

富山河川国道事務所管内4河川における 出水をもたらす気象特性について

山崎 滉二¹・江渕 直嗣¹・熊谷 文也¹

¹富山河川国道事務所 流域治水課 (〒930-8537 富山県富山市奥田新町2-1)

富山河川国道事務所が管理する4河川を対象に、過去に発生した豪雨等から、前線・台風等の降雨要因、気象条件や地形等との関係を分析し、大規模な出水を引き起こす気象特性について整理した結果について報告する。

キーワード 防災, 気象特性, 降雨特性

1. はじめに

近年地球温暖化や気候変動等の影響により台風や前線性豪雨の増加による災害は増加しており、当事務所が管理する河川においても平成29年10月の台風21号や令和5年7月12日の線状降水帯を伴う前線性降雨など近年大きな出水が発生している。

過去の主要洪水の前線の走向や台風コースと降雨のタイミングなど、気象要因等を整理することにより、防災対応が必要な気象特性を把握し、河川管理、防災対応への活用が、期待される。

当事務所の管理する4河川の出水と気象の関係を理解することで、出水時の警戒・避難などの防災対応の参考とすることを目的に、各河川流域に見られる様々な気象現象の特徴を整理した。

2. 富山河川国道事務所が管理する4河川 (常願寺川, 神通川, 庄川, 小矢部川)の概要

常願寺川は、富山県南東部に位置し、その源を富山県富山市北ノ俣岳(標高2,661m)発し、立山連峰の山間部にて称名川、和田川等の支川を合わせながら流下し、富山平野を形成する扇状地に出て北流し、富山市東部を経て日本海に注ぐ、幹川流路延長56km、流域面積368km²の一級河川である。

神通川は、その源を岐阜県高山市の川上岳(標高1,626m)に発し、岐阜県内では宮川と呼ばれ、川上川、大八賀川、小鳥川等を合わせて北流し、岐阜、富山県境で高原川を合わせ、富山県に入り神通川と名称を改め、神通峡を流下し、平野部に出て、井田川、熊野川を合わせて日本海に注ぐ、幹川流路延長120km、流域面積2,720km²の一級河川である。

庄川は、その源を岐阜県高山市の烏帽子岳(標高1,625m)と山中山の山中峠(標高1,375m)に発し、岐阜県内で尾上郷川、六厩川、大白川等を合わせて北流し、富山県に入り南砺市小牧付近で利賀川を合わせたのち砺波平野に出て射水市大門で和田川を合わせて日本海に注ぐ、幹川流路延長115km、流域面積1,189km²の一級河川である。

小矢部川は、富山県西部に位置し、その源を富山・石川県境の大門山(標高1,572m)に発し、富山・石川県境に沿って北流し、砺波平野に出て、南砺市において山田川を合わせたのち小矢部市に入り、洪江川、子撫川を、高岡市において祖父川、千保川等を合わせて日本海に注ぐ、幹川流路延長68km、流域面積667km²の一級河川である。

3. 代表降雨の発生要因分析

(1) 代表降雨の抽出

気象状況等を詳細に分析するため、代表降雨を選定する。各河川で、出水をもたらす降雨特性が一樣でないため、河川毎に、ピーク流量第10位までの出水をもたらした降雨を代表降雨として抽出した。ピーク流量の評価は図-1の水位観測所とした。

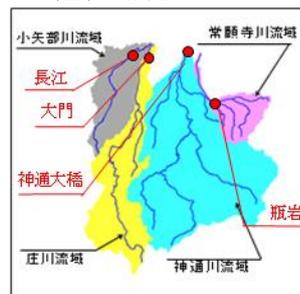


図-1 各河川の流域と主要水位観測所

(2) 出水をもたらす降雨要因と発生時期

代表降雨の発生要因を①前線、②前線+台風、③台風、④低気圧の4分類に整理し、河川毎における発生状況を分析した(表-1)

