

# 農業被害予測に活用する 豪雨災害リスク評価システム



国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農村工学研究部門 水利工学研究領域 上級研究員 皆川 裕樹

## 【要約】

現在から15時間先までの水害発生危険度の評価システムを構築した。本システムでは、河川決壊等に関係する外水リスクと雨量危険度で示す内水リスクの2つを評価する。利根川の上下流にある2地点で検証した結果、計算精度には改善の余地はあるが、リスク上昇のタイミングや上流で増加した流量が下流に遅れて伝わる現象が表現できていた。この情報により、排水施設の操作準備や収穫物の事前避難といった被害軽減行動の時間的余裕に繋がることを期待している。

## 1 農業に対する近年の豪雨災害の状況

活発な線状降水帯や巨大台風に伴う豪雨が毎年のように発生しており、各地で水害の原因となっている。これにより、農業用施設や農作物も大きな被害を受ける場合があり、例えば、2019年10月12日から13日にかけて東海～東北地方に上陸した過去最強クラスの台風である令和元年台風19号時には、全国の農作物被害額が約95億円、農地や施設などを含む農林水産業全体では合計3000億円を越える被害となった（内閣府、2020）。

災害発生に関する情報として、例えば気象庁は15時間先までの予測雨量である降水短時間予報を配信している。また国土交通省が運営する川の防災情報では、河川の水位・流量、カメラ映像などのリアルタイ

ム情報を配信しており、インターネットを通じて確認できる。防災業務関係者は、有事の際にはこれらの情報を注視しながら業務にあたる。農業分野でも、緊急時には自治体や土地改良区の関係職員が警戒態勢に入り、水害の回避・軽減にむけて農業用施設操作に当たることとなる。しかし、農村地域では地区内に面的に配置されている農地や施設の状況をカバーする水位、雨量などの観測網整備が十分でない場合が多く、現場の状況把握は職員の見回りなどに頼らざるを得ない。特に関係職員のマンパワーが十分でない地域では、対象地区内の災害発生に係るリスク情報収集の遅れにもつながりかねない。しかし、これらのリスク情報をリアルタイムで取得できると、施設操作にかかる人的・時間的な余裕が生まれ、水害の回避・軽減に繋がる可能性がある。

また、農業関係者は、事前に農業機械や収穫済の作物を移動させるなどの被害軽減作業に当たることもできる。

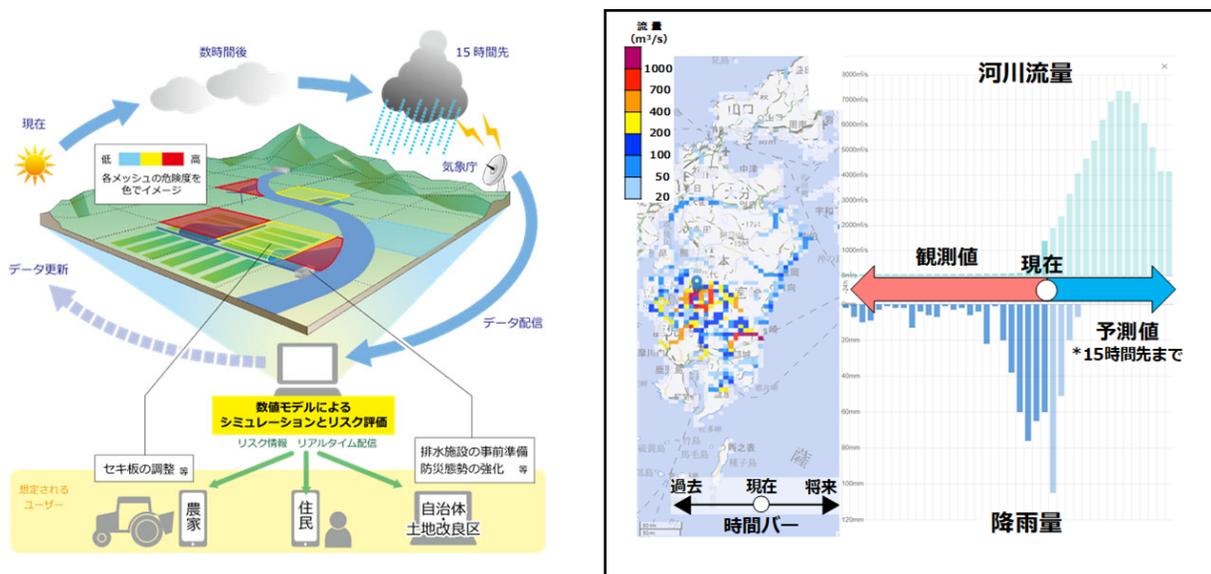
そこで本研究は、気象庁の配信する観測および予測雨量などをリアルタイムに受信し、そのデータを活用して農業地域内に面的に広がる豪雨災害のリスク情報を評価／配信するシステム開発を目的とした。対象エリアは日本全国である。本システムは現時点で仕組みは構築できているが検証段階にあり、実用化には至っていない。

