

研究論文

気候変化による宮崎県の降水量とその分布への影響

竹下 伸一

宮崎大学農学部生産環境システム学講座

(2009年11月26日 受理)

Influence on precipitation and the distribution in Miyazaki prefecture with climate changes

Shinichi TAKESHITA

Division of Agricultural Environmental Systems, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

Summary : To estimate the precipitation variation in Miyazaki prefecture, the precipitation values predicted by Japanese standard climate scenario were the statistically downscaled using the climate data. Results are summarized as follows. At first, the annual precipitation will increase in future, especially greatly 50 years later. The precipitation of mountains area increases, and of plains area decreases. Second, the precipitation of the summer and autumn will increase in future around the north mountains area. but the precipitation of the winter will decrease in future around the plains area. These results show influencing irrigation resources for early-season rice-culturing, the floods of the mountains area increase in future. In addition, the future precipitation change was investigated in comparison with the past precipitation change that referred to the documents about the secular variation in the precipitation characteristics. As a result, the future precipitation change accorded with the past it in annual and autumn. However, the precipitation change didn't accord by the other seasons.

Key words : Global warming, Precipitation amount, Precipitation distribution, Statistical downscaling.

緒言

近年、地球温暖化が確かなものとされ、様々な分野でその対応策が急がれている。IPCCの第4次報告書 (IPCC, 2007) によると、地球温暖化は平均気温の上昇をもたらすだけでなく、降水特性をも変化させるとし、水資源への影響を指摘している。世界の水資源の約7割は農業に利用されていることから、将来の食料供給への影響がとくに懸念されている。

降水は季節や地形の影響を強く受けることから、

局地的な差異が非常に大きい。そのため、降水特性の変化を把握するためには、個別の検討が必要とされ、国や地域スケールでの解析が多く行われている。たとえば、Liu *et al.* (2008) は、中国黄河流域における81地点の降雨データを解析し、降雨量が増加する地域と減少する地域が混在することを示している。近森・永井 (2002) は岡山県の日降雨量を検討し、近年日最大降水量の生起確率が上がりつつあることを指摘している。竹下ら (2007) は、宮崎地方気象台の104年の日降雨量デー

タを用いて降雨パターンの経年変化を検討し、総降雨量と降雨日数の減少、春と秋の無降雨期間の増加傾向を指摘している。さらに竹下(2008)は、宮崎県内10地点における30年のアメダスデータの解析により、全地点の総降雨量の増加と降雨日数の減少、春の無降雨期間の増加、県南部の豪雨の増加傾向を指摘しており、宮崎県における降水特性が変化していることを明らかにしている。

宮崎県は年降水量が2,500 mm強と、全国平均の1,700 mmを優に超え、その豊富な水資源と温暖な気候を利用した農業が盛んに営まれている。しかし、宮崎平野を中心に広がるシラス台地の農業は、意外にも昔から干ばつの被害が多く、1950年代からはじまる畑地かんがい事業に支えられている部分が多い(河野, 2009)。加えて、全国的にも豪雨災害が多い地域とされるため(内嶋ら, 2003)、近年の降水特性の変化に加えて、地球温暖化によってさらに降水特性が変化するならば、宮崎県の農業に大きな影響が及ぶ恐れがある。したがって将来の降水特性の変化の兆候を事前に把握し、評価しておくことは、今後の宮崎県の農業とその水利用上の対策を講じる上で有用な情報となると考えられる。

