

地球規模の温暖化と日本域の豪雨強度の関係

電力中央研究所 正会員 ○筒井 純一

1. はじめに

地球温暖化を考慮した水災害リスク管理の課題に対し、最近では、高解像度の気候モデル実験の結果が活用されるようになった。気候モデルの出力情報からは、流出モデルを介して、将来の洪水流量の変化などが得られる¹⁾。ただし、洪水などの局所的な極端事象を評価する場合、しばしば議論される気候モデル出力のバイアスの問題に加え、気候モデル実験の前提となる CO₂ 排出量などのシナリオの違い、人為的な気候変化と自然変動との切り分け、気候感度などの気候モデルの不確実性にも留意する必要がある。例えば、特定のシナリオと気候モデルで得られた 100 年後の変化を、防災計画や構造物の設計などに反映する場合、想定される時期やシナリオの違いに応じた調整が必要となる。数十年後の近未来の予測であれば、シナリオの違いはほとんどないが、自然変動の中から人為的な温暖化による変化を検出するのが難しくなる。また、同じシナリオでも気候モデルの違いで予測される温暖化の程度が大きく異なるため、単一モデルの結果だけでは過大・過小評価の可能性もある。本稿では、このような実際の温暖化適応策の立案に向けた課題に対応するために、豪雨強度の変化に関する理論的考察を基に、モデル計算から得られる結果を統合的に解釈する手法を提案する。

本稿は、日本大ダム会議の技術委員会「地球気候変動とダム分科会」の第 1 フェーズで検討された内容²⁾に基づき、IPCC 第 5 次評価報告書に向けた気候予測シナリオも考慮してまとめたものである。

2. 豪雨強度の変化の理論的扱い

統合的解釈の基礎となるのは、地球規模の温暖化の度合いと日本域の豪雨強度の変化率との関係である。手法の詳細は文献³⁾の通りであり、ここでは概要のみ記載する。

地球規模の温暖化は、全球平均の地表温度偏差（以下、 ΔT_s ）が指標となる。地域規模の気候変化の特徴は、温暖化の程度にあまり依存しない。そこで、地域規模の変化傾向を特徴づけるパターンを多くの気候モデル実験の結果から作成し、日本域の環境の変化をパターンスケーリングによって ΔT_s と関連づける。豪雨の強度は、大気中の飽和水蒸気量が関係し、その温度依存性から、気温 1℃の上昇につき 7%程度が変化の目安とされる⁴⁾。本研究では、降水をもたらす水蒸気の凝結が、上昇気流の速度（力学要因）と飽和水蒸気量の鉛直勾配（熱力学要因）の積で表されることを考慮して、より厳密に評価する。

熱力学要因の温度依存性は 7%/℃より小さいが、台風の強大化などによって上昇気流の速度が増加すると、力学要因も加わって、豪雨強度の変化率が 7%/℃を大きく越える可能性もある。本研究では、地域規模の温度環境（海面水温と上空の気温）の変化から、台風の潜在強度の理論を基に、力学要因の効果を評価する。台風の強大化の度合いは、海面水温のほかに、海面水温偏差に対して上空の気温偏差が拡大する度合いにも依存する。このような気温偏差の鉛直構造は、台風の強大化を左右する主要な不確実要因であり、本研究では、複数の気候モデルの結果を参照して、その不確実性を定量化する。

3. 結果と考察

暖候期の日本の南海上（30N 付近）における温度環境の変化を ΔT_s と対応づけ、上記の理論手法によって豪雨強度の変化率を推計した結果を図 1 に示す。現状の気候（1980-99 年）から ΔT_s が 1℃上昇すると、日本付近の豪雨強度は、熱力学要因によって 6%程度増加し（図中の台風変化なしの場合）、力学要因も加わると 10%程度に増加する（図中の台風変化ありの場合）。前者は ΔT_s とほぼ比例関係であるが、後者は ΔT_s に対してやや非線形的な増加を示す。ただし、台風の強大化に関係する力学要因の寄与は、不確実性の幅が大きい。

