

## 「2013年7・8月豪雨災害に関する研究会」報告

## 1. はじめに

コンピーナー：藤谷徳之助\*(一財)日本気象協会・  
加藤輝之(気象研究所)

2013年の7月から8月にかけて中国地方や東北地方で豪雨災害が発生した。9月には台風第18号によって四国から北海道の広い範囲で大雨となり、京都府・滋賀県・福井県では、運用を開始したばかりの特別警報が初めて発表された。さらに、10月には台風第26号によって西日本から北日本の広い範囲で暴風・大雨となり、特に東京都大島町では大規模な土砂災害が発生し、多くの犠牲者が発生する大惨事となった。

日本気象学会気象災害委員会では、2009年4月の設置以来、大規模な気象災害の発生に際しては、春季並びに秋季大会等の機会を捉えて、主にメソ気象研究連絡会と連携して、適宜研究会等を開催してきている。

上記の気象災害が東北地方で発生し、さらに2013年度秋季大会が仙台で開催されることを受け、今回もメソ気象研究連絡会と共催で、「2013年7・8月豪雨災害に関する研究会」を大会前日に開催されたメソ気象研究会に引き続いて、東北大学百周年記念会館川内萩ホールで開催した。

研究会を計画するにあたり、コンピーナーから気象官署の予報担当者・防災業務担当者、気象研究者、災害研究者の方々に講演を依頼し、さらに、関連の方にコメントをお願いした。

当日のメソ気象研究会には150名以上の参加があり、引き続き開催した本研究会にも100名以上の方が参加され、夜遅くまで熱心に講演を聴講されると共に、総合討論においても活発な議論が交わされた。本稿では、この研究会の概略を報告する。

なお、本研究会の開催については7月末から検討を開始し、大会実行委員会と連携を取りながら計画したことから、大会直前で発生した台風第18号並びに第26

号に伴って発生した気象災害等については取り上げていない。これらの災害については、今後の研究会等で取り上げる予定である。

## 2. 2013年8月9日の秋田・岩手豪雨の環境場と気象台の対応

廣川康隆・吉田 薫(仙台区気象台)

2013年8月9日は秋田県・岩手県を中心に、1時間に100 mm以上、総雨量300 mmに達するような記録的な大雨となった。白神山地付近と太平山地付近にそれぞれ東西にのびる線状降水帯が形成され、それらが数時間停滞することにより大雨がもたらされた。これらの線状降水帯の形成は、風上で積乱雲が繰り返し発生するバックビルディング型であった(気象研究所2013a)。

大雨発生前から北日本の大気成層状態は強い潜在不安定な状態であった(たとえば対流有効位置エネルギー(CAPE)が1000 J/kg以上)。さらに日本海上から流入した大量の水蒸気が山岳地形の強制上昇にもなって持ち上げられたことにより積乱雲が次々と発生・発達し、降水系を組織化しやすい環境場となっていた。大雨をもたらした大気下層の水蒸気は、平年よりも海面水温が1~2度高い日本海上を移動したため、海面での凝結による減少が抑えられ、高い値を保持したまま秋田県沿岸に到達できたと考えられる。このことは、海面水温を下げた感度実験において、日本海中部で水蒸気量が減少する結果が得られたことから裏付けられる。以上のように本事例は、大量の水蒸気流入が大雨発生の要因となったことは分かったものの、降水系が維持されるメカニズムについてはまだ分からない点が多く、今後より詳細な解析を進めたい。

本事例は、2013年8月30日に運用を開始した大雨の特別警報に相当する。今後の防災業務の検討に資するため、本事例発現時に特別警報を運用していたと仮定して、土石流の発生した秋田県仙北市に対する防災気象情報発表のシミュレーションを行った(第1図参照)。