そこで本研究では、気象庁の「気候統一シナリオ」による将来気候の予測結果に基づいて、50年

後、100年後の宮崎県の降水量とその分布を算出し、降水特性の変化について考察することを目的とする。

ダウンスケーリング手法

1. 解析に用いるデータ

本研究では、気象庁/気象研究所より「気候統一シナリオ」として提供されているAOCGCM2 (Atmosphere-Ocean Coupled General Circulation Models) による温暖化予測実験の出力結果のうち降水量の再現性を向上させた第2版 (MRI-RCM20-Ver.2) を用いる。この温暖化予測実験ではIPCCがとりまとめた4つのシナリオ (SRES: Special Report on Emission Scenarios) のうち、A2シナリオに準拠している。A2シナリオは「多元化社会シナリオ」と呼ばれ、世界の各地域が固有の文化を重んじ、多様な社会構造や政治構造を構築していくことによって、世界の経済や政治がブロック化していくことを想定している。このため、アジアなど石炭の豊富な地域では石炭依存度が低下せず、温暖化ガス排出も高水準となる(環境省地球環境局, 2001)。温暖化予測結果は、地域気候モデル (RCM20) を用いて日本周辺を計算領域としたネスティングによって水平解像度20 kmのデータに出力されている。さらに、本研究ではこの水平解像度20 kmの出力結果を農業環境技術研究所によって第2次メッシュに調整したものを降水量データとして用いる。なお、第2次メッシュとは国土地理院発行の2万5千分の1地形図の1図葉の区画に対応し、1辺の長さは約10 kmである。宮崎県を覆う85個の第2次メッシュの降水量データを対象とし、1981~2000年(現在気候値)、2031~2050年(中間気候値)、2081~2100年(将来気候値)の3期間について解析した。解析は各期間における平均年降水量と各季節の平均降水量(春:3~5月, 夏:6~8月, 秋:9~11月, 冬:12~2月)について行った。

2. 参照データの概要

本研究は降水量の空間分布を算出してその特性について検討するが、解析に用いる第2次メッシュの降水量データでは、空間分解能が粗いためこのままでは空間特性について十分に検討できない。

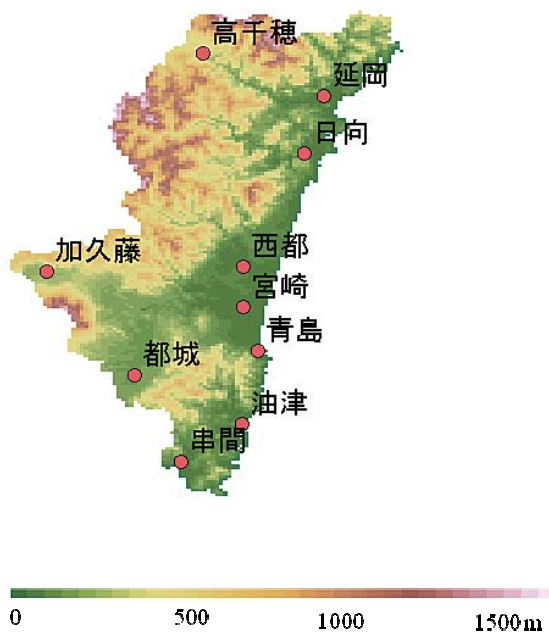


図1. 宮崎県の標高の概要とアメダス観測点の位置

そこで宮崎県を覆う85個の第2次メッシュの降水量を、さらに第3次メッシュにまで統計的に内挿しダウンスケールする。ここで第3次メッシュは、第2次メッシュを緯線方向及び経線方向に10等分してできる区域で、1辺の長さは約1kmである。統計的に内挿するための参照値としてメッシュ気候値を利用した。降水現象は標高と関係が深い地形性降水、対流性降水、前線性降水、低気圧性降水などがあり、これらは互いに独立したものではなく、1つの降水イベントが複数のタイプによって構成されることが多い(山中, 2009)。そこで本研究では、過去の平均的な降水量分布は様々なタイプによって構成される各地点に特徴的な降水現象を反映しているものと仮定し、これを参考に降水量の空間分布を推定することとした。本研究では実績降水量分布としてメッシュ気候値を採用した。

