

高知県南西部で発生する大雨に地形が及ぼす影響について

一 広 志*

1. はじめに

高知県地方は我が国の中でも短時間強雨が多発する地域であり、大雨の発生と強化・維持に関するメカニズムについて多くの研究がなされている。水野ほか(2009)は2006年9月に沿岸部で発生した線状降水帯の構造について考察している。その中で停滞性的大雨発生要因には沿岸前線の形成と南からの強い下層の暖湿気塊の輸送が必要条件であると述べ、沿岸前線の形成には大気の流れが山地によってせき止められ、「よどみ」を生ずることで山越え気流を発生させない「山の力学効果」の作用で冷気が蓄積されることが不可欠であると説いている。局地的な現象の予報精度のさらなる向上には、現象の実測データの解析とその結果の合理的な説明と理解に立脚した事例解析の積み重ねが不可欠である。本調査は、この視座に基づき、2012年4月22日に高知県南西部で発生した大雨を事例として採りあげ、近年5年間の4月の平均降水量分布ならびに他の多降水発生事例と比較することで、降水の成因ならびに降水分布の形態による地形が及ぼす影響の差異を明らかにすることを目的とする。

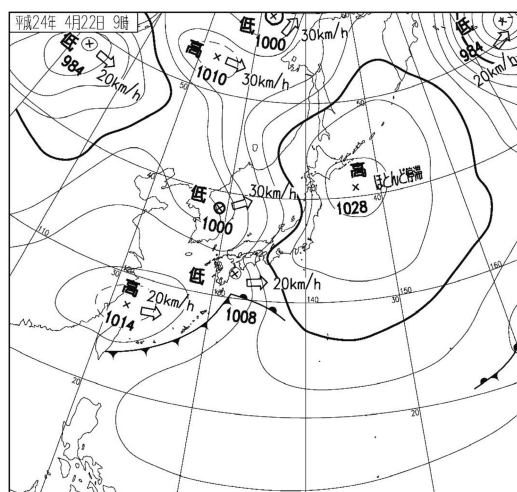
2. 総観場の概況

22日09時の地上天気図(第1図)によると、日向灘北部に1008 hPaの低気圧の中心があり、四国の南方海上に温暖前線が形成されており、寒冷前線は南西諸島近海に延びている。この低気圧は15時にかけてほぼ停滞し、21時には四国沖に達している。ほぼ降水イベント期間を通して、高知市付近は気圧の極大域となっている。09時の850 hPa面においては九州地方から本

州の日本海沿岸にかけて南～南西寄りの風による暖気移流が認められる(図略)。

3. 降水の概況

22日の高知県内における AMeDAS および気象官署による日降水量分布を第2図に示す。特徴として、多降水域が極めて局地的であることが挙げられる。最多降水量観測地点は県南西部(幡多地方)の三崎で352 mmに達している。三崎における日降水量は、2005年10月からの統計期間中で最大である。この値は4月の日降水量で統計期間中の2位となる2008年4月7日の163.5 mmを200 mm近く上回っている。また、近傍の清水、宿毛、中村における4月の日降水量の最大値は100～150 mmであり、これらの約2～3倍に達している。本事例の降水は4月21日の夜から始まり、22日の朝より強まって昼前後には 50 mm h^{-1} を超える大



第1図 2012年4月22日09時の地上天気図(気象庁天気図より)。

* Hiroshi HAJIME, 日本気象予報士会四国支部。

kitutuki@jasmine.ocn.ne.jp

© 2013 日本気象学会

雨となり、夕方には終息している。降雨強度の推移より、降水イベントは06時頃までを発生期、その後10時頃までを強化期、それから正午頃にかけてを最盛期、14時頃にかけてを衰弱期、それ以降を終息期と区分することができる。

降水分布の局在性をより明らかにするために、幡多地方南部に展開されている国土交通省および高知県管轄の観測所の12地点のデータを併用して三崎周辺の詳細な日降水量分布図を作成した。観測点の配置状況と日降水量分布を第3図に示す。これらの地点で最多降

