

飯豊山系砂防事務所管内における降雨特性について

大桃 直人¹・石田 和典²・工藤 裕之¹・田中 隆洋¹

¹飯豊山系砂防事務所 調査課 (〒999-1363 山形県西置賜郡小国町大字小国小坂町3丁目48)

²河川部 (〒950-8801 新潟市中央区美咲町1丁目1番1号 新潟美咲合同庁舎1号館)

飯豊砂防管内で発生した羽越災害豪雨について、実績の雨量データとともに進歩した気象解析技術を用いて成り立ちと生成、消滅に至る過程を解析することにより、災害に至らしめた豪雨の特異性と再現の可能性を示す事が可能となったことから、数少ない羽越災害豪雨解析のひとつとして報告する。

キーワード 豪雨, 災害, 危機管理

1. はじめに

1967(昭和42)年8月の羽越災害豪雨は、山形県小国町や新潟県関川村、黒川村(現、胎内市)、荒川町(現、村上)等を中心とした区域に未曾有の豪雨をもたらし、羽越地方は壊滅的な被害となった。

1969(昭和44)年4月に荒川砂防工事事務所(現飯豊山系砂防事務所)が発足し地域の安全と安心の確保のため、砂防工事や防災に地域とともに取組んで50年が経過する中、飯豊山系砂防事務所管内においては、高い土砂災害発生ポテンシャルを有しており、流域内は、厳しい気象条件の影響で、恒常的に土砂生産が生じている。特に、胎内川・加治川の下流域に位置する櫛形山脈(花崗岩地帯)は、断層活動により地質が脆弱化している。羽越災害豪雨以降、被害を伴う土砂流出の要因となる豪雨は

発生していないものの、近年の豪雨による甚大な災害が全国各地で発生していることを踏まえ、気象モデル構築によるシミュレーション分析等に基づく羽越災害豪雨発生要因を解析することにより、本地域における重要な課題である豪雨発生リスク把握し、飯豊山系砂防事務所の砂防事業計画検討に資することを目的として行ったものである。

2. 羽越災害豪雨の状況整理

(1) 管内降雨状況

1967(昭和42)年8月の羽越災害豪雨は、28日朝から29日の昼にかけてのほぼ1日半の集中豪雨によるものであった。(図-1)

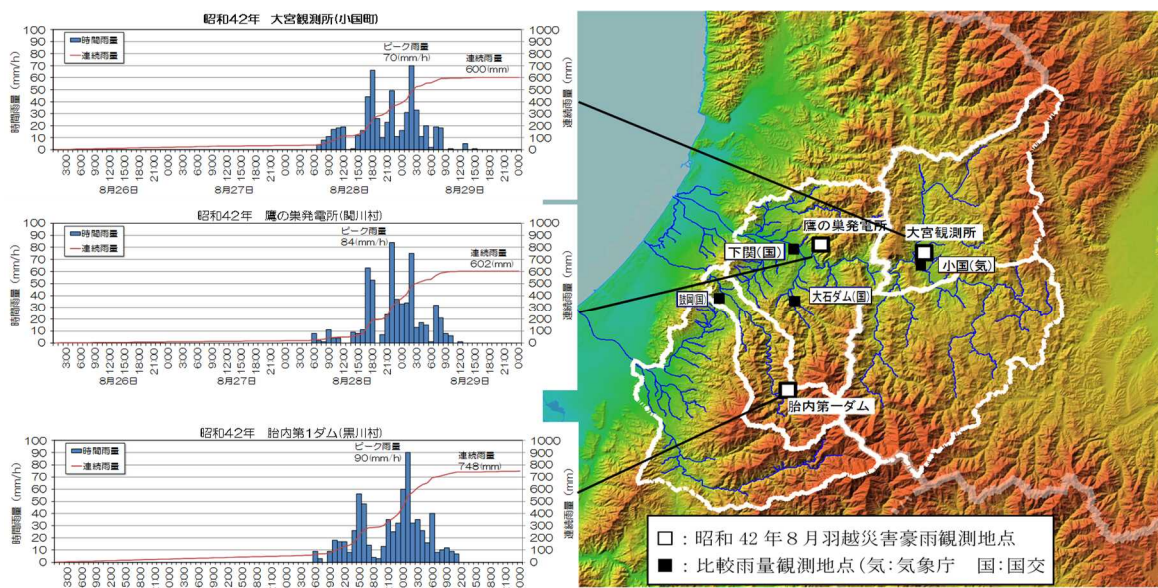


図-1 1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨 雨量時系列(出典: 砂防学会誌 Vol. 50No. 6 1998)¹⁾を編集

