます。例えばラニーニャ年、エルニーニョ年ですとか、黒潮が非常に蛇行するとか、色々なパターンがある中でも、将来どの海の温度が来ても雨は過去に対して増えそうだと示しています。赤枠を特にご覧いただきたいのですが、このメッセージは常呂川の北見基準地点でも同様です。過去実験に対して増える側に、全ての海の温度のパターンがあっても考えられるということです。そのような意味では、この気候モデルの中の確度は高いということになります。

まとめです。今回の力学的ダウンスケーリングは、多くの皆様にご協力いただいて終了したところです。8,400の大雨事例を対象にして計算を実行しました。ダウンスケーリングによって、降雨の空間分布、局所性や降水強度がより実績に近くなる。今回

の検討は、より実際に近い検討になったということです。将来の予測では、年最大雨量は1.2倍程度、計画規模に相当するような大雨では1.3から1.4倍程度増加することを確認しました。将来気候では、より雨は局所化し、かつ限られた地域に降りやすい。厄介だと思いますが、そのような結果が得られました。単一の地域気候モデルではなくて、他のものを使ってみてもほぼ同程度の降水量が得られましたので、その点の不確実性もしくはその妥当性はしっかりと確認したと言えます。そして、この計算結果は将来は台風による依存度がより大きくなるのではないかという結論を示しています。最後ですが、1年間を通じた連続的なダウンスケーリングは、今回で全てを終えることはできませんが、現在も実施しているところです。以上です。

【委員長】 ありがとうございます。大変ご丁寧に詳細なご説明をしていただきました。非常にわかりやすかったと思います。簡潔に説明されましたが、地球シミュレータを駆使してもすごい膨大な計算をやって、こういう結果が得られました。〇〇先生（委員）と共同でポスドクの〇〇研究員、このお2人の力で成し遂げられた成果でございます。

それでは、ただいまのご発表につきまして質問、意見等ございましたらよろしくお願ひします。

【オブザーバー】 1つ質問なのですが、力学的ダウンスケーリング全8,400事例というのと、十勝川の過去33事例、4°C258事例、常呂川の過去42事例、4°C323事例という数字の関係はどう受け取ればよろしいでしょうか。

【委員】 ダウンスケーリング自身は、過去の気候と将来の気候で合計8,400個の年最大規模のダウンスケーリングを行いました。母数が8,400です。そのうち過去の気候が3000年分あります。将来の気候は5,400年分あります。今おっしゃられた数の42や323は、十勝川の帯広基準地点で200mmの3日雨量を超える事例は先ほどのうちそれだけあるということです。過去の気候では3,000年母数がありますが、3,000種類の年最大イベントの中で数十のイベントが200mmを超えたということです。

【委員長】 過去3,000年というのは、過去の本当の3,000年間やっているわけではなくて、条件を50種類用意して60年間、50掛ける60で3,000年分という意味でございます。年数としては60年分のデータが50通り出てくると意味でございます。他にいかがでしょうか。

【委員】 見方ですが、800km、800kmで全体を計算されて、11ページのd4PDFを見ると、道内では十勝川流域、常呂川流域、石狩川流域。要するに、他の流域も同じような評価をすることは可能だと考えていいのでしょうか。

【委員】 おっしゃる通り、可能です。特に通年の計算というのは、その中から石狩川の大雨事例を探すことができます。

【委員】 そうすると、今回は常呂川や十勝川を中心にして計算しているわけですがけれども、むしろ北海道の中でどの流域がどの程度影響を受けるかというようなことも、今

回計算していただいた中で明らかにできてきているという理解でよろしいでしょうか。

【委員】もちろん、本日の発表の事例は常呂川での大雨ですので、石狩川は全く降らないというのも当然あるのですが、可能だということです。

【委員】ありがとうございました。

【委員長】他にいかがでしょうか。

【委員】後半の部分で台風の話ですけれども、こちらにまとめられている内容で、台風由来の降水がより増えるということ、非台風の増加率に比べて台風由来の増加率は大きくなるということはよくわかったのですけれども、年最大の事例がたくさんある中で、上位の年最大に対する台風の寄与率みたいなものがどの程度なのかを知りたいです。

【委員】今、私が持ち合わせているのはこの情報だけでして、例えば上位100事例のうちいくつが台風とかは、現状ではまだ分析していません。ただ、左の図だけで見れば、青で示される台風由来というのがかなり右によれていますので、3日雨量で多いのは、これをご覧くださいますと、非台風の緑はほとんど300mm相当は出ていませんが、台風由来は300mm相当を持っています。将来気候でいいますと、非台風はそれほど300mmを出しませんが、台風由来が出しているというところから今の情報は出てくるかと思えます。

【委員】確認ですけれども、縦軸はそれぞれ緑と青について100%になるようにという値ですか。

【委員】そうです。

【委員】台風は全体に対して7%、8%なので、緑とか赤の線の方がすごく回数としては多いということですね。

【委員】そうです。

【委員長】委員、お願いします。

【委員】大変な分析ありがとうございます。ダウンスケーリングすることによって、レーダーアメダス解析雨量との違いが非常に小さくなりますよね。ほぼ同じような値です。後ほどバイアス補正の話がされると思うのですけれども、ここでなされた5kmにダウンスケールしたものをもとにバイアス補正をかけるという考え方になるのでしょうか。

【委員】私はそのように思っています。今回得られた計算結果から次の検討に移ると理解しています。

【委員長】先ほどの〇〇委員のご質問と関係してお聞きしたいのですけれども、常呂川では20kmから5kmにダウンスケーリングすると少し雨が減るという結果で、それは地形の効果で、隣接するところで雨が落ちてしまって減るというお話だったと思います。風向きなどによって地形性降雨は決まってくると思うのですけれども、それについて減る要因の因果関係は何か分析されていますでしょうか。

【委員】分析はこれからというのが多いです。ただ、1つは、地形によってブロックされやすい。特に水蒸気が大気の下層にたまっていて、越えられないような安定度もしくはフルード数の条件を満たした場合は地形性豪雨になりますから、それを5kmが出すか20kmで出さないかというところで決まると思います。

もう一つは、雨の位置ずれはあると思います。ダウンスケーリングをする際、この図でも側方境界条件がありますが、側方境界条件だけでは、再現される場所はぴったりは一致し得ないものです。時間的にも空間的にも、少しのずれは許されます。そのずれが、先ほどの事例の20kmでは常呂川に雨が行っていたのが、ダウンスケーリングすることによって南に移動したという原因だと考えられます。

その他、例えば雲の微物理過程の中で、20kmメッシュでは薄く降り得ていたものが、細かくすることでそこまで効かなくなることや、一部で効いてしまったために後ろの地域では抜けてしまうことは考えられると思います。

【委員長】そのあたりのモデル自体、雨の増減の要因は、もし他の流域に一般化するというのであれば、少し考慮した上で適用していくことが必要になってくるのですね。

【委員】そうですね。

【委員】4地点と示されているのは、この地点よりも上流の流域平均雨量とっていいのですか。

【委員】その通りです。ポイントの情報ではありません。

【委員】常呂川で降水が減るとするのは、大雨というのは割と南から水蒸気が入ってくるパターンが多いので、モデルを今まで解析した結果でも、南東とか南西などの南側斜面は割と増える傾向があるけれども、逆側は減る、という傾向は今までの結果から出ております。

【オブザーバー】関連してなのですが、大雨事例を20kmモデルの常呂川流域で選び出して、それをダウンスケーリングしているのですが、ダウンスケールすると大雨域がずれるということからすると、20kmモデルにはひっかからない常呂川の大雨事例というのも実はあると考えた方が良いのですか。

【委員】一部はあり得ると思います。どれだけの空間スケールで認識するかによると思いますが、今回の検討は20kmという天気図程度のスケールで危なそうな事例を確認していますから、それに対して局所性で決まるものは、今回のダウンスケーリングで雨が少なくなることはあり得ると考えています。ただ、今回の検討は数千年の分布から議論しますので、実際の検討としては現実的ではないと思います。