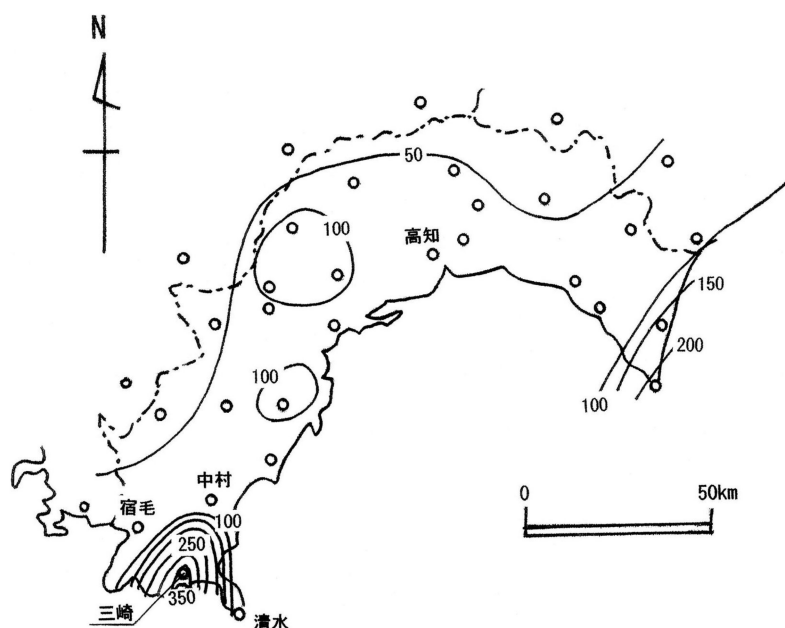
水量を観測した地点は土佐清水市中心部の北方に位置する以布利川ダム（地点番号2）で383 mmに達している。多降水域は三崎から以布利川ダムを中心軸としてほぼ東西方向に形成されている。

この大雨の発生機構について、四国南西部の宿毛と清水の風向・風速と気温、相対湿度のデータから得られる地表での水蒸気輸送量の違いに着目して解析した（第4図）。宿毛における北向き水蒸気輸送量から清水における北向き水蒸気輸送量を引いた値は降水イベント中は負となっており、その絶対値の時間変化は三崎における降水強度の時間変化と良く対応している。これから、大雨は標記領域における水蒸気の南北方向の収束にほぼ対応しているといえる。

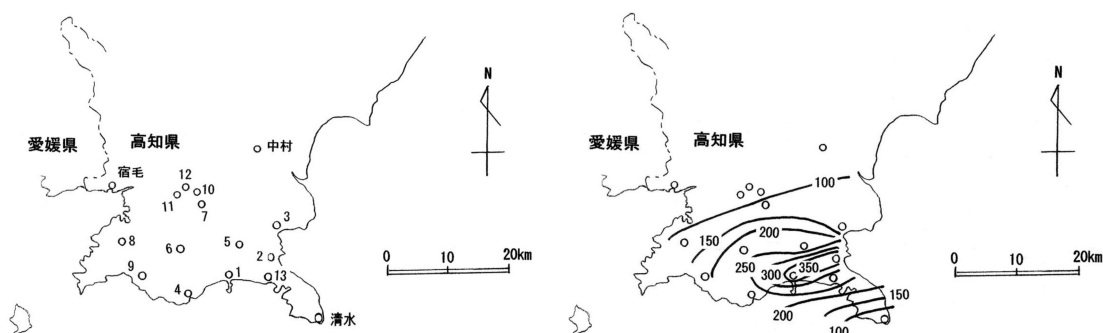
4. 地形の影響についての考察

4.1 近年5年間の平均降水量分布と当事例との比較

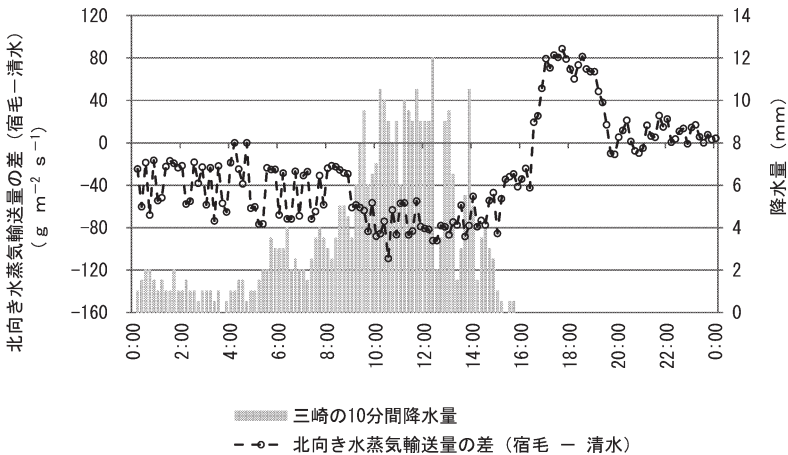
幡多地方南部における平均的な降水分布の形態を把握するため、第3図で番号を付して示した13地点の雨量観測所のデータが入手できた2007年から2011年までの5年間における4月の月間降水量の平均値を算出した。その分布を第5図に示す。図中のA-Aの破線



