

# ダム貯水池運用に予測雨量を利用するための精度評価

## Evaluation of Forecast Accuracy for Utilizing Rainfall Forecast in Reservoir Operation

研究第一部 研究員 斎藤 香織  
 日本工営株式会社流域マネジメント室 松ヶ平 賢一  
 研究第一部長 伊藤 和彦

国土交通省・水資源機構が管理するダムにおいて水位運用高度化操作の取り組みの強化が行われている。このような高度なダム運用を実現していくためには、降雨予測情報を活用していくことが重要である。

本稿ではGSM ガイダンス、MSM ガイダンスによる3日先までの降雨予測、全球アンサンブル予報による11日先までの降雨予測について、出水をもたらす規模の降雨の予測精度が予測先行時間によりどのように変化するか評価した。

キーワード：ダム貯水池、ダム運用、降雨予測、水力発電

In Japan, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) and the Japan Water Agency are promoting the advancement of dam reservoir operation. To realize more sophisticated dam management, it is essential to utilize rainfall forecast information. This paper evaluates how the prediction accuracy for rainfall events that can cause floods changes with forecast lead time, using rainfall forecasts up to three days ahead from GSM and MSM guidance, and up to eleven days ahead from the Global Ensemble Forecast System.

Key words : dam reservoir, dam operation, rainfall forecast, hydropower generation

### 1. 洪水量を超過する降雨規模の集計

表-1.1 本研究で利用した実績雨量、降雨予測情報

#### 1.1 実績降雨量、予測雨量の利用

ダム流域における今後の降雨量の見通しを把握するには、数値予報モデルによる気象予測から得られる降雨量の情報を利用することが有用である。

気象庁では昭和34年(1959年)に数値予報を開始し、その後の数値予報モデルの進歩とコンピュータの技術革新を経て、数値予報モデルの予測を用いた気象予報が予報業務の根幹となっている。

気象庁の数値予報モデルは、予報する目的に応じた複数の種類があり、継続的にモデルの改良が行われている。

本研究では、長時間の降雨予測情報として、予測先行時間が78時間に延長されたMSMガイダンス、GSMガイダンス、全球アンサンブル予報を対象として、予測特性の検証、活用方法の検討を実施した。

また、実績雨量として、解析雨量による流域平均雨量を算定して利用した。解析雨量は気象庁レーダと国土交通省Cバンドレーダ、地上雨量情報として気象庁、国土交通省の水管理・国土保全局、道路局、都道府県の雨量観測データがオンライン収集され、利用されている。

No	名称・概要
1	解析雨量（1時間雨量） 国交省・気象庁のCバンドレーダと気象庁・国土交通省・都道府県地上雨量計による合成雨量 一般事業者向け配信開始：2006年1月
2	MSMガイダンス（78時間予報） MSM数値予報に基づき降水量等の補正を行ったプロダクト 1日8回39時間予報、水平分解能5km、時間分解能3時間 一般事業者向け配信開始：2014年3月 2019年3月5日より1日2回51時間の延伸予報を開始 2022年6月16日より1日2回78時間の延伸予報を開始
3	GSMガイダンス（84時間予報） GSM数値予報に基づき降水量等の補正を行ったプロダクト 1日4回84時間予報、水平分解能20km、時間分解能3時間 一般事業者向け配信開始：2010年5月
4	気象庁全球アンサンブル予報（11日予報、18日予報） 全球モデルによるアンサンブル予報のうち日本周辺域の高分解能情報 1日2回11日予報、水平分解能約40km(0.375度格子)、 1日1回18日予報、水平分解能約40km(0.375度格子)、 時間分解能3時間 一般事業者向け配信開始： 2017年5月（27メンバ、0.5625度格子、時間分解能3hr） 2021年3月（51メンバ、0.5625度格子、時間分解能3hr） 2022年3月（51メンバ、0.375度格子、時間分解能3hr）

## 1.2 洪水量を超過する降雨規模の集計方法

水力発電の強化に資するダム運用の高度化では、今後の予測雨量が閾値を超過して出水の恐れがあるときは出水までに活用水位内の貯留水を放流し、貯水位を制限水位まで低下させる操作を行う。