表-1 各河川の代表降雨事例

常願寺川

順位	発生日時	降雨要因		ピーク水位 (m)	最大流量 (m ³ /s) (毎正時記録)
		要因分類	台風ルート 前線走行		
1	1969年 (S44) 08月11日11時	前線	前線走行「西北西-東南東」	8.75	3,980
2	1952年 (S27) 07月01日	低気圧	日本海北東進経路	4.71	2,200
3	2005年 (H17) 06月30日06時	前線	前線走行「西北西-東南東」	7.49	1,720
4	1998年 (H10) 08月12日13時	前線	前線走行「西北西-東南東」	6.91	1,545
5	1988年 (H10) 08月07日10時	低気圧	東北横断経路	6.57	1,354
6	1978年 (S53) 06月27日09時	低気圧	東北横断経路	5.50	1,360
7	1995年 (H07) 07月12日12時	前線	前線走行「西北西-東南東」	6.46	1,237
8	1996年 (H08) 06月26日17時	低気圧	東北横断経路	6.10	1,193
9	1969年 (S44) 07月02日05時	低気圧	東北横断経路	1.67	1,127
10	2017年 (H29) 07月04日06時	前線+台風	前線走行「西-東」	5.82	1,072

神通川

順位	発生日時	降雨要因		ピーク水位 (m)	最大流量 (m ³ /s) (毎正時記録)
		要因分類	台風ルート 前線走行		
1	2004年 (H16) 10月21日02時	台風23号	流域南側北東進経路	8.33	6,413
2	1983年 (S58) 09月28日20時	台風10号	流域南側北東進経路	7.10	5,643
3	2018年 (H30) 07月07日20時	低気圧	東北横断経路	8.20	4,842
4	2006年 (H18) 07月19日6時	低気圧	東北横断経路	6.73	4,536
5	2014年 (H26) 08月17日17時	前線	前線走行「西南西-東北東」	6.17	4,263
6	2020年 (R2) 07月8日9時	前線	前線走行「西南西-東北東」	660.00	4,201
7	1972年 (S47) 07月13日12時	前線	前線走行「西南西-東北東」	6.12	4,085
8	1958年 (S33) 07月26日0時	前線	前線走行「西南西-東北東」	-	3,896
9	1999年 (H11) 09月15日21時	台風16号	流域南側北東進経路	5.88	3,719
10	1961年 (S36) 06月27日0時	前線+台風	前線走行「西南西-東北東」	-	3,633

庄川

順位	発生日時	降雨要因		ピーク水位 (m)	最大流量 (m ³ /s) (毎正時記録)
		要因分類	台風ルート 前線走行		
1	2004年 (H16) 10月21日02時	台風23号	流域南側北東進経路	7.68	3,396
2	1976年 (S51) 09月11日05時	前線+台風	前線走行「西南西-東北東」	-	2,646
3	2018年 (H30) 07月07日20時	低気圧	東北横断経路	6.93	2,200
4	2017年 (H29) 10月23日06時	台風21号	流域南側北東進経路	6.79	1,943
5	1959年 (S34) 9月27日04時	伊勢湾台風	流域西側北東進経路	-	1,906
6	1983年 (S58) 9月29日22時	台風10号	流域南側北東進経路	6.26	1,674
7	1989年 (H7) 09月06日13時	前線	前線走行「西南西-東北東」	6.3	1,649
8	2014年 (H26) 08月17日17時	前線	前線走行「西南西-東北東」	6.24	1,489
9	1961年 (S36) 9月16日12時	台風18号	流域西側北東進経路	-	1,457
10	1960年 (S35) 8月30日12時	台風16号	流域西側北東進経路	-	1,157