降雨の領域は山形県南部の最上川・荒川流域から、新潟県北部の荒川、胎内川、加治川の各流域までの範囲に及んだ。中でも、新潟県黒川村（現胎内市）の胎内第1ダム観測所〔新潟県〕（以下、□は観測者を示す）で積算雨量（12時間無降雨で再観測）748.0mm、最大時間雨量90.0mmを記録する豪雨となった。

(2) 羽越災害豪雨との比較

観測所毎に観測開始年からの観測値上位9降雨との比較を行った結果は図-2、図-3のとおりで、羽越災害豪雨が発生後半世紀を過ぎる観測データの中でも、如何に特異な現象であったかが判る。なお、1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨を観測していた地点がいずれもほとんどデータが残っていないことから、当時の観測地点付近の雨量観測所から特に観測年数が多かった鼓岡〔国〕(1999(平成11)年9月1日～2018(平成30)年の約19年)、大石ダム〔国〕(1968(昭和43)年～2018(平成30)年の約51年)、下関〔国〕(1975(昭和48)年～2018(平成30)年の約46年)、小国〔気〕(1976(昭和49)年～2018(平成30)年の約45年)の4観測所を選定した。

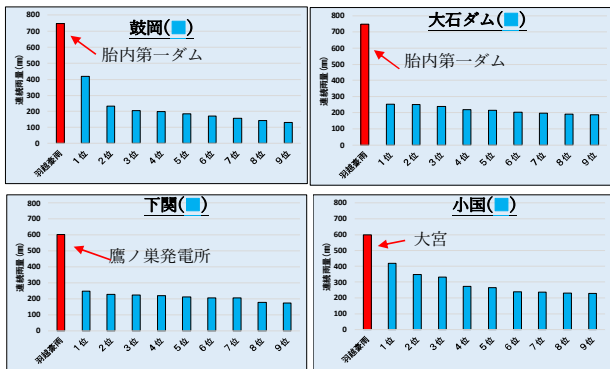


図-2 連続雨量との比較

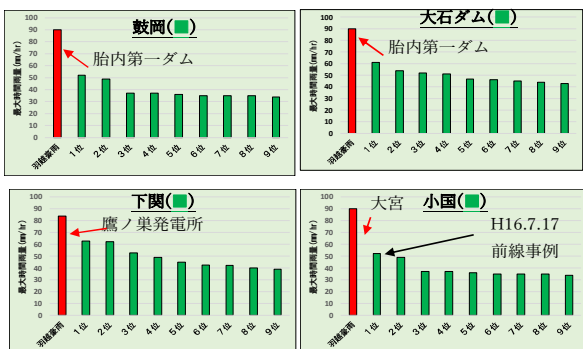


図-3 最大時間雨量との比較

3. 羽越災害豪雨時の気象条件

(1) 地上天気図と地上風による特色

羽越災害豪雨当日の地上天気図と「1958(昭和33)年から現在までの均質・高品質な全球気候データセットを、最新の数値解析予報システムを用いて作られた気象庁55年長期再解析(以下「JRA-55」という。)」による地上風を整理すると図-4及び図-5となっており、3つの特色が読取れる。

- a) 前線の南側で「太平洋高気圧からの吹き出しが暖かく湿った空気の流れ(以下「暖湿流」という。)」となった。
- b) 九州南方に台風21号(ノラ: NORA; 990hPa)があり、「暖湿流」が強化され日本海に流入した。
- c) 北の高気圧からの冷たい風と、南からの「暖湿流」の境に低気圧を伴う前線が発生した。