このことをふまえ、国交省、水資源機構が管理するダムについて、過去の出水時のピーク流量生起時の実績降雨量を整理した。

なお、集計に際しては融雪影響のある時期を除外した。また、ピーク流量の生起が他の洪水の通減期に位置している場合、一連の降雨において2回目以降のピークの場合は集計から除外した。

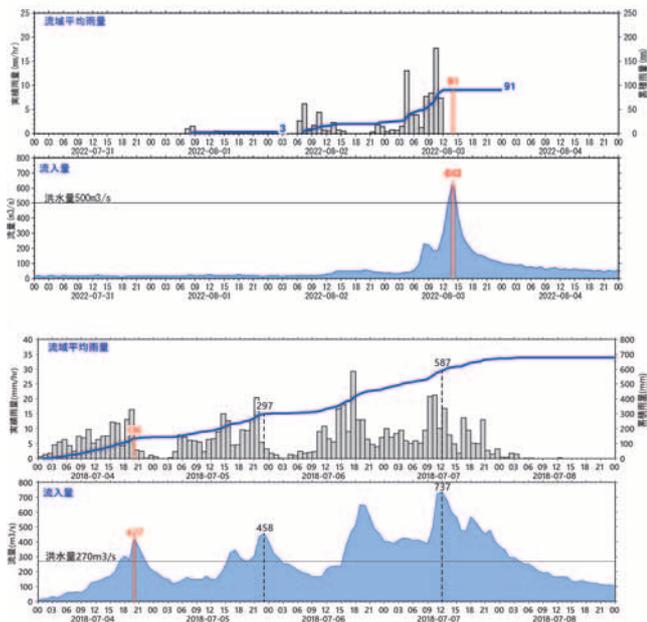


図-1.1 洪水ピーク時における累計降雨量の評価  
複数回洪水量を超過する場合は最初の1回を対象とする

ダムの流入量データは国交省のダム諸量データベースを利用し、ダムの流域平均雨量は解析雨量メッシュデータの流域平均値を利用した。

## 1.3 洪水量を超過した降雨の全数集計結果

直轄・機構 128 ダムを対象に、過去 10 年間 (2013 ~ 2022 年) の融雪影響がない期間において、洪水量を越える出水について、ピーク流量生起時の実績降雨量を集計した結果、標本数は N = 1165 となった。

全標本における最小値は 26mm、降雨量を 20mm 毎に度数分布で整理した際の最頻値は 80mm ~ 100mm、また、累積度数分布の 50 パーセント値は 132mm となった。

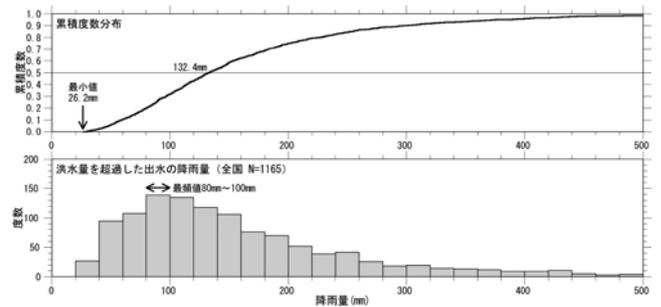


図-1.2 洪水ピーク時の累計降雨量の集計 (N = 1165 件)

## 1.4 ダムの洪水量を超過する降雨規模の集計

洪水量を超過した出水のうちダム毎の降雨規模の最小値を集計した結果、洪水量を超過したダム数は 113、最小値は 26mm、降雨量を 20mm 毎に度数分布で整理した際の最頻値は 80mm ~ 100mm、累積度数分布の 50 パーセント値は 98mm となった。

洪水量を超過する降雨規模の整理結果を踏まえ、実績降雨量と予測雨量の比較に際しての閾値は、洪水量を超過する最頻値 80mm に設定する。また、洪水量に達しない出水の有無を確認する際の閾値は最小値 26mm をふまえ 20mm と設定する。