3. ダウンスケール手法の概要

前述の通り、85個の第2次メッシュ降水量と、

第3次メッシュのメッシュ気候値を用いて、以下の手順でダウンスケールを行った。

メッシュ気候値の降水量を用いて、第2次メッシュ空間平均値を算出する。すなわち、100個の第3次メッシュの降水量の平均を求め、1個の第2次メッシュ降水量とする。次に、(1)式を用いて各第3次メッシュ降水量の第2次メッシュ降水量に対する比、すなわち各第3次メッシュの実績降水量についての空間的な重み $Wr(i,j)$ を求めた。

$$Wr(i,j) = \frac{PR3(i,j)}{PR2(i)} \quad (1)$$

この重みを用いて、(2)式より、第2次メッシュ降水量 $PR2$ から、第3次メッシュ降水量 $PR3$ へダウンスケールした。

$$PR3(i,j) = PR2(i) \times Wr(i,j) \quad (2)$$

結果および考察

1. 降水量分布

ダウンスケールした第3次メッシュ温暖化予測降水量分布を、図2に年、図3に春、図4に

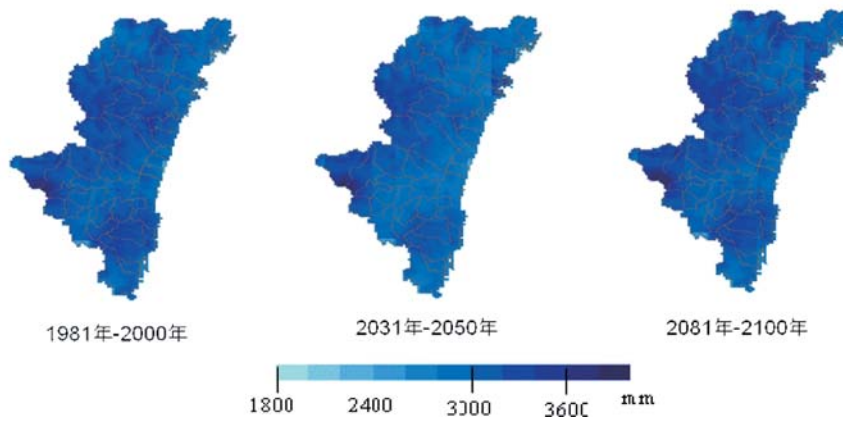


図2. 年降水量分布図

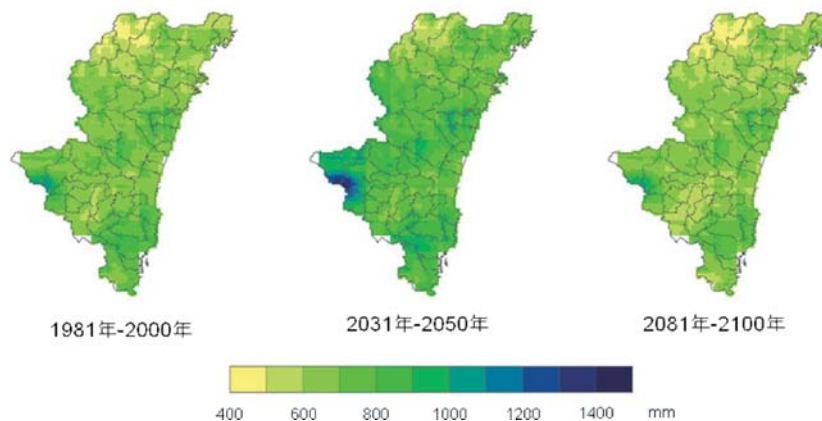


図3. 春(3月~5月)の降水量分布図