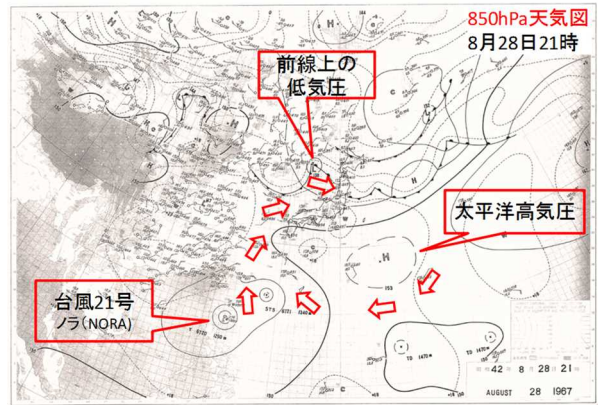


図-4 地上天気図

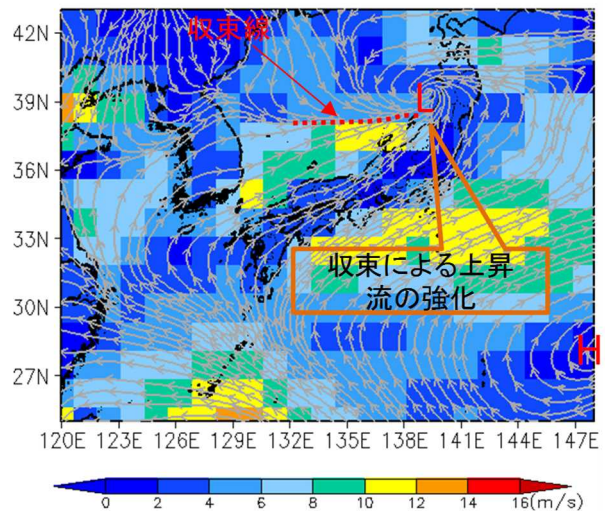


図-5 地上風向と風速(JRA-55)

(2) 上空天気図の特色

高度850hPa(約1500m)の天気図(図-6)は、下層を代表する高度で、前線の解析や暖湿気の移流の解析に使用されることが多く、4つの特徴が読取れる。

- a) 北太平洋(小笠原)高気圧がはっきりとし、「暖湿流」を送り出す高気圧の勢力が強かったことを示している。
- b) 台風21号(ノラ)の目もはっきり読み取り、台風が小さくても強いことを示している。北太平洋高気圧と台風が重なりあって、「暖湿流」を強化した。
- c) 前線と低気圧が発生し、その影響で北太平洋高気圧から流れ込む「暖湿流」の方向が前線の走向と同じ「西北西」となり、羽越地方に流入した。
- d) 気温と露点温度の差を示す湿数(図-7)が秋田の高層気象観測所は約1℃、同じく輪島は約2℃と共に非常に湿った状態を表し、雨が降りやすいことを示している。

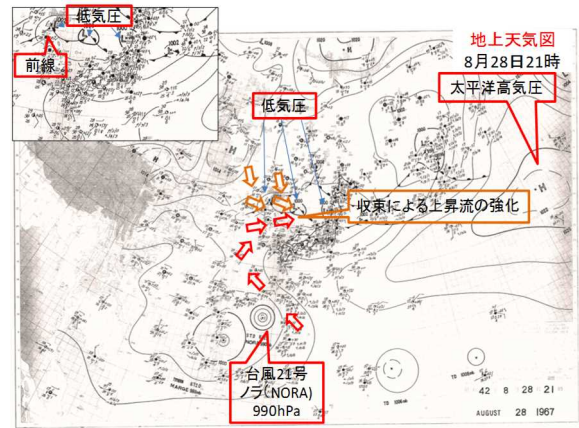


図-6 850hpa天気図

(3) 上空相当温位と風向・風速の特色

高度850hpaにおける、空気塊が持つ水蒸気に圧力による変化を与えた時に想定される温度(図-8)と風向・風速(図-9)をJRA-55により整理すると、4つの特色が読取れる。

- a) 相当温位345K(ケルビン: 345Kは約72℃に相当し大雨の目安)以上の非常に湿潤な空気が流入した。
- b) 風向は「西北西」であり、特に荒川が「西北西」の方向に流下し日本海に開いている羽越地方に「暖湿流」が流入しやすい風向であった。
- c) 風速は20m/sを超えており、飯豊山系砂防事務所管内のみならず、最上川流域にまで強い雨を降らせた。
- d) 相当温位345K以上の領域が風向と同じ方向に伸びており、暖湿気が「西北西」の風向で流入し続けた。