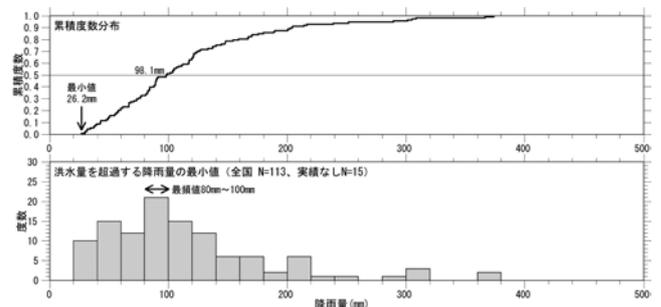


図-1.3 洪水量を超過する降雨規模の集計 (113 ダム)

## 2. 降雨予測精度の評価手法

### 2.1 スレットスコア・空振り率・見逃し率

スレットスコアは、稀に発生する事象を 2 値のカテゴリ (発生する/発生しない) で予報する手法について、その性能を評価する指標の一つであり、天気予報などの分野で主に用いられる。

ある事象を「発生する/発生しない」の 2 値のカテゴリで予報し、実際の結果との関係を見たときに、4 つの象限の分割表で整理する。

一般的なか率は、稀な事象を的中した回数 (TP) を全母数 (TN+TP+FP+FN) で除した値として表現されるが、頻繁に発生する事象 (TN) が非常に大きな値となるため、注目すべき TP の値が変化しても的中率の値がほとんど変化しない。

スレットスコアは頻繁に発生する事象を的中した回数 (TN) を除いて、的中率を評価する指標であり、稀に発生する事象に対する予報の性能評価に適した指標となっている。スレットスコアの値が大きほど性能が高い。

空振り (FP)、見逃し (FN) が全くない場合、スレットスコアが1となるが、このような予報は困難であり、スレットスコアが小さくなるに従い、空振り率、見逃し率が大きくなるトレードオフの関係が生ずる。なお、空振り率と見逃し率の間にはトレードオフの関係がなく、両方が大きな値となる場合がある。

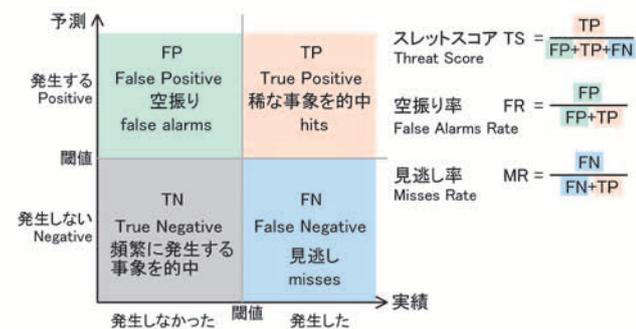


図-2.1 スレットスコア・空振り率・見逃し率の算定方法

## 2.2 GSM、MSMガイダンスの予測精度評価

### (1) 予測精度の評価方法

気象予測は予測先行時間が長いと不確実性が大きくなる特性を有する。このため、ある時点の降雨予測について、予測初期時刻から予測先行時間が長くなるほど予測精度が低下していることが想定される。

GSMガイダンス、MSMガイダンスの予測初期時刻毎の予測雨量について、予測初期時刻から24時間毎に区切りを設け、1日毎の予測雨量と、対応する時間帯の実績雨量を比較して、予測精度の変化について整理を行った。

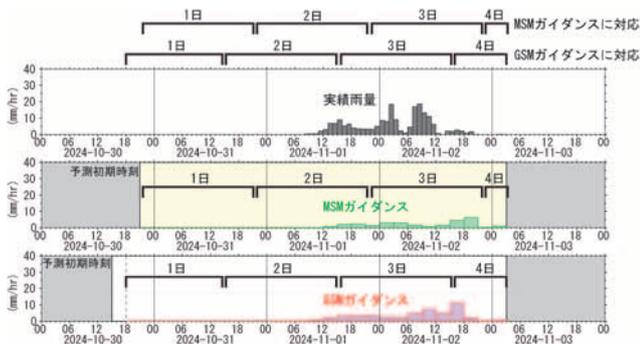


図-2.2 実績雨量と予測雨量の比較方法

### (2) 予測精度の評価事例

近畿地方に位置するAダムにおいてGSM、MSMガイダンスの予測初期時刻毎の予測雨量について、1日毎の予測雨量と、対応する時間帯の実績雨量を比較して、予測精度の変化について整理を行った事例を示す。