本稿では、皆川ら（2021）を参照し、試作したシステムの構成と令和元年台風19号時の状況を事例としたリスク評価の検証結果を紹介する。

## 2 豪雨災害リスク予測システムの概要

ここで構築したシステム（図1）は、農研機構農村工学研究部門内に設置されているサーバーに配置されている（現状は非公開）。本システムが全国の気象データを受信し、毎正時に内部にある数値シミュレーションモデルが作動して、全国の河川流量を計算する。河川流域（降った雨が、ある河川に流れ込む水が集まる地域の範囲）で区切られており、実際降水量は15時間先までの予測データを受信するため、システムは現在から15時間先までの毎時のリスク情報をリアルタイムで評価することができる。同様の情報に、気象庁が配信する土壌雨量指数、表面雨量指数、流域雨量指数などがあるが、ここでは同様の情報をワンストップで参照でき、さらに各地点で事前に評価した統計情報を基準として予測された災害の危険度を後述のリスクレベルとして評価することを目指した。

図1 豪雨災害リスク予測システムの概要  
(表示は開発中のイメージ)

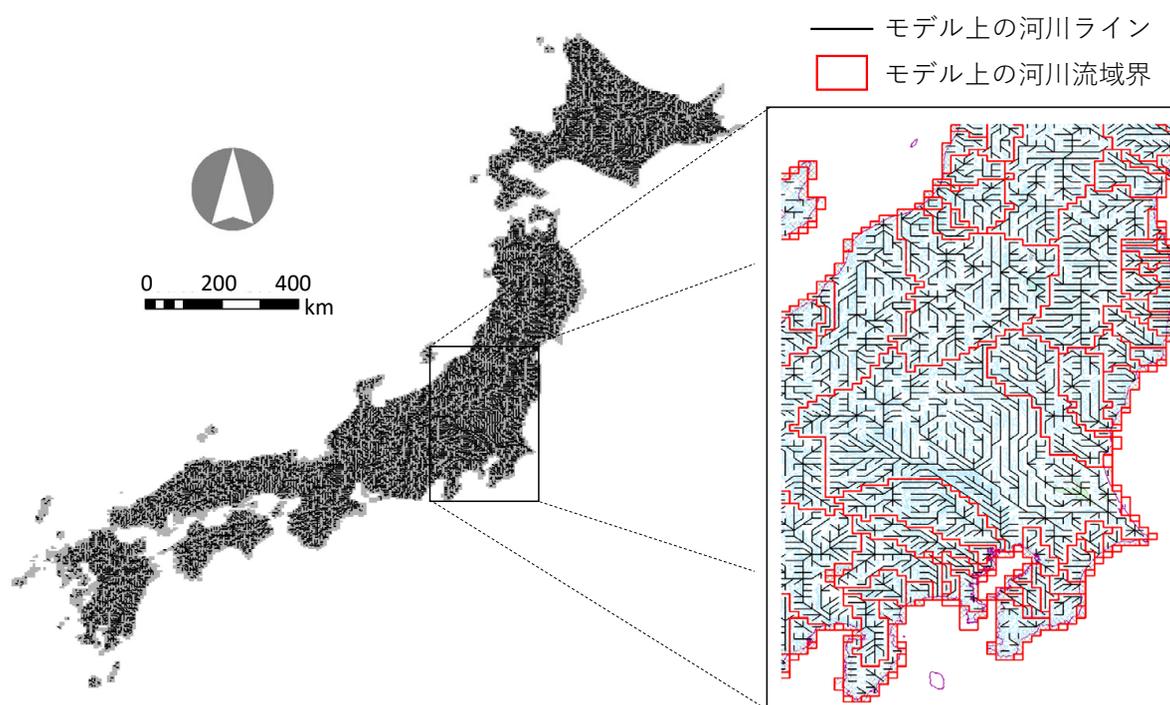


## 2.1 河川流量を計算するための数値モデル

システムの内部には、分布型水循環モデル（吉田ら、2012；工藤ら、2016）を適用した。このモデルでは、数値シミュレーションによって河川に流れる流量を計算することができる。モデル用のデータ作成時には、全国を5 kmメッシュ（5 km四方の四角形）で分割し（全国で1万6272個）、そのメッシュ毎に地形標高、土地利用情報などを整理する。その後、標高の高