\* (連絡責任著者) Tokunosuke FUJITANI.  
fujitani.tokunosuke@nies.go.jp

© 2014 日本気象学会

前日までは不安定性降水の可能性があるものの、1時間に40 mm程度（注意報レベル）の強雨を予想していたが、当日明け方になって前日予想していたよりも積乱雲が発達していることを確認したため、1時間に60 mm程度（警報レベル）の強雨と予想を上方修正した。前日・当日ともに強雨は持続せず、一過性であると見込んでいた。その後、07時頃になって降水系は線状降水帯として組織化し始めたため、強雨持続の可能性を認識し、線状降水帯の盛衰を監視しつつ特別警報の発表準備を開始する。この大雨により実際に特別警報の短時間指標に達するのは09時であるが、線状降水帯の形成による降水が少なくとも1～2時間程度は持続すると確度高く予想できることから、指標に達するのを待たずに08時30分頃に特別警報を発表する。

土石流発生約2時間前に特別警報を発表することになるが、同市では、注意報から特別警報へ切り替わることとなる。特別警報は数十年に一度の大雨等により災害の危険性が著しく高まった時点で発表するものであり、通常、特別警報に先立って発表される警報や土石災害警戒情報が発表された時点で防災対応を行うことが望ましい。しかし、短時間強雨を伴う事例においては、特別警報発表前に一定の時間を確保した警報等の発表ができない場合があり、その場合は市区町村

の行う防災対応に要する時間を十分確保できないことになる。

今後、線状降水帯等の降水システムの形成や消長について理解を深め予測技術の向上に努めると共に、防災気象情報の利活用について関係機関への周知に努めたい。

### 3. 2013年7月28日山口・島根県豪雨での現地の被害状況の概要

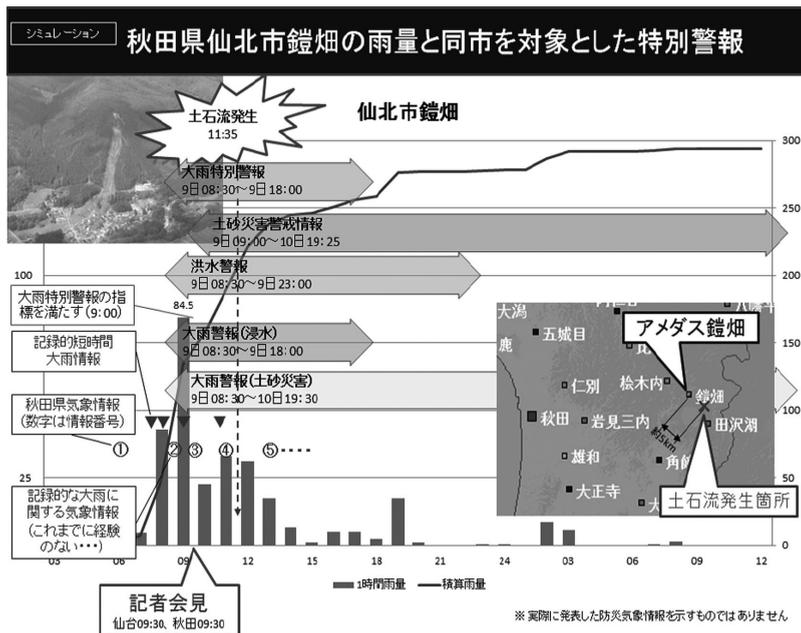
田中健路（広島工業大学）

2013年7月28日に山口・島根県で発生した記録的大雨による斜面崩壊、洪水被害に関する現地調査を7月末から8月上旬にかけて実施した。山口県萩市北東部の須佐地区、小川地区、および山口、島根両県境に位置する十種ヶ峰（とくさがみね）を中心とする地域を中心に土石災害、家屋被害等の発生状況や浸水痕跡高測定を行った。

萩市須佐地区を流れる須佐川は、本川総延長4 km、流域面積が13.5 km<sup>2</sup>と比較的小規模であり、流域上流側で発生した土石流を伴う出水が短時間のうちに下流側へと到達する。1時間120 mmを超える降雨を伴う巨大な積乱雲が接近した10時30分～12時00分にかけて、須佐川下流域の水位が雨量の変化とほぼ同時に急

上昇し、堤防高を超えて中心街への浸水被害が発生した。JR山陰線の橋梁の直下で左岸堤防が破堤し、破堤箇所の下流側で住家の倒壊被害が発生したのをはじめ、破堤箇所を中心に地盤高（G.L.）+2.0 m以上の浸水高を記録した。