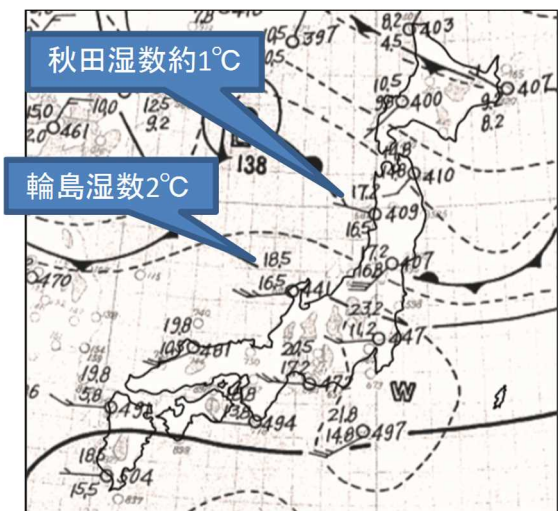


図-7 850hpa天気図(気温と露点温度)

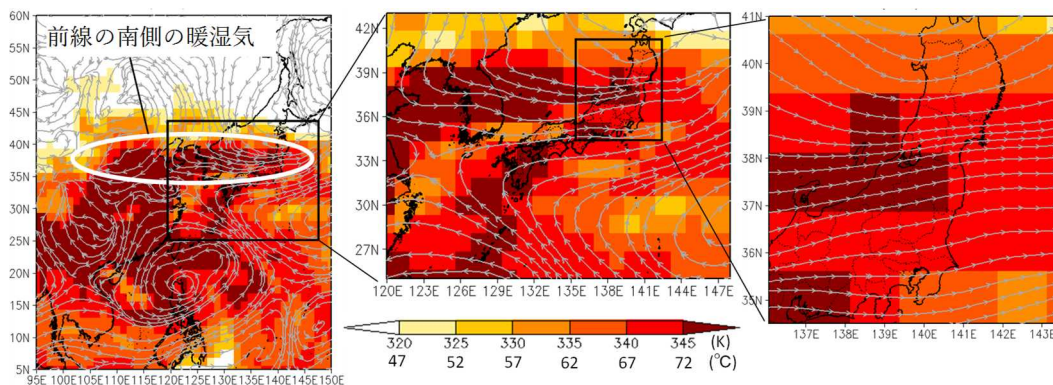


図-8 850hPa相当温位と風向(JRA-55)

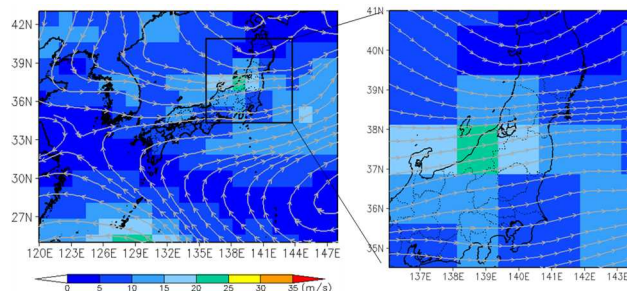


図-9 850hPa風速と風向(JRA-55)

(4) 上空天気図と気温・風向

高度500hPa(約5,800m)の天気図(図-10)は、中層を代表する高度で、中上層の寒気流入解析に使用され、下層が暖かく湿っており、かつ中上層に寒気(-5°)が存在する場合は大雨となりやすいとされている。