いメッシュから低いメッシュに水が流れるように疑似的に河川を設定して、現実の河川流域を再現している（図2）。このモデルに降雨、気温、相対湿度などの気象データを入力すると、メッシュ毎に河川流量の値が計算される。結果は全てのメッシュで得られるため、全国どの地区の情報も見る事ができる。これらの結果は、1時間毎に更新される。

図2 全国モデルと河川ラインの作成



## 2.2 使用する気象データ

使用する気象データの一覧を表1に示す。降水量に関しては、過去から現時点までの観測値として、気象庁から配信されるレーダー解析雨量（以下、解析雨量）を用いる。さらに、現在から15時間先までの

予測の降水量として、降水短時間予報を用いている。その他の気象要素は農研機構が配信するメッシュ農業気象データシステム（大野、2014）の配信を受けている。これらのデータは、毎正時に自動的に配信される。

表1 システムで活用する気象データの一覧

気象要素	単位	空間解像度	配信元
レーダー解析雨量	mm/h	1km	気象庁 (1時間間隔受信)
降水短時間予報 ・1時間～6時間先	mm/h	1km	
・7時間～15時間先		5km	
平均相対湿度	%	1km	農研機構 メッシュ農業気象 データシステム (日間隔受信)
最高相対湿度	%	1km	
最低相対湿度	%	1km	
最高気温	℃	1km	
最低気温	℃	1km	
平均気温	℃	1km	
全天日射量	MJ/m <sup>2</sup> /day	1km	
平均風速	m/s	1km	
			*NAROデータ

### 3 豪雨災害リスクの評価および検証方法

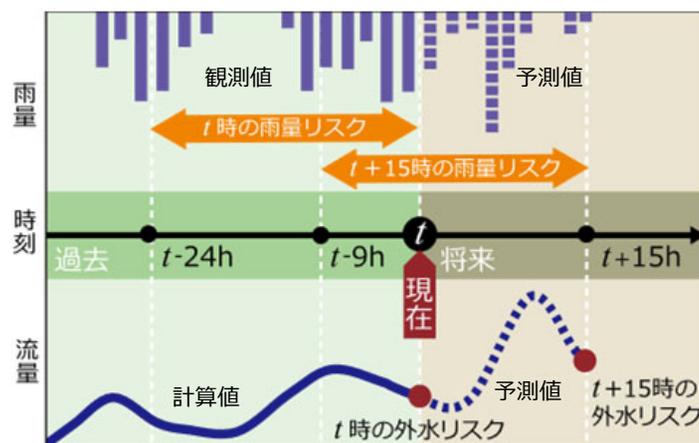
#### 3.1 リスクの評価指標

豪雨による水害の発生機構は大きく2種類に分けられる。一つは、降った雨量がその地区の排水能力を超えて地区外に排水しきれず、低位部に水が集まって発生する浸水被害である。これを「内水氾濫」という。もう一つは、河川の水位や流量が増加して堤防から水があふれたり、堤防決壊によって河川水が広がる被害で、「外水氾濫」と

いう。本システムでは豪雨災害をこの2つに分けて、それぞれのリスクレベルを評価する。

図3に、指標値のイメージを示す。内水氾濫のリスク（内水リスク）を表す指標には雨量情報を使用する。本研究では、水田の湛水を防止するために設定される排水計画を参考に、評価時点から過去24時間分の雨量の積算値を指標に用いる。すなわち、評価する時刻が現在である場合は過去24時間分の積算雨量値を指標に

図3 リスク評価に用いる指標値のイメージ



するが、例えば15時間先の予測を行う際には、15時間分の予測雨量の合計に9時間分の観測値を加えた値（合計が24時間分）を指標に用いる。外水氾濫のリスク（外水リスク）の指標値には、システム内の各メッシュで毎時計算される評価時点の流量値を用いる。

### 3.2 各リスクレベルの判断基準

リスクのレベルを判断する閾値は、メッシュ毎に個々に設定した積算雨量および河川流量の確率値を用いる。この確率値は、過去のデータより得られる雨量や流量の年間の最大値に統計処理を施すことで評価され、「〇年確率」と表される。例えば大雨があった際に、ニュースなどでは「〇年に1度発生する雨量」\*というように使われることが多く、年数が大きいほど発生が稀で危険となる（※ただし、例えば10年確率の場合、必ず10年に1度発生するわけ