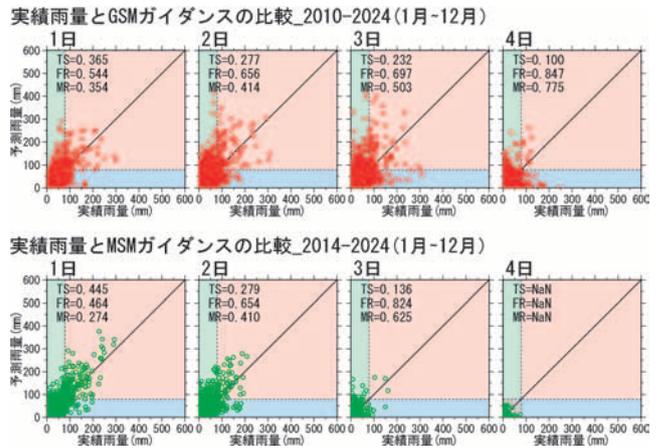


図-2.3 実績雨量と予測雨量の比較例 (Aダム)

事例ではGSM、MSMガイダンスともに予測先行時間が長いほどスレットスコアTSの値が小さく、的中率が低下している。また、空振り率FR、見逃し率MRについても、予測先行時間が長いほど値が大きくなり、予測精度が低下していることが確認できる。

### (2) 予測精度評価の全国集計 (GSMガイダンス)

GSMガイダンスについて、予測初期時刻から1日先、2日先、3日先までの予測雨量と実績雨量の比較について、直轄・機構128ダムを対象に算定し、地域別の集計を実施した。

GSMガイダンスについて、スレットスコアは予測先行時間が長くなるほど数値が小さく、予測精度が低下する傾向が認められる。

また、空振り率、見逃し率は予測先行時間が長いほど数値が大きく、精度が低下する傾向が認められる。

予測精度の地域的な傾向について確認すると、関東地方、近畿地方、四国地方の管内ダムで相対的に予測精度が良好な傾向がある。これは大きな降雨量を予測した降雨イベントとして台風起因するものの割合が多く、前線性の降雨の割合が多い地域と比較して予測の適合度が良いことが想定される。

### (2) 予測精度評価の全国集計 (MSMガイダンス)

MSMガイダンスについて、予測初期時刻から1日先、2日先、3日先までの予測雨量と実績雨量の比較について、直轄・機構128ダムを対象に算定し、地域別の集計を実施した。

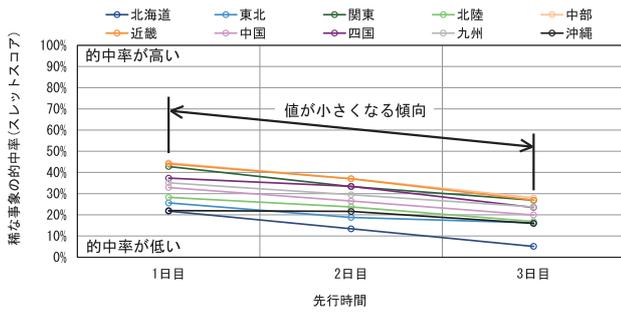


図-2.4 GSMガイダンスのスレットスコア (128ダム)

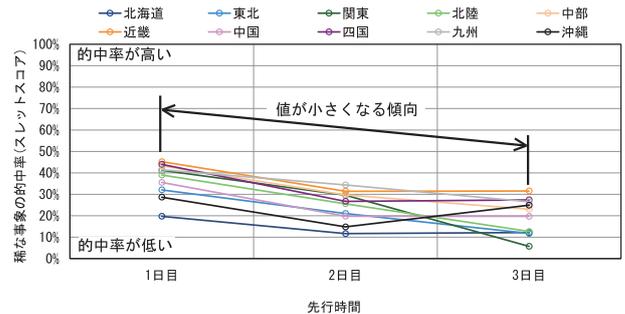


図-2.7 MSMガイダンスのスレットスコア (128ダム)