小矢部川

順位	発生日時	降雨要因		ピーク水位 (m)	最大流量 (m ³ /s) (毎正時記録)
		要因分類	台風ルート 前線走行		
1	1998年 (H10) 09月22日22時	台風7号	流域西側北東進経路	8.21	1,600
2	1991年 (H03) 06月29日13時	低気圧	東北横断経路	7.64	1,374
3	2017年 (H29) 10月23日6時	台風21号	流域南側北東進経路	7.68	1,290
4	2008年 (H20) 07月28日11時	前線+台風	前線走行「北西-南東」	7.65	1,310
5	1974年 (S49) 07月10日14時	低気圧	東北横断経路	2.89	1,266
6	1964年 (S39) 07月18日14時	低気圧	東北横断経路	4.09	1,261
7	1990年 (H2) 09月20日08時	台風19号	流域南側北東進経路	7.29	1,260
8	1983年 (S58) 09月28日19時	台風10号	流域南側北東進経路	3.29	1,228
9	1979年 (S54) 10月01日07時	台風16号	流域南側北東進経路	3.24	1,157
10	2013年 (H25) 09月16日	台風18号	流域南側北東進経路	7.39	1,103

常願寺川は低気圧通過に伴う事例が50%、前線が40%、次いで台風が10%となっている。6月下旬から8月中旬にかけて、前線+台風、低気圧要因による出水が発生している。

神通川は40%が前線、台風30%、低気圧20%、前線+台風要因が10%となっている。6月下旬から7月中旬及び8月中旬に前線事例が発生している。また、台風による降雨は、9月中、下旬、10月下旬に発生している。

庄川は60%が台風、前線20%、低気圧が10%、前線+台風が10%となっている。8月下旬から10月下旬に台風による出水が発生している。特に9月中、下旬に多く発生している。また、前線による降雨は、8月中から9月上旬に発生している。

小矢部川は60%が台風、低気圧が30%、前線+台風が10%となっている。台風による出水は、9月中旬から10月下旬に発生している。また、低気圧による降雨は、6月中旬から7月中旬に発生している。

代表降雨の分析結果から、常願寺川は他の河川と代表降雨事例が異なること、神通川と庄川は代表降雨事例が同じケースがあること、庄川と小矢部川は代表降雨事例が同じケースがあることが分かる。また、4河川が、同じような降雨で大規模出水が発生しているわけではないということも明確となった。

4. 地形性降雨の分析

(1) 各流域の地形の特徴

日雨量や一雨雨量の比較的時間スケールの降水量は、急峻な山岳地形の影響が強く、風上側斜面や高標高域に強い雨域が停滞する地形性降雨が起りやすいことが明らかになっている。

そこで、常願寺川、神通川、庄川、小矢部川流域の地形について、国土数値情報の250mDEMを基に斜面方向を整理するとともに、標高差に応じて標高分布地形図を作成した。常願寺川の例を図-2に示す。

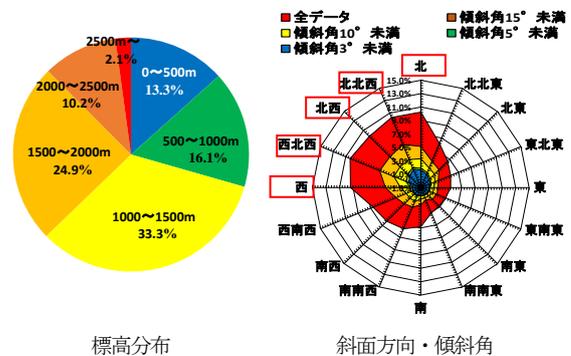


図-2 常願寺川における標高分布及び斜面方向・傾斜角

(2) 気象モデルの構築

気象モデルは、世界の多くの研究機関で開発が行われている。代表的な気象モデルの一つがWRF(Weather Research and Forecasting model)である。WRFは、米国の研究機関が中心となり、実用的な天気予報とそれに関連する研究のために開発された次世代の気象モデルである。気象庁でも気象モデルの開発を行っている。図-3に気象庁の気象モデルが対象とする気象現象の水平及び時間スケールを示す。

