

T0514による豪雨災害時における 気象情報の有効性について

EFFICIENCY OF METEOROLOGICAL INFORMATION IN THE CASE OF HEAVY RAINFALL DISASTER BY TYPHOON NO.14 2005

辻本浩史¹・後藤祐輔²・竹下 航³・田中 創³

Hirofumi TSUJIMOTO, Yusuke GOTOH, Wataru TAKESHITA and Sou TANAKA

¹正会員 博(工) (財)日本気象協会 本社 (〒170-6055 東京都豊島区東池袋3-1-1)

²(財)日本気象協会 首都圏支社 (〒170-6055 東京都豊島区東池袋3-1-1)

³(財)日本気象協会 本社 (〒170-6055 東京都豊島区東池袋3-1-1)

The large and severe typhoon No.14 passed through along the west Kyusyu on September 4th-7th, 2005. The speed of typhoon was low, so, the heavy rainfall continued for a long time. Total rainfall of many observation points exceeded the maximum record and the water level of Ooyodo River, Komaru River and Gokase River exceeded the high water. 15,000 or more people in Miyazaki city and 50,000 or more people in Nobeoka city were ordered to refuge. A lot of meteorological information was able to get by internet-web-sites. Among them, the accuracy of the forecast information of 24 hours rainfall and the efficiency of the spatial and temporal information of flood risks was verified. As the results, it was shown that these information which support self-help, co-help of inhabitants are useful for the disaster prevention.

Key Words : flood risk, rainfall prediction, meteorological information, disaster prevention

1. はじめに

平成17年8月29日にマリアナ諸島付近の近海で発生した台風14号は、西に進みながら大型で非常に強い勢力に発達し、その後日本の南海上を北西に進んだ後、9月4日～6日にかけて九州西岸を北上した。例年に比べて偏西風が北にシフトしていたために、転向・北上後の速度も20km程度と遅く、九州南部を中心にして長時間にわたり暴風域の影響を受け続けた。降り始めからの雨量は、九州と四国地方の各地で例年の9月月間平均雨量の2倍を超える豪雨となった。

この大雨の影響で、九州、四国、中国地方の河川で水位が上昇し、特に、宮崎県の大淀川、小丸川、五ヶ瀬川では計画高水位を超える規模の洪水となった。この結果、大淀川、五ヶ瀬川で大規模な浸水被害が生じ、宮崎県全体では10万人を越える県民に避難指示が出された。

大型で非常に強い台風がゆっくりと接近してきたことから、台風の進路予測や気象庁の気象警報など、多くの防災情報が事前に発表され、住民へ警戒を呼びかけた。

また、国、自治体および民間気象会社の公開Webサイト（例えば、<http://tenki.jp>）等を通じて、様々なリアルタイム情報が閲覧可能であった。平成16年に多発した豪雨災害から時間が経過していないこともあり、一般住民の気象情報に対する意識は非常に高かったと思われる。

平成16年度の豪雨災害をふまえ、著者ら^{1),2)}は、洪水災害を軽減するための自助・共助を支援する気象情報のあり方を議論し、洪水被害の危険度をわかり易く表現する洪水リスクポテンシャル指数 (Index of Flood Risk Potential : 以下IFRiP) を提案した。しかしながら、洪水の原因となる豪雨については実況値を用いた解析にとどまっていた。

以上の点を鑑み、本研究では、災害時の気象概況について整理するとともに、(財)日本気象協会が開発を進め、結果の一部を公開HP (<http://www.jwa.or.jp>) 上で公開している局地気象モデルによる降雨予測情報の有効性を検証した。