【委員】〇〇先生（委員）のご説明の中で、5kmメッシュにすることによって地形性の特性が出てくるというお話をいただいたと思っているのですが、今回計算していただいたものをベースにこれから広い意味での治水の議論をしていくときに、時間的な分布、空間的な分布というのがものすごく重要になってくると思っています。そのような意味では、5kmメッシュで見ることによって、大体包含する、典型的な特徴は出てくると。

〇〇先生（委員）の論文の話もされていたと思うのですが、そのような理解で次に進めると理解してよろしいでしょうか。

【委員】私もそのように認識しています。今回、レーダーアメダスを利用して空間分布と時間降水量の特徴モデルを比較しましたが、5kmの方がとても良いです。モデルはこれだけすごい結果を出すのだなと自分でも驚きました。自分が作ったわけではないですけれども、驚きました。それだけ良い情報ですので、これをもとに議論するのがいいのではないかと考えています。

【委員長】ありがとうございました。

続いては、事務局から常呂川、十勝川の雨量や流量の具体的な計算結果の話もごさいますので、そのときにもう一度議論することも可能でございます。続きまして、将来気候における降雨の分析につきまして事務局からご説明をお願いしたいと思います。

3. （3）調査・検討状況について

【事務局】それでは、事務局から資料-4につきまして説明をさせていただきます。

1ページ目では、本委員会の検討範囲を示しております。1番目の項目でございます。将来気候におきます降雨の分析。こちらにつきましては、〇〇先生（委員）、〇〇研究員初め研究室の皆様のご検討をいただきました。それに基づきまして、次に洪水量がどのように変化するかということでございます。3点目につきましては、洪水量の変化によって被害がどのように変化するか。ここまでをこの委員会の検討範囲としております。

2ページ目は、先ほど説明させていただいたところでございます。

5ページ目は、先ほど〇〇先生（委員）からもご説明がございました、大量アンサンブル実験のd4PDFの解説が記載されております。補足をさせていただきますと、過去実験につきましては、1951年から2010年まで毎年の海面水温を与えて50メンバの計算をされているということでございます。将来実験につきましては、2051年から2110年までの60年間について90メンバ検討しているということでございますけれども、これは2090年の温暖化ガス等の強制力を入れております。年には特に意味はなくて、便宜的に与えたということございまして、2090年の状況を予測しているものでございます。

6ページ目は、〇〇先生（委員）からご説明がございましたけれども、今回私どもは力学的ダウンスケーリングという手法を使っております。農業分野のように平均的な場を扱う場合には統計的ダウンスケーリングが行われておりますけれども、防災分野、極端現象を扱う場合には力学的ダウンスケーリングが実施されているところでございます。

7ページでは、〇〇先生（委員）ほか皆様にご検討いただいた内容を、流域平均雨量ということで、流域全体でならした平均的な場の解析を進めております。上の青色のグラフは、5kmメッシュの結果と20kmメッシュの結果を頻度分布で表しているところで

ございます。〇〇先生（委員）からのご説明でもございましたけれども、十勝川につきましては5kmメッシュが右側、降雨量が多い方に移動する結果となっているものでございます。

8ページでは、縦軸にダウンスケーリングの5kmメッシュの降雨データ、横軸に20kmメッシュの降雨データの分布図を示してございます。1対1のラインよりも上側の分布が増えているということでございます。この分布をご覧くださいますと、右側でございますけれども、過去実験では10mmほど流域平均雨量としては増加する、将来実験も同様に9.22mm増加するというダウンスケーリングの結果となっているものでございます。

9ページ目の上のグラフは、観測実績とダウンスケーリングの結果を比較しております。上側の青い部分でございます。観測実績と比べて今回のダウンスケーリングの過去実験の結果の分布形状が、十勝川では合っている状況となっております。中央値では、観測実績の流域平均雨量が88.25mm。それに対してダウンスケーリングの結果が88.72mmとなっております。95%タイル値はほぼ同様の値になっているという特徴がございます。

10ページ目、次の図でございます。常呂川の結果を示しております。上側の青色につきましては、常呂川の北見基準地点上流の流域平均雨量を示しております。十勝川と傾向が異なっておりまして、20kmと5kmを比較した場合、ダウンスケーリングの5kmの青色の方が左側にシフトしている、少し小さくなっているという結果となっているものでございます。

11ページ目では、常呂川の分布図を示してございます。1対1のラインの近傍には集まっておりますけれども、若干1対1のラインよりは下側、20kmメッシュの降雨データの分布が多くなっているということでございます。過去実験結果の分布をご覧くださいますと、右側でございますように、平均では7.3mm減少、将来実験では11.9mm減少するという結果となっております。

12ページ目では、常呂川の観測実績とダウンスケーリング後の比較を示しております。青実線がダウンスケーリング後の結果となっております。白丸の観測実績と比べますと、少し左側にシフト、小さくなるような結果が示されているということでございます。

13ページ目では、〇〇先生（委員）からもご説明がございました。十勝川につきまして強い降雨が表現できているところは、日高山脈沿いに降る地形性豪雨がよく表現できているということでございます。

14ページ目、常呂川では減少した事例を示しております。先ほどご議論いただきましたように、常呂川の手前の阿寒や釧路川流域で雨が降るようなケースもあるというものでございます。

16ページ目から、バイアス補正について説明をさせていただきたいと思っております。

d4PDFの解説に記載されてあったものからの抜粋となっております。d4PDFでは、太平洋高気圧の西への張り出しが弱くなっている。その分、夏場の降雨域が東側にシフトすると言われております。下側のグラフでございます。十勝川流域、常呂川流域が位置しております北日本太平洋側、NPの部分でございます。そこにつきましては、JJA、6月、7月、8月の降雨が2割から3割程度減少するような癖を持っているという形でd4PDFに記載されているということでございます。

17ページ目では、年最大降雨量を抽出しておりますけれども、月ごとの分布を示しているものでございます。過去実験、将来実験ともに7月、8月の降雨が多く含まれているということでございますので、こちらについてはバイアス補正を実施する方向で検討を進めてまいりました。

18ページ目では、バイアス補正の論文等を収集したところ、多数ございまして、整理しております。平均の比率を用いる、あるいはクオンタイルで補正する、あるいは分布過程を補正するなど、さまざまな多くの方法があったということでございます。種々論文はございましたけれども、18ページ目では〇〇先生（委員）、〇〇先生（委員）の論文を引用させていただいております。

19ページ目では、本検討で用いるバイアス補正の手法を調べております。今回は、年最大降雨量を抽出して解析を行ったということでございます。バイアス補正の仕方につきましては、気象研究所技術報告書の記載の中から、一般的に行われているピアニの手法で実施したいと考えております。ピアニの手法の概念図が示されておりますけれども、データ期間をそろえまして、観測値、モデル値の大きな方から順番を合わせていってプロットしていく。それについて近似式を当てはめるという補正の手法でございます。

20ページ目では、具体的に十勝川、常呂川で実施した方法を記載しております。今回、過去実験につきましては50メンバでございます。各50メンバごとに整理をいたしました。過去実験と観測実績値の流域平均雨量を順序を合わせてプロットしております。それについて $y=ax$ の式で近似をいたしました。時間雨量が必要になるということ、降雨量につきましては負の値を持たないということで、原点を通る関係式をつくったものでございます。その結果、十勝川帯広基準地点につきましては $y=1.00x$ ということでございますので、ほとんどバイアス補正してもしなくても一緒という結果となっております。常呂川北見基準地点につきましては、ダウンスケーリング後の値が少し観測実績より小さくなっていたということでございますので、補正式は $y=1.13x$ となっております。

21ページ目では、各50メンバごとに近似式が色とりどりの線となっているものでございます。バツ印は、各メンバごとに観測実績雨量と実験結果でプロットしたものでございます。その結果、右側、上の常呂川のグラフでは幅がある中でほぼ中央を通るのでございますけれども、十勝川では大きな降雨を少し小さめに評価するような近似式となっ

ているものでございます。さらには、平均値の平均を使っておりますので、分布も確認いたしました。十勝川、常呂川ともに中央値、平均値ともに同じような値をとっておりますので、十勝川については係数 a は1.0、常呂川北見基準地点につきましては1.13という係数を用いて検討を進めたいと考えております。