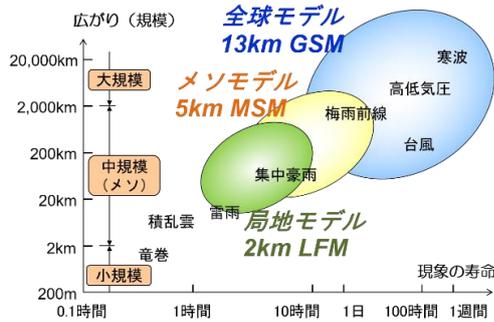
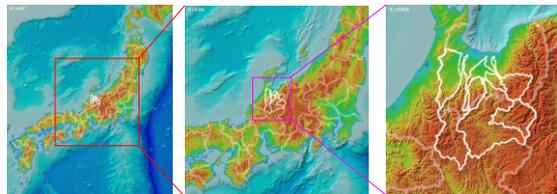


図-3 気象庁の数値予報モデルが対象とする気象現象の水平及び時間スケール

気象庁が開発した気象モデルのうち、空間解像度が5kmメッシュ以下のモデルがメソモデル(MSM: Meso Scale Model)、局地モデル(LFM: Local Forecast Model)である。気象庁はこれらモデルにより計算された予測値の配信を行っている。今回、当事務所管内周辺については、1kmメッシュ(図-4)でモデルを構築した。



第一領域(19kmメッシュ) 第二領域(5kmメッシュ) 第三領域(1kmメッシュ)

図-4 WRFの解析範囲

(3) 気象モデルによる地形の影響分析

地形により規定される降雨特性を把握するため、気象モデルを用いた地形性降雨シミュレーション(単純化実験)を行った。地形性降雨は地形と風との相互作用により発生するため、360度16方位から一樣な風を気象モデルの入力データとして与えて得られる降雨分布を整理した。風速は、30m/s(台風を想定)、15m/s(前線を想定)の2種類を設定した。

北西側は標高が低く、日本海から暖湿気が流入しやすいため、とくに北西～北の風向で雨量が多くなりやすいことが分かる。西北西～西南西の場合、常願寺川や神通川の上流域など、東側で雨量が多くなりやすい(図-5)。

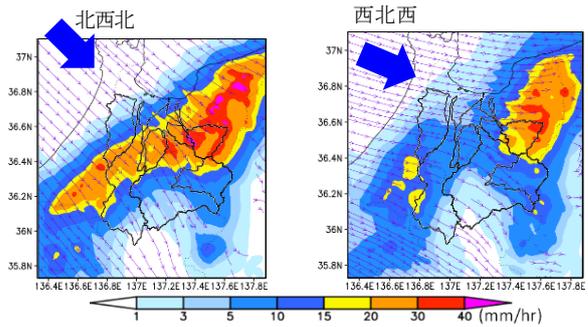


図-5 単純化実験結果 最大1時間雨量
850hpa風向分布図台風を想定(風速30m/s)

図-6に地形性降雨が発生しやすいエリアと風向を示す。富山県内には西及び北～北北東方向から日本海の湿った空気、南西～南南東や東方向から太平洋側の湿った空気が入り山岳地形の斜面による上昇気流により積乱雲が発達しやすくなっている。

一方、風向が南東～北東の場合、北アルプスなどの影響を受け、富山県内の各河川流域には強い雨域が発生しにくい地形特性となっている。

気象シミュレーションによる地形性降雨分析により、富山河川管内流域において、以下に示すエリアが地形性降雨により大雨が発生しやすい注意すべきエリアと考えられる(図-7)。