また、降雨予測情報と組み合わせたIFRiPを今回の災害に適用し、洪水被害を軽減する防災情報としての可能性を評価した。

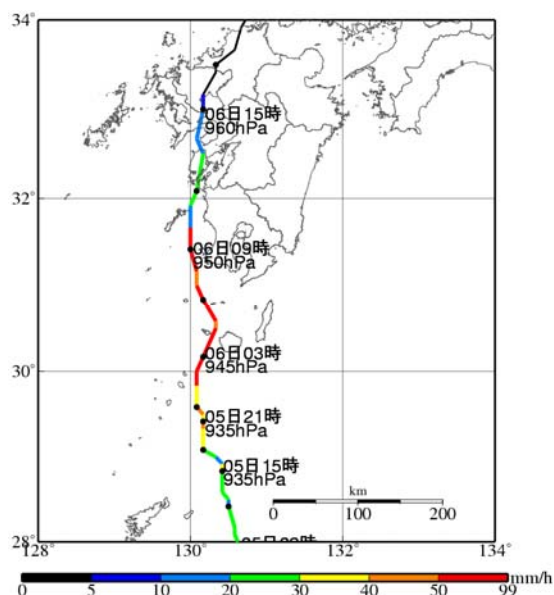


図-1 台風経路図（色分けはアメダス神門の時間降水量）

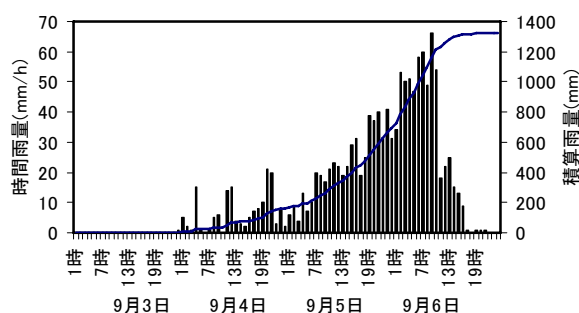


図-2 アメダス神門地点の時間雨量変化図

2. 台風14号の影響による大雨と出水状況

台風14号の経路を図-1に、アメダス観測所の中で降り始めからの総雨量が最も多い1322mmを記録した宮崎県南郷村神門の時間雨量の変化図を図-2に示す。なお、図-1の経路図は、神門の1時間降水量で着色している。

東海上から断続的に流れ込む雨雲によって、4日から強い雨が降り始め、5日には雨雲の流入も連続的となり20mm/h程度の雨が降り続いた。さらに、台風本体の雨雲の影響を受けはじめた5日22時頃からは40mm/hを超える激しい雨が降り続き記録的な大雨となった。図-3、図-4には、宮崎県内のアメダス観測所データによる総雨量分布図と最大1時間雨量の分布図を示す。総雨量は、多くの観測所で履歴1位を更新し、海岸線から内陸方向に増加し、東～南東風から流入してきた雨雲が最初に上昇する地域で特に大きな値を示している。一方、時間雨量については、総雨量に比べて明確な分布はみられず、また、履歴1位を更新した観測所は無かった。