ではなく、その値の事象が発生する確率が毎年1/10である、という意味）。内水リスクレベルの閾値は、事前に入手した過去の全国の解析雨量を分析して、確率日雨量を算定して設定した。外水リスクレベルの閾値には、収集した解析雨量およびその他の気象情報を本システムに組み込まれている分布型水循環モデルに入力して計算された流量値から確率値を算定し、設定した。

リスクレベルの基準は任意に設定できる。内水リスクについては、農業用の施設計画に用いる基準（10年確率）未満であれば豪雨災害の危険性が小さいと判断してレベル1とする。そこから、確率年が大きくなるにつれ危険度が増すように7段階に設定した（表2に、本システムで設定した内水リスク基準の例を示す）。また、外水リスクについても、同様の確率年を用いてレベルを設定している。

表2 内水リスクの判断に用いる雨量の基準（取手地点の例）

発生する確率	雨量（24時間）	リスクレベル
10年に1回程度未満	196mm未満	1
10年～30年に1回程度	196～248mm	2
30年～50年に1回程度	248～272mm	3
50年～80年に1回程度	272～294mm	4
80年～100年に1回程度	294～305mm	5
100年～200年に1回程度	305～337mm	6
200年に1回より稀	337mm以上	7

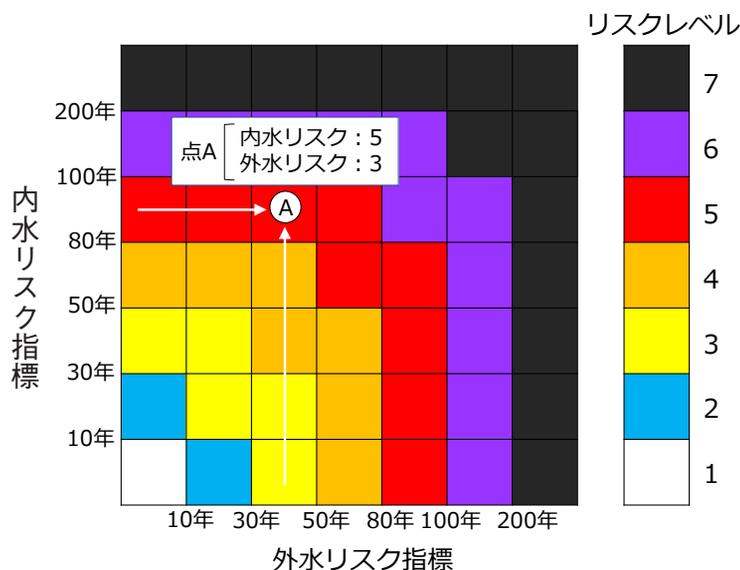
このように設定したリスクレベルを縦横に並べると、図4のような座標が作成できる。この座標上に、評価された内水と外水のリスクレベルを落とすと、危険度合いに加えてその要因（内水由来、または外水由

来）を視覚的に認識できる。例えば、ある地区が点Aの状態になれば、内水リスクがレベル5、外水リスクがレベル3と評価され、この地区ではどちらかという雨が原因で危険度が上昇していると考えられる。

総合的なリスクは2つのうち高い方を採用するか、もし両方とも同じレベルの場合は

総合的に判断して一つ上のレベルを採用するなどの判断が考えられる。

図4 リスク評価に用いるマトリックスと評価事例



## 4 リスクの予測精度の検証

### 4.1 検証方法

リスク評価結果には、雨量の予測精度と、河川流量の計算精度が関係する。よって、事前にこれらの精度をしっかりと確認し、評価結果の信頼性を検証する必要がある。

雨量については、現在から15時間先まで配信される予測値（降水短時間予報）の精度を評価する。検証期間は令和元年台風19号が襲来した期間を含む2019年10月9日9:00から10月16日8:00までとして、その期間の予測値と、その後配信される観測値（解析雨量）を比較して、予測の誤差を計算した。誤差は、予測値から観測値を差し引いた値で評価しており、プラスの場合は予測値が実際より過大、マイナスの場合は実際より過小であった、となる。

流量については、全国の河川で観測され

た水位および流量がインターネット上で公開されているため（水文水質データベース、国土交通省）、そこから対象期間の観測値を入手して、計算値と比較する。ただし、システム開発時（2020年11月時点）は、信濃川水系の一部を除くほとんどの地点で令和元年台風19号時の観測流量の確定値が公表されていなかったため、今回は確定値が公表されている水位を使って計算流量の検証を行った。

