

3. 豪雨災害軽減にむけた予測情報

中 北 英 一*

1. はじめに

2008年の7月末の神戸都賀川や、8月初めの東京雑司ヶ谷での局地的集中豪雨（いわゆるゲリラ豪雨）による災害等とも相まって、国土交通省河川局では各地方整備局に、「水災害予報センター」を2009年度から設置した。また、新たに[1]水災害の監視・予測の実施や高度化、[2]水災害の監視・予測、予警報、水位情報等に関する情報収集や情報提供、[3]気候変化による水災害への影響の分析・評価、[4]都道府県河川管理者や水防管理者に対する支援、の試みを開始している。一方、政令指定都市では下水道関連部局が都市域の雨水排除システムを運営している。

2. 様々な豪雨災害

洪水・出水に関連する豪雨災害は、[1]大河川が越水して氾濫する場合、[2]中・小河川が越水して氾濫する場合、[3]河川そのものは越水しないものの排水不良で街区が浸水する場合、[4]越水も浸水もしないが人々が河道内にいて突然の出水（鉄砲水）によって被災する場合、などに分けることができる。2008年の都賀川や雑司ヶ谷、2000年の谷川岳湯檜曾川、1999年の丹沢山地玄倉川での出水災害は[4]のタイプであり、2008年の岡崎洪水災害や2009年の佐用町洪水災害は[2]のタイプである。

土砂災害は大規模な深層崩壊が最も怖い。土石流を伴う場合があり、遙か下流にも災害をもたらす危険性がある。一方、小規模な浅層崩壊も悲惨な災害をもたらす。2009年8月の台風第8号による3日間で3000mm近い総降雨量が原因で生じた台湾南部の大規模深層崩壊群による大災害や、同年6月、山口県の老人ホームを襲った斜面崩壊が記憶に新しい。

3. それぞれの監視・予測の現状

国土交通省河川局や都道府県の河川事務所及び砂防事務所、さらに水資源機構や電力会社のダム管理事務所、下水道網等により雨水排水を担う地方自治体の事務所では、気象庁による天気図から数値情報にいたる様々なタイプの実時間の観測・予測情報を利用している。ダム管理事務所によっては、過去の類似台風群を抽出して数日先までの総降雨量を独自推定しているところもある。また、旧建設省は1970年代から5cm波のレーダ雨量計網を、主な政令指定都市や電力会社は1980年代から3cm波の気象レーダーを導入している。

このように様々な実時間情報を利用するのは、管理体制の有事に直面しているステージや対象河川流域の特性（流域面積など）に応じた様々なリードタイムの予測情報が必要なことと、個々の情報の精度に限界があるために多面的な情報を利用しての総合判断が必要とされるからである。たとえば、ダムの実時間管理で流量予測を行なう場合、河川流出モデルへの入力として単一の降雨予測情報のみを利用することは希で、時々刻々と得られる観測・予測情報と過去の経験をベースに、管理者が総合判断していくつかの流域平均予測時間雨量時系列群を作成し、入力として用いている。

4. 期待される予測情報

4.1 実時間での降雨予測精度の予想の重要性

学術ベースでは、このような総合的判断を支援するために、1970年代から6時間程度先までの河川流量や水位の予測精度向上と精度（予測の幅）の実時間予測をめざして、カルマンフィルターを用いた更新型実時間予測手法が開発されてきた。たとえば、河川流域・河道の貯留量を状態量とし、流量・水位を観測量として、予測や観測量の推定誤差（誤差共分散）を更新しながら予測精度も向上させるものである。集中型河川

* 京都大学防災研究所。

© 2012 日本気象学会

流出モデルは、一つのお椀に見立てた数100km²程度の流域を一つまたは複数組み合わせで構成されていたので解析ベースでカルマンフィルターの適用が可能であった。この手法は、大気モデルによる観測値同化手法と基本的には同じものである。1990年代からは、流域を10,000m² (0.01km²) 程度のメッシュで分割する分布型流出モデルが開発されるとともに、アンサンブルカルマンフィルターの導入も進められている。今後氾濫水位観測網の導入により氾濫予測にも適用可能となってくるだろう。

こういった更新型実時間流量予測手法では、モデル・観測誤差に加えて降雨予測誤差も実時間で得られるのが理想である。そのため土木工学では、カルマンフィルターを導入した降雨予測手法の開発も、レーダー単独や、レーダーと独自の簡略化大気メソモデルを併用した形で、1980年代から行なってきた。現在は大気モデルによる同化が気象庁で実運用されており、予測雨量の誤差分散が計算出力されれば実時間流量予測手法への新入力となるだろう。