図-5、図-6は、計画高水位を超え、氾濫被害の生じた大淀川、五ヶ瀬川の雨量・水位変化図を示している。大

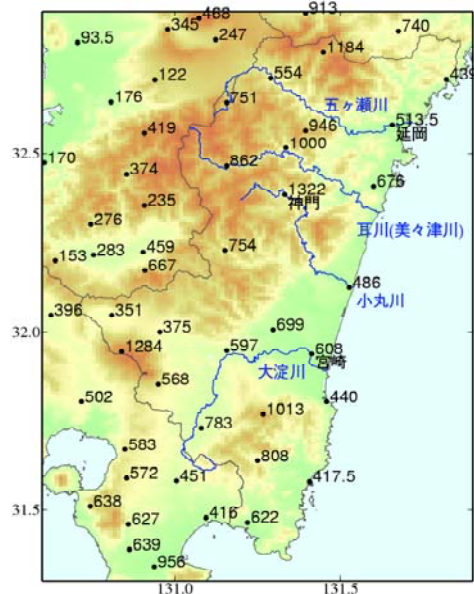


図-3 総雨量分布図

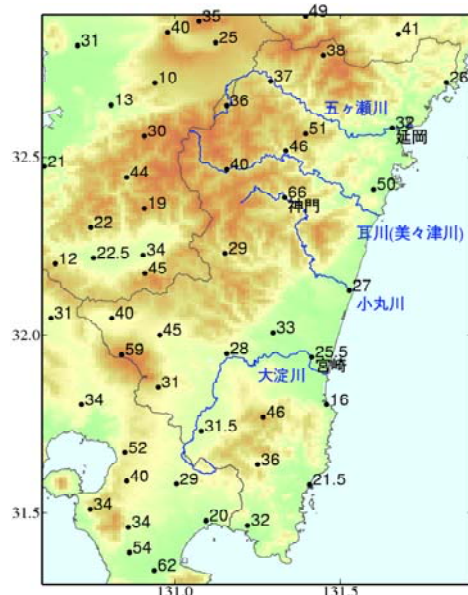


図-4 最大1時間雨量分布図

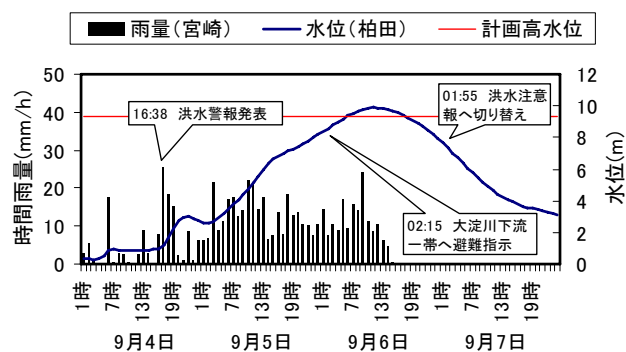


図-5 大淀川の雨量・水位変化

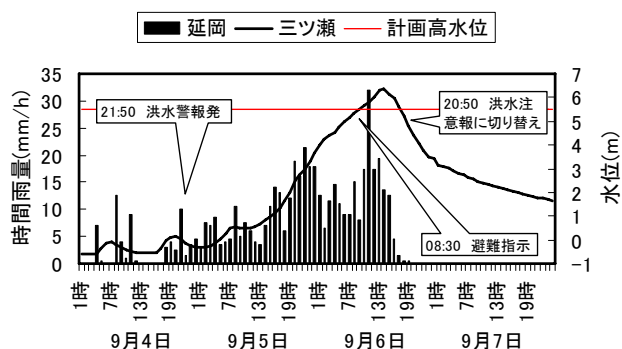


図-6 五ヶ瀬川の雨量・水位変化

淀川では宮崎市内の水位観測点柏田において、9月6日の6時から17時まで計画高水位9.36mを超えた。五ヶ瀬川では延岡市内の三ツ瀬において、9月6日の10時から17時まで計画高水位5.53mを超えた。宮崎市では9月6日02時15分に大淀川下流域一帯の6,666世帯、15,014人に避難指示、延岡市では9月6日8時30分に、五ヶ瀬川、大瀬川流域の22,736世帯、52,975人に避難指示が出された³⁾。浸水、越水が生じた詳細な時間等について現時点では不明であるが、大淀川では、宮崎市内で6日の午前中から、五ヶ瀬川では、延岡市内で午後1時頃から浸水が広がったと推定される。なお、宮崎県では南部平野部に大雨・洪水警報が発令された9月4日16時38分に情報連絡本部が、さらに、9月5日14時には災害警戒本部が設置されている。

今回の災害では、宮崎県内で死者・行方不明者が12名となったが、その多くは、土砂災害によるもので、平成16年の新潟・福井豪雨と比較すると、洪水そのものによる犠牲者は幸いにも減少した。これは、先にも述べたように台風の進行スピードが遅く、住民が迫りつつある大雨の情報を事前に把握できたこと、破堤による突発的な浸水が無かったこと、住民の避難が適切なタイミングで行われたこと等が関係していると思われる。

3. 降雨予測情報の検証

(1) SYNFOSSの概要

降雨予測モデルは、対象とする現象の時・空間スケールに応じて様々なモデルが開発されてきた。夏期の雷雨のように現象の持続時間が数分から数時間、空間スケールが数km程度の事象に対しては、レーダデータ等の実況監視データに基づいた運動学的手法が用いられている。

一方、低気圧や台風のように、数日間継続し、空間スケールも数十km～数百kmと大きな現象の予測は、大気の流れを力学的に記述された方程式系を数値的にシミュレーションする物理学的手法が効果的とされている。