羽越災害豪雨当日は、JRA-55による気温と風向(図-11)でも日本海沿岸地域に多い寒気の流入は強くないことが読取れる。

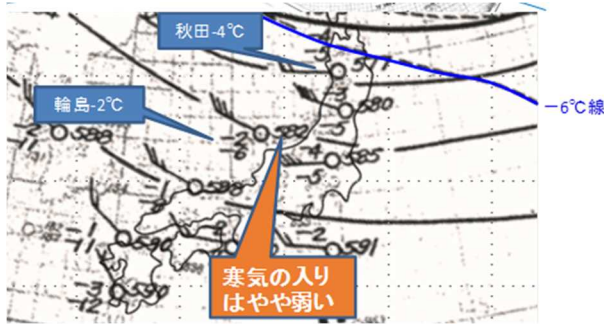


図-10 500hPa天気図

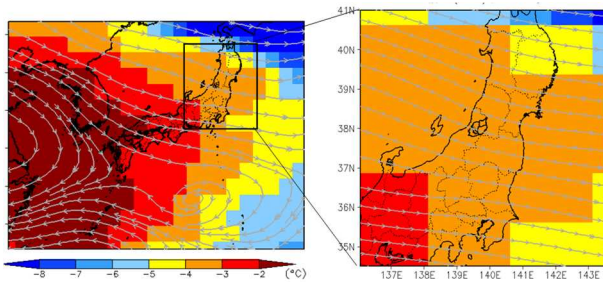


図-11 500hPa気温と風向 (JRA-55)

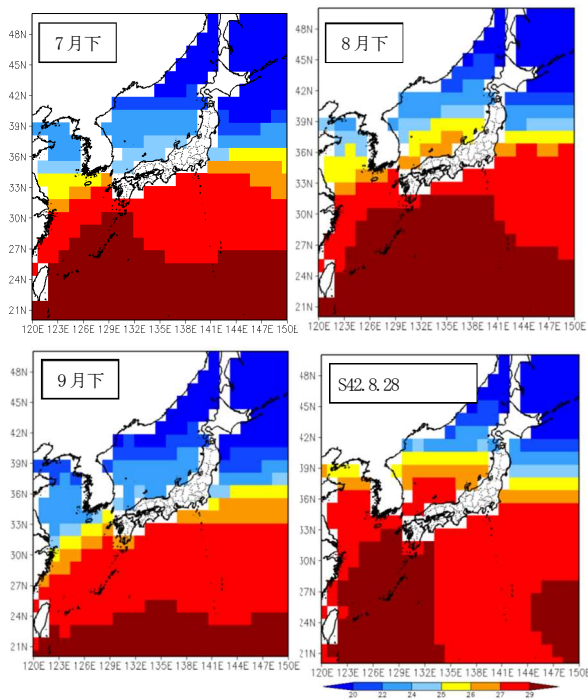


図-12 旬間10年平均とS42.8.28の海面水温度 (JRA-55)

(5) 海面温度

1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨当時と2008(平成20)年~2017(平成29)年の10年平均の海面水温をJRA-55による解析結果と比較すると、2つの特色が読取れる。

- a) 8月の旬間いずれにおいても7月や9月よりも海水面温度が高く、各月下旬の比較を図-12に示す。
- b) 羽越災害豪雨当日の海面温度は8月下旬の10年平均海面温度より高い。図-12

4. 地形性降雨シミュレーションの比較

管内で発生した降雨を対象にモデルを構築し、その再現性の検証を行った。

(1) 気象モデルの選定

米国大気研究センター(NCAR)と米国環境予測センター(NCEP)を中心とする共同プロジェクトによって開発された気象モデルで、米国気象局等の使用実績が豊富、ダウンロードがフリーで、ユーザー側における計算条件に合わせた詳細な設定が可能な「Weather Research and Forecasting model(以下「WRF」という。)」を選定した。

(2) 気象モデルの作成と再現性の検証

- a) 計算範囲を管内を含む広域を5km、管内周辺は1kmのメッシュに設定。
- b) 特理・境界層スキームは大雨シミュレーション用として採用実績の多いスキームを設定。
- c) WRFの計算に必要な各種気象データが3時間毎に解析値として作成されている気象庁のMSMモデルデータを計算初期条件・境界条件とした。
- d) モデルの検証は、管内で近年発生した主な降雨の前線事例と台風事例を選定し再現計算を実施。
- e) WRFによる再現計算の精度向上を図るため、計算ケースを9ケース設定しトライアルの結果、再現性の高いモデルを選定。
- f) 地形による降雨現象への影響を把握するため、気象モデル(WRF)を用いて、360度16方位一様な風を与えた地形性降雨シミュレーションとして単純化実験を実施。
- g) 管内に災害をもたらした降雨を正確に再現し、前線による地形の要因を解析し、前線起因の降雨シミュレーションとして、上層・下層で実際の風向を与えた実態化実験を実施。