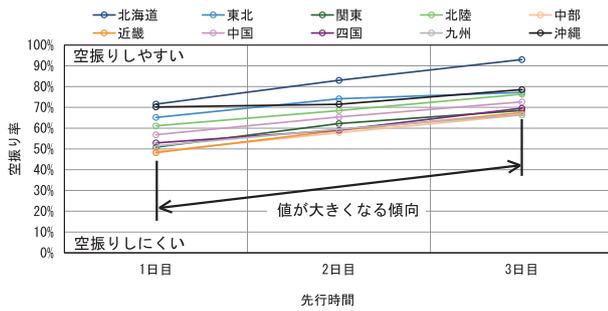


図-2.5 GSMガイダンスの空振り率 (128ダム)

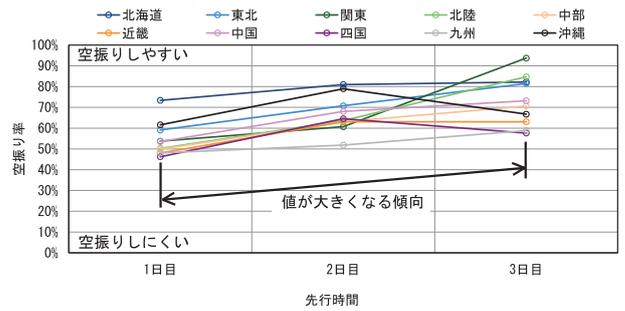


図-2.8 MSMガイダンスの空振り率 (128ダム)

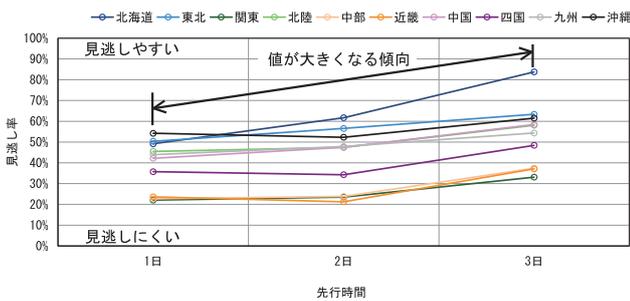


図-2.6 GSMガイダンスの見逃し率 (128ダム)

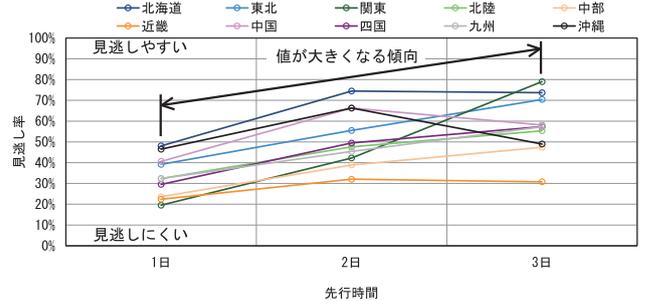


図-2.9 MSMガイダンスの見逃し率 (128ダム)

なお、MSMガイダンスの51時間予測は2019年3月から1日2回、78時間予測は2022年6月から1日2回実施されており、39時間予測を含む延伸部分を用いて、2日先、3日先の予測精度を評価している。

MSMガイダンスもGSMガイダンスと同様に、予測先行時間が長いほど、予測精度が悪化する傾向が認められる。なお、MSMガイダンスの3日先の予測は78時間予測が開始されて以降の降雨イベントが主体であり、標本期間が異なるものである。

## 2.3 全球アンサンブル予測の予測精度評価

### (1) 予測精度の評価方法

全球アンサンブル予測はGSMガイダンス等の予測では把握できない約1週間先までの降雨の生起有無を確認する役割が期待されている。水位運用高度化操作、弾力的管理活用水位内の貯留において、出水の有無を判断する必要がある。全球アンサンブル予測による降雨予測精度の評価に際し、出水の有無を把握することを目的に閾値を20mmとして評価する。

全球アンサンブル予測は11日先までの予報が1日2回、18日先までの延伸予報が1日1回配信されている。本評価では18日予報を用いて、予測先行時間1日ごとの実績雨量と予測雨量中位値を比較することにより、予測精度の評価を実施する。