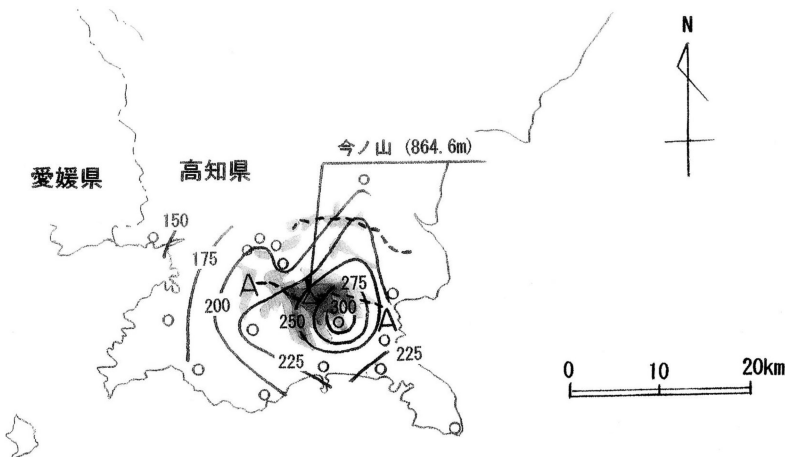
第2図 2012年4月22日の気象官署およびAMeDASによる高知県地方の日降水量（mm）の分布ならびに本調査で採りあげた観測点の位置関係。



第3図 三崎周辺の雨量観測点と日降水量。左図：観測点の配置状況（番号は第1表の名称に対応）、右図：日降水量（mm）の分布。



第4図 宿毛と清水における北向き水蒸気輸送量の差と三崎における降水量の推移。



第5図 幡多地方南部における4月の平均月間降水量 (mm, 2007~2011年の平均値)。破線は主要な分水嶺を示す。薄い陰影は標高300 m 以上、濃い陰影は標高500 m 以上を示す。

は今ノ山 (864.6 m) を主峰とする当地域で最大規模の分水嶺である。平均降水量が最大である観測地点は今ノ山の南東麓に位置する益野で319 mm に及んでいる。その周辺の観測点における値は200~240 mm であり、多降水域を形成している。西部の宿毛では150 mm を下回っている。当事例における多降水域の中心軸は、5年間平均値で見た多降水域の中心よりも南東の海岸方向に位置していることがわかる。

4.2 地形と降水との関係

まず、幡多地方南部における降水と地上風との関係を把握するため、当地域に展開されている前節で述べ

た13の観測点の中から前述の5年間において連続雨量が概ね100 mm 程度に達した地点が出現した事例について、その地点の降水量と清水特別地域気象観測所での風向との対応を調べた。当該事例は7例あり、そのうちの5例で降水のピーク時の南風成分は正の値であり、ほぼ0で推移していたケースが1例見られた。また、西風成分については5例で負の値で推移していた。以上に、幡多地方南部における主要な分水嶺の走向がほぼ東西方向であり、主要河川の流下方向が北から南もしくは西から東であることを併せると、南~南東寄りの風が吹いた場合に地形による強制上昇に起因した降水量の増幅が起きやすくなると予想される。地形が降水に及ぼす影響をより具体的に把握するため、先述の13地点の雨量データを用い、当事例と連続雨量が概ね100 mm 程度に達した観測地点が出現した7事例、ならびに5年間平均の4月の月間降水量のそれぞれについて以下の解析を

行った。まず、観測点の南東象限における海面までの最短距離を国土地理院発行の1:50000地形図より読み取り、この値と降水量との関係を調べた。次に、各観測点の風下側となる観測点の北および北西方向における直近の海拔高度の極大点を前述の地形図より読み取り、2点間の水平距離 D と高度差 H を求める。 $\tan^{-1}(H/D)$ で観測点と考察の対象となる尾根とが高さ方向になす角度が得られる。これを地形の急峻度と定義し、また、各観測点の風上側の南および南東方向についても同様の計算を行い、こちらは地形の遮蔽度としてそれぞれと降水量との関係について調べた。地