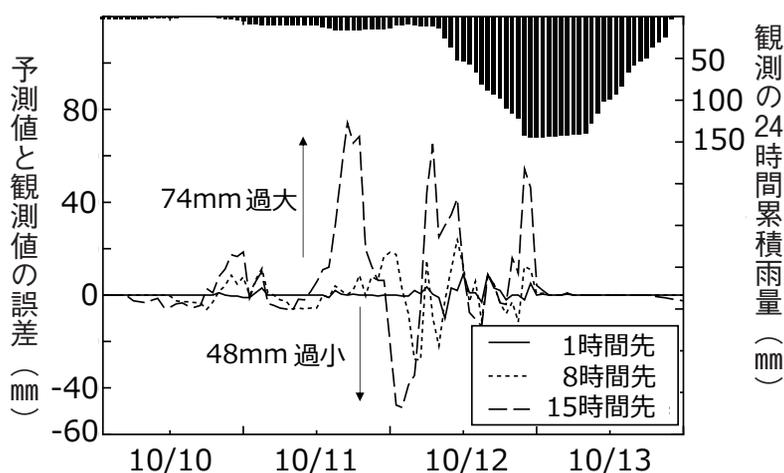
### 4.2 雨量の予測値の検証結果

茨城県の取手地点のデータを例にすると、雨量の予測時間が先に長くなるほど誤差が大きくなる傾向があり、1時間先では最大で10ミリ程度であったのが、15時間先では最大で30ミリ程度の誤差が見られた。24時間分の累積雨量で誤差を見ると（図5）、1時間先の予測では、影響するのは1時間分の予測誤差だけとなるため、大

きな差は見られなかった。ただし、最大の15時間先では、24時間のうち15時間分の予測の誤差が影響するため、検証期間中の10月11日15:00の時点で約74ミリの過大評価があった。これは雨の予測が外れたケースといえる。その後、10月12日0:00

時点では、約48ミリの過小評価となった。これは、雨の降り始めを予測できていなかったケースである。このように予測に誤差が含まれると、リスクレベルの評価にも影響して実際より「大きい」あるいは「小さい」レベルとなる可能性もある。

図5 累積24時間雨量の推移とその予測スキル  
(取手地点の例)