なお、全球アンサンブル予測は予測雨量が実績雨量より小さい傾向があることから、既往報告<sup>4)</sup>による全国の一級水系毎の補正係数を数値予報の結果に乗じて評価を実施している。

### (2) 予測精度評価の全国集計

全球アンサンブル予測について、予測初期時刻から18日先まで実績雨量と予測雨量の比較を実施した。

スレットスコアは1日先から8日先にかけて値が小さくなり、9日目から小さな値でほぼ同程度に推移する。

また、空振り率は全体に大きな値で推移している。値の変化に着目すると日数の経過に伴い大きくなる傾向があるものの、スレットスコア、見逃し率と比較するとその変化は少ない。

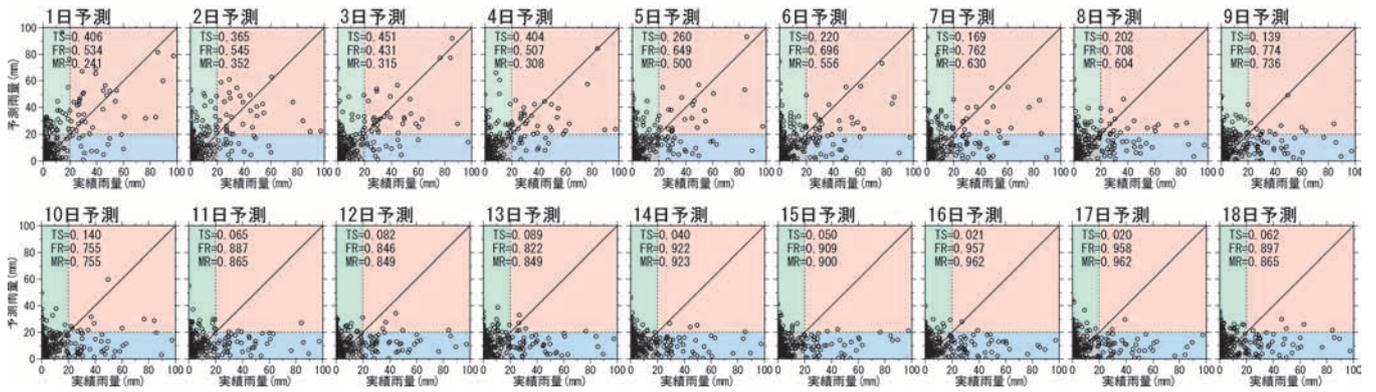


図-2.10 全球アンサンブル予報による実績雨量と予測雨量中位値の比較 (関東地方Bダム)  
 上段は1日先から9日先の実績雨量と予測雨量の比較を、下段は10日先から18日先の実績雨量と予測雨量の比較を示す