須佐川流域の東隣に位置する田万川流域では、流域上流側からの土石流や流木により、蛇行部での土砂堆積による河道閉塞が発生した。また、流木や塵芥が橋に引っかかり、その周辺で河川水位が堤防高を超えて浸水被害が発生し、法面が水勢により削られ、河川の傍の家屋が倒壊するなどの被害が発生した。中流域の



第1図 防災情報発表に関するシミュレーション結果。

小川地区では、高岩橋を中心に右岸側の堤防が約500 mの長さにわたり崩壊し、高岩橋下流右岸側で最大G.L.+2.0 mに及ぶ浸水を記録した。小川地区における浸水痕跡高の実測値は、萩市役所作成の河川洪水ハザードマップでの予想浸水高とほぼ同程度であった。

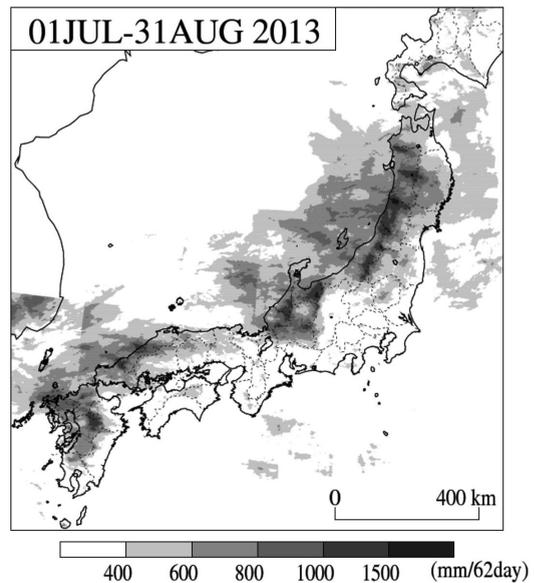
JR 山口線の鉄橋流失被害および島根県津和野地区での土砂災害をもたらした大雨は、03時から09時までの間に十種ヶ峰を中心に発達した降水系によるものと見られる。上述の萩市での被害と同様に、十種ヶ峰の西麓での斜面崩壊に伴う流木や塵芥が橋梁に引っかかり、橋梁上流側からの越水により、家屋の流失、農道の陥没などの被害が発生した。

近年の記録的大雨に伴う被害と共通する点として、流木による被害が挙げられる。2011年の台風第12号での紀伊半島での鉄橋流失被害をはじめ、2012年九州北部豪雨（土木学会九州北部豪雨災害調査団 2013）、2005年の台風第14号（宮崎県）など、大量の流木が橋などに引っかかり、橋本体の流失や周囲への浸水被害が報告されている。一方、粒径数 cm～10 cm の大礫、巨礫の流出や衝突や洗掘に伴う堤防損壊による浸水被害が多数発生した点では、斜面崩壊による住家被害が主であった2009年山口県防府市（山本ほか 2011）や2010年広島県で発生した大雨とは大きく異なる。降水システムの通過に伴う被害の詳細解明と対策には学際的な観点からのアプローチが今後ますます求められるものと考えられる。

#### 4. 山口・島根豪雨と2013年7～8月に大雨をもたらした大気状態の特徴

加藤輝之（気象研究所）

2013年7・8月は日本海側を中心に大雨事例が数多く観測され、総降水量でみると、九州北部～山口・島根、北陸、東北の日本海側の3領域で1000 mmを超えている（第2図）。この領域は、対馬海峡を通過して日本海に流入した下層の暖湿な西寄りの風が流入しやすい場所に該当している。この暖湿な風は、通常フィリピンの東方海上に存在している積雲の活発域が西方海上に移動していたために、太平洋高気圧が西側に張り出し、その周辺に沿って流入していた（気象庁 2013）。このことに関して、気象庁長期再解析JRA55（1958～2012年の平年値を算出）と気象庁全球解析（2013年の値を算出）を用いて、500 m 高度の相当温位および水蒸気フラックス量、500 hPa 面の気温にみられる、2013年7～8月に大雨をもたらした大



