

## 総合討論

**司会 (杉) :** 第1部降水現象の現状と変化傾向というところで、3名の方から講演を頂いた。大雨の頻度が増加しているということが観測データから示され、将来予測についても大雨の頻度は増加するだろうという結果が示されたと思う。但し、地球温暖化とどのように関連しているかということについては、異常気象レポートの中では、日本の大雨日数の増加は地球温暖化の影響が現れている可能性があるという非常に微妙な言い方をしている。まず、これらを含めて討論したい。

講演された方で、追加のコメントがあれば、お願いしたい。

**栗原 :** 異常気象レポートの中で気温については温暖化の影響がかなり高い可能性があるとしているが、降水量については、必ずしも傾向がはっきりしていない。日本の「大雨」が増えている可能性があるということに関しては、日本だけでなく、中国などアジア域でも大雨の頻度が増えているという報告があり、また、地球温暖化の影響で大雨の日数が増えるという予測もあることから、その可能性があるのではないかと見ている。しかし、定量的なものではないので、今後のさらなる調査研究の進め方も含めて討論して頂ければさいわいである。

**松本 :** 栗原さんの要旨に100 mm以上、200 mm以上の大雨の日数が増えているという図を示されているが、この100年を見ると大雨が増えている傾向にある。しかし、先程の講演で述べたが、1940~50年代と1990年代は同じレベルで、例えば、50年でトレンドを取ると有意な増加傾向にないという結果になる。フラクチュエーションがある場合、トレンドを取る期間によって結果が変わってくることもある。将来予測については木本さんが要旨に書かれている図では右肩上がりに見えるが、2020年まではそれほどはっきりした傾向ではない。その後、急に強まる傾向がある。そういう意味では降水の異常現象に影響が現れるまではまだ、時間があるといえる。

**司会 :** 会場からコメントありますか？

**谷貝 :** 温暖化した時、降水がどうかという事ですが、気温については日本では北冷西暑という顕著な現象

があつて北日本と西日本のコントラストが強まっている。最近21世紀になってから降水でも北日本と西日本のコントラストが顕著になっている。松本さんの、豪雨の変化傾向に関する要旨中第2図を良く見ると、北日本でプラス、西日本でマイナスというシグナルが出ていて、今後はっきりしていくのではないかと思う。

**余田 :** コメントに対するコメントかも知れないが、データが限られているのに、自然現象プラストレンドを見ているわけだが、高々100年あるいは30年間の変化だけみて言えることと言えないことがあると思う。CCSR/NIESの自然変動1000年ランデータを見てみると、たまたま100年だけ見て議論するには限界がある。勇み足をしないことも大事ではないか。モデルは完全ではないが、やはりたくさんアンサンブルで100年くらいやるとか、あるいは温暖化後1000年くらいやって変動をみるとかはどうか。100年だけの観測データだけではあまり踏み込めないと思う。架空であっても、モデルの結果をうまく組み合わせて進めていくことが必要と思う。

**松野 :** 木本さんが面白いことと大事な事と言われたが、この問題は学問として面白い。それには分析してメカニズムを考える必要がある。温暖化で降水が増えるということは、温室効果が強まって赤外線によってエネルギーが逃げにくくなるから、Latent heatが上空に運ばなければいけないことに対応している。つまり、雨は絶対に増えなければいけない。一方、これには別の見方もあつて、クラペイロン-クラジウスによって高温ほど水蒸気混合比が大きくなるからという観点もある。温暖化実験の結果を見ると鉛直熱輸送に結びついたモンスーン循環、ハドレー循環が弱まる。ダイアグラムで温度の上がり雨量の増加の傾きを見ると雨量の増え方はクラジウス-クラペイロンの半分くらいだから温度の上がるほうが水蒸気を含み得る量が余分に増えてしまう。赤外線で運びにくくなった分をLatent heatで運ぶのにクラペイロン-クラジウスの半分でもよいかから、循環、直接には上昇流が弱まる。従って、マスマックスに結びついた、モンスーン循環、ウォー

カー循環が弱まる。もう1つ重要なことは世界では強い雨が増える傾向にあるが、アジアモンスーン域では必ずしもそうではないようで、今言った事と矛盾がある。最近ヨーロッパでは非常に強い雨が増えている。大規模擾乱に伴う、大規模上昇を伴う雨が増えている、対流現象に伴う雨はまだ顕著でないという事かもしれない。温帯低気圧に伴う大規模上昇については南北の温度差は弱まるかもしれないが、鉛直安定度が悪くなると上昇域が集中して強くなって、下降域が広がる、そういうことも考える必要がある。

**司会：**まだ議論があると思うが、降水の変化のメカニズムについて研究が必要であるということで、第1部のまとめとして、次に第2部の議論に移る。第2部では斎藤さんから気象庁気象研究所での降水予測技術開発について報告いただき、吉谷さんの方から水資源管理のためには予測はあまり使われていないという報告をいただいた。何か追加することはあるか？