(3) 実験結果

実態化実験ではより実現象の再現が可能になるに対して、単純化実験では簡単に当該流域の地形性降雨の特性をイメージしやすい形で可視化することが可能となる。

a) 単純化実験

台風のように風の影響が卓越する場合には、強雨域の想

定は可能。

b) 実体化実験

前線等の複雑な気象状況の場合に、地形性降雨の特性を把握でき、過去の降雨再現が可能。

(4) 気象総雨量分布図とWRF結果との比較

気象モデルWRFを用いて、風速を前線性降雨の平均的な値として15m/s、風向を羽越災害豪雨の風向である「西北西」に設定し地形性降雨のシミュレーションを実施した結果(図-13)を羽越豪雨の降雨分布(図-14)を比べてみると、概ね一致している。解析結果の高強雨地点である鷹の巣、二王子岳で、WRFによる計算結果は高強雨域を示した。

羽越災害豪雨は北太平洋高気圧に起因する暖湿流が、前述の各種要因により高温と高湿度を保持した状況で、飯豊連峰や荒川の狭窄部で上昇と冷却を起し、その気象場が一定期間連続したことにより記録的な豪雨が発生したと考えられる。

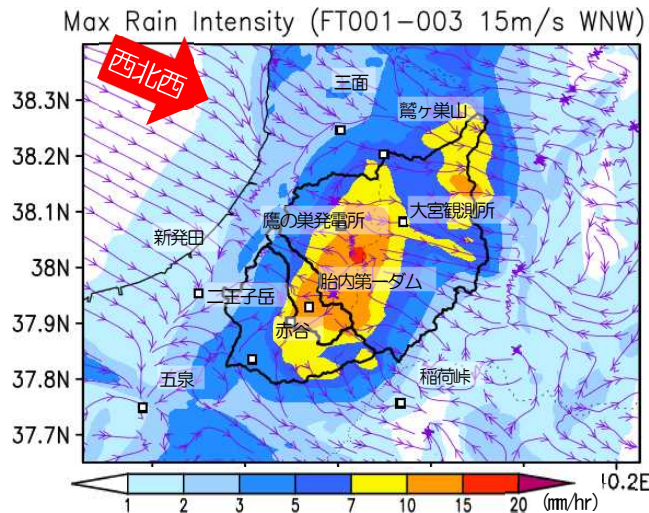


図-13 WRFによる西北西風のシミュレーション結果

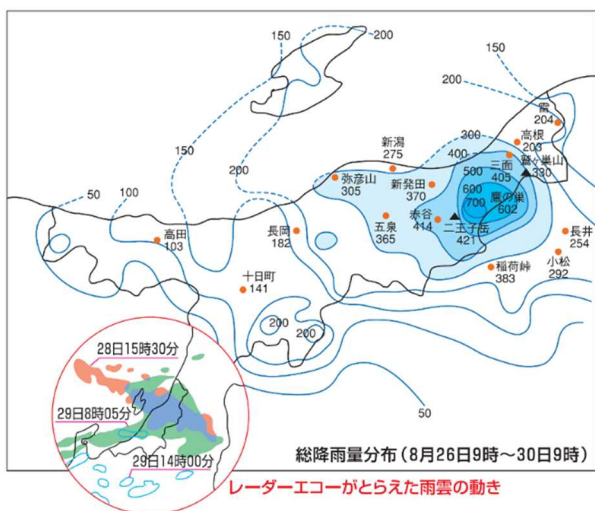


図-14 1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨 総降雨量分布図

5. まとめ

(1) 1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨の特色

a) 降雨の特徴

1967(昭和42)年8月の羽越災害豪雨は、小国町でも連続雨量600mmと、前線性豪雨の中で、山形～北陸の他の地域の平均値が300～400mmであることと比較して、飛び抜けて大きな豪雨であった。

