

5. 洪水・低水管理のための降雨予測技術発展の展望

吉 谷 純 一*

1. はじめに

気象業務法によると予報とは「観測の成果に基づく現象の予想の発表」であり、ユーザに利用され始めてその価値が出てくる（保科，1995）。従って、個々の利用者が欲するであろう情報を適切なフォーマットで発表することが予測の価値を高めることになる。降雨予測の精度向上の技術展望は他の報告に譲り、本報では水・河川の管理者が降雨予測を洪水や低水の実時間管理に利用する現状と課題について、ユーザの立場から述べる。

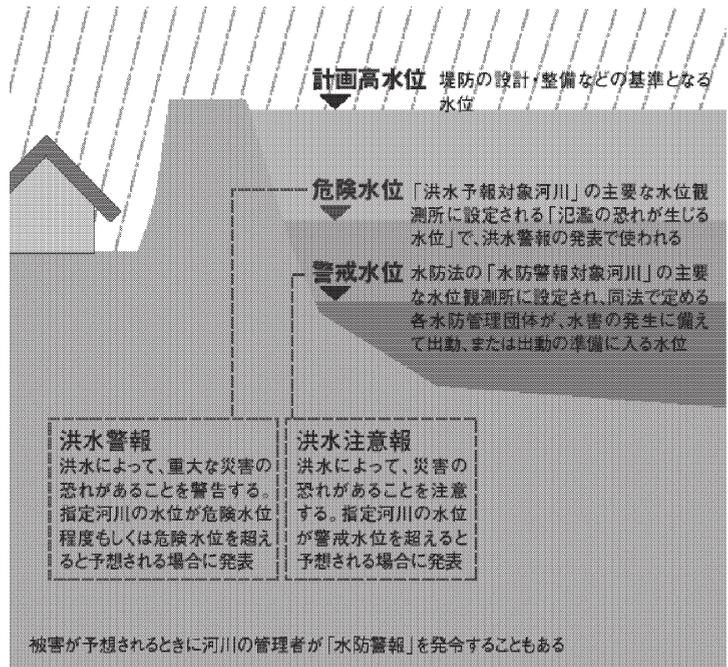
2. 洪水の実時間管理

降雨予測に関連する実時間洪水管理には、水防活動の一環として行う洪水予報や関連情報の収集・提供が挙げられる。

洪水予報とは、大雨などにより大河川で洪水が発生する恐れがあるときに河川の水位などを予測し、水防団、関係行政機関、一般住民などへ情報を提供するものである。予測すべき水位は、第1図のとおり防災活動開始の目安となるあらかじめ決められた水位で、これに達するかどうかの予測が重要となる。洪水予報の目的は、(1) 洪水の被害から地域を守る水防活動が迅速かつ円滑に行える、(2) 水防活動の本部となる市町村等に情報が伝達されることにより、警戒、避難体制等の実施がより迅速かつ円滑に行える、(3)

河川の水位情報などが一般住民などに伝達されることにより、緊急時の自衛手段を行う際の目安となる、ことである（国土交通省河川局ホームページ）。すなわち、河川の水位などの予測値から如何に水防活動や避難に有用な情報に翻訳できるかが問われる。

利根川のような大流域では上流の水位が数時間かけて下流に伝播するため上流の水位から下流水位の予測が可能で、降雨予測は必要とされない。しかし、河川での伝播時間より長時間先の予測の際には降雨も予測する必要が生じる。一方、小流域では降雨がすぐに流



第1図 洪水予報の対象となる水位。「国土交通省河川局ホームページ：災害情報：災害の記録：水害を考える：4-2自助—情報の活用」より。

* 独立行政法人土木研究所。

出するので降雨予測が不可欠になる。予測がより困難となる小流域ほど精度の高い予測が必要とされる関係の概念図を第2図に示した。

第3図の概念図のとおり、予測のリードタイムは水防活動上は長いほど好ましいが、予測精度を確保するためには短い程好ましい。実際のリードタイムは確保すべき予測精度からではなく、予測値の利用（防災活動）に必要とされる時間で決定される。必要時間は、データ取得・処理の洪水予測計算に要する時間、予報文作成・承認・伝達に要する時間、水防機関の出動や住民の避難など水防活動上必要な時間の3つの合計で決まる。国が管理する大河川のリードタイムの大半は3時間であり、結果として降雨予測なしでも水位が予測できる場合が多い。