第1表 幡多地方南部に展開されている雨量観測点の名称と地形データ。

第3図上の 番号	観測点名	標高 (m)	南東象限の 海面までの 最短距離 (m)	卓越風の風下側の 地形の急峻度 (北～北西方向)		卓越風の風上側の 地形の遮蔽度 (南～南東方向)		所管
				北方向 角度 (°)	北西方向 角度 (°)	南方向 角度 (°)	南東方向 角度 (°)	
1	三崎	9	750	7.812	6.741	0.000	0.000	気象庁
2	以布利川ダム	41.5	1400	5.944	6.148	3.719	4.777	高知県
3	下ノ加江	5	1250	8.904	6.350	10.437	0.000	
4	貝ノ川	4.5	350	7.671	9.489	11.982	0.000	
5	益野	300	6500	20.556	12.251	3.923	6.624	
6	出合	65	6500	10.335	10.808	10.647	23.886	
7	三原	160	11850	0.881	11.703	17.745	12.155	
8	弘見	100	5150	0.573	4.289	1.676	1.637	
9	姫ノ井	80	2350	3.603	11.310	15.945	3.979	
10	清水川橋	104	13600	10.530	12.043	12.013	10.496	国土交通省
11	久礼広橋	92	15000	18.521	5.058	12.164	15.216	
12	中筋川ダム	100	15000	2.545	4.399	7.431	4.865	
13	清水	3	1500	3.524	6.399	10.942	9.348	高知県

第2表 幡多地方南部の4月の平均降水量と地形との関係。

目的変数 y	説明変数 x	回帰式 $y = ax + b$	相関係数 r	データ数 n
4月の 月間降水量の 5年間平均値 (mm)	北方向の地形の急峻度 (°)	$y = 4.345x + 179.47$	0.687*	13
	北西方向の地形の急峻度 (°)	$y = 3.592x + 183.79$	0.283	
	南方向の地形の遮蔽度 (°)	$y = -3.045x + 241.14$	-0.421	
	南東方向の地形の遮蔽度 (°)	$y = 0.340x + 210.92$	0.061	

相関係数 r の右上に * を付したものは 5%水準の t 検定で有意なものであることを示す。

形の遮蔽度を算出するにあたり、南もしくは南東方向に標高の極大点が認められない状態で海上に至っている観測地点については、この値は 0 とした。各観測点の地形の急峻度および遮蔽度を第1表に、急峻度ならびに遮蔽度と降水との関係を第2表と第3表にそれぞれ示す。

降水量と地形との関係について、5年間平均値で捉えた場合、観測点の南東象限における海面までの最短距離との間には相関関係は認められず、観測点の北方向の急峻度との間には 5%水準の t 検定で有意な正の相関関係が認められ、風上側の遮蔽度については 5%水準の t 検定で有意な値は得られないものの、南方向においてこれが大きくなるにつれて降水量が減少する傾向がある。これより、降水の生成に地形が及ぼす影響を評価すると、南寄りの風が強制上昇の作用を受け

る程度が最も強く、次いで南寄りの風の流入のしやすきの程度が作用しているものと考えられる。

次に、連続雨量が概ね 100 mm 程度に達した観測地点が出現した 7 事例について分析する。各降水事例ごとの降水量と地形因子との相関係数の一覧を第4表に示す。最多降水量観測地点は事例番号 1 の 1 例のみが沿岸部の三崎であり、他の 6 例は内陸山間地の益野もしくは出合である。降水量と地形因子との関係について考察すると、前者においては南方向の遮蔽度との間の負の相関関係が最も強くなっており、南寄りの風の流入のしやすさが降水の生成に寄与していることが推察される。後者では沿岸部の三崎、貝ノ川などでも内陸山間地と同程度の降水量を記録した事例番号 2 の 1 例を除くと 5 年間平均値とほぼ同様の傾向を示し、北方向ないし北西方向の急峻度との間の正の相関関係が