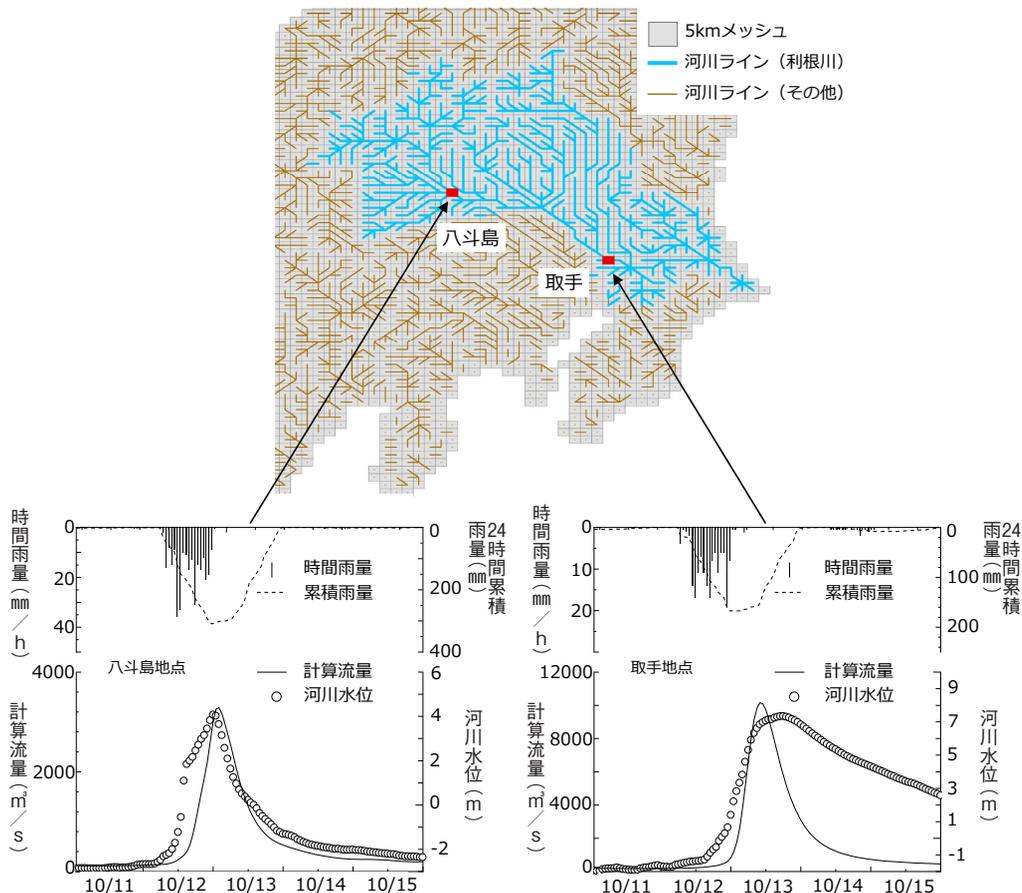
### 4.3 計算流量の検証

検証地点の代表として、利根川の中流域に位置する八斗島地点と、下流域にある取手地点における計算値と観測値の比較を図6に示す。計算流量に対する比較データが観測水位である点に注意されたいが、両地点とも出水の立ち上がりおよびピーク到達のタイミングはよく合っており、本システムにより外水リスク上昇の時間的な評価ができていたといえる。また、利根川のような大河川では、上流に降った雨が下流に流れつくまでに時間差があり、上下流で河川の水位や流量のピークに時間的なズレが生じる。本システムでは、観測水位で見た場合の両地点のピーク発生の日時差が約17時間であったのに対し、計算での日時差はやや短かい11時間であったものの、時間

的なズレも表現されていた。

ただし、システムで計算された流量値の精度には、改善の余地がある。令和元年台風19号時の八斗島地点の確定値のピーク流量は約13800 m<sup>3</sup>/sを記録しており(2022年6月8日確認)、同期間の計算値のピーク(3287 m<sup>3</sup>/s)はかなりの過小評価であったことが示された。これは、本システムで用いている分布型水循環モデルの構造や、河川流量の計算に用いる複数パラメータを全国共通で設定していることなどが関係している可能性がある(工藤ら、2016)。計算精度の改善に向けて、地区ごとに適切なパラメータを設定したり、必要に応じて内部の流出計算方法の改良などの対応が必要である。

図6 八斗島および取手地点の計算流量及び観測水位ハイドログラフの比較  
(2019年10月11日0:00 ~ 10月15日23:00)



一方、取手地点においては、降雨時のピーク流量の速報値（国土交通省、2019）は8750 m<sup>3</sup>/sとの報道があり、計算流量のピーク（10159 m<sup>3</sup>/s）はやや過大評価であるが、おおむね良い結果であった。ただし、取手地点では観測水位がピークから十分低下するまでにかなりの時間がかかっていたのに対して、計算流量の低下速度が早い。河川の下流域では、勾配が緩いため水位がほぼ平らになり、流れが緩慢になって水位低下に時間がかかるが、現在の流量計算方法ではその下流の影響を考慮できないため、このような誤差が生じている。よって、現時点では特に下流域において外水リスク低下の判断が早期になる場合が想定さ

れる点には留意する必要がある。

## 5 豪雨災害リスクの評価結果

前章より、本システムで評価されるリスクの精度に改善の余地はあるものの、気象データを活用したリアルタイム評価のための一連の仕組みは構築された。ここで、令和元年台風19号時に本システムが稼働していた場合にどのようにリスクが評価されていたか確認した結果を紹介する。