22ページ目では、過去実験のダウンスケーリングの結果とバイアス補正した結果を示しております。十勝川の帯広基準地点につきましては係数 a が1ということですので、結果としてはバイアス補正の前後で変わらない値となっております。過去実験の結果と観測実績の中央値を見ていただきますと、88.72mm、88.25mmとほぼ一致している。95%タイル値でもほぼ一致しているということございまして、十勝川につきましてはダウンスケーリングした結果、観測実績が整合しているということでございます。

23ページ目では、常呂川のバイアス補正後の結果を示しております。常呂川につきましては、 $y=1.13x$ という形でバイアス補正をいたしました。上側の青いグラフでございますけれども、白い丸が過去実験の結果となっております。それをバイアス補正することによって青い丸の点の方に移動しております。黒丸の破線が観測実績ですので、バイアス補正を実施することによりまして、累積度数につきましても分布形が観測実績とほぼ合っている結果となっております。表中の中央値でも、バイアス補正をした結果、中央値では61.99mm、観測実績では58.4mm、特に洪水で重要となる95%タイル値の付近では、バイアス補正で132.86mm、観測実績で134.56mmと、強い降雨もほぼ適合しているという結果でございます。

25ページ目をご覧になっていただきたいと思っております。5kmメッシュへのダウンスケーリング、さらにはバイアス補正をすることによって流域平均雨量というものが求められました。左側、これまでのリスク評価のイメージと書いておりますけれども、これまで私どもは観測実績に基づいて、確率分布関数を当てはめて1つの値を得るという形でさまざまな検討がされておりました。今回、大量アンサンブル実験を用いることによって、確率のとり幅が評価できるようになるということがございますので、信頼区間を求めていくという作業を行いました。

26ページ目では、2つの分布関数を記載しております。色とりどりの線は、50メンバにつきまして、左側はGumbel分布、右側はGEV分布、一般化極値分布を当てはめた結果となっております。適合度を示すSLSCを見ますと、実績降雨ではGumbel分布については0.04を上回っておりまして、適合度が悪いという結果となっております。50メンバでございますので、例えば今回十勝川でいいますと、150年に1回生起する降雨量というものを求めることができます。26ページ目でいいますと、点線の部分と色とりどりの分布の交点の値という形になってまいります。

27ページ目では、常呂川の流域平均雨量につきましてGumbel分布、GEV分布を当てはめたものでございます。双方とも適合度は比較的良い結果となっております、GEV分布の方が適合度が高い結果となっております。

十勝川については150年に1回生起する頻度の降雨、常呂川につきましては100年に1回生起する頻度の降雨につきまして、各々の分布関数の値をプロットしたものが28ページ目でございます。Gumbel分布、GEV分布双方載せておりますけれども、GEV分布の方が適合度が高いということで説明させていただきますと、50個の標本が得られましたので、50個の標本の頻度の割合、度数分布で示しているということでございます。50メンバ、大量アンサンブルで実施されているわけなのですが、この分布でも、少し山がばらばらになっているところがございます。信頼区間を求めるに当たって、リサンプリングによりまして、もっと視覚的に捉える工夫を実施させていただきました。

29ページ目では、アンサンブル結果を求めまして、ブートストラップ手法、リサンプリングによりまして信頼区間を求める手法を実施しました。具体的に申し上げますと、右側にリサンプリングの手法を示しております。過去実験につきましては50アンサンブル、60年のデータがございます。毎年毎年海面水温が変わっておりまして、年の意味があるということでございますので、各50アンサンブルの中から年から1つ任意に抽出するという組み合わせを10万標本実施しました。50の60乗という大量の組み合わせがございますので、10万標本だけ抽出しております。将来実験につきましては年は便宜的につけられておりますので、こちらの方は90アンサンブル、60年のデータの中から無作為に1つ値を抽出しまして、60年分の標本を作成する抽出を行ったということでございます。標本を多数抽出いたしまして、それについて分布関数で100分の1クオンタイルあるいは150分の1クオンタイルを求めたということでございます。

30ページをご覧くださいと思います。青い線になっておりますのが、リサンプリングした結果の分布になっております。GEV分布で説明をさせていただきますけれども、結果的にいいますと、リサンプリングの結果、95%の信頼区間、中央値とほとんど変わっていない。50メンバ程度のアンサンブル実験をすると、良い精度が得られるという結果かもしれませんが、リサンプリングした結果の方が度数分布が滑らかな分布という形で、視覚的に評価できるような形になっているということでございます。

31ページ目では、各確率ごとの分布を示してございます。

32ページ目をご覧くださいと思います。こちらが結論の部分になります。適合度の高かったGEV分布で説明をさせていただきます。青い山の部分が、ダウンスケーリングした結果の150年に1回の頻度で発生する雨の分布を示しているものでございます。赤色の山の分布は、気候変動後に発生する150分の1の降雨の分布を示しております。過去実験と将来実験を比べますと、中央値が255mmから344mmと降雨量としては1.35倍増加する結果となっております。もう一つ、この分布図を使ったことによる成果といいますのは、赤い分布が気候変動後に発生しております150分の1の降雨の分布を示しておりますけれども、青色の現在の分布と多く重なっているということ

でございます。気候変動後に生じる降雨は、決して100年後に発生するというのではなくて、現在の気候でも発生する可能性があるということを示しているものでございます。想定外とか計画以上というのがございますけれども、十分に現在の気象現象でも発生する可能性がある。対策を速やかに考える必要があるということを示すグラフだと理解しております。

34ページ目では、常呂川の検討結果を示しているものでございます。右側のGEV分布で示していきますと、青い山が、過去実験をダウンスケーリングし、バイアス補正をした結果となっております。赤い山が、同様に気候変動後の降雨となっております。中央値を見ますと176mmから249mm、1.41倍増加する結果となっております。常呂川、十勝川ともに1.4倍程度増加する結果となっております。常呂川でも同じように青い現在発生する信頼区間の雨の分布と赤い雨の分布が重なっているということで、気候変動後に生じるものは現在の気象でも起こり得る可能性があるということを示しているものでございます。

35ページ目にまとめを記載しております。今回、ダウンスケーリングの検討を行うことによって、詳細に地形性降雨を初め雨の表現ができるような形になったということでございます。ダウンスケーリングの結果でございますけれども、十勝川の帯広基準地点では流域平均雨量がダウンスケーリングの効果によって大きくなる傾向を示したということでございます。常呂川の北見基準地点につきましては、反対に流域平均雨量が小さくなるような結果を示したということでございます。こちらは、先ほどの解説でもございましたけれども、地形性豪雨の反映によるということが1つ理由として考えられるものでございます。バイアス補正の結果を示しております。今回の検討につきましては、ピアノの手法によりましてバイアス補正を実施いたしました。十勝川の帯広基準地点につきましては、バイアス補正をしてもしなくても $a=1.0$ ということで、同じような結果になった。常呂川につきましては、係数でバイアス補正を実施した結果、過去の観測実績とバイアス補正後の実験結果の累積分布が概ね一致したという結果となっているものでございます。降雨量の変化のまとめでございますけれども、十勝川の帯広基準地点におきます150分の1確率規模の72時間雨量につきましては約1.35倍に増加、常呂川では1.41倍に増加したという結果となっております。信頼区間と分布を求めた結果、気候変動後に発生する降雨というのは、現在気候におきましても発生する可能性があるということを確認した。以上が雨の分析の結果でございます。

【委員長】 大変盛りだくさんの内容になっております。最後の35ページ目のまとめに黒丸がついていますが、大きく3つです。ダウンスケーリングは、〇〇先生（委員）にもご説明いただいたお話と同じような話だと思います。次に、バイアス補正は、実態に合わせて補正する話です。3つ目の将来気候における降雨量の変化とは、このあたりから治水計画を意識して、確率雨量150分の1や100分の1で雨量をどのように設定するかというお話です。

確率雨量を求めるときには、150分の1や100分の1という確定値で出されてきたのですけれども、幅を持った不確実性として出てきます。そこが肝になるかと思えます。どのようなことでも結構ですので、ご意見、ご質問をよろしくお願いします。