物理学的手法としては、気象庁の数値シミュレーションモデル⁴⁾が代表的である。現在、気象庁では、予測時間、空間解像度に応じて3種類（GSM、RSM、MSM）のモデ

表-1 SYNFOSSの概要

予報モデル	非静力学予報モデルMM5をベースに物理過程を独自改良	
初期時刻	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21時 (1日8回, 3時間毎)	
予測時間	初期時刻～30時間先まで	
初期値及び境界値	気象庁領域数値予報モデル(RSM)及びメソ数値予報モデル(MSM)を内挿 初期値は気象庁ウィンドプロファイラ観測値を加えて解析処理	
格子間隔	5km (沖縄は10km)	
予測範囲	日本全域	
予測発表時刻	初期時刻から4時間15分後 (概算)	
予測要素	全層	風の3成分, 気温, 高度偏差, 気圧偏差, 全相水分, 雲水量 (水, 氷, 雨滴, 雪, 霰), 乱流エネルギー, 相当温位, 渦度, 雲量, 他
	地上のみ	降水量, 降雪量, 降霰量, 顕熱・潜熱フラックス, 上・下向き短波長放射, 上・下向き長波長放射, 地表面・地中温度, 海面気圧, 他

ルをルーチン運用している。これらのモデルのうち、明日～明後日の予測を行うのがRSM (Regional Spectral Model) であり、12時間毎 (初期時刻09時, 21時) に、51時間先までの気温, 風, 降水量等を、20km格子の解像度で計算している。

しかしながら、国内における河川の流域スケール、また、洪水時における様々な体制の設置・解除のタイミングを考慮すると、RSMの20km四方 (400km²) と12時間更新でも十分とはいえず、より空間解像度が高く、更新間隔も短い情報が必要となってくる。

現在、(財)日本気象協会では、RSM、MSMの出力値を初期条件、境界条件として利用し、さらに高解像度の局地気象予測を行うSYNFOS (Synnefo Numerical Forecasting System) と呼ばれる総合数値予測システムをルーチン運用している⁵⁾。予測モデルのコアはペンシルバニア州立大とNCAR (National Center for Atmospheric Research) により開発された物理学的手法である非静力学モデルMM5をベースとしている。MM5は、ホームページ上で無償配布されているが、(財)日本気象協会では物理過程の一部である乱流過程、地表面過程の改良等を行い、独自予測として社内利用、社外公開を行っている。SYNFOSの概要を表-1に示す。