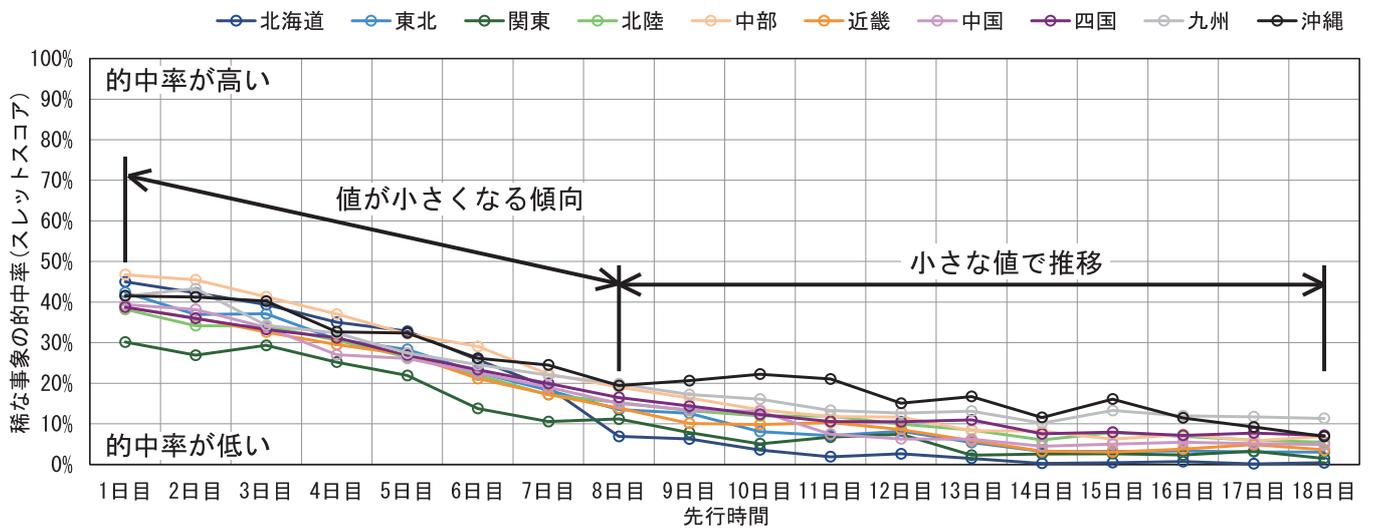


図-2.11 全球アンサンブル予報のスプレッドスコア (128ダム)

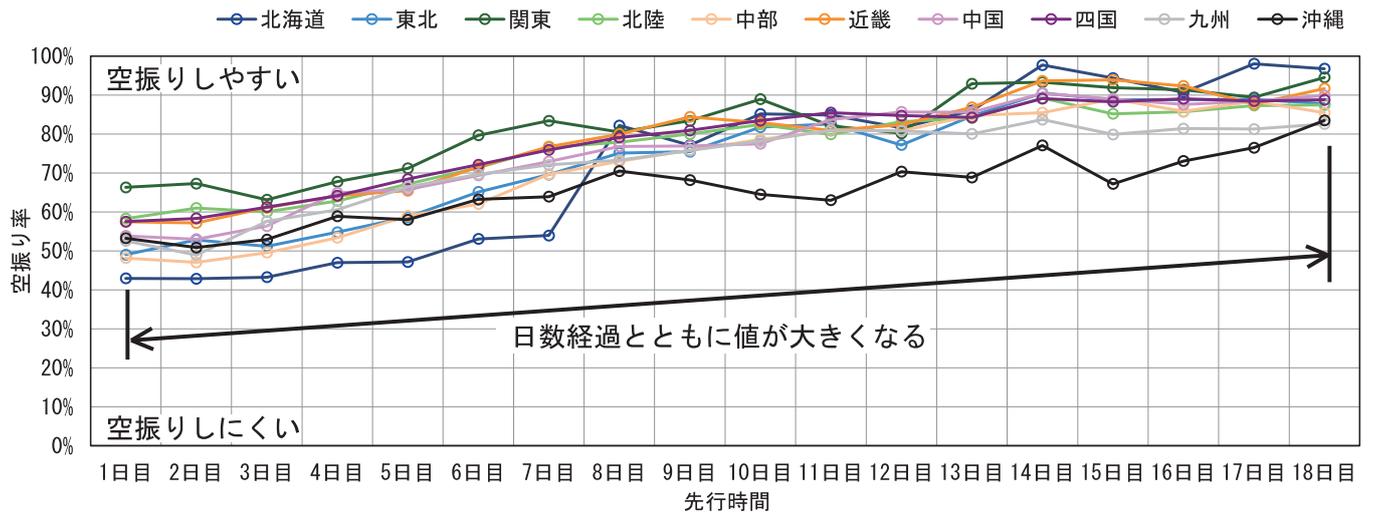


図-2.12 全球アンサンブル予報の空振り率 (128ダム)

