

## 異常豪雨の長期的増加傾向と土砂災害の気象条件予測

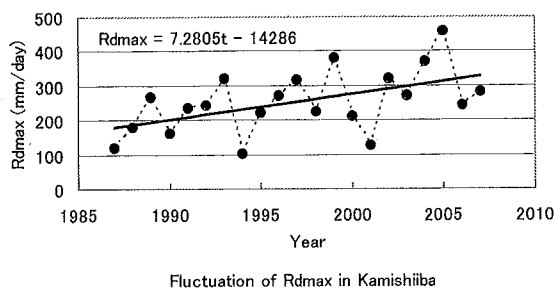
九州大学大学院農学研究科森林保全学研究室 ○久保田哲也、Hasnawir

## 1. はじめに

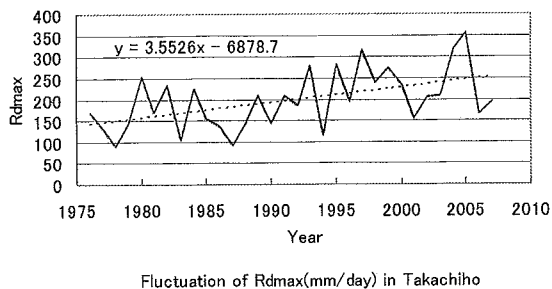
21 世紀が始まって以来、地球規模の気候変動が注目され、地球温暖化に伴い土砂災害の原因となる豪雨が増加するとされている。また、降雨極値や強雨頻度は増加傾向にあることが知られている (Iwashima et. al. 1993、気象庁 2005、久保田他 2007)。本研究では九州と中国地方における強雨発生経年変化とその周期など豪雨の長期動向と災害発生周期との関連などを知り、土砂災害を生じる気象条件予測について検討を行った。

## 2. 解析手法

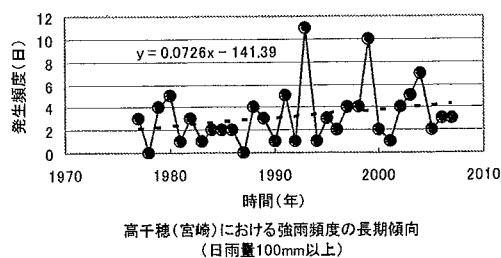
研究には九州・中国地方の山地の気象観測所や土砂



(a)上椎葉 Rd (標高 420m : 順位相関 5%で有意)



(b)高千穂 Rd (標高 350m : 順位相関 1%で有意)



(c)高千穂の 100mm/day 以上の強雨頻度長期変動 (30 年間。順位相関は有意ではないが、増加傾向。)

図 1 宮崎県上椎葉と高千穂の年最大日雨量 Rd 長期変動と強雨頻度の変動 (図中の式は回帰直線)

災害の多い鹿児島県の永年データを用いた他、災害史や官庁の災害報告、新聞記事や気象庁の気象統計などを用いた。長期トレンドの解析には、Kendall の順位相関解析を用い (浅沼他 2004 など)、周期解析には、自己相関からパワースペクトルを求める標準法 (Blackman-Tukey 法) を用いた (サンプリング時間 1 年、遮断周波数 0.5 (1/年))。

## 3. 結果と考察

## 3. 1 トレンドの解析 (図 1)

既往研究では九州・山口のほとんどで極値増加傾向が見られるが (久保田他 1997)、ここでは代表地点として災害の多く見られる鹿児島県、宮崎県上椎葉、高千穂と比較のため中国地方の蒜山高原にある岡山県上長田や鳥取大学蒜山演習林について解析したが、鹿児島と宮崎県各地では 1% または 5% の有意水準で最大日雨量の増加傾向が見られた。気温観測データのある地点では日最高気温も有意に上昇している。一方、蒜山や山陰地方では、気温に上昇傾向は認められるが、雨量の傾向は明確でなく、減少さえ見られた。

## 3. 2 降雨周期と災害周期の解析 (図 2、図 3)

長期データのある鹿児島県のパワースペクトルを求め、

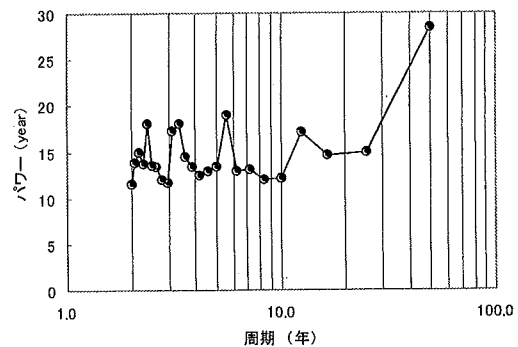


図 2 鹿児島県の 100mm/day 以上の強雨頻度の周期

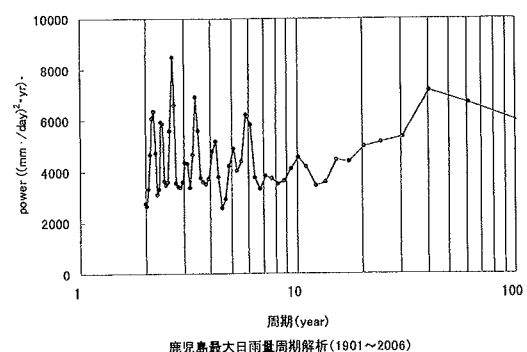
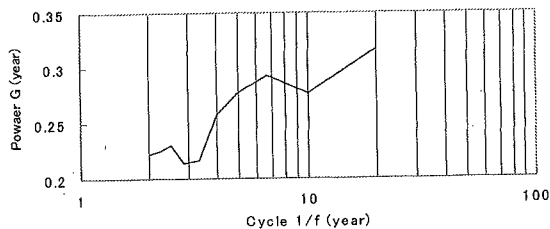
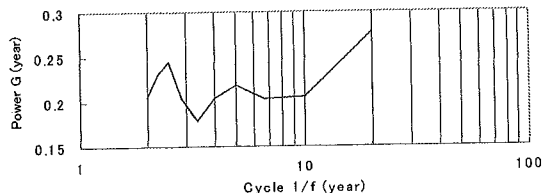