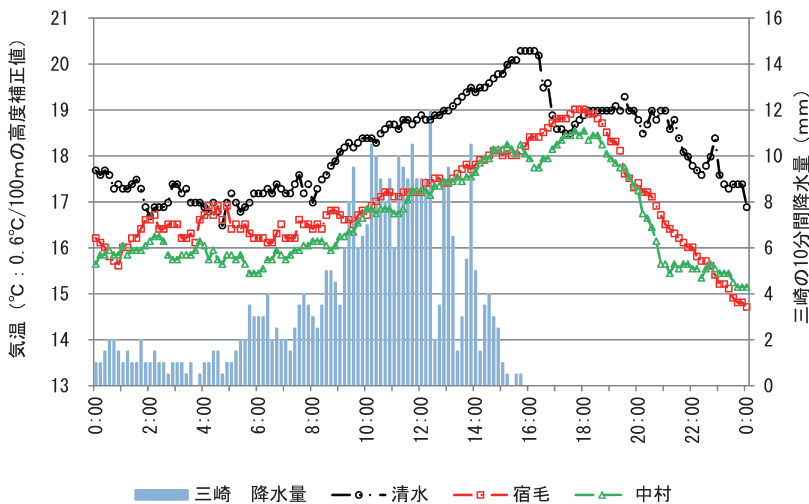
第3表 2012年4月22日の幡多地方南部の降水量と地形との関係。

目的変数 y	説明変数 x	回帰式 $y = ax + b$	相関係数 r	データ数 n
日降水量(mm)	北方向の地形の急峻度(°)	$y = -0.546x + 198.64$	-0.033	13
	北西方向の地形の急峻度(°)	$y = 0.013x + 194.28$	0.000	
	南方向の地形の遮蔽度(°)	$y = -7.658x + 264.26$	-0.407	
	南東方向の地形の遮蔽度(°)	$y = -2.544x + 212.58$	-0.176	

第4表 多降水観測事例における降水量と地形因子との相関係数の一覧。

事例番号	発生年月日	最多降水量観測地点		降水量と地形因子との相関係数			
		地点名	降水量(mm)	急峻度		遮蔽度	
				北方向	北西方向	南方向	南東方向
1	2008年4月7日	三崎	163.5	-0.000	-0.109	-0.439	-0.423
2	2008年4月16日 ～17日	益野	107	0.248	0.266	-0.328	0.077
3	2008年4月23日 ～24日		198	0.570*	0.266	-0.321	-0.045
4	2009年4月14日		114	0.633*	0.094	-0.457	0.106
5	2010年4月9日		105	0.404	0.407	-0.133	-0.036
6	2010年4月27日	出合	149	0.341	0.593*	0.156	0.719**
7	2011年4月22日 ～23日	益野	95	0.472	0.267	-0.183	0.251

- ・降水量は標記暦日における値である。
- ・データ数は各事例ともに13である。
- ・相関係数の右上に**を付したものは1%水準の t 検定で有意なものであり、*を付したものは5%水準において有意なものであることを示す。



第6図 三崎の降水と周辺の気温の推移。

強い。これから南寄りの風が強制上昇の作用を受ける程度が降水分布の形成に強く反映されていると考えられる。事例番号2においては、連続降水量は南方向の遮蔽度との間の負の相関係数が最も強くなっている。

当事例においては、観測点の南東象限における海面までの最短距離との間には1%水準の t 検定で有意な正の相関係数が認められる一方、風下側の急峻度との間には相関係数は認められない。風上側の遮蔽度については、5年間平均値と同様に5%水準の t 検定で有

意な値は得られないものの、南方向においてこれが大きくなるにつれて降水量が減少する傾向がある。これらより、当事例においては南寄りの風の流入のしやすさが降水分布の形成に影響していると考えられる。降水量と南方向の遮蔽度との相関係数については、5年間平均値の方がやや高い値を示している。多降水域の中心軸が海岸の近くに形成されており、岬端部の清水特別地域気象観測所では降水イベント中を通して気温が中村および宿毛よりも高い値で推移していることを併せると（第6図）、当事例の降水イベントは沿岸前線によるものと推定される。

5. まとめ

当地域での降水の生成に地形が及ぼす影響について考察すると、5年間平均値および7例のうち1例を除いた多降水事例では内陸山間地が最多降水量を記録し、そのうち5ケースでは南寄りの風を強制上昇させる地形の作用が降水分布に強く反映されていると考えられる。沿岸部で多降水となった当事例の降水分布は、南寄りの風の流入のしやすさの影響を受けてお

り、沿岸前線に起因した収束によってもたらされたものと推定される。

謝 辞

本調査を遂行するにあたり、京都産業大学名誉教授の藤井 健先生から懇切にご指導いただき、日本気象予報士会の皆様から有意義な多くのご助言をいただきました。また、高知県幡多土木事務所土佐清水事務所の高木竜太氏および同宿毛事務所の美馬昌典氏、米津昌宏氏から高知県ならびに国土交通省管轄の雨量観測データを提供していただきました。

査読者の方と、川島正行編集委員からは本調査全般にわたって貴重なご意見をいただきました。

以上の各位に心より御礼申し上げます。

参 考 文 献

水野善夫，谷口典史，田中滋司，依岡幸広，2009：2006年9月6日の高知県沿岸に発生した線状降水帯について。日本気象学会関西支部例会講演要旨集，(118)，1-4。