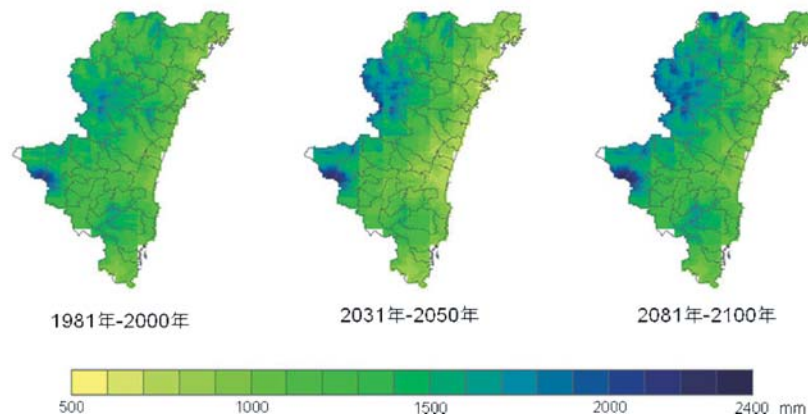


図4. 夏(6月～8月)の降水量分布図

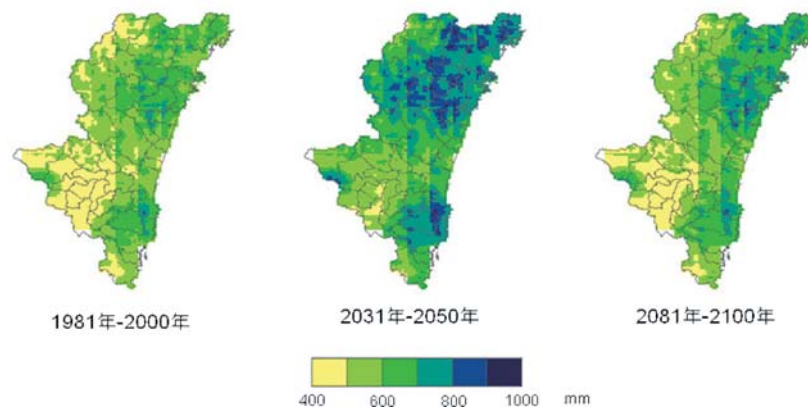


図5. 秋(9月～11月)の降水量分布図

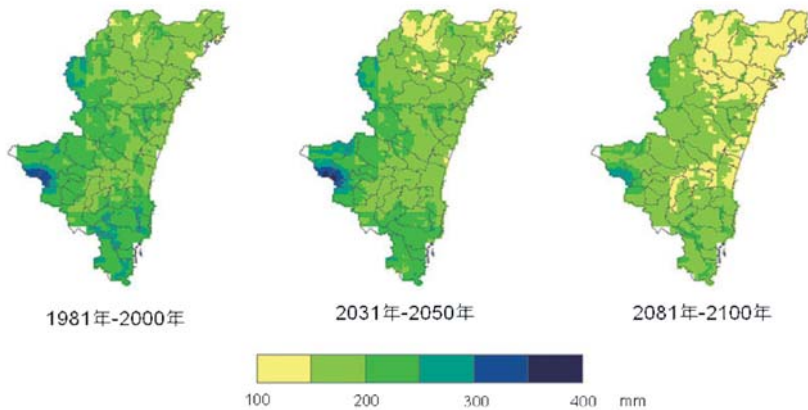


図6. 冬(12月～2月)の降水量分布図

夏, 図5に秋, そして図6には冬について示した。

年降水量の県全体の予測値は現在気候値2,723 mm, 中間気候値2,887 mm, 将来気候値2,775 mmであり, 将来の降水量は増加するが, その経時変化は50年後に一度増加し, その後やや減少すると予測されている。同様の結果は, 気候統一シナリオを用いた降水特性を解析した研究で報告されており(例えば, 佐山ら, 2008), 予測に用いたシ

ナリオやMRI-RCM20-Ver.2の性能によるものであると考えられるため, この点について他の報告(例えば, Okada *et al.* 2009)に譲るとして, ここで詳細には触れない。降水量の分布については, 現在気候値と将来気候値では顕著な差は見られないが, 中間気候値を見ると平野部の降水量が減少し, 内陸部の山間地の降水量が増加している。この山間地における降水量の増加は, 1977年～2005