第2図 2013年7月1日～8月31日の総降水量分布（解析雨量を積算）。

気状態の特徴を調査した。平年では、太平洋高気圧の西縁で相当温位が徐々に増大するが、2013年は東シナ海上でもその増大が顕著であり、暖湿な風が流入した対馬海峡から日本海上の相当温位は平年よりも約5度高くなっていた。一方、上空の日本海上の気温は平年よりも約1度高くなっていたが、500 m 高度相当温位と500 hPa 飽和相当温位の差から大気の安定度を調べると、日本海上の安定度が約5度平年よりも低下していた。このことは、上空の気温上昇を打ち消して余りあるほど、2013年の下層の相当温位が上昇していたことを示している。また、山口県沖の日本海上での500 m 高度相当温位の経年変化を調べたところ、2013年は過去56年間で上位3位に入る相当温位の高い状態が持続していた。ただ、必ずしも、豪雨事例があった年が相当温位の高い状態が持続する訳ではなかった。大気の安定度をみると、2013年は過去56年間で飛び抜けて不安定な状態が出現していて、短時間強雨の多発の要因になったと考えられる。

7月28日に山口県と島根県で発生した大雨（気象研究所 2013b）は、梅雨前線の南側約200 km で、風上（西側）で発生した複数の積乱雲によりもたらされた（バックビルディング形成）。この事例では、対馬海峡からの下層の暖湿な西風の流入に加えて、上空に残っていた寒気のために大気状態が極めて不安定（CAPE

が約2000 J/kg) になり、積乱雲中の上昇流が強化され、大量の降水がもたらされた。特に山口県萩市須佐の大雨では、水平スケール20 km を超える巨大な積乱雲が観測されていた。CAPE が大きいことに加えて下層に渦が作られやすい大気状態（ストームに相対的なヘリシティ (SREH) が $200 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 以上) になっていて、巨大な積乱雲が発生しやすい条件となっていたことも大雨発生の一因となった。この大雨発生時には、上空に乾燥空気の侵入がみられたが、巨大な積乱雲になったことで乾燥空気の影響をあまり受けずに発達できたと考えられる。

## 5. コメント

### 5.1 2013年山口島根大雨・秋田岩手大雨と近年の豪雨事例の比較

石原正仁 (京都大学極端気象適応社会教育ユニット)

2013年7月26～30日に宮城・山口・島根・新潟各県の広い範囲に大雨被害が発生した。降雨ピーク時に現れた対流システムは、宮城県では小低気圧前方に、山口・島根県では梅雨前線の南側に、新潟県では梅雨前線に出現した。8月9日の秋田・岩手県の大雨では、太平洋高気圧の北端に対流システムが発生した。これらの対流システムは長さ100～200 km の線状・帯状に組織化され、形成・維持プロセスの上からはすべてバックビルディング (BB) 型 (Bluestein and Jane 1985 ; Kato 1998 ; 瀬古 2010) に分類された。

過去8年間に顕著な災害をもたらした17の大雨事例では、36のメソ対流システムが確認された。そのほぼ半数はBB型に属し、また1/3が対流セル列の後方に広い層状性降水域が広がる列車型 (Training line/ adjoining stratiform) (Schumacher and Johnson 2005 ; 小倉ほか 2011) に類似していた。わが国に発生する大雨のメカニズムを総合的に理解するためには、対流システムに関する統計 (あるいは climatology) 調査が必要である。

### 5.2 気象衛星「ひまわり」高頻度観測について

隅田康彦 (気象衛星センター)

気象庁では、待機運用となっている気象衛星「ひまわり6号」を利用して、夏季日中の中、日本領域を5分間隔で撮像する「ひまわり高頻度観測」(太原・毛利 2013) を実施している。現在運用を行っている気象衛星「ひまわり7号」で全球を撮像するには約30分が必要であるが、このひまわり高頻度観測は、観測領