SYNFOSの主たる特徴として、気象庁ウィンドプロファ

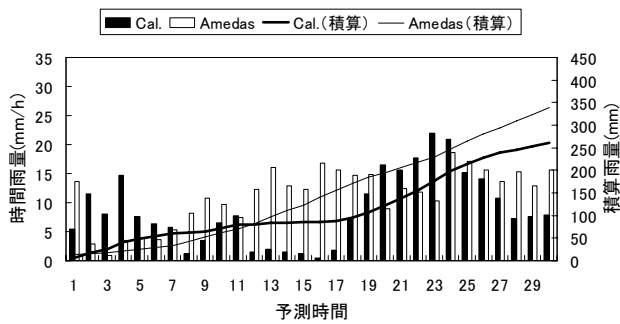


図-7 大淀川流域の予測結果（初期時刻：9月4日18時）

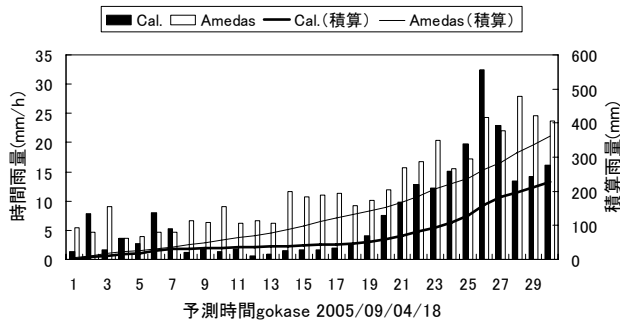


図-8 五ヶ瀬川流域の予測結果（初期時刻：9月4日18時）

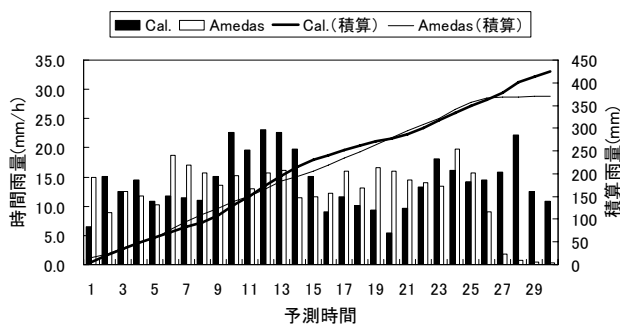


図-9 大淀川流域の予測結果（初期時刻：9月5日12時）

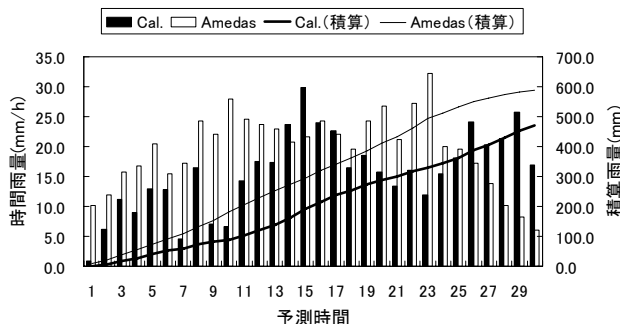


図-10 五ヶ瀬川流域の予測結果（初期時刻：9月5日12時）

イラの観測データを利用することで3時間間隔での初期値作成を実現した事、また、計算処理の工夫により、RSMの16倍の解像度をもつ5km格子の計算を高速で実施できる点である。

(2) 適用結果

大淀川と五ヶ瀬川を対象とした台風14号時の30時間後までの予測結果を示す。実測値は流域内のアメダス観測所、計算値はアメダス観測所に該当する5kmメッシュの値とし、流域平均雨量は、これらの値の算術平均とした。

宮崎県南部平野部に大雨・洪水警報が発令された時刻に近い9月4日18時を初期時刻とした予測結果を、大淀川、五ヶ瀬川について、それぞれ図-7、図-8に示す。大淀川流域では、約5時間後までは過大、約12時間後～18時間後までは過小、その後は概ね良好な予測結果となっている。五ヶ瀬川においても同様の傾向である。両流域とも積算雨量では実績より100mm程度過小予測となっているが、今後30時間で南部、北部とも200mm以上の雨が降り、一部山間部を除く宮崎県内の大雨警報基準である、24時間で200mm以上を越えること、5日午後からは雨が強くなり、流域全体で15mm～20mm/hの雨が降り続くこと等の状況が予測できたことは、防災体制の初期における支援情報としては有効だったと思われる。

さらに、18時間経過した9月5日12時の予測結果を、図-9、図-10に示す。この時点では、台風をとりまく雨雲が次々と流入し、流域平均で10mm/h程度の雨が降り続き、河川の水位は、宮崎市内の大淀川で警戒水位を超えつつある状況である。2時間後の14時には宮崎県災害警戒本部が設置されている。

図-9に示す大淀川の結果では、約27時間先以降の降雨終了時期における精度が悪いものの、それまでは非常に高い適合度を示している。一方、図-10に示す五ヶ瀬川においては7時間～11時間先において過小予測傾向が続くものの、その他は約24時間先まで高い適合度を示している。これらの降雨予測結果を洪水予測モデルの入力値とすることで高精度の水位予測が実施できた可能性が高く、防災体制の中期における支援情報として有効だったと思われる。

4. IFRiPによる洪水リスクの把握

(1) IFRiPの概要

平成16年度は平年の2倍以上となる10個の台風が上陸し、各地で発生した洪水氾濫や斜面崩壊等により200名以上の死者・行方不明を出す結果となった。特に、新潟県や福井県などでは、県が管理する二級河川において破堤、越水が生じ、大規模な外水氾濫が生じた。これらの災害をうけて行政が取りまとめた総合的な豪雨災害対策⁹⁾では、自助・共助・公助のバランスのとれた防災対策の重要性とともに、住民へ提供する防災情報についても、送り手情報から受け手情報への転換を図るとされている。