年のアメダス観測値による降水量の解析でも確認されている(竹下, 2008)。

季節毎に見ると、春は中間気候値で全般的に増加し、将来気候値は現在気候値よりも減少している。中間気候値における降水量の増加は県西部、加久藤付近で顕著である。将来気候値における降水量の減少は平野部が中心となっているが、山間地でも県北部の高千穂周辺における降水量の減少が著しい。夏については中間気候値は現在気候値よりも増加し、さらに中間気候値よりも将来気候値の降水量が増加している。とくに県北部山間地で著しい降水量の増加を示している。一方平野部では、とくに中間気候値で減少が目立っている。秋については、中間気候値の降水量の増加が著しいが、将来気候値では中間気候値に比べ若干減少している。しかし、現在気候値より中間気候値、将来気候値ともに降水量は多くなっている。中間気候値における増加は北部、南部の山間地で顕著である。一方、中間気候値に対する将来気候値の降水量の減少は、都城盆地周辺で顕著となっている。夏や秋のこのような山間部の降水量の増加は、現在でも頻発している土砂崩れや洪水被害の増加が危惧される。冬については、中間気候値、将来気候値と年を経るにつれて降水量が減少しており、とくに県北部で著しい。また将来気候値では平野部全域で降水量が減少している。1971年から2000年の降水量を分析した内嶋ら(2003)は宮崎県の冬季の月降水量は寡雨傾向にあると報告しており、早期に水稻移植を行う宮崎県内の多くの地区では、春先の田植えに具えるため、古くからため池によって冬季の降雨を溜め、灌漑水を確保してきた。しかし、ここで示されたようにさらに冬季の降水量が減少するとなると、今後早期水稻栽培の水源確保が現在より厳しくなると考えられる。

2. 過去の変化傾向との比較

ここまでに示した温暖化予測による今後の降水量の変化を、これまでに観測されている降水量の変化傾向と比較し、降水特性の変化についてその一致度を検証する。これまでに観測されている降水量の変化傾向については、竹下(2008)による総降水量についてのトレンド検定結果を参考にアメダス観測点の増減を調べ、表1に示した。また将来の変化傾向については、中間気候値が現在気

表1. アメダス観測点毎の文献値(竹下, 2008)による過去の降水量変化と将来の降水量変化

	過去		将来		過去		将来		過去		将来	
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春
高千穂	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-
延岡	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
日向	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-
加久藤	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
西都	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-
宮崎	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
青島	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
都城	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
油津	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
串間	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-

ここで過去とは1977年から2006年の30年について、増加傾向の場合「+」、減少傾向の場合「-」としている。一方、将来とは温暖化予測降水量の現在気候値を基準として中間気候値の降水量が増加している場合は「+」、減少している場合は「-」としている。

候値に比べて増えている場合を「+」、減っている場合を「-」として算出し、併せて表1に示した。ただしほとんど変化が認められない場合は空白としている。

これを見ると秋の降水量については、過去、将来ともに増加しており全ての地点で傾向が一致している。年降水量については西都、宮崎、青島を除いた他の地点は傾向が一致している。一方、春と冬については過去と将来の変化傾向が正反対になっている。また、夏については延岡、日向、加久藤、西都では一致しているものの、高千穂、宮崎、青島、都城、油津、串間では一致していない。アメダス解析の結果は、実測値にもとづく傾向であることから、現在の降水量の変化傾向を示していると仮定すると、過去の変化傾向と将来の変化傾向が多く地点で一致していないことについて二つの原因が考えられる。一つは、現在用いられている温暖化予測モデルが、不確かさを多く含有し、現象を十分に評価できていないということ。もう一つは、温暖化のさらなる進行によって、降水の変化傾向が現在とは異なる局面へと変化する可能性があることを示唆していると捉えることである。現段階ではいずれの可能性も否定することができないため、今後も詳細に状況を把握していく必要があるとともに、あらゆる可能性を視野に入れた降水量の変化に対する各種の対策を考へておく必要があると考える。