域を限定することで短い時間間隔で繰り返し撮像して、これまで見ることができなかった雲の発生から発達、消滅までの一生など、詳細な変化を捉えることができる。ひまわり高頻度観測によって積乱雲が急激に発達している様子を捉えた事例を示し、発達している積乱雲を事前に検出するプロダクト (Okabe *et al.* 2011) を紹介した。

2014年に打ち上げを予定しているひまわり8号 (横田・佐々木 2013) は、全球を10分間隔、日本域を2.5分間隔で常時観測し、最大30秒間隔で小領域を観測する機能を持ち、突発的に発生する現象や短いライフサイクルの現象をいち早く捉え、早期に情報を提供できる可能性を持っている。

会場ではひまわり高頻度観測の動画を展示した。会場で展示した動画は気象研究コンソーシアムのHP (<http://www.mri-jma.go.jp/Project/cons/datadetail.htm>) にて公開している。

## 6. 総合討論

総合討論では、今回取り上げた大雨事例に関する気象学的な検討とともに、運用を開始したばかりの特別警報に関しても、多くの意見交換が行われ、参加者の防災情報に関する関心の高さが窺えた。

### 6.1 大雨の発生要因について

加藤氏の解析結果「2013年7・8月の日本付近の海面水温が平年よりも高かったが、それだけでは大雨にはならず、大雨をもたらす水蒸気が下層に蓄積される必要がある。2012年の九州北部豪雨時では、平年よりも海面水温が低かったが、下層トラフやメソ渦が効率よく下層に水蒸気を蓄積させていた。」に対して、「事例解析だけでなく、4節で述べられている大雨時もそうでないときも全て含めた統計的な調査は、確率的な予測情報につながる重要な結果であり、このような手法で大雨発生条件 (環境場の特徴) を見積もることが必要である。」とのコメントがあった。また、「発生要因だけでなく、雨がいつ止むか、どのくらい先まで降り続けるかも重要な情報であり、大雨の終焉条件を研究する必要もある。」とのコメントもあった。さらに、「季節スケールで、大雨が降りやすい可能性が高い、というような情報は技術的に出せないだろうか、目先の気象情報に加えて、今年は大雨になりやすいという背景がわかると、防災対策の参考にならないだろうか。」との質問があったが、これに対しては、「技術的に困難である。」との回答がなされた。

## 6.2 特別警報について

気象庁以外の参加者にとっては、注警報に関してなじみが薄いことから、多くの質問・コメント・意見等が述べられた。さらに、特別警報そのものの検討の経緯等についても、参加者から詳細な説明が行われた。

以下、討論の要点を列記する。

- ①廣川氏・吉田氏の講演にある今回の秋田の豪雨に対する特別警報のシミュレーションでは、降水現象の発現から基準に達するまでの時間がきわめて短かった。このときの大雨のように、3時間に200 mm程度の降水が特別警報のひとつの目安となる。1時間に100 mmの降水があっても、持続しないのであれば特別警報級の災害とはならず警報相当である。今後、特別警報を効果的に運用するには、100 mmの降水が観測された時点で、次の100 mmがどれだけ早く予想できるかがポイントになると思う。大雨の降っていない時点から200 mmを超える大雨を予測することが困難でも、100 mm降った後にさらに100 mm以上降るかどうかかわかれば、災害対策は大いに前進すると思う。このようなアプローチからの研究も是非進めていただきたい。
- ②半日前に特別警報が発表される可能性を出せるような研究・技術開発を行って行きたいという発言があった。これに関して、半日以上前から市町村スケールで時刻や場所を特定することはすぐにはできないだろうが、強い雨が降り始めたら、その降水系が持続・停滞する(大雨になる)のか、消滅、移動するのかを予測するだけでも防災上十分価値があるとのコメントがあった。
- ③特別警報の原点については、2011年の台風第12号の大雨であり、基準の一つとなっている1/50年の再現期間については、2011年の名古屋で開催された気象災害研究会で話題提供した頃に検討を開始したもので、技術的には、今後もさまざまな観点から検討を重ねるべき事項が残されている。その意味で特別警報はこれから社会全体で育てていただきたい仕組みである。
- ④従来の警報は、気象の予測をもとに発表しているため、実況での気象指標と災害との対応よりは空振りが多いために実態であり、その結果「警報はよくはずれる」と思われ、危険回避の行動に結びつかないことがあることが課題である。特別警報の基準は、過去の多くの人の記憶に残っている甚大な災害と指標とをつき合わせ、甚大な災害をカバーしつつ発表を