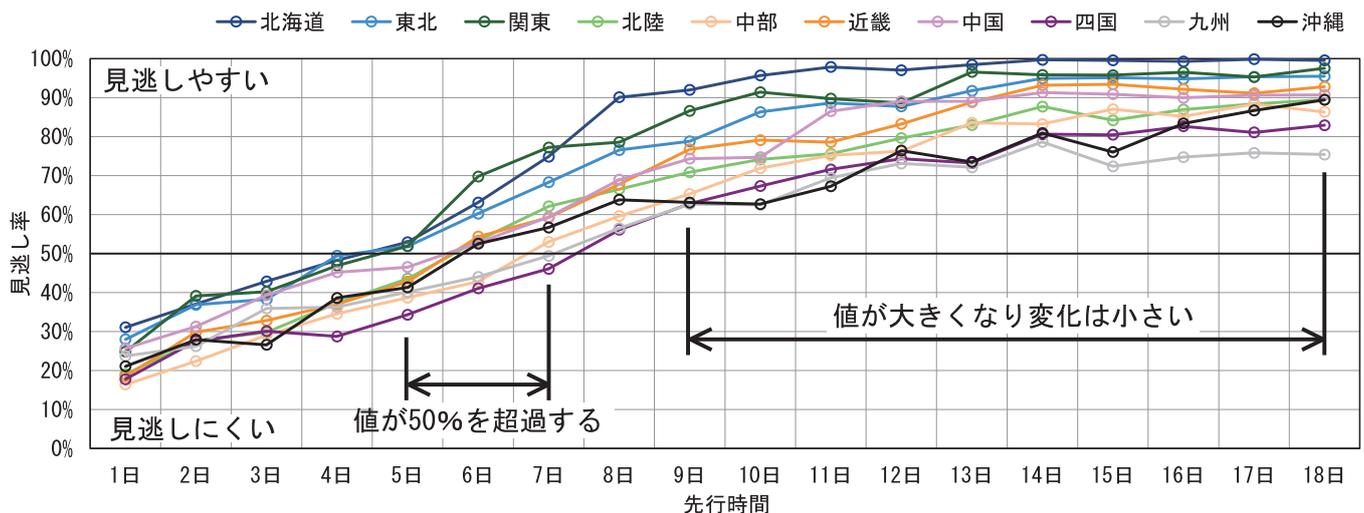


図-2.13 全球アンサンブル予報の見逃し率 (128ダム)

見逃し率について、日数の経過とともに大きくなる傾向があり、5～7日を超えると全国的に見逃し率が50%を超え、降雨を見逃すことが多くなる。さらに9日～10日を超えると見逃し率の大きさは頭打ちとなり、これ以降は降雨の生起を予測できていないことを示唆している。

### 3. 本研究で得られた知見のまとめ

#### (1) 予測先行時間と降雨予測精度の関係

GSM、MSMガイダンスでは、予測先行時間が長くなるに従い、予測精度が低下する傾向が認められる。

このことから、事前放流や洪水調節等のダム貯水池運用に予測雨量を利用する場合にはできるだけ最新の予測雨量情報を用いることで、より精度の良い予測雨量として利用できる。

全球アンサンブル予報を出水の有無を把握するために利用する観点では、概ね5～7日を超えると全国的に見逃し率が50%を超え、降雨を見逃すことが多くなる。よって、全球アンサンブル予報を出水の有無を把握するために利用するには、概ね5～7日が定量的利用の可能な限界であると判断する。また、予測先行時間が9日～10日を超えると見逃し率の大きさは頭打ちとなる。よって、全球アンサンブル予報を用いて、降雨の有無の見通しに利用可能な期間は約10日間が限界であると判断する。

#### (2) 今後の課題

降雨予測の精度は地域的な特徴があり、台風に伴う降雨、前線に伴う降雨により予測精度が異なると想定される。実績雨量の生起日に降雨の原因を関連付けて

集計を行うことで、降雨種別による予測精度の評価が可能と考えられ、検討が必要である。

本研究では日本の気象庁の数値予測を利用して評価を実施した。各国の気象予報機関が提供する数値予測について、同様な評価が可能である。例えば欧州中期予報センター (ECMWF) によるアンサンブル予報について、同様に精度評価を行い、気象庁による数値予測と精度の傾向を比較することが可能である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省:事前放流ガイドライン,令和3年7月改定
- 2) 令和元年度水源地環境技術研究所所報 3-1 降雨予測情報をダム操作に利用する際の留意点,令和2年11月
- 3) 令和2年度水源地環境技術研究所所報 3-1 長時間降雨予測情報を活用した事前放流操作による洪水調節機能の増大の可能性,令和3年11月
- 4) 令和4年度水源地環境技術研究所所報 3-1 長時間降雨予測の利用を促進するための技術展開,令和5年11月