一方、流域面積の小さい中小河川で洪水予測を行う際には降雨予測が必要となるが、実際には以下の2つの理由で行われない場合が多い。ひとつは、局所的な降雨の予測は大河川流域を対象とする広域の予測より一層困難なこと、もうひとつは、過去の水位観測がなされていないことが多いため降雨を水位情報に変換できず、たとえ降雨が予測できても水位に変換できないからである。このような場合、過去の降雨と被害発生の実態から実況の降雨情報のみからその危険度を判断している。

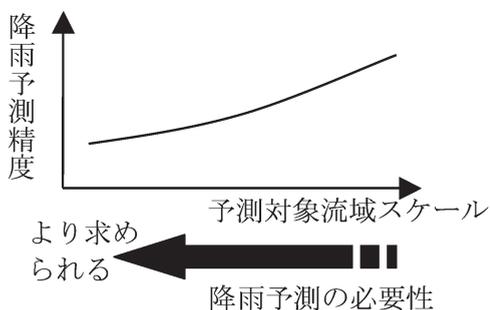
上記は水防活動や避難の防災に関する行動に直結する情報としての予測と言えるが、防災活動人員確保など準備のため、もっと事前にそのような非常事態になる可能性があるかどうかの管理支援のための参考情報として予測が行われている。たとえば「さらに200mm降雨があれば警戒水位に達し水防活動の準備が必要になるが、その可能性はあるのかどうか」といった

利用である。その際に降雨予測値が用いられることもあるが、いわばシナリオ解析のための入力という色彩が強い。

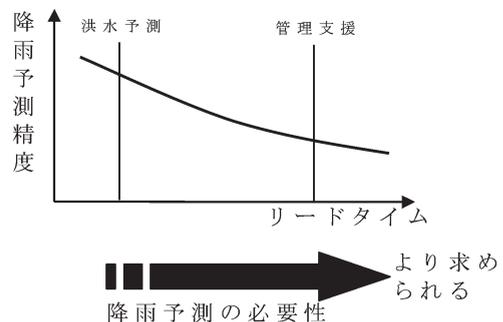
また、洪水調節のための貯水池の運用は計画規模を超えない限り観測水位に基づきあらかじめ決められたルールに従う運用をするため、降雨予測は必要不可欠な情報ではないが、洪水時の管理体制に移行するか、計画規模を超える可能性があるのか等を判断するため、降雨予測や独自の台風進路予測を行う場合がある。ダム統合管理システム中でよく用いられる降雨予測は、ダム貯水池制御の情報に直接使うのではなく、このような判断に役立っているのが現状である。従って、降雨予測は高精度であるに越したことはないが、精度向上に対する強い要求が必ずしもあるわけではない。

3. 洪水予測の精度と実際

降雨予測の精度は、面積、リードタイム、対象とする降雨強度に依存し、面積は小さいほど、後者2つは大きくなるほど精度が低下する。土木研究所が1980年代半ばに行った赤城山レーダを用いた雨域追跡法による降雨予測精度の研究によると、1時間予測では相関係数0.6~0.9 (Critical Success Index=73.5) であるが、2時間、3時間予測になると相関係数は0.2~0.6 (CSI=58.1及び49.6) と急激に精度が低下する (吉野, 2002)。そのため、レーダ雨量を用いた“実用上”の予測は1時間まで、せいぜい2時間と管理者に認識されている。近年、国土技術政策総合研究所が行った洪水時のダム管理に焦点を当てた気象庁の降水短時間予報の精度評価もほぼ同様の結果を示している (和田ほか, 2005)。この“実用上”の定義は先