4.2 ダム操作に使える予測情報

ダム操作は貯水池への観測流入量を基に、基本的には予測情報は使わずに、操作ルールに従って実施される。しかし、ルールに従っていない最悪危険が見込まれる場合、「ただし書き操作」とよばれる操作が行なわれることが希にあり、その場合、数時間先降雨予測情報が貴重となる。

一方、この緊急操作とは異なり、日～1週間先までの降雨予測情報を元に洪水調節の必要があると想定される場合（主に台風の場合）は、平常時は利水容量となっている水を前もって放流して、洪水調節容量（治水容量）を確保することがある。これを「予備放流」と呼ぶ。この放流により確保する容量を「予備放流容量」と呼び、ダム計画における治水容量に含まれる。

近年に頻発している計画を上回る集中豪雨や台風による洪水に対応するため、「ただし書き操作」が必要となるような緊急事態をでき得る限り避けることを主な目的として、精度が高いならば降雨予測情報をより積極的に活かして、ダム計画では見込まれていない「事前放流」を予備放流とは別に行なうという考え方もある（国土交通省 2006）。これは、通常時の維持流量確保のために採用されることもある。

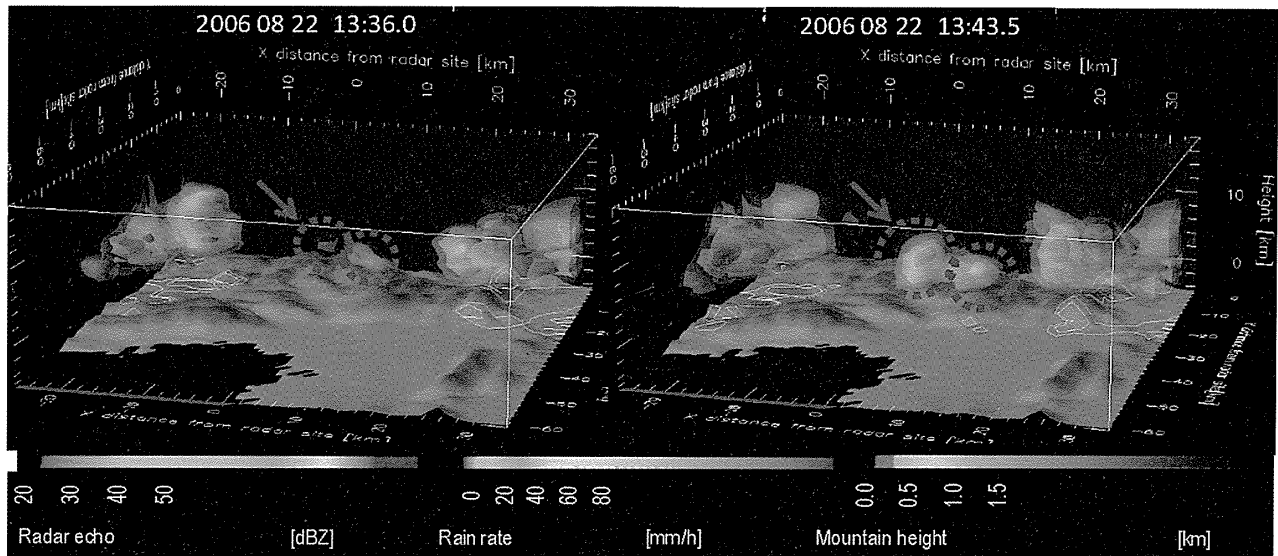
水資源機構の早明浦ダム（高知県）は治用水・発電用としてもさることながら、香川用水への利水用としても極めて重要な役割を果たしている多目的ダムであ

り、2005年にはダム貯水池がほとんど枯渇する大渇水に見舞われたが、その後の台風第14号によって1日で貯水率が戻ると共に、貯水池が空っぽであったため下流の徳島県が洪水からほぼ免れた。これは、豪雨前に偶然貯水池に空きがあった事例だが、確実に貯水位回復が見込める場合には事前放流を行なうという「豪雨災害対策緊急アクションプラン」が2004年に国土交通省河川局により策定されている。降雨予測精度が向上すればより早期でより大規模な事前放流も可能となるであろう。