キーワード 気候モデル, シナリオ, 豪雨, 台風, 潜在強度

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財)電力中央研究所 TEL 04-7182-1182

図の上部には、気候モデル実験で使われる代表的なシナリオについて、予測される ΔT_s の幅を示している。A1Bは、2007年のIPCC第4次評価報告書(AR4)で使われたシナリオの一種で、図では、現状を基準とする21世紀末の変化として、AR4で示された幅と最良推定値(○印)、およびCMIP3と呼ばれる気候モデル群の結果の平均(矢印)を示している。同じA1Bシナリオであっても、参照する気候モデルによって ΔT_s が異なるため、豪雨強度の変化率も異なる。例えば、文科省革新プログラムで実施された気象研究所の高解像度大気モデル実験⁵⁾では、A1BシナリオのCMIP3平均の海面水温が境界条件に使われた。したがって、その実験で得られる21世紀末の変化は、CMIP3平均の ΔT_s (2.6°C)に対応する変化と解釈される。この場合、理論的な豪雨強度の変化は、図より、15%程度(台風変化なしの場合)、ないし27%程度(同ありの場合)と見込まれる。モデル実験では、30年確率の日降水量が20%程度増加する結果が得られており、理論的な見積もりと概ね整合する。

2013-14年に発表されるIPCC第5次評価報告書に向けた気候予測では、RCP(代表濃度経路)と呼ばれる新しいシナリオが使われている。RCPは放射強制力の異なる4種類が用意されている。ここでは、CMIP5と呼ばれる新しい気候モデル群による実験結果を参照して、各モデルの温度変化特性を簡略化気候モデルで表現し、RCPの4種類の放射強制力に対して、21世紀末(2090年)と近未来(2040年)の ΔT_s を推計した結果を図1で比較する。RCPの放射強制力は、それが作成された時点までに検討された多数のシナリオの大半をカバーするように設定されている。最大の放射強制力となるRCP8.5以外の3経路では、温暖化を緩和する気候政策が考慮されている。特に、放射強制力が最小となるRCP3PDは、工業化前(1750年頃)を基準とする温度上昇を2°C以下(1980-99年基準の ΔT_s は1.4°C以下)とする気候安定化目標に相当する。気候モデルの特性によって同一のRCPに対して推計された ΔT_s には幅があるが、21世紀末の推計値ではシナリオの違いも大きい。このような緩和策を考慮した幅広いシナリオを考慮することで、適応策と緩和策を整合的に検討できるようになる。近未来の時点ではシナリオの違いは小さく、モデル平均の ΔT_s は1°C程度である。気候モデル実験の出力情報は、近未来の時点では有意な変化が少ないが、図1の理論的な推計を根拠に、任意のシナリオでの21世紀末の予測結果からスケーリングすることもできる。

参考文献

- 1) 立川ほか, 土木学会論文集B1(水工学), Vol 67, pp1-15, 2011
- 2) 地球気候変動とダム分科会, 大ダム, Vol 55, pp10-135, 2013
- 3) 筒井, 土木学会論文集G(環境), Vol67, ppI17-I26, 2011
- 4) 鬼頭, 土木学会誌, Vol197, No4, pp59-61, 2012
- 5) 文部科学省研究開発局, 超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究, 21世紀気候変動予測革新プログラム 平成22年度成果報告書, 2011

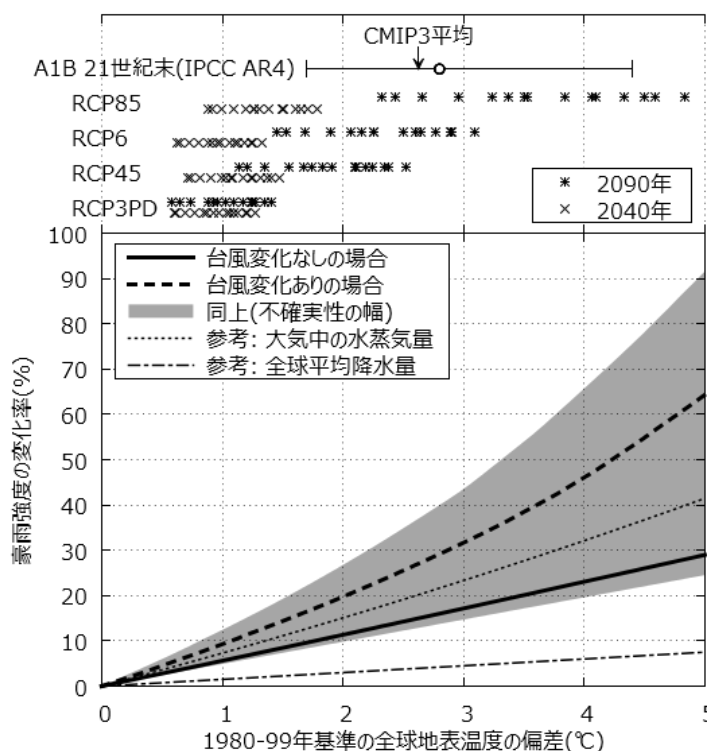


図1 暖候期日本付近における豪雨強度の変化率と ΔT_s の関係