第2図 洪水予測における降雨予測の必要性和精度の関係概念図。



第3図 洪水予測における降雨予測の必要性和リードタイムの関係概念図。

に述べた洪水予報に用いることが可能であることと解釈できる。

この実用上可能かの尺度は、予測の誤差だけではない。大きな間違いを引き起こす予測をすることがない安定性が強く求められる（河川情報センター、2002）。降雨から水位への変換は貯留関数法、合理式などのパラメタが少なく単純な流出計算モデルが好んで用いられ、多数のパラメタを持つ分布型モデルは洪水予測システムにあまり用いられていない。それは、新技術を拒んでいるのではなく、安定性に問題があると思われるからである。実際の予測システムでは一手法による予測結果をそのまま予測値とすることは少なく、複数の手法による予測値を比較し、技術者が経験的な判断を加えて予測値を決定する。熟練者は「ある観測所雨量を視れば水位上昇は大方予想がつく。」という趣旨の発言をよくする。これは印刷された相関図に加えて彼らの頭の中に雨量と水位の相関式がインプットされていて、この相関式を重視して予測していると言える。相関式の長所は予測が大幅にはずれることがないことと、予測精度が直感的にわかることである。一方、複雑な計算過程を経て出力される予測値は普段は予測精度が高くても、肝心なとき、特に記録破りの豪雨の予測時に不安定な予測値になることがある。実際の水位予測は相関式あるいは経験的な判断から予想される水位の範囲内でもっともらしい結果となる予測結果を採択するといったことが行われている。

4. 低水管理の概要

河川の流量は常に変動するため、河川の流量が必要量を下回ることがないように、過剰な水を貯水池に貯留し日々必要量を放流し補給する低水管理と呼ばれる管理を行っている。少雨が続き、貯水池への流入量以上の放流が続き、貯水量が低下し最後には下流流量を補給できなくなる。渇水とは一般に必要水量を普段の水源から利用できなくなる状態を言い、すぐに実行できる対策は、地下水などの代替水源へ切替えること、あるいは取水制限により貯水池の水をできるだけ温存する運用をすることである。長期予報で少雨と予測されても、人々は高価な代替水源を利用したり節水を実施したりすることはない。降雨予測はもっぱら貯水池の運用に利用される。

河川の貯水池の運用（放流量の決定）による河川の低水管理の一般例を以下に紹介する。

河川の低水管理は、主に上流のダム群の運用、即

ち、放流量の調整により行われる。その運用は、基準地点での流量が確保すべき流量を下回らないように上流のダム群から必要量を放流することが基本である。

基準地点の確保流量に対して流量不足が予測される場合、その不足量をダムから放流する。しかし、ダムからの放流量が基準地点まで到達するまでには約1日程度かかるため、放流量到達時の基準地点の流量を低水モデルにより予測する。

低水モデルによる流量予測は河川からの取水と還元など人為的な水操作が必要とされる。しかし、これらの観測はなく正確な推定も困難なため低水モデルの予測は参考情報程度にしか利用されない。基準点の流量は、担当技術者が流量の時間的減速度や残流域からの流出量、天気等を考慮して、経験的に予測しているのが実態である。

渇水時の日々の低水管理は基本的に平常時と同様であるが、より緻密な管理が行われる。基準地点確保流量の設定方法は平常時と変わらないが、実態によりきめ細かく対応するために、利水者から半月毎の計画取水量を提出してもらい、それに基づき日々の確保流量を設定している。その際、支川や残流域からの流出量、取水状況、取水制限率等も考慮する。

5. 低水管理にける降雨予測の利用

低水管理における降雨予測の利用を考えたい。まず、放流から基準地点に水が到達するまでの約1日先までの降雨予測を用いた過大な放流量の削減である。放流から基準地点へ到達する間の降雨は基準地点の流量として寄与するので、降雨を正確に予測できればその分を放流しなくてすむ。しかし、取水量や低水モデルも実用に供する精度を有していないのに降雨予測の精度が向上しても実務には使われないだろう。