b) 大きな降雨となった要因

北太平洋高気圧からの風が、暖流である黒潮の影響で暖湿流となって東シナ海に流入した。

中東シナ海の台風21号(ノラ)により強化・加速された暖湿流が、日本海に流入した。

発生時期が8月で、日本海の海面水温が最も高い時期で、1967(昭和42)年は特に高かった。

上空5,800mに寒気が入り込まなかったため、南からの暖湿流は冷やされることなく日本海を北上した。

このため、非常に暖かく湿った暖湿流が、日本海でオホーツク海高気圧からの冷たい風とぶつかり前線を形成した。

前線の振れが低気圧に発達し、西の風が強まると共に日本海からの強い暖湿流と低気圧に伴う風が収束することにより上昇流が発生し豪雨となった。

上昇気流を伴う暖湿流が、「西北西」に流下する荒川、胎内、加治川流域に侵入し「西北西」に走向する飯豊連峰に行く手を阻まれ上昇が強くなり更なる豪雨となった。これらの状況をなす気圧配置が継続した。

c) 北陸では非常に希な気圧配置

高度500hPa(約5,800m)に寒気を伴わない前線性降雨(途中低気圧が発生)が希であったため、通常の連続雨量が300mm程度で大雨となる羽越地方で、羽越災害豪雨では連続雨量が700mmという歴史的な大雨となった。

d) 降雨が最上川流域まで侵入した理由

荒川と最上川との流域界が標高600m程度と低いことと、前線上空850hPa(約1,500m)の風向が「西北西」、風速20m/s程度と前線性降雨としては早かったことから、上空1,500mの暖湿流が山形県の最上川流域まで侵入したと考えられる。

e) 羽越災害豪雨が再度発生する可能性

希な気圧配置と気温・台風などの気象条件と海面温度が複合した場合には、発生しうる可能性は否定できない。

(2) 今回得られた成果

a) 降雨が地形と密接に関連し、朝日連峰と飯豊連峰、さらには荒川が西方の日本海に向いていることから、降雨を引き起こす暖湿流は西方から侵入することが大半であること。

b) 土砂災害を引き起こす可能性のある降雨は、前線性降雨と台風性降雨に区分され、大半が前線性降雨であり、日本海西方からの暖湿流により降雨が発生すること。

c) 台風性降雨は数が少なく、暖湿流の侵入ルートは板屋峠からの南東ルートと、台風中心が宮城県沖等にあった場合の日本海ルートがあること。

d) 精度確認したWRF気象モデルを使用し、前線性降雨・台風性降雨の条件で360° 16方位の風を吹かせた実験からも、上記特性が説明できること。

(2) 今後の課題

a) WRFの精度向上

荒川流域と最上川流域の境界の標高が低く、WRFの精度確保に、実際の上昇気流が発生する様に地形の補正を行った他、今回使用していない降雨での確認等により、精度の向上を図る必要がある。

b) WRFによる降雨予測

今回得たWRFの成果と、上記精度向上による成果を気象庁メソモデル（MSM：3時間毎39時間先まで予測）に適用し、管内の地形を詳細に読み込んだ精度の高いモデルによる、3時間毎、39時間先までの予測を実績すること。

c) 1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨の1kmメッシュ、1時間毎の再現

今回作成したWRFをJRA-55に適用させ、1967(昭和42)年8月羽越災害豪雨の1kmメッシュ、1時間毎の再現を行う。

得られた値は、既往の砂防計画上の基準と比較し、適用性を検討するとともに、河床変動、流砂量計算をモデル流域において実施する。

謝辞：今回のとりまとめた羽越災害豪雨に関する値は、発災後30年を経過した1998年に市ノ瀬榮彦氏(飯豊山系砂防事務所副所長 当時)が砂防学会誌に投稿した論文を参考としている。記録としては唯一の貴重な資料である。また、牧野裕至氏(株ニューブエック北陸支店)の今回解析整理された成果は、今後の防災にも活かせる内容である。ここに記して感謝申上げる。

参考文献

- 1) 土木学会：Vol.50 No.6 1998 「S42.8・28 羽越水害(山形県・新潟県)-水害から30年-"語り継げ!羽越水害子に孫に"」。
- 2) 株ニューブエック：飯豊山系砂防事務所管内降雨特性検討業務(H30)