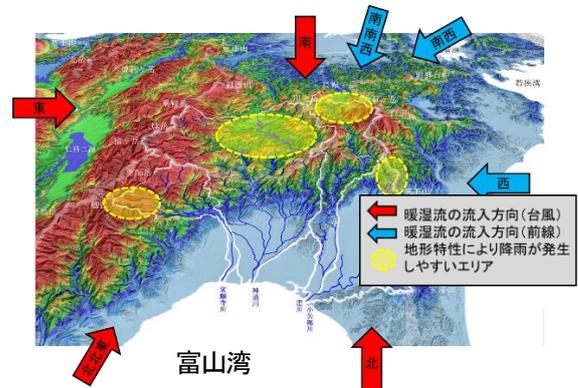


図-6 地形性降雨が発生しやすいエリアと風向



図-7 地形性降雨が発生しやすいエリア

5. 台風性降雨の特徴

常願寺川を除く3河川の代表降雨要因の約5割は台風となっている。どのような台風ルートの時、各河川の流域に大雨をもたらすのか整理した。

(1) 大雨をもたらす注意すべき台風ルート

常願寺川を除く3河川で大雨となるケースは、台風中心が流域の南側をとおり北東進または東進する「流域南側北東進ルート」となる(図-8)。この経路は、台風が四国地方から東海にかけて太平洋沿岸に上陸後、北陸・信越地方を縦断し東北沖に抜けるコースである。

この経路の場合、台風が遠く南西諸島付近にある段階から雨が降り始め、四国や本州に接近もしくは上陸段階で降雨ピークを迎え、その後関東から東北沖に抜けるまで降雨が継続し、ピーク降雨後急激に降雨は弱まる傾向にある。台風性降雨により大出水となる場合は、庄川中上流域や小矢部川上流域で200mm以上の降雨となっている。また、神通川流域では150mm以上の降雨となっている。

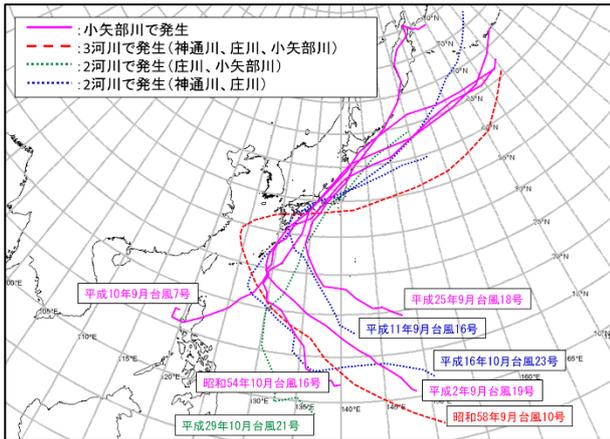


図-8 神通川、庄川、小矢部川で出水を記録した台風コース

(2) 台風による過去の出水事例

神通川、庄川にてピーク流量が1位となった平成16年10月台風23号の気象状況を示す。

富山県内では、19日から断続的な降雨となり、20日夜に強い降雨となった。特に神通川小鳥峠雨量観測所では、時間最大54mm、20日の24時間累計雨量は観測史上最大となる293mm、庄川平瀬雨量観測所で時間最大44mm、20日の24時間累計雨量は観測史上最大となる314mmの降雨を記録した(図-9)。神通川の神通大橋地点では、流域平均雨量187mm(10月19日2時から21日14時の61時間)、ピーク水位8.33mとなり氾濫危険水位を1.08m上まわった。また、庄川の大門大橋地点では、流域平均雨量230mm(10月19日6時から21日13時の56時間)、ピーク水位7.68mとなり危険水位を0.67m上廻りいずれも過去最高水位を記録した。

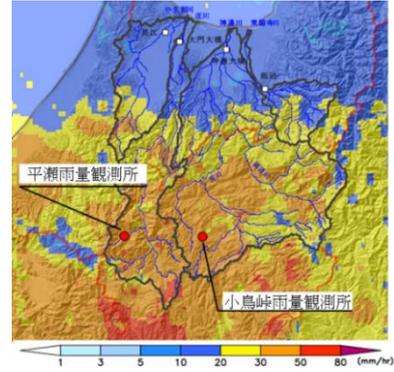


図-9 4河川流域最大時間雨量分布
平成16年10月19日6時から21日11時

(3) 台風と降雨の関係

台風23号が高知県土佐市に上陸し、神通川や庄川流域に強い降雨が降り始める20日13時から、台風が温帯低気圧に替る21日3時までの4河川流域における降雨と風向きの変化状況を降雨変遷図として整理した。神通大橋上流域降雨ピーク時点の降雨と風向きの状況を示す(図-10、図-11)。台風は4河川流域の南側を西から東に向かって通過していることがわかる。