【委員】バイアス補正のところを質問させてください。19ページ目でピアニの手法でバイアス補正がなされています。通常バイアス補正をされるときは、連続的にデータがある場合は、特徴が異なるため、月ごとに時間雨量あるいは日雨量をそれぞれペアをつかって補正するのが通常だと思うのですが、ここでの場合は5kmにダウンスケールした例が連続的にされているわけではなくて、年最大の24時間雨量そのものをピックアップしてなされたので、このような補正の仕方しかできないということは理解いたしました。

ただ1つ素晴らしいなと思ったのは、十勝川はaが1ということですから、補正しないというよりも、力学的なダウンスケーリングを施すことによってそれ以上の補正は不要になったという理解で正しいですね。もう一方の常呂川の方が1.3となっておりますよね。この1.3は、極値と極値を対応させてaを決めたのですよね。そうすると、補正した後の雨を使って、その後流量計算に利用されると思うのですが、全部に対して1.3補正をかけていいのかどうか。時系列であるときに、大きなところだけではなくて弱いところの雨も全部1.3倍して良いかどうかについては、少し気になるころではあります。その前の〇〇委員がご提供くださった資料の中でも、5kmのダウンスケーリングとレーダーアメダスの強度の対比を載せていただいておりますけれども、弱い雨は余り補正しなくても良いほど、うまく計算できているようですので、そのあたりはいかがでしょうか。

【事務局】今回の検討につきましては、〇〇委員がおっしゃられましたように、極値、極値をとっておりますので、気象研究所の報告でも、全てピアニの手法で、ただし95%タイル以上はガンマ分布を当てはめるといような、強い降雨に適合させる工夫を多くのところで実施されております。ただし、今回は極値だけしか抽出していないということでございますので、ピアニの手法で全て当てはめているということでございます。

もう1つ、比率の使い方なのですが、今回の係数aというものは、流域平均雨量につきまして72時間雨量あるいは24時間雨量の比率でセットしたものが、今回の1.0あるいは1.13という数字になっております。今回流出計算で考えておりますのは、72時間の方は補正していませんけれども、24時間の流域平均雨量のaの値を、各々の時間雨量、同じ値のところを使ってまいりたいと思っております。強い強度がもっと強くなるという傾向があるかもしれませんので、比率の確認は必要かもしれませんけれども、全体的な傾向を見る上では、流域平均雨量の関係性をそのまま保存して比率案分をするという考え方で検討を進めていきたいと考えているところです。

【委員】極値というのは結構難しく、なかなか合わないですね。これを見ると、よ

く合っているなという感じがしました。我々はピアニの手法は24時間雨量で使っていますけれども、極値はどうすればいいのだろうかと悩んでいたのですが、ピアニの手法でも、実際にバイアス補正した結果が悪くなければ良いのかなという印象を持ちました。

【事務局】 事務局でも数多くの雨を分析したので、計算値自体が大きい降雨を多く捉えているという形なので、その効果が現れたのかなと私は理解しています。

【オブザーバー】 とてもしっかりと計算された結果で、感動して見ていたのですがけれども、1つだけ気になった点があります。そもそもd4PDFで見た平均降水量の場合、2割から3割程度少ないバイアスがあるにもかかわらず、年最大でバイアス補正を実施すると倍率はほぼ1になるということをどう考えれば良いのか。平均降水量にはバイアスはあるが、年最大のような極值的な現象については元々バイアスがないのか、それともバイアスはあるが、今回たまたまダウンスケーリングしたことによってバイアスが消えたように見えているのかが少し気になりました。

【委員】 16ページ目に出ているバイアスは、d4PDF、20kmのバイアスですよ。どうしても20kmというのは山が低く出てしまって、山越えがうまく出ていないのです。ここで特徴的なのは、特に冬の太平洋側でオーバーエスティメートしているのがよく見られるのですが、これは明らかに季節風が山を越えて太平洋側まで流れてきてしまっている。同じように、瀬戸内海でも両側が山で囲まれてしまっていて、その結果、瀬戸内海ではオーバーエスティメートするような傾向が出ているのです。どうしても格子間隔が粗くなってしまうと、山越えがうまく出ていない傾向があるのです。それが5kmまで解像度を上げてくると、良くなっていくということが1つあると思うのです。

もう1つ、極値に関していえば、先ほども言いましたけれども、驚くほどよく合っているなというのが感想で、なかなかこれだけ合うことはないと思うのです。たまたまこの2か所がよく合っているのか、他のところではどうなのか、まだ調べてみる必要はあると思うのですが、本当によく合っていると思います。

【委員長】 気象庁さんのお墨つきが得られたということですね。

【委員】 私もバイアス補正のところをどう進めていくのが1つのポイントかなと思っておりました。

まず入り口として、16ページ目にバイアス補正実施にあたっての留意点として適さない可能性や得られない可能性があり、今回この後プロセスを踏んでいって、どう整理しようとするのか。色々な科学的知見や様々な手法のうちどれを選択したのかなど、そのようなプロセスを整理してほしい。信頼性があるプロセスを得たという形での整理が不可欠なのではないか。つまり、幅のある議論をどこかで絞り込んでいく。次の流量の直接的に多くの計画につながっていくところがあって、aが1.3なのか1.0なのかで大きく変わってきます。そのような意味での整理をぜひしていただく必要があるのではないかと考えて伺っておりました。先生方からは非常に良い精度だということな

のですが、社会的にこの値を使っていくとなると、もう一度信頼性というのが問われるという意味で、ぜひそのようなことを考えていただければと思います。

【委員長】〇〇委員がおっしゃっているのは、例えば十勝川流域ですと、5kmにダウンスケールして地形の影響を正確に捉えた上で、結局バイアス補正はしなくても良いという一方、常呂川流域ではなぜ、1.13倍しなければならないのか。その原因をもう少し整理した方が良いのではないかとというご指摘でした。他の流域で考えるときも、倍率の大きいところと小さいところが出てくると思うので、非常に重要なご指摘だと思います。

【委員】最初に〇〇先生（委員）がダウンスケールする前と後の地形の断面を十勝で示されましたけれども、それが今の議論に関係するのかなと思っています。5kmで分解できるような大きな山岳と、もっと解像度を高くしないと分解できないような小さな山岳。それが今のaの比率の違いに関係している可能性があると思いました。非常に小さな差なので5kmでも十分なかもしれないですけども、違いを議論するときにはそのようなことも考えるとよろしいかと思いました。

【オブザーバー】自分で質問して、その後考えた結果なのですけども、恐らくd4PDFのバイアスというのは、先ほど〇〇さん（事務局）の方からも循環場のバイアスとして亜熱帯高気圧が南東に少しずれていることによって、このような平均的な降水量のバイアスが出ているのだという説明がありましたけれども、年最大降水量は亜熱帯高気圧の位置によって梅雨前線系でもたらされるというよりは、どちらかという台風によりもたらされることが多いため、平均的なバイアスは余り関係なく、過去実験との比較でバイアス補正を実施した結果で判断すれば良い。その結果がほぼ1だったと理解しました。

【委員】地形の影響を見るとときに、13ページ目、14ページ目の図はケーススタディーで出されているみたいなのですけども、これはコンポジットで出した方が、より地形の効果が明瞭になり、常呂川と十勝川の特徴がつかみやすいと思うのです。コンポジット、いくつかの平均の中で絵をかくということです。

【委員】それは雨域がずれた例だけのコンポジットということではよろしいですか。

【委員】何千ケースと計算していますので、大変な作業だと思うのですけれども、そのケースをコンポジットしてみたらどうか。

【委員】本日の発表ですと、雨の差は出していますけれども、おっしゃる通り、平均が抜けていますので、ぜひ見てみたいと思います。

【委員長】そこではっきり出てくれば間違いはないということですね。

【委員】はい。

【委員長】ありがとうございます。他はいかがでしょうか。

【委員】31ページ目の右側の図はGEV分布を使った例ですが、先ほどお話がありました通り、実績の一番大きな雨というのが黒実線より右側にあって、過去の議論ですとこれ

は外れ値となっていたところが、今回の検討によってあり得る範囲だという非常に重要な意味を持つ図なのかなと私は理解します。

その上で、常呂川の場合は、SLSC値ではどちらの分布形を使ってもそれほど変わらないということなのですが、実際はどちらを採用して物事を進めていこうかとするお考えなのか。