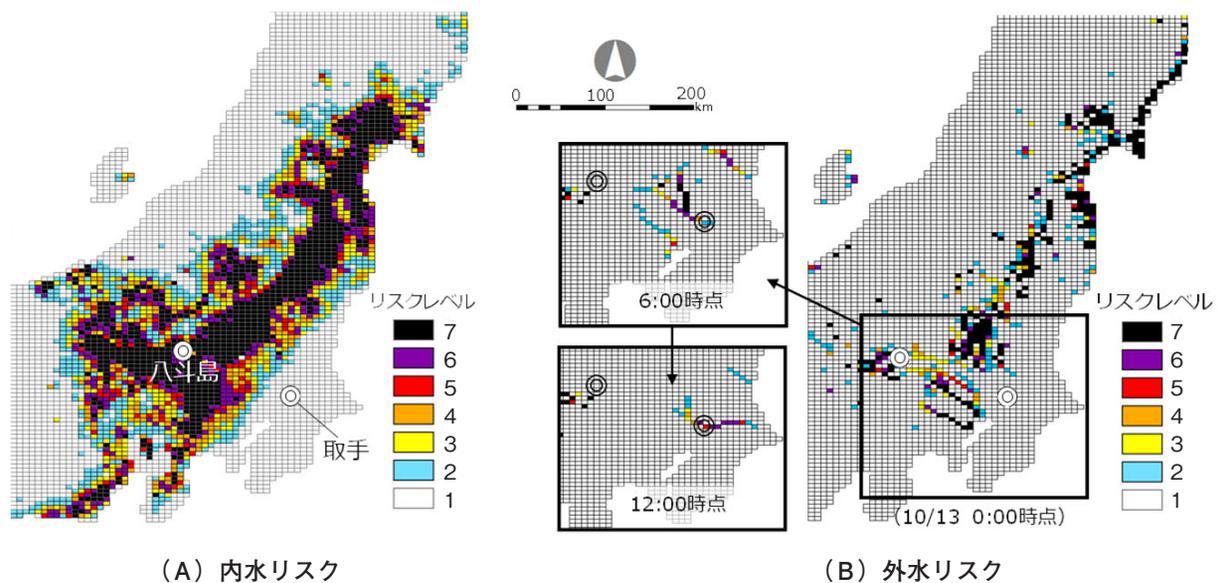
### 5.1 広域で見たリスクの時間推移

令和元年台風19号が本州に上陸した2019年10月13日0:00時点の内水リス

クの評価結果を図7に示す。図7(A)より、内水リスクは関東から東北地方の広い範囲にかけて最大のレベル7と評価され、レベル5や6の危険な地域も多く存在していた。一方、取手地点を含む関東地方の太平洋側では降雨量がさほど多くなく、内水由来のリスクは低かった。また、外水リスク指標では、図7(B)によると10月13日

0:00時点では内水リスクが高い地域を中心に危険度が上昇しており、利根川で見ると上中流域でリスクが高いと評価されていた。そこから時間が進むにつれて、遅れて利根川下流域でリスクが上昇していく現象が示された。大河川流域においては、豪雨時にはその地点だけではなく上流域を含めた情報を得て判断することが重要と言える。

図7 内水および外水リスクの評価結果例 (2019年10月13日0:00時点)



## 5.2 地点別に見たリスクの時間推移

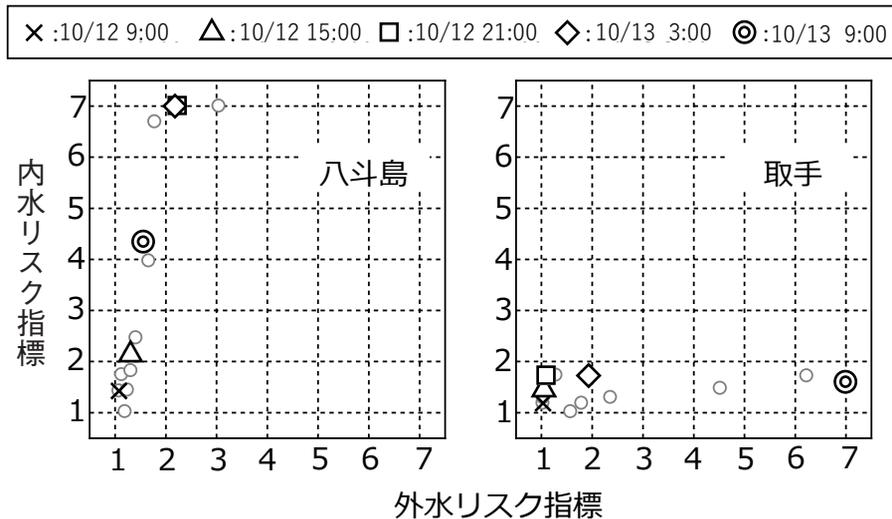
次に、リスクの時間推移を地点別に詳細に評価した結果を示す(図8)。ここでは、リスクの時間推移をわかりやすく見るため、各リスクレベルの閾値の差を内分し、小数点以下まで評価した値で示している。ここでも、同じ河川の上下流の関係にある八斗島、取手を見ると、両地区とも最大レベルは7まで上昇していたと評価された。ただし、リスクの由来が八斗島では内水由来、取手では外水由来の要因が強く、リスクが上昇する要因が異なることが表現できている。八斗島で

は、降雨開始直後に内水リスクが上昇し、12日21:00時点ではレベル7まで上昇した。しかし外水リスクは、通常時から見ると危険なレベルではあるものの、内水リスクに比べると大きくは上昇しなかった。取手地点では、内水リスク指標は全期間を通じて10年確率未満(レベル1)であったが、上流に降った雨が流下した影響を受けて、流量は200年確率を超えるレベル7まで上昇しており(13日9:00時点)、外水由来のリスクが高まった地点と言える。また上下流の比較で、リスクが高まる時間の違いも見られた。

同様の評価は全国の各メッシュで実施可能である。本システムによって、豪雨災害リスクの大小のみならず要因を評価することで、対応策の検討に役立つと考えられる。ただし、本システムを市街域などの非農地