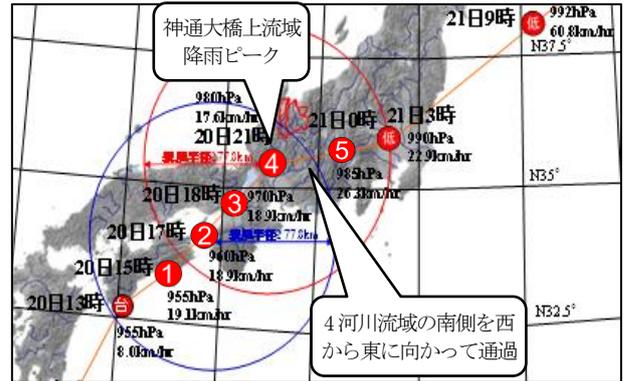


図-10 台風23号経路図

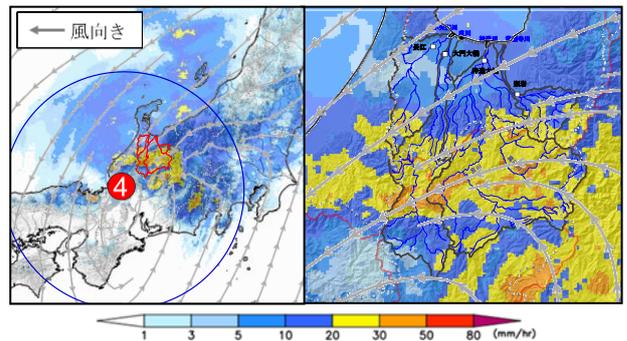


図-11 台風が4河川流域付近(④地点)を通過時の降雨と風向き

6. 前線性降雨の特徴

小矢部川を除く3河川における代表降雨要因の2割から4割は前線となっている。どのような気圧配置の時、各河川の流域に大雨をもたらすのか整理した。

(1) 大雨をもたらす注意すべき気圧配置と前線走向

小矢部川を除く3河川で大雨となる気圧配置及び前線走向は2つのパターンに分類できる(図-12)。

1つ目のパターンは、太平洋高気圧の西への張り出しが弱い気圧配置で、停滞前線が日本列島の軸に沿い、走向が「西南西-東北東」パターンである。この場合、大気の下層では、南～西南西の風が継続し、風上側に位置する庄川流域最上流部の烏帽子岳や神通川宮川流域上流部の川上岳周辺において雨量が多くなる。

2つ目のパターンは、日本の南海上に太平洋高気圧が西に大きく張り出す気圧配置となり、中部地方付近で前線と日本列島の軸が角度を持って「西北西-東南東」に交差するパターンである。この気圧配置では、大気の下層(高度約1,000～5,000m)で、西～西北西の風が継続することにより、常願寺川流域の風上側の立山連峰周辺において非常に降雨が多くなる。このパターンの頻度は少ないが、同様な気圧配置が長く継続する場合は大出水となる。

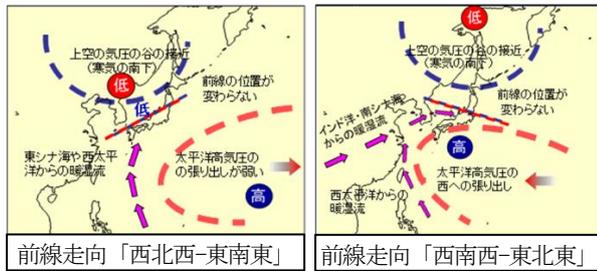


図-12 大雨をもたらす気圧配置及び前線走向

(2) 前線による過去の出水事例

神通川、庄川にて出水をもたらした平成26年8月17日前線性豪雨の天気図を示す(図-13)。

8月15日から20日にかけて、前線が本州付近に停滞し、前線上を低気圧が東に進んだ。前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、西日本と東日本の広い範囲で大気の状態が非常に不安定となった。このため、局地的に雷を伴って非常に激しい雨が降り、特に、16日から17日にかけて、北陸地方や東海地方を