【事務局】 最初の分布では、26ページ目で実績値のSLSCを書いております。そもそもSLSCとは何ぞやということをご説明しないといけないと思うのですが、SLSCの分子につきましては、標本の値と理論クオンタイルの差の二乗和のルートになります。上が誤差です。分子につきましては99%クオンタイルと1%クオンタイルの幅の差ですから、下の雨量の幅が広いほど小さくなる形になります。

Gumbel分布では、99ぐらいに黒丸の実績の大きいものがプロットされておりますけれども、分子が大きくなり外れていくという形ですので、SLSCの分子が大きくなる。さらには、Gumbel分布は余り幅を持ちませんので、分母にあたります幅の区間も小さくなるということで、Gumbel分布の適合度が低くなっているということだと思います。

GEV分布につきましては、極値の大きな雨に合わせていくという特徴がございます。そのため、黒実線の過去実験で見ますと、ぼつと上の方で大きな雨との差が少ないということで、これが大きく効いて分子が小さくなる。さらには、下の区間につきましても幅を持ちますので、分母の割り算も大きくなりますので値が小さくなるので、GEV分布の方が適合度が高くなっていくというものでございます。

そもそも、Gumbel分布もGEV分布も一般的に水文ではよく使われるもので、Gumbel分布は洪水量をもとに合わせる分布、GEV分布は降雨について合わせるようにイギリスで検討された分布だと理解しております。今回事務局では、これから検討していくときに、実績の降雨に対してGEV分布の方が適合度が高いということ、一般的にも使われているということ、さらには降雨への適合度を高くするために開発されたモデルであるということも含めまして、今後GEV分布をもとに流出につきましては使ってまいりたいと考えております。両方とも適合度はどちらでも構わないのですが、GEV分布で分布関数は十勝川も常呂川も合わせたいと考えています。

【委員長】 とにかく150分の1や100分の1でもこれだけの幅を持った雨が降り得るという話がここでわかって、流量をこれで計算するとどのような結果が出てくるかが次につながる話です。これを最終的には治水計画などに適用していく話になりますと、なかなか難しい。どの程度の雨でどのようなことを考えれば良いのかが当然次に出てくる話なので、そのあたりを意識しながら次の話を聞いていただく。あるいはご意見をいただければと思っておりますけれども、雨の設定についてはよろしいでしょうか。

続きまして、流出計算、洪水リスク分析の考え方につきまして事務局からご説明をお願いしたいと思います。

【事務局】 38ページ目は、降雨の分析結果を踏まえて洪水量の変化を算定していくもの

でございます。今回流出計算で用いますモデルを記載しております。これは星先生が開発されたモデルでございます。気象庁と共同で発表しております洪水予報の現業モデルとなっております。現業モデルにつきましては予測降雨に用いまして、カルマンフィルターのフィードバック機能をかませて観測値と合わせにいくわけなのですが、今回は観測値がございませんので、フィードバック機能を用いずに、そのまま分布型の2段タンク型貯留関数を用いていくものでございます。右上にモデル定数と記載しております。 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} という3つの未知定数を持っているものでございます。

39ページ目では、モデル定数の特徴を記載しております。 C_{11} という係数につきましては貯留量にかかっていくものでございますので、 C_{11} が小さくなりますと貯留量が小さくなりますので、ピークが前に先鋭化する傾向を持っております。 C_{12} の係数につきましては時間微分項にかかっておりますので、これが小さくなりますと遅れが小さくなるということで、ピークが前に出ていく特徴を持っているものでございます。 C_{13} につきましては、1段タンクから2段タンク、地下への浸透にかかる係数でございます。これが小さくなりますと表面流出が増加いたしますので、ボリュームの方が増えてくる特徴を持っているものでございます。

40ページ目では、今回の流出解析を行うにあたって、分布型としております。せっかく5kmへのダウンスケーリングの降雨の分布が得られましたので、降雨の解析結果が流出に反映できるようにということで、1kmメッシュで検討を進めていくことを考えております。

41ページ目は、計算の条件の部分でございますけれども、標高につきましては国土地理院の10mメッシュのDEMから出していったものでございます。

42ページ目では、流出計算を行うにあたって、地面の等価粗度が必要となります。河川砂防技術基準あるいは土木学会の水理公式集はほぼ同じ値ですので、水理公式集の値を用いたものでございます。

43ページ目は、河道追跡の粗度係数、マニングの粗度係数についてでございます。山地流路の $n=0.030$ を用いて今回は検討を進めております。

44ページ目では、先ほどあった未知の定数をどのように当てはめるかというものでございます。過去実験で3,000ケース、将来実験で5,400ケースの時空間分布がございまして、全てに適合するような係数が設定できないということがございまして、十勝川流域では、レーダー雨量の時間雨量のある近年の洪水の大きなものの中から、H23.9出水につきまして定数を最適化したケースでございます。

次に、45ページ目をご覧になっていただきたいと思います。H23.9出水で再現した定数では、他の洪水でどのような傾向になるかというものを見たものでございます。H13.9出水につきましては概ねピークは一致している。H23.9出水は再現したものです。H15.8出水につきましては赤線が上に出ますので、少し過大になる。H28.8出水につきましては、3山目の台風10号を見ますと4割程度減ってくるということで、過小評価す

るようなモデルになっているものでございます。

そこで、46ページ目では、今年のH28.8出水にピーク流量を合わせるような再現定数を次に設定してみました。46ページ目はその結果となっております。

47ページ目でも同じように、次はH28.8出水に合わせた定数で他の洪水を比較しますと、H13.9出水、H23.9出水、H15.8出水ともにピークが過大に計算される形になります。H28.8出水では台風が3個連続しておりまして、ほとんど全流出で一気に出てくるという特徴があったものですから、それに合わせようとする他のものが過大になってしまうということがございまして、今回、過去実験3000ケース、将来実験5400ケース全ての流出計算を実施しておりますので、平均的に合うH23.8出水の定数を用いて流出計算を実施する形にいたしました。

続きまして、48ページ目では、常呂川について示してございます。常呂川につきまして、昨年H28.8出水に合わせた定数の再現値でございます。

49ページ目をご覧くださいと、その定数が他の洪水に対してどのようになっているかを示しております。H10.9出水、H13.9出水では概ねピークが一致しております。H18.8出水では少し過大に評価される形になっておりますけれども、概ね近年の出水は再現が良いだろうということで、常呂川につきましてはH28.8出水の定数を用いて検討を進めていきたいと考えております。

51ページ目では、過去実験、将来実験につきまして流出計算を行ったものでございます。過去実験につきましては3,000ケース、将来実験については、解析結果を確認しているものを除いて約5,400ケースになっております。上側の十勝川でいいますと、バツ印が過去実験の全ての時空間分布の降雨について流出を行ったものでございます。赤の破線が、昨年H28.8出水を示したものでございます。見比べますと、昨年H28.8出水は過去実験のH23.9出水の定数ではほぼ上限に近い値で発生したことがわかります。右側の将来実験になりますと、昨年H28.8出水を上回る出水の頻度も増えてくるということがわかっているということでございます。

下側が、常呂川で同様に確認したものでございます。十勝川と常呂川で少し違いが見られまして、十勝川は分布が広がる形になっております。常呂川の方が比較的狭い範囲でのばらつきになっているという結果でございます。常呂川でもH28.8出水は既往最大の出水になりました。それでも現在、それより上の方が過去実験でも多い形になっています。私たち河川管理者といたしましても、昭和の時代は西側の北海道、留萌や石狩川の洪水が多かったわけなのですけれども、平成になってオホーツク側の洪水が多いと実感しておりまして、その実感にも合っている解析結果だと理解しているものでございます。

52ページ目では、十勝川帯広基準地点でピーク流量が最大になったものが、左上の分布図でいいますと266mmという降雨量となっております。その前後で、同じような降雨ですが流出量が大きく違っているものにつきまして、大きなもの、中程度のもの、

