

近年の日本の平均降水量の経年変化

杉田 卓也* 大河内 康正**

Recent Tendency of the Average Rainfall in Japan

Takuya Sugita*, Yasumasa Okochi**

The global warming proceeds recently, because of increasing greenhouse gases emitted in the atmosphere by human activities. The global warming may change the local climate that is an important factor in our residential environment. With the global warming, the annual average temperatures are rising in almost all Japanese observatories, while the other weather variables have not been changing obviously. In particular the rainfall at any area is not recognized to be changing or to have any tendency in recent year. However, in this study, we investigate the AMeDAS data to consider the characteristics of the rainfall in Japan. One of the results in this investigation is that the annual average rainfall does not have a significant tendency, while there is a decreasing tendency in no rainfall days and an increasing tendency in weak rainfall (0-1mm) days almost all over Japan after 1980 to 2010.

キーワード：地球温暖化、降水量の長期変化、気候地域差

Keywords：Global Warming, Long term Tendency of Precipitation, Climatic Local Tendency

1. はじめに

現在、人類の経済活動によって温室効果ガスである二酸化炭素が多量に排出されていることから、地球全体の平均温度が徐々に上昇する「地球温暖化」が進行していると考えられている。IPCCは、2007年の年次報告書¹⁾の中で、地球温暖化は、各種の気候データや実測値から疑う余地がないとしている。全球の気温データは地球全球で平均0.74℃/100年の上昇率が観測されている。日本においては、1898～2008年にわたる100年間の17代表点の観測データから平均気温上昇率は1.11℃/100年²⁾と推定されている。

日本のAMeDAS観測データについても、気温では統計的に有意なレベルで上昇³⁾を示しているのに、他の気象要素には、気温のような単純なトレンドは見られない。特に関係が深い降水量の変化については、近年比較的少数の研究報告⁴⁾⁶⁾がなされているのみである。

気温と降水量の関係は単純でない。物理化学の法則として水蒸気量については、気温上昇に伴い、飽和水蒸気量が増加するために大気中の水蒸気量は当然増加する。

その結果として降水量も増加することが予想される。一方では、水蒸気の供給がない地域では乾