図 3 鹿児島県の年最大日雨量発生周期 (1901-2007)



Kagoshima disaster cycle (1900-2007)

(a)



Disaster Cycle in Miyazaki (1900-2007)

(b)

図4 広域的土砂災害の発生周期 (a)鹿児島、(b)宮崎  
強雨の頻度、雨量極値の両者に対して、ENSO（エルニーニョ南方振動）の周期と、太平洋数十年変動（松浦2005）と一致する周期を持つと考えられる結果を得た。また、広域的な土砂災害の周期も概略は大雨の周期と一致すると思われる（図4）。このことは、広域的土砂災害発生周期が地域開発など他の攪乱要因の影響を受けず、強雨発生周期に依存することを示唆する。

### 3. 3 地球温暖化の影響に関する考察

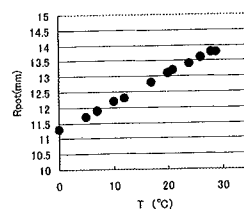
地球温暖化に伴う飽和水蒸気圧の増大や海面温度上昇による水蒸気供給量の増加と対流の活発化によって、一般論としては、豪雨の強度・頻度とも増すと思われる。しかし、前述のように降雨の増加は地域性が強く、中国山地東部や山陰地方東部では、西方からの水蒸気供給が増加しないためか、降雨の増加は明確ではない。このことは気象庁の行った高解像度気象力学モデルによる数値予測（気象庁2005）の傾向とほぼ一致し、豪雨の形成には、総観～メソ規模大気循環場の影響や地形性降雨の作用が重要と思われる。そこで、地形性降雨が凝結水蒸気量から推定できるものとして、簡便な計算を行い、その気温などとの関連を考察した（図5）。

地形により強制上昇させられる空気塊の含む水蒸気量すべて（上昇した単位気柱内の凝結水蒸気量の総和がすべて）が、地形性降雨になるものと考え、下式から地形水蒸気積分量“Rot (mm)”を得、これを時間あたりに換算し、地形性時間雨量“Rpot”とした。

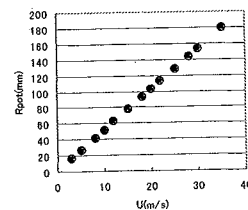
$$\text{Rot} = \int_s \{d(qs)/dt\} dp \quad \dots \quad (1)$$

ここで、qs：飽和混合比、 $\int_s$  dp：上昇した飽和層に対する積分、p：気圧、t：時間。

図5の計算結果や中国地方のトレンド解析の結果より、局地的気温の上昇よりも風速や外部からの水蒸気供給が雨量の増加には大きく左右することが見て取れる。すなわち対象山地への風の収束状況や、上昇気流、上空の比湿など「気象パターン」を把握することが重要である。従って、温暖化の影響か、九州では雨量の



地上気温Tと可降水量Rpotの関係  
(風速分布図一、気象庁発表資料は米子の高層気象データ使用)



地上風速Uと地形性可降水量Rpot  
(台風発生分布は米子の気象、気象庁発表資料一三)

図5 凝結水蒸気量（可降水量）計算値の気温による変化（左）と風収束による地形性降雨増加（右）  
（蒜山高原：標高760m、米子の高層気象データ使用）

増加が見られるが、土砂災害の発生は、総観～メソ規模の気象パターンや地形性降雨を促す気象条件から予測することが重要と考える。さらに、周期解析からは、地球温暖化とは別に ENSO のような地球規模の気象変動に伴う強雨が周期的に生じることに留意する必要があると考える。

### 5. まとめ

①九州地方では強雨の極値とその頻度とも明確に増加傾向にあり、周期変動も有すると考えられる。今後、土砂災害危険箇所の判定や警戒避難基準雨量を考える際には、これらの長期的変動を考慮する必要がある。

②梅雨入りは有意に早くなっている（小川他2006）ものの、中国山地東部では雨量の増加は明確でないなど、トレンドは地域により一定ではない。③気温上昇のみによる降雨増加は大きくないことも分かった。④従って、気候変動にともなう地形性降雨や風の収束（図6：海外でも有用な要因）など「気象パターンの変化」を地域ごとに把握し、短時間降水予測・警戒避難基準のあり方や、気象パターンに基づく広域予測（図7）等を検討する必要があると考える。

文献：◆浅沼順他（2004）：我が国におけるパン蒸発量の長期変動と水循環変動との関わり、天気、51(9)、667-678。◆Iwashima, T., et. al. (1993): A statistical analysis of the extreme events: Long-term trend of heavy precipitation, Journal of Meteor. Soc. Japan, 71, 637-640。

◆気象庁(2005)：異常気象レポート2005、55-68。◆気象庁(2005)：地球温暖化予測情報、6巻9-44。◆久保田哲也 他(2007)：土砂災害をもたらす異常豪雨の九州地域における長期的増加傾向の解析、平成19年度砂防学会研究発表概要集28-29。◆小川 滋 他(2006)：土砂災害の警戒・避難システム、九大出版会、60。



図6 インドネシア Sulawesi 島南部の土石流発生時の地形性積乱雲(07年2月)

点線矢印は上空の風向



図7 気象パターンによる土砂災害予測ソフトの例