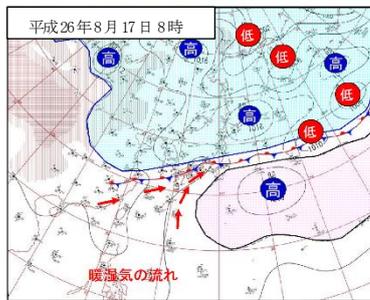


図-13 天気図 前線走向「西南西-東北東」

中心に大雨となり、神通川の神通大橋地点では、流域平均総雨量221.0mm、ピーク水位6.17mとなり氾濫注意水位を1.17m上まわった。また、庄川の大門地点では、流域平均総雨量212.9mm、ピーク水位6.11mとなり氾濫注意水位を0.61m上まわった。

(3) 前線位置と降雨の関係

前線が地上天気図に現れる平成26年8月15日3時から前線が無くなる17日9時までの富山4河川流域における6時間毎の前線位置における降雨と風向きの変化状況を降雨変遷図として整理した。豪雨をもたらした時刻の前線の位置及び風向きの一例を示す(図-14、図-15)。前線は4河川流域の南側に位置し、風向きは南西から北東の方向となっている。

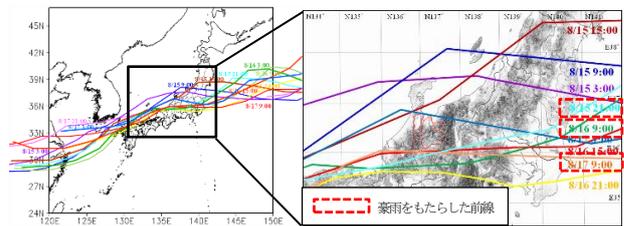


図-14 6時間毎の前線位置変換図(8月15日から8月17日)

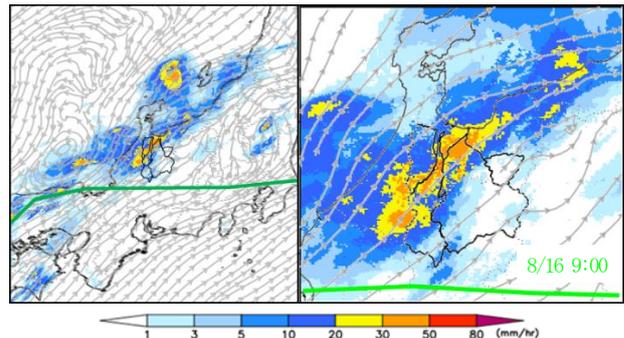


図-15 豪雨をもたらした前線位置の降雨と風向き(8月16日9時)

7. 解説資料の作成及び勉強会の実施について

(1) 事務所職員を対象とした勉強会の実施

今後の河川管理、防災対応に活用するため、収集、整理をしたデータや過去の出水情報、出水の事例について解説資料を作成した。作成にあたり、当事務所河川関係職員をはじめ、道路関係職員、事務職員を対象に説明会を実施し、参加者からの意見を資料へ反映した(図-16)。

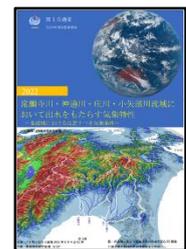


図-16 所内勉強会実施状況及び解説資料

(2) 大雨となりやすい気象条件一覧表の作成

今回整理した大雨となりやすい気象条件について、防災対応時に活用できる一覧表を作成した(図-17)。過去に発生した主要な出水発生時の気象条件や発生時期、気象情報等入手可能なWeb上のページリンク先を記載した。必要な情報を迅速に入手できる資料となっている。