**吉谷：**後で、沖先生からフォローしていただきましたが、降水予測の精度が格段に向上すればインパクトがあつて水管理のやり方が変わる可能性があるが、ほんの少しではインパクトが無いということです。水資源管理には降水予測がもっと使えると思う。例えば、貯水池の管理、容量の決まっています夏には空にする必要があるが、予測信頼度が上がれば、水を貯めたりして、調整できる。外れた場合には保険でカバーということも考えられる。そういう事まで踏み込めれば、もっと有効な管理の可能性がある。ただ、現状ではそういう事はできないし、そのための研究も難しい。

**司会：**洪水の予測のスキルについて、他のファクターがいろいろあるので降水予測の精度のインパクトについて評価できないということだが、評価の方法とか考えられないか？

**吉谷：**土木研究者がそういうものを評価する研究をしてこなかった結果だと思う。真剣に取り組めば、改善があるかもしれないが、非常に難しい。

**斎藤：**私からは2点ある。まず、吉谷さんの講演では、水位予測が最初から良くないように見える。降水ナウキャストに基づいて予測されていると思うが、他のモデルと比較してどこが悪いかわかる必要があると思う。予報課でも流出雨量指数を開発しているが、他のものと情報交換を行っていく必要がある

と思う。中小規模河川にとって短時間降水予測は重要であるという話があったが、どのくらいのタイムスケールが重要か問題である。5年前にメソ数値予報が始まり、最初は成績が悪かったが、最近かなり良くなった。5年後には9時間予報はかなり良くなってきたと実感できるくらいになると思う。もう1点は、短期予測にもアンサンブル予報の手法を取り入れて、定量的な予報の信頼度情報を提供していくことが求められると思う。

**司会：**会場からコメントしたい方あればどうぞ。

**余田：**吉谷さんにお伺いしたい。洪水予測モデルは決定論的なモデルか、確率論的なものか？

**吉谷：**実際の洪水予測をしている現場は混沌としていて場所毎にバラバラのシステムを使っている。統一したやり方は無い。決まった特定の手法で出している所もあれば、いろんな手法による予測値を出して人間の判断で採用している所もある。アンサンブルの降雨予測を使う以前に混沌とした状況になっている。

**余田：**アンサンブルの情報を生かす研究を協力して行うとかの動きは無いのか？

**吉谷：**小河川の流域では降水が直ちに洪水に影響する。雨が水位に直結する。その場合、雨の予測幅が水位の予測幅に直結するため、そのような情報は重要になる。

**斎藤：**アンサンブル予報ではどう使うかも大変重要である。今後、そういう情報が出るようになれば、危険水位を超える確率などインプット側の確率情報をアプリケーション側の確率情報に翻訳できると思う。

**司会：**時間が無くなってきたので、第2部の議論はこの辺で終わりにしたい。ユーザーとのコミュニケーションが必要と感じた。第3部では今後の展望について、木本さんと沖さんに話して頂いたが、これについては会場からコメントを頂きたい。

**一般：**異常気象と最近騒がれているが、もともと天候は変動の大きいもので異常気象も本来の天候の変動と考えて良いか？ もう1点はこの異常気象を一々地球温暖化と結びつけ、海面上昇などすごい大変な事になるという、マスメディアが世の中を煽る風潮があると感じている。NHKスペシャルでも温暖化を取り上げていたが、多少問題あると思う。このことについてご意見を伺いたい。

**木本：**自然には大きな変動があつて平均から外れたも

のを異常気象と呼ぶことにしている。人間の影響があったとしても大きなノイズで見えにくく、そのため、このようなシンポジウムを行っている。仰られる御懸念はわかるが、その点に留意してやっているつもりである。マスコミにおいて誤解を与えるような報道があったとしたら、我々（専門家）の説明が足りないせいだと思う。最近、マスコミも何でも温暖化に結びつけるようなことは言わなくなったと思うが、もし、まだその方向があれば我々の説明が足りないせいだと思う。

**一般：**温暖化によって、最終的にカタストロフィに至るというのが気になっている。

**木本：**NHKも商売だから、やり過ぎの部分もあったかも知れないが、テレビの他に会場にいる方が書いた本などもあるので読んでみることをお勧めしたい。

**安成：**公開シンポジウムにしては難しい議論が行われていると感じていた。気象学会の体質の表れかもし

れない。一般的な啓蒙、社会へ情報を流すことが必要である。これまで温暖化の流れの中で豪雨が増えているというトーンで話があった。しかし、極端な集中豪雨は昔からあった。未だに予測もなかなかできない。沖さんが出された今後の重要な方策に温暖化関連というのがあるため、温暖化と結びつけば予算が取りやすいという雰囲気が出てきているのではないか。そもそも降水現象の時空間スケールは小さい。降水に関係するのは雲であり、水蒸気であるが、水蒸気の時空間分布はよく知られていない。（シンポジウム）タイトルの極端な降水の理解と予測を目指すならば水蒸気と降水の実態をつかむ事が重要である。ストラジックな観測システムの構築、まずデータが大事だと思う。

**司会：**重要な点をご指摘いただいたところですが、残念ながら時間が無くなってしまったので、これで終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。