現在、洪水予報は県が管理する河川にもその指定を拡大しつつあるが、平成16年12月時点の整備は19水系29河川と遅れている状況である。さらに、山間地域の中小河川まで

表-2 IFRiPの概要

対象範囲	日本全域
格子間隔	1km
入力	レーダアメダス解析雨量および 降水短時間予報
予測時間	初期時刻～6時間先まで
更新時間	30分間隔
要素	IFRiP指数, IFRiP順位値

も対象とすると、きめの細かい洪水予報の完備には依然として膨大な時間・コストを要するのが現実である。また、洪水予報に用いられている流出モデルが貯留関数法に代表される集中型モデルが多いこと等の理由で、現在、国や県のHP（例えば、<http://www.river.go.jp>）で入手できる情報も、河川毎に数地点と限られており、流域全体の面的情報として洪水の危険度を認識できる情報とはなっていない。

筆者ら¹⁾が提案したIFRiPは、あらかじめ数値標高データより整備された河道網に基づき、任意メッシュの上流集水域に降った雨を洪水到達時間内で平均した、いわゆる「洪水到達時間内の平均降雨強度」であるIFRiP指数と、同様の手法で作成された1991年以降の過去DB上での順位値であるIFRiP順位からなる。

洪水到達時間については、クラーク・ヘン式を用いて求められた洪水到達時間と流域面積との関係を数多くの流域について集計した結果得られた次式²⁾を用いた。

$$y = 0.0134x + 0.9655 \quad (1)$$

ここに、 y ：洪水到達時間 (hr) , x ：流域面積 (km²) である。

内水氾濫や外水氾濫の規模と範囲を定量的に評価することはできないものの、洪水の危険度を、河川水位という絶対値ではなく、過去と比較した順位値として、面的に把握することができる情報である。筆者ら²⁾は、IFRiPを平成16年度の災害に適用し、防災支援気象情報としての有効性を確認してきたが、実運用にむけた河川網整備と、有効性を更に向上させるための降雨予測情報とのリンクが課題となっていた。その後、IFRiPを日本国内全域で算出するために全国1km河道網の整備が進められる一方で、IFRiPに気象庁の降水短時間予報を組み込む改良も加えられ、新たな防災支援気象情報として2005年7月より運用を開始した。IFRiPの概要を表-2に示す。

(2) 適用結果

図-11は、大淀川下流一帯へ避難指示が出される約1時間前の9月6日1時を初期時刻としたIFRiPである。1時の実況では、大淀川、小丸川、五ヶ瀬川においてIFRiP順位値が2～5位以内の地域が目立つ程度で、既往最大を越える箇所はない。ところが、台風本体の強い雨が降り続くと予測した降水短時間予報値を利用したIFRiP予測値は、大淀川の順位値が下流域で上昇し、6時間後の7時の