小さなものでプロットしたものでございます。No. 1が同じ降雨量に対しましてピーク流量が最大になったものでございますけれども、これをご覧いただきますと、30mm近い時間雨量が継続して発生している。このような場合にはピーク流量が立ってくる。No. 7、No. 14のようになだらかなだらかに降っているところは、当然のようにピーク流量も小さくなっていく時空間分布が得られたということが特徴でございます。

続きまして、53ページで、先ほどは時間分布でございましたが、今回は同じ降雨につきまして空間分布を示しております。十勝川でピーク流量が大きくなるのは、No. 1やNo. 2のケースでございます。日高山脈沿いに集中して発生するような場合にピーク流量が大きくなる。まさしく今年の台風10号のような出水の場合は危険になるということでございます。流域に平均的に降るような場合、No. 7や14は同じ降雨量の中でもピーク流量が少なくなっていく傾向がわかっているものでございます。さまざまな時空間分布と流出量が得られましたので、例えば十勝川のピーク流量が大きくなるような気象の場が理解できれば、事前に防災対応で備えるなど、そのような活用もできるのではないかと考えております。

56ページ目以降につきましては、このような降雨の解析結果あるいは流出計算の結果から、どのような洪水を外力として設定して被害の変化を算定するかというような選び方になっており、外力の設定手法でございます。56ページ目につきましては、過去実験と将来実験の変化を見るということでございます。変化を見るということですので、ある程度同じ基準が必要だと考えておりました、十勝川ですと、150年に1回生起する頻度分布の信頼区間で比較すべきではないかと考えました。56ページ目のグラフをご覧いただきたいのですけれども、ケース①の部分では、中央値付近、150分の1降雨の分布の中央値の降雨量の中でさまざまな降雨の空間分布がございますけれども、その中でピーク流量が最大となるケースをケース①として抽出しております。ケース②につきましては、95%タイルの信頼区間の中からピーク流量が最大となったケース。十勝川の過去実験ではたまたまケース①とケース②が同じになっているということでございます。もう1つは、ピーク流量は小さくても、降雨量が大きい方が氾濫ボリュームが大きくなって被害が大きくなる可能性があるということがございますので、信頼区間の中から降雨量が最大となったケース③を抽出しております。

57ページ目は、そのときのハイドロ・ハイトグラフを示しております。

58ページ目は、将来実験の中から外力の違う洪水流量の与え方についてでございます。過去実験結果と同じように、降雨の分析結果の信頼区間の中央値付近の降雨量の中でピーク流量が最大となったケース①。2つ目は、信頼区間95%タイルの中からピーク流量が最大となったケース②でございます。ケース③は、信頼区間の中から降雨量が最大となったケースを選んでおります。もう1つ、将来実験につきましては、最悪ケースということで、5,400の計算をした中で降雨量が最大となるケースにつきまして、十勝川ではさらに28年8月型の流出量を用いた最悪のケースも、比較ではなくて別途算

定してみたいと考えております。

59ページ目は、そのハイドロ・ハイトグラフでございます。

60ページ目は、常呂川でも全く同じでございます。中央値付近の最大等で抽出をしていくということでございます。

61ページ目、62ページ目とございまして、将来実験の抽出の仕方ということで同様でございます。

続いて64ページ目をご覧になっていただきたいと思っております。今回、氾濫計算を行うケースということで抽出した結果、ケース①から③。ケース①が降雨量の中央値付近のピーク流量が最大、ケース②が信頼区間の中のピーク流量が最大、ケース③が降雨量の最大となっております。将来実験についてはケース④ということで、実験結果の中から降雨量が最大と得られたケースになっております。これらを比較する中で、流量とか降雨量が最大となっております。治水計画としてこれを用いるということではなくて、今回、リスクの分析をする形となっておりますので、ある程度の信頼区間の中で被害が最大となるケースを想定してみようという前提に立っているものでございます。

続きまして、66ページ目では、そのような外力を用いまして氾濫計算を行った結果、どのような指標を用いて分析するかというものでございます。リスク評価の対象とする被害項目・指標と記載しております。洪水の氾濫計算を行いまして、1つ目は、浸水面積とか浸水家屋数がどのように変わっていくのか。2つ目は、要配慮者施設が浸水域に含まれている数がどの程度変化するか。想定死者数と記載しております。人的被害の影響ということで、死者数がどの程度変化するか、あるいは孤立者数がどのように変化するかを見ていきたいと思っております。また、昨年農地被害が顕著に発生いたしましたので、農地の被害面積がどのように変化していくのかを算定していきたいと思っております。メッシュサイズ等を検討しておりますけれども、死者数につきましてはオランダの手法を用いようと思っております。こちらは計算メッシュサイズが小さくなりまして、氾濫は市街地付近を抽出して実施していきたいと考えております。

67ページ目でございます。氾濫計算は一般的に行われております平面二次元不定流計算を行いまして、浸水面積等を求めていくということでございます。

68ページ目はイメージ図でございますけれども、降雨に伴って洪水流量が増え、どの程度浸水範囲が増えるかを算定していくものでございます。

続きまして、69ページ目では、死者数の推定手法を記載しております。こちらは、事業評価というタイミングがございましてけれども、そこで実施されている手法でございます。陸軍工兵隊がハリケーン・カトリーナの検証に用いたものでございます。このモデルは、65歳の人については2階建てであれば2階の床まで、3階建てであれば3階の床まで上に避難できるということでございます。65歳未満の人は天井裏を突き破っ

て屋根の上に避難できるというモデルでございます。浸水深ごとに床面からの浸水の
高さで死亡率が決まっていくものでございます。危険水位帯と記載しているところは
1.8m以上でございますので、頭まで水没するような場合には9割程度が亡くなる
準危険水位帯の12%は、胸のあたりまで浸水する場合には12%の方々が亡くなる
というものでございます。これらを、避難しなかった人の割合に掛けて死者数などが算
定されるものでございます。

しかしながら、このモデルは、ハリケーン・カトリーナ襲来後のニューオリンズを
対象に使用されたモデルでございまして、標高0メートル地帯の死者数で確認されたも
のでございます。浸水深がたいへん大きくなる場所で再現が正しくなるということ
でございます。一方、十勝川や常呂川でいいますと、そのような標高0メートル地帯を
抱えているわけではございません。必ずしも浸水深で亡くなるわけではなくて、実現
象として多く見られるように、野外で移動中に亡くなるケースが国内では間々確認さ
れていることから、本検討では70ページ目に記載しておりますオランダの手法を適用
してまいりたいと思っております。

簡単に説明させていただきますと、領域1が、水深と流速を掛けた流体力が大きくな
る、あるいは流速が大きくなる場面につきましては死亡率が1になるものでございます。
領域2は水位上昇のスピードが速く、1時間に50cm以上急速に水位が上昇する場合には、
中心あたりに記載しておりますけれども、1953年北海高潮の死亡率データや1959年伊
勢湾台風の死亡率のデータに基づいて、この分布関数から出されるものでございます。
領域3は、それ以外の地域につきましては死亡率は小さくなっていくわけでございます
けれども、他にも日本の室戸台風やジェーン台風などの記録をもとに用いられた分布
関数を使用していくものでございます。

今後の検討方針を説明させていただきます。71ページ目でございます。流出計算モ
デルにつきましては、北海道の実洪水、現業で用いております分布型の2段タンク型貯
留関数モデルを使用したものでございます。十勝川流域につきましては、洪水規模の
大きなものに対して、平均的に合ったH23.9の出水定数を用いて再現しました。常呂川
流域につきましては、H28.8出水を用いて将来実験5,400ケース、過去実験3,000ケー
スを検討したものでございます。洪水量の変化でございますけれども、中央値付近の値d
ですと、降雨の中央値付近のピーク流量の最大の比較しますと、十勝川では2割程度増
加する、常呂川では7割程度増加する結果となったものでございます。

今後の検討としましては、リスク評価に用いる外力は、リスク評価に用いることか
ら、被害が想定される最大ということを想定いたしまして、過去実験と将来実験を比
較する上では、①降雨分布の中央値付近のピーク流量、②信頼区間の中でピーク流量
が最大になるケース、③信頼区間内で雨量が最大になるケースについて被害の変化を
算定する。あわせて、将来実験につきましては最悪ケースの想定ということで、将来
実験結果の中から降雨量が最大となったケースについてもあわせて実施するものでご