月・三旬	気象の特徴	注意すべき気象条件及び注意すべきポイント	発生しやすい気象種類	過去出水事例 (赤：台風、青：前線、緑：低気圧)★	該当する河川 (黄緑：神通川、白：庄川、赤：小矢野川)				
6月 上旬 中旬 下旬	【低気圧】① 東北機雷経路 【前線】② 西西北-東北東	<ul style="list-style-type: none"> □西への張り出しが弱く太平洋高気圧が日本の南に張り出す □上空に寒気が流れ込む □西端前線・寒気前線を伴う温帯低気圧が日本海から東北地方を横断する。 □前線上部を低気圧が通過する □台風が南海上に発達する。 	【気象庁】 ・気象庁気象状況 ・24時間予報天気図 ・48時間予報天気図 【気象庁】 ・気象庁気象状況 ・24時間予報天気図 ・48時間予報天気図 ・海面水温実況図 ・海面水温予報図	昭和53年 6月27日低気圧① 平成 3年 6月29日低気圧① 平成 8年 6月25日低気圧① 平成17年 6月20日前線② 昭和27年 7月 1日低気圧① 昭和44年 7月 2日低気圧① 平成30年 7月 7日低気圧①	小矢野川 庄川 神通川				
7月 上旬 中旬 下旬				<ul style="list-style-type: none"> □西日本まで太平洋高気圧が大きく張り出す 	昭和33年 7月26日前線② 平成10年 8月 7日前線① 昭和44年 8月11日前線② 平成10年 8月12日前線② 平成26年 8月17日前線② 令和 2年 8月17日前線②	昭和39年 7月18日低気圧① 昭和47年 7月13日前線② 昭和49年 7月10日低気圧① 平成 7年 7月12日前線② 平成18年 7月19日低気圧①	小矢野川 庄川 神通川		
8月 上旬 中旬 下旬						【前線】③ 西西北-東北東 <ul style="list-style-type: none"> □上空に寒気が流れ込む □前線の進行が「西西北-東北東」 □8月頃になると海面水温が25~27℃程度に上昇する □中部地方付近で前線と日本列島の軸が角度を持って西西北-東北東に交差し、長期に発達 	昭和35年 8月16号 【気象庁】 ・気象情報 ・海面水温実況図 ・海面水温予報図 【気象庁気象情報センター】 ・台風情報	昭和35年 8月16号 平成 1年 9月6日前線② 平成11年 9月16日台風16号④ 平成25年 9月16日台風16号④ 昭和38年 9月16日台風16号④	小矢野川 庄川 神通川
9月 上旬 中旬 下旬								【台風】④ 流域南側北東進ルート <ul style="list-style-type: none"> □太平洋高気圧が西日本の南側まで日本列島から後退 □日本列島近海の海面水温(30℃)が高い □北緯20°以北の西太平洋の海面水温(27℃)が高い □ジェット気流が東北地方上空を流下 □台風が富山4河川流域南側を東進する 	昭和58年 9月10号④ 平成2年 8月19日台風19号④ 平成10年 9月19日台風19号④ 昭和54年 9月19日台風19号④ 昭和54年 10月16日台風16号④ 平成18年 10月16日台風16号④ 平成29年 10月16日台風16号④
10月 上旬 中旬 下旬									

図-17 大雨となりやすい気象条件一覧

8. まとめ

本稿では、当事務所で管理する4河川において、大雨となる降雨特性について分析・整理を行った。各河川でピーク流量第10位までの出水が発生した気象状況を整理した結果、注意すべき気象条件は、台風ルート「流域南側北東進ルート」や前線走向「西西北-東北東」、「西北西-東南東」などと整理できた。

得られた成果は、出水時の防災対応を行う際、注意すべき気象条件と現在の気象条件を比較し、各河川の降雨状況予測や水位、流量予測の参考となる有益な資料を作成できたことである。

今後の課題としては、今回作成した当事務所の管理する4河川について気象特性の解説資料を防災対応を行う職員が使いこなし、継承していくことと考える。

謝辞：本論文の執筆にあたり、関係者の皆様には多大なるご指導、ご助言を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1)株式会社エック：富山河川国道事務所管内気象特性解析業務(R3)