まとめ

本研究では、気象庁の「気候統一シナリオ」による温暖化予測降水量を統計的にダウンスケーリングし、宮崎県における降水量とその分布について検討した。その結果、県内の年降水量は将来増加し、とくに50年後増えること、またその分布は山間地で増加し、平野部で減少すること、夏・秋は北部山間地を中心に降水量が増加すること、冬は平野部を中心に降水量が減少することが明らかとなった。また過去の降水特性について検証した文献（竹下, 2008）を参考に、温暖化予測による降水量と観測値の変化の一致度を検討したところ、春、夏、冬の傾向は一致せず、年降水量と秋は一致していた。

降水量の変化は、河川流量の変化などを引き起こし、治水・利水双方に影響を与える。温暖化による降水量変化の影響をより詳細に把握し、その対策を講じるために、今後は河川流域毎の降水量変化とそれによる河川流量の変化を具体的に検討していく必要がある。

要約

本研究では、気象庁の「気候統一シナリオ」による温暖化予測降水量を、気候値を用いて統計的にダウンスケーリングし、宮崎県における降水量とその分布について検討した。その結果、県内の年降水量は将来増加し、とくに50年後増えること、またその分布は山間地で増加し、平野部で減少すること、夏・秋は北部山間地を中心に降水量が増加すること、冬は平野部を中心に降水量が減少することが明らかとなった。これにより早期水稲のための水資源への影響や、山間部の洪水被害などの影響が推察された。さらに過去の降水特性についてまとめた文献を参考に、予測された降水量変化の一致度を検討したところ、年降水量と秋については一致したものの、春、夏、冬の傾向は一致していなかった。

キーワード：温暖化，降水量，降水分布，統計的ダウンスケーリング。

謝辞

本研究は宮崎県による委託事業「宮崎県農業に関する地球温暖化の影響調査」（代表：有限会社メテオエム）の一環として、宮崎気象利用研究会の協力の下実施されたものである。また研究で使用した温暖化予測値（日本域2次メッシュ気候シナリオVer.2）は農業環境技術研究所の西森技官より提供されたものである。ここに記して関係者に謝意を表す。

引用文献

- IPCC (2007) IPCC Fourth Assessment Report, <http://www.ipcc.ch/>. (参照：2009/7/16)
- 環境省地球環境局 (2001)：4つの社会・経済シナリオについて 「温室効果ガス排出量削減シナリオ策定調査報告書」, <http://www.env.go.jp/earth/earth/report/h13-01/> (参照：2009/7/23)
- 河野 広 (2009) 水が原を変える 台地かんがい農業・宮崎県からの報告. 鉦脈社. 宮崎. pp. 25-33.
- Lie, Q., Z. Yang, B. Cui (2008) Spatial and temporal variability of annual precipitation during 1961-2006 in yellow river basin, China. *Journal of Hydrology* **361**, 330-338.
- Okada, M., T. Iizumi, M. Nishimori, M. Yokozawa (2009) Mesh climate change data of Japan Ver.2 for climate change impact assessments under IPCC SRES A1B and A2, *J. Agric. Meteorol.* **65** (1), 97-109
- 竹下伸一・秋吉康弘・稲垣仁根 (2007) 宮崎における降雨パターンの経年変化. *Journal of Rain-water Catchment Systems.* **13**(1), 23-27.
- 竹下伸一 (2008) 宮崎における降雨特性の経年変化. *九州の農業気象* -17, 113-114.
- 近森秀高・永井明博 (2002) 岡山における日降雨特性の経年変化. *水文・水資源学会誌* **15**(5), 513-521.
- 内嶋善兵衛・竹前 彬・岩倉尚哉・平木栄二 (2003) 宮崎の四季と気象 地球環境科学へのいざない. 鉦脈社. 宮崎. pp. 170-201.
- 山中 勤(2009) 降水. *水文科学* (杉田倫明・田中正編著). 共立出版. 東京. pp. 51-74.