ざいます。リスク評価の項目につきましては、先ほどご説明させていただいたとおりでございます。以上で説明を終わらせていただきます。

【委員長】 ありがとうございます。雨と流量というハザード、外力の設定を踏まえ、いよいよリスクをどのように設定するのかという話です。多くの数字が出てきていますが、64ページ目が1枚に集約されている数字です。これを要網羅して予断なく考えれば、おおよそリスクというのは考え得るのではないかとということで整理されている数字でございます。

【委員】 前半の十勝川の出水のケースですけれども、H28.8出水がうまく再現されなかったという最初の事例がありましたけれども、これについては理由を説明できるようにしておいた方がいいでしょう。

【委員長】 46ページ目ということですね。

【事務局】 H28.8の出水は、ピークが立つ形で、流出量も多い形になります。再現しますと、全流出に近い結果となります。他の洪水では、前期降雨などが少なかったこともあり、全流出のような状況になっていないということだと思いますが、ご指摘を踏まえて、なぜこのようになるのかということもきちんと説明できるように次回の会議では進めてまいります。

【委員長】 流出現象というのは、ユニバーサルに全てを再現できるパラメータを設定するのはなかなか難しいのです。そのような中で昨年のH28.8出水というのは何発も台風が来て土が湿って、さらに最後に大きい台風が来たという事例で、そのようなパラメータの設定をしないと再現できないということなのですけれども、最終的にはリスクの推定のところで、64ページ目のケース④でH28.8出水を再現できるパラメータで計算して、これも何らかの形で反映するような考え方にはなっております。

【委員】 56ページ目、150分の1雨量の幅の中でケースをいくつか選定していると思うのですけれども、どうしてこのように選定するのが理解できなかったのです。

【事務局】 今回、リスクの評価になるときに、被害が最大になるようなものを極力見逃さないという思想に立っております。

【委員】 質問は、例えば57ページ目のハイドロ・ハイトグラフというのが、どのように雨が降って、どのように川が流れるかを表したグラフということでよろしいですね。ダウンスケーリングしたときにどのように雨が降るのかというところが、確かに極値で合わせて、比較的良いように見えるのだけれども、時系列が現実と同じようになっていると言われると、そのようになるケースも多いけれども、そればかりではないと思うのです。そうなったときに、それが非常にセンシティブに川の流れ方、ハイトに反映されてしまうので、この点は、確かに危ないケースを抽出しているのかもしれないけれども、ダウンスケーリングで出てきたものが、降る量のバイアスの他に、降り方のバイアスというのがある。継続時間などそのようなことなのですけれども、その点について少し留意して、観測事象とも比較をする方がよろしいのではない

かということです。

【委員長】大変重要なご指摘だと思います。雨の降り方という部分につきましても、年最大極値をとっていますけれども、もう少し連続的な雨のダウンスケーリングデータが出てくると徐々にわかってくる。そのように理解してよろしいでしょうか。

【委員】モデルの計算した雨の分布が、現実的にあり得るものなのかというチェックをした上で次のステップへいきましょうということですよね。ぜひそうした方が良いと思います。

【委員】今の指摘に関連するところですが、極値も非常にうまく、素晴らしく説明されているということが本日説明されましたので、時系列についてもおそらくうまくいっているだろうという前提のもとで、例えば56ページ目の図でしたら、先ほど委員がおっしゃった、なぜこの点をとっているのかというのがわかりにくいと思います。素直に3,000個ピーク流量をとっているわけですよね。概ねこれは、年最大値ではないかもしれないけれども、ほぼ年最大値に対応する値と思われれます。年最大値のピーク流量の頻度分布などの確率分布も示せると思いますので、それをもとに超過確率、例えば0.01に対応するピーク流量に対して外力設定するなど、そのようなこともあわせて提示されるともっとわかりやすいかなと思います。

【事務局】〇〇先生（委員）のご指摘のとおり、時空間分布、2つの中で事務局でも議論いたしました。最初に考えたときには、これだけの流出計算を実施したのだから、流出計算を使い分布関数が得られる。その100分の1の流量などを用いて比較するのがわかりやすいと思いましたが、はたと考えたときに、ピーク流量などはわかるけれども、そのときの時空間分布をどう当てはめるかという話があると思えました。そのときに、せっかく3,000個とか5,400個の時空間分布が得られたならば、時空間分布をそのまま使って流出計算をすることもいいのかなと思い、時空間分布を極力崩さずに抽出するというのを今回選びました。しかし、〇〇先生（委員）がおっしゃられたような、例えば流量確率のところでは六千何がしだとか流量が仮に出た場合には、その近くの降雨波形を使うこともできますので、事務局内で少し議論させていただければと思います。

【委員】誤解があるかもしれませんが。過去実験と言われるものは3,000個の10日間で、データを時系列として、あるいは空間分布として持っておられるわけですよね。3,000個の流出計算をなされた結果がすでにあって、そのピーク流量もあるわけですから、これ自身がデータですので、年最大ピーク流量の頻度分布を描いてはどうかということです。

【事務局】わかりました。流量の解析結果から頻度分布がどのようになっているかを整理して、次回またご説明させていただきます。

【委員長】これはあくまでもピーク流量ですけれども、被害ということを考えると必ずしもピーク流量だけではなくて、継続時間とかも問題になってくるのですけれども、

そのあたりはどうですか。

【委員】 このように流量計算されているのでしたら、10日間の流量ボリュームの分布などもあり得ます。破堤したときにどうなのかというアイデアもあるかもしれません。

【委員長】 そちらの方もできましたらお願いしたいと思います。

【委員】 H28. 8の雨の場合は、台風10号では流出率が非常に高いというのがありましたが、一方で、15日だから連続性はなかなか議論できない。ただ、今回どのような選定方法でケース①から④等を選ぶにしても、例えば台風7、11、9号の場合は流出率はおおよそ0.6程度を勘案した場合、信頼区間からは外れていますが、今回最大規模雨というのを採用できるのではないか、それと相当の議論ができるのではないかという言い方もできると思います。

【委員】 流出計算のところに来るまでは、非常にたくさんのデータを使って、たいへん精緻に計算されてきたのですが、最後の流出計算のところのモデル定数を決めていく過程が少し乱暴な気がします。例えば十勝川のH28. 8出水のパターンというのは、いくつかの雨が連続して来ました。これ自体はこれまでで初めてのケースのような降り方ですけれども、将来予測の中でこのような降り方が今後もし増えてくるのであれば、今回は少しピークが効き過ぎるからそのような降り方は使わないと簡単に棄却して良いのでしょうか。そのような懸念があります。

今、アンサンブルで色々な雨の計算をされていますけれども、その中で、いくつかのピークを持った雨が短期間に連続するパターンが、今後相当程度起こり得るのかの確認を、もしできたらしてほしいです。それと、今回の検討はどこにターゲットを置いているかということですが、いくつかの標準的なこれまでの大きな雨に合うところをとるのか、それとも一発がんと来る、大きなリスクの高いところをとるのか。もしそうだとすれば、H28. 8出水の降雨で一番効くところに対して安全側をとるようなケース、モデル定数のとり方も私はありなのかなという気がします。

というのは、64ページ目で、常呂川の方はH28. 8出水型を使っているのですが、現在の基本高水に対して3倍程度のピークをある意味想定していますけれども、十勝川は現在の基本高水が7,000m³/s弱で、倍まで増えません。ですから、その効き方も、今回十勝川は定数のとり方によってそれほど大きくならないと聞いているので、雨の降り方も加味しながら、もう少し慎重にとったらどうでしょうか。

【委員長】 私もそこは少し気になっているところで、雨の降り方も見て分析した方が良いと思います。ちなみに64ページ目のケース②で11,847という数字が出ていますけれども、これは連続降雨ではなくて、集中的に短時間に雨が降って、このような結果が出てきたケースもありますし、連続的に降って土が湿って飽和して、昨年のような形で流出するパターンもあると思いますので、雨の降り方ももう少しチェックして決めていく必要があると思います。