4.3 予測リードタイム

ダム操作を含む洪水監視体制の突入や予備放流の判断には1日～数日先までの予測情報が重要である。事前放流では、放流量が多い程より先の予測情報が必要となる。これは、事前放流に時間がかかるからである（数時間～1日）。また、一方、ただし書き操作では数時間先の予測情報が重要と述べたが、ダムのない流域も含め下流での避難が必要となるような場合はより先の予測情報が必要となる。また、雨量時系列だけでなく一雨の総降雨量予測も重要であり、特に台風の場合、コースだけでなく速度がゆっくりとなるかどうか、上陸はしないが水蒸気を供給し続ける状況になるかどうかの情報も重要である。

一方、中小河川では通常の集中豪雨によっても越水氾濫し得る。流域規模からして1、2時間先までの情報が重要である。都市域での雨水排水のポンプ操作支援には空間分解能の高い20～30分先の予測情報が重要である。小規模な都賀川の局地的豪雨災害では突然発生し急激に発達した単独の積乱雲による豪雨で災害が生じた。流出時間も10分程度と短く、5分でも10分でも早い探知・予測の重要性を防災関係者は愕然と認識させられた。したがって、単純なことではあるが第1図に示すようなレーダー観測立体画像により、上空でのみまず生成される降水粒子が探知できれば、地上に豪雨が到達する10～20分前に初期段階の局地的豪雨を認識することができ、少しでも早い警戒情報として利用できる可能性がある。もちろん、立体観測で観測された範囲内のすべての積乱雲の卵をチェックし、発達するかどうかを監視することは現実には難しい。しかしながら、防災機関等は監視対象領域周辺で卵が発生したかどうか、発生した卵が発達しているかどうかをチェックするといった領域を狭めた危険察知をすることで、現時点でも利用可能な災害対策支援情報としての役割を立体観測画像は果たせるものと考え（中北



第1図 国土交通省深山レーダ雨量計によって観測された降水粒子の立体画像。赤矢印は、大阪平野北端での積乱雲形成時に上空でのみ生成された降水粒子。

ほか 2010)。

土砂災害では、総降雨量と短時間降雨強度が重要である。総降雨量が多い場合、特に500mmを超えると土石流をとまなう大規模な深層崩壊の危険性が増す。一方、総雨量が多くなっても短時間豪雨が引き金となって浅層崩壊が生じる可能性もある。

5. おわりに

国土交通省河川局では水災害予報センターの設置と並行して、分布型流出モデルを使って必要な場所全てについてピンポイントで常に最新の水災害予測情報を支援情報として提供できるように動き出しており、全国の政令指定都市や土砂災害危険地帯等への最新型偏波レーダー群の導入も開始している。

国土交通省は大学・関係研究機関と協力して、2010年度から導入を開始したXバンド偏波レーダーネットワークや航空レーザー計測による高精度の地形データ、分布型洪水予測モデルによる洪水予測によって広域的洪水・浸水予測技術を確認するとともに、センサー等を活用したリアルタイムの浸水状況の把握を併せて、広域的な洪水・浸水監視システムの開発を目指している。その中、10分程度先までという局地的集中豪雨の危険度予測や数時間先までの空間的にきめ細かな降雨予測は、古くて新しい課題である（中北

2010)。

参考文献

- 国土交通省河川局河川環境課流水管理室，2006：事前放流についての基本的な考え方と検討に当たっての留意点について，Q&A. ダム技術，(233)，71-75.
- 中北英一，2010：集中豪雨のモニタリングと予測. ながれ，29，203-210.
- 中北英一，山邊洋之，山口弘誠，2010：ゲリラ豪雨の早期探知に関する研究. 土木学会水工学論文集，54，343-348.

用語解説

- 実時間情報：豪雨や洪水等のイベントが生起しているその時点，時点で得られる降雨量や推移等の情報。事前情報や事後情報と対比される。
- 利水容量：ダム等の貯水池で，維持流量，生活用水，工業用水，農業用水，発電等に利用するために貯められる水の容量。
- 維持流量：河川における流水の正常な機能を維持するための流量。動植物の保護，漁業，景観，観光船の運航，流水の清浄保持など，河川環境，河川利用，河川管理に支障をきたさないために最低限維持しておく流量。
- リードタイム：先行時間。本稿では，どのくらい先の時間までの予測かという時間の長さとして用いた。