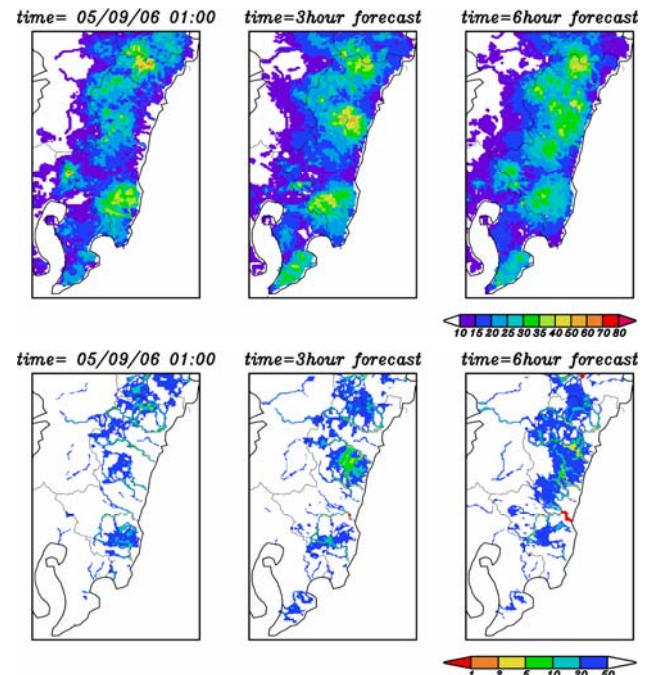


図-11 IFRiPの分布（初期時刻：9月6日1時）

上段：IFRiP指数，下段：IFRiP順位値

左：実況 中：3時間後 右：6時間後

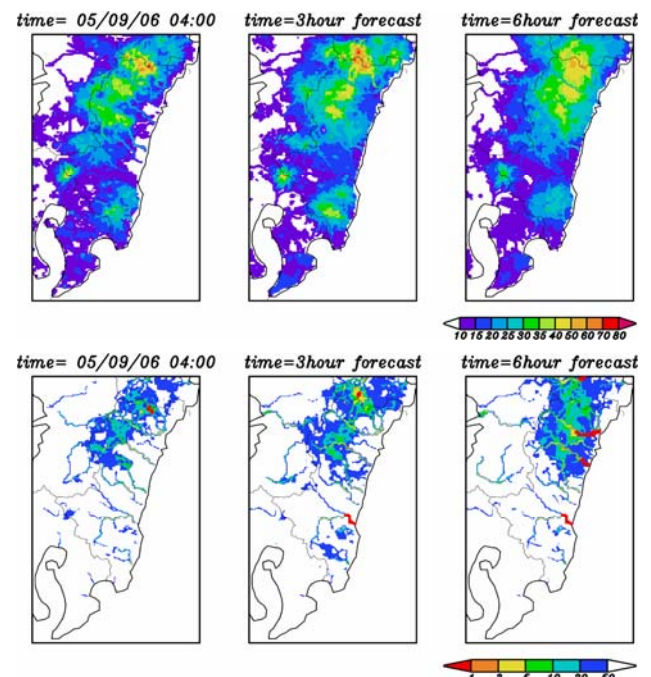


図-12 IFRiPの分布（初期時刻：9月6日4時）

上段：IFRiP指数，下段：IFRiP順位値

左：実況 中：3時間後 右：6時間後

時点では履歴1位の箇所が数多く出現している。実際には、宮崎市内の水位観測点では6時に計画高水位を超えることになる。図-12は、図-11より3時間後の9月6日4時を初期時刻とした結果である。大淀川では3時間後、6時間後と、下流部で履歴1位の箇所が出現し、過去十数年の中で最も洪水リスクが高まり、3時間後、6時間後と危険な

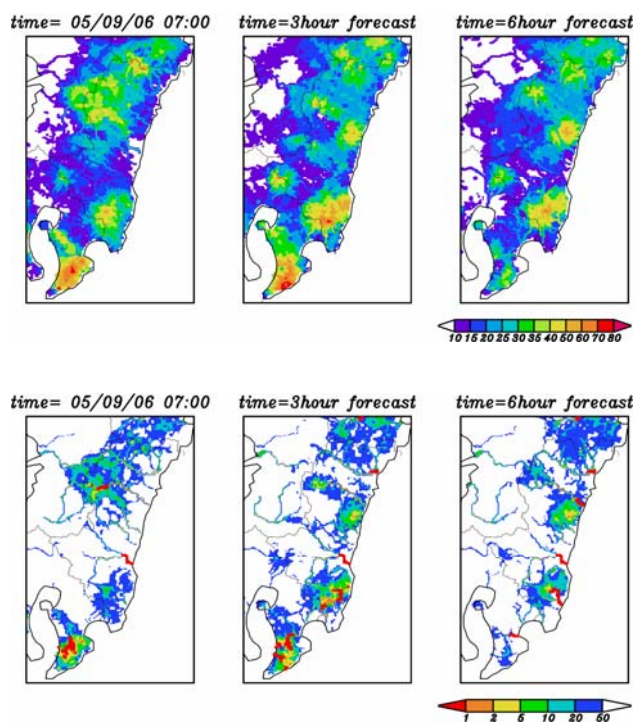


図-13 IFRiPの分布（初期時刻：9月6日7時）
 上段：IFRiP指数，下段：IFRiP順位値
 左：実況 中：3時間後 右：6時間後

状態が続くことを示している。一方、北部の五ヶ瀬川では、4時の実況時点で上流部の小河川の順位値が1位となっている箇所があるものの、下流部での順位値は履歴2位以下である。しかしながら、3時間後の7時、6時間後の10時と中～下流部において履歴1位の箇所が数多く出現している。宮崎と大分の県境付近で降っている激しい雨が、山地小河川から次々と本川に集められ、洪水となって下流へ伝播していく状況が把握できる。