【委員】 雨が整理できると流量は一本道かななんて比較的気楽に考えていましたら、流

量の話聞かせていただいて大変だなと思っていました。雨の方を〇〇先生（委員）が5kmメッシュで計算されたことは、日本あるいは世界で初めての最先端の研究をされたのだと思います。それによってもものすごく色々なものがわかってきた。ただ、社会実装するにあたって、科学的信頼性などそのようなところをどう評価していくのか、担保していくのかが問われる。流量の話も、まさに〇〇先生（委員）がおっしゃったように、ピークを見ることによって結果の妥当性、信頼性をいくつかの見方から担保していくことを考えたかどうか。私の理解ですけれども、同じような方向性でいくつか見ることによって、科学的だけではなくて社会的な信頼性を高めていくことができる。

もう1つは、十勝のH28.8出水を見ていて、今回ものすごく苦勞されて、工夫されて計算していますが、使い方との関係です。今までですと、十勝のH28.8出水ですと特異点で棄却なのですが、事実としてあるということになると、最後まで残して、例えば避難などはリードタイムのようなところがありますから、それぞれに意味があるシミュレーション結果です。途中で平均化して1つだけにしないで、信頼性区間の中でこれを選ぶと同時に、意味のある特異点は最後まで持つていく。そしてどう使うかということまであわせて考えると、整理がすごくすっきりするのではないかと。

【委員長】 58ページ目の将来気候の雨の設定では、最大値も考えてリスクの推定をしてみるとの話です。予断なく、必ずしも信頼区間だけでなく、計算上出てきたものは全て使うという考え方もあるようなので、さらなるご検討をいただければと思います。

【委員】 視点が変わるのですけれども、66ページ目のリスクのところですが、昨年の台風のとくに資料に書かれてあるリスクあるいは被害があったと思うのですが、道路が寸断されたことや鉄路が寸断されたことなど、そのような交通関係の障害リスクが昨年結構問題になったように思います。これらのリスクを評価するのは難しいのかもしれないですけれども、もしもそんなに難しくないのであれば、項目に入れていただく検討はできないのか。

【事務局】 昨年の事象を再現するのは非常に難しいです。国道274ですと、斜面ごと崩れるなど、多くの河川で橋梁が被災したのですけれども、河道自体が変化していくため、河道変化の予測も必要になってきます。しかしながら、交通途絶の影響もありますので、変化であると把握できるかもしれません。氾濫域で浸水する路線など、影響を受ける数のようなところは、正しくH28.8出水の再現ではないですけれども、交通への影響を見ることは可能だと思います。

【委員長】 物流への影響も考えたり、あるいは農地の冠水で農業への影響など、そのようなことも全部考えるという話になると、かなりたいへんかと思う。本当はやるべきだと思うのですけれども、そこまでやれると考えた方がよろしいのでしょうか。

【事務局】 色々産業連関の勉強などもしておりますけれども、委員会で報告できるかど

うかはまだ自信がないため、うまくいけば報告いたしますということで、H28.8出水のものは出せば検討してまいりたいと思っております。

【委員長】今は直接被害ということで、人命などで評価しようということになっています。

時間の方も予定を過ぎておりますけれども、おおよそ予想通りですね。内容からいってかなり盛りだくさんな内容です。

【委員】〇〇委員のご質問と同じなのですが、本当に今回の検討は全国的にも重要なことだと思います。私自身も考えなければいけないのですが、このテーブルにあるリスク情報から評価したらこうなりました、ああそうですかとなってしまいますので、2つの流域を考える上で、このようなプラスアルファを考慮してみたらどうなるのかということも重要ではないかと思えます。リスクというのは大本は国全体で考えるものなのかもしれませんが、地域や流域によって現状は違いますし、それを考えたらこのように結果が変わるのだというところは重要な点だと思えました。先ほどの④に相当するリスクというのも重要ではないかと思えます。

【委員長】特に北海道のような地方の社会基盤整備では、必要ではないかとは思いますが。それがオーソライズされるかどうかは別として、一回試算しておいた方が良いのではないかというご意見です。

第3回は最後の締めになります。リスクを推定して、その先の具体的な治水計画をどうするかというのはこの場では議論しませんけれども、それにつながる話が第3回で出てくることになります。本日は主に外力の設定で、それからリスク設定の考え方についてご議論いただきました。

【委員】先ほどの〇〇委員と同じようなコメントですが、モデルパラメータのところは気になります。特に雨が大きくなればなるほど流出率が1に近くなりますので、流量計算された結果は全て同じモデルパラメータで計算されているわけですね。外力設定として中規模のところを狙っているのだったらいいのでしょうかけれども、大きなところの評価を考えると、既にここでH28.8出水は過小評価するというのがわかっているパラメータを使っているわけですね。そこが気になるころではあります。

【事務局】事務局としても、数多くの計算を実施しないといけなかったということと、時間もこの2、3週間で流出計算を8,000ケース程度実施したので、少し割り切って計算したということもございます。この委員会の場には水文分野の権威の先生方が集まっておられますので、これが世の中に出たときに科学的に妥当だと言えるような手法かどうかを個別に相談させていただいて、次回委員会のときに改めてご説明させていただきたいと思えます。

【委員長】8,400ケースの中でどのような雨の降り方が出てくるのかを少し分析した上で、昨年のような降り方をする雨があれば、パラメータの設定で留意しなければいけないと思えます。

【事務局】雨の降り方が、もしかするとこれは前期降雨から考えて全流出になりそうな規模だということであれば、割り切ってどこかで閾値を設けてパラメータを変えるなど、そのようなことかなと思っておりますので、決め方とかをご相談させていただければと思います。

【委員長】そのあたりは〇〇委員や寒地土研さんにご相談いただくということをお願いいたしたいと思います。

全体通してとかご意見等ございましたらどうぞ。

本日はいろいろな意見が出されまして、大変ありがとうございました。事務局には、次回の委員会に向けまして整理と取りまとめをよろしくお願ひしたいと思ひます。

では、事務局にお返ししたいと思ひます。

3. (4) その他

【事務局】委員の皆様、本日は長時間にわたりご審議を本当にありがとうございました。また、ご来場の皆様、議事の円滑な進行にご協力いただき、ありがとうございました。

本日の資料につきましては、後日ホームページに掲載させていただきます。また、議事録につきましても、委員の皆様にご確認いただいた後、同じくホームページに掲載させていただく予定でございます。

また、取りまとめの第3回目でございますけれども、2月または3月に開催を予定させていただきます。詳細につきましては、後日改めてご案内させていただきたいと考えてございます。

それでは、閉会に当たりまして、北海道建設部土木局河川砂防課の〇〇課長よりご挨拶いただきます。

4. 閉 会

【河川砂防課長】北海道建設部土木局河川砂防課の〇〇でございます。本日は、委員長はじめ委員の皆様には、大変お忙しい中、当委員会にご出席いただきまして、誠にありがとうございました。閉会に当たりまして、一言お礼を申し上げます。

本日は、将来気候における降雨の変化のダウンスケーリング計算、バイアス補正などによる分析手法、降雨量から将来気候における洪水量の変化を計算して、浸水域の増加などといったリスク分析などについてご議論いただきました。北海道でもこれまで洪水に備えた河川整備を進めてきておりますけれども、将来リスクを把握して、気候変動を考慮した適応策も検討を進めていく必要があると考えております。

適応策を検討していくに当たりましては、全国の研究機関や自治体で行われている情報の入手、適応策導入の支援を受ける必要があると考えまして、少し遅くなりましたけれども、先月SI-CAT「気候変動適応技術社会実装プログラム」のニーズ自治体になったところでございます。今後は、本委員会でのご議論を踏まえるとともに、SI-

CATの支援を受け、北海道開発局と連携しながら、気候変動を考慮した治水対策について検討を進めてまいりたいと考えておりますので、委員の皆様には今後ともご指導をどうぞよろしくお願いいたします。本日はどうもありがとうございました。

【事務局】 以上をもちまして、第2回委員会を終了させていただきます。ありがとうございました。