最小にする目的で設定されている。

- ⑤特別警報の現時点での大きな目標は、これができることで、多くの方が、特別警報を判断材料のひとつとして、避難を含む危険回避行動をとってくれることを期待している。このため、現在は基準に確実に到達すると判断される時点で特別警報を発表しているのが実情である。

## 6.3 その他

参加者から、研究会の今後の運営について、事例についての研究会開催のみならず、より包括的な話題等についても議論を行う必要がある、とのコメントが寄せられた。

この件については、コンバーナーより、現在理事会並びに評議員会等で検討を行っている、学会の社会貢献の在り方、研究者として不確実な情報をどのように社会に対して発信していくか、さらに、学会の最大の社会貢献は学問を進めること等の課題とも密接に関係することから、今後、検討を行っていくこととなった。

## 謝 辞

今回の研究会を開催するにあたり、会場の準備・運営等を行っていただいた東北大学吉岡真由美氏、気象研究所の有志の方々、ならびに筑波大学連携大学院(気象研究所)の学生の皆様に、誌上をお借りして感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- Bluestein, H. B. and M. H. Jane, 1985: Formation of mesoscale lines of precipitation: Severe squall lines in Oklahoma during the spring. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 1711-1732.
- 土木学会九州北部豪雨災害調査団, 2013: 平成24年7月九州北部豪雨災害調査団報告書. 104pp.
- Kato, T., 1998: Numerical simulation of the band-shaped torrential rain observed over southern Kyushu, Japan on 1 August 1993. *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 97-128.
- 気象庁, 2013: 平成25年(2013年)夏の日本の極端な天候について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1309/02d/extreme20130902.pdf> (2013.11.26閲覧).
- 気象研究所, 2013a: 平成25年8月9日の秋田・岩手の大雨発生要因について. <http://www.mri-jma.go.jp/Topics/press/20130828/press20130828.pdf> (2013.11.

- 26閲覧).
- 気象研究所, 2013b:平成25年7月28日の山口・島根の大雨発生要因について～巨大な積乱雲と強い上昇気流～. [http://www.jma.go.jp/jma/press/1308/06b/20130806\\_Yamaguchi-Shimane-heavy\\_rainfall.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/press/1308/06b/20130806_Yamaguchi-Shimane-heavy_rainfall.pdf) (2013.11.26閲覧).
- 小倉義光, 隈部良司, 西村修司, 2011:「平成20年8月末豪雨」の天気系, 特にメソ対流系の組織化について. 天気, **58**, 201-217.
- Okabe, I., T. Imai and Y. Izumikawa, 2011: Detection of rapidly developing cumulus areas through MTSAT Rapid Scan Operation observations. Meteor. Satell. Cent. Tech. Note, (55), 69-91.
- Schumacher, R. S. and R. H. Johnson, 2005: Organization and environmental properties of extreme-rain-producing mesoscale convective systems. Mon. Wea. Rev., **133**, 961-976.
- 瀬古 弘, 2010: 中緯度のメソ  $\beta$  スケール線状降水系の形態と維持機構に関する研究. 気象庁研究時報, **62**, 1-74.
- 太原芳彦, 毛利浩樹, 2013: ラピッドスキャン. 天気, **60**, 415-417.
- 山本晴彦, 山崎俊成, 有村真吾, 原田陽子, 高山 成, 吉越 恆, 岩谷 潔, 2011: 2009年7月21日に山口県において発生した豪雨の特徴と土砂災害の概要. 自然災害科学, **29**, 471-486.
- 横田寛伸, 佐々木政幸, 2013: 静止地球環境観測衛星「ひまわり8号及び9号」の紹介. 気象衛星センター技術報告, (58), 121-138.
-