図-13は、図-12よりさらに3時間が経過した9月6日7時を初期時刻としたIFRiPである。この時点で大淀川では水位が計画高水位を超えてさらに上昇を続けており、北部五ヶ瀬川では、延岡市の一部地域に避難指示が出される約1時間前の状況である。大淀川のIFRiPは依然として下流部で履歴1位の箇所があり、3時間後、6時間後と同程度の危険な状態が続くことを示している。一方、北部の五ヶ瀬川においては3時間後の10時、6時間後の13時にかけて、下流部における洪水リスクが非常に高まっていく危険性を予測している。実際に、五ヶ瀬川の上流部では、11時頃まで30mm～40mmの激しい雨が降り続き、流域に被害をもたらすこととなる。また、鹿児島の大隅半島にも7時時点、3時間後の10時時点と履歴1位の箇所が出現している。被害発生の詳細な時間は不明なものの、大隅半島の中小河川でも内水や溢水の被害事例が報告されており⁸⁾、IFRiPは同地域においても水害発生の危険性を予測していた可能性が高い。

以上のように、降水短時間予報とリンクしたIFRiPは、

台風14号の大雨によって発生した河川の洪水について、その規模と発生時期の推移を、広範囲に把握できたことがわかり、防災支援気象情報としての有効性が確かめられた。

5. 結論

平成16年度に出された国の豪雨災害緊急アクションプランに「公助、協助、自助」の考え方が盛り込まれた。災害の軽減には、行政が担う公助とともに、地域、住民個々の防災意識を高めることが重要な時代となり、そのためにも、有効な気象情報を、地域住民に直接、あるいは、地域住民に接する行政防災担当者に発信していく必要がある。本研究では、台風14号時の豪雨災害を対象として、防災支援気象情報の有効性を検証した。その結果、

- SYNPOSによる30時間先までの予測雨量は、実測値を概ね良好に予測できた。
- 降水短時間予報とリンクしたIFRiPは、洪水リスクの程度と発生時期の推移を広範囲に把握できた。

事がわかった。

今後は、IFRiPの過去DBを、過去の顕著な出水を含む長期間のDBとして充実させるとともに、降雨予測とIFRiPから得られる洪水リスク予測結果を、リアルタイムの浸水シミュレーションに接続し、より有効な防災支援情報として整備していくことが課題である。

参考文献

- 1) 辻本浩史，桜井康博，後藤祐輔，石井琢哉：自助・共助の防災活動を支援する情報のあり方に関する考察，日本災害情報学会，第6回発表大会予稿集，pp. 203，2005。
- 2) 辻本浩史，後藤祐輔，石井琢哉：洪水リスクポテンシャル情報の開発と新潟・福井洪水災害への適用，水工学論文集，第49巻，pp. 481-486，2005。
- 3) 宮崎県：平成17年9月4日からの台風第14号の影響による大雨の被害状況等について，<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/>。
- 4) 気象庁編：気象業務いま，2005。
- 5) 田中 創：総合数値予測システムSYNPOS（シンフォス）のH16豪雨事例への適用，水文・水資源学会2005年研究発表会要旨集，2005。
- 6) 社会資本整備審議会河川分科会，豪雨災害対策総合政策委員会：総合的な豪雨災害対策の推進について（提言），国土交通省河川局，2005。
- 7) 中小河川計画検討会編：中小河川計画の手引き（案），財団法人国土開発技術研究センター，p. 241，1999。
- 8) 国土交通省：台風14号と前線豪雨について（第16報：最終報），<http://www.mlit.go.jp/bosai/disaster/saigaijyouhou>。

（2005. 9. 30受付）