域で活用する場合には、特に内水氾濫に短時間の降雨強度が効いてくるなど農地域とは水害の発生機構が異なると考えられるため、地域特性に応じた適切な指標を設定するなどの検討が必要である。

図8 地点毎に見た内水および外水リスクの時間推移



### 5.3 活用方法と今後の課題

豪雨時に、気象情報に加えて農地などの被害発生に係る指標値が地区別に示されることで、農地被害の回避・軽減に向けた具体的なオペレーションの検討が可能になる。また地区内の広範囲で同時多発的に被害が想定される場合にも、準備に係る時間的余裕の確保に繋がる。また農村では、事前情報を得られると農業機械や収穫作物の移動といった被害回避行動の早期判断ができ、農家自身による自助・共助活動への支援となると考えている。

一方で、このような災害に係る情報を配信する場合は、判断ミスや二次災害を防ぐためにもある程度の精度が担保される必要

がある。リスク評価の際には誤差があり、それがリスク予測にも影響する点には十分留意する必要がある。本研究では一つのイベントを対象に検証したが、今後は複数イベントを通じた結果の検証を全国的に実施するとともに、内部モデルの計算精度の改良なども検討したい。

さらに、現在は全国を対象とするため空間情報を5 kmメッシュとして粗々に評価しているが、実用化する場合は対象地区に範囲を絞り、さらに空間情報を1 kmメッシュ等に高解像度化することを検討する。併せて、地域の特徴や土地利用に応じたリスク指標の検討なども重要な課題である。

## 6 おわりに

豪雨災害を回避・軽減するための情報配信を目的に構築した豪雨災害リスク予測システムの構成と、実際の台風時を事例とした適用結果の検証を行った。内水リスクを表す指標には評価時点から過去24時間分の累積雨量値を、外水リスク指標には河川流量を用いて豪雨災害のリスクを評価した。その結果、大川である利根川において計算流量ピークのタイミングが観測水位とよく整合が取れており、上流に降った雨量の影響が下流に伝わることで発生するリスクの時間遅れが評価できていた。さらに、地点毎にリスクの由来と時間推移を示すことができた。一方で、予測雨量の誤差や計算流量ピークの過小評価がリスク評価に影響する可能性が明らかになるなど、課題点が示された。今後、リスク評価の指標について吟味したうえで、本システムを情報配信の際のPC / タブレット / スマホ画面での表示項目や現場に役立つ情報など、使用者の意見を反映させながら構築していきたい。

謝辞：本研究は内閣府官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）「ほ場の保水機能を活用した洪水防止システム開発（2018年～2020年）」によって実施された。また本システムの構築にあたり、アドバンスソフト株式会社の助力を得た。

### ● ● 皆川 裕樹（みなかわ ひろき）

#### 【略歴】

農研機構 農村工学研究部門 水利工学研究領域  
上級研究員

2005年 愛媛大学大学院農学研究科修了

2007年 農研機構 農村工学研究所 農村総合研究部 研究員

2016年 農研機構 農村工学研究部門 地域資源工学研究領域 主任研究員

2017年 筑波大学生命環境科学研究科学学位取得（博士（農学））

2017年 農林水産省関東農政局 印旛沼二期農業水利事業所 環境専門官

2019年 農研機構 農村工学研究部門 地域資源工学研究領域、水利工学研究領域 主任研究員を経て2021年から現職

#### 引用文献：

国土交通省水管理・国土保全局（2002）：水文水質データベース，<http://www1.river.go.jp/>

国土交通省（2019）：『令和元年10月台風19号』出水速報（第3報），[https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000760776.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000760776.pdf)（確認日：2020/11/05）

工藤亮治，吉田武郎，堀川直紀，増本隆夫，名和規夫（2016）：気候変動が広域水田灌漑に及ぼす影響の全国マップとその不確実性，応用水文，No.28，pp.11-20.

皆川裕樹，吉田武郎，工藤亮治，相原星哉，北川 巖（2021）：豪雨災害リスクのリアルタイム予測システムの構築ーシステム構成と令和元年台風19号時の事例検証ー，応用水文，33，pp.31-40.

内閣府（2020）：令和元年台風第19号等に係る被害状況等について，[http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19\\_45.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19_45.pdf)（確認日：2020/11/05）

大野宏之（2014）：メッシュ農業気象データシステム <https://amu.rd.naro.go.jp/>（確認日：2020/11/05）

吉田武郎，増本隆夫，工藤亮治，谷口智之，堀川直紀（2012）：広域水田灌漑地区の用水配分・管理モデルの実装による流域水循環のモデル化，農業農村工学会論文集，277，9-19