正確な降雨予測がより重要となるのは、第4図に示すダムの弾力的管理と呼ばれる運用時である。多くの貯水池は水利用のために貯水する容量と、洪水調節のために普段は空にする容量を有し、図のとおり洪水期には洪水調節容量を空にしなければならない。しかし、洪水発生の前までに確実に洪水調節容量を空にできるのであれば、より多くの水利用のために洪水調節容量にも貯水することができる。この運用が弾力的管理である。しかし、降雨予測に基づき事前放流したものの降雨がないこともあり、精度の高い降雨予測はこの空振りを少なくできると期待できる。事前放流は下流の安全を確認する、急激な増水がないよう徐々に

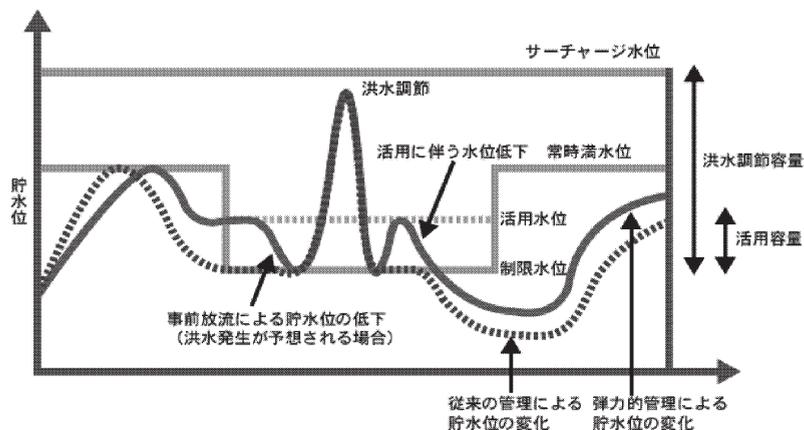
放流する等の制約があり、半日かそれ以上前に行く必要があり、そのようなリードタイムで局所的降雨の有無を予測する必要がある。

先に長期予報で少雨が予測されても節水行動を行う人はいないと述べたが、運用方法次第で予測の利用は促進できると考えられる。たとえば、防災責任を問われることがない法的枠組みを用意した上で弾力的管理を保険と組み合わせさせて運用することである。少雨の可能性が高ければ多少の

リスクを犯して洪水調節容量に貯水し、万が一これが原因で被害が発生した場合保険で対処するという方法である。また、逆に、かなりの確率でまとまった降雨があると予測できればより効果的な洪水調節のため利水容量の水を事前に放流し、万が一、無降雨で水位が回復しなければ保険で対処することも考えられる。降雨は決定論的に予測できなくとも降雨確率を元にリスク計算ができる。しかし、このような運用には必ず利水者の合意が必要であり、また、洪水防御といった防災は単に経済性だけで判断できるものではないため、そう簡単に実施できるものではないことを断っておく。

6. まとめ

洪水・低水管理を行うユーザの視点から見たときの降雨予測の技術発展は、小流域での洪水予測、洪水管理支援情報としてリードタイムの長い予測、弾力的運用において必要とされる。多少の精度向上があっても



第4図 ダムの弾力的管理の概念図。国土交通省河川局記者発表資料より。

その管理体制が大幅に改善されるとは考えにくい。精度向上だけでなく大きな予測違いが発生しない安定性が重要視される。

降雨予測技術のより有効な利用には、技術的改善よりも社会法制度といった周辺環境の改善が必要とされる。

参考文献

- 保科正男, 1995: 新版気象ハンドブック (朝倉 正, 関口 理郎, 新田 尚 (編集)) 中の17.2天気予報, 朝倉書店, 773pp.
- 河川情報センター, 2002: 中小河川における洪水予測の手引き, 財団法人河川情報センター.
- 和田一範, 川崎政生, 富澤洋介, 2005: 河川の高度管理における予測雨量情報の適用性に関する考察, 水文・水資源学会誌, 18, 703-709.
- 吉野文雄, 2002: レーダ水文学, 森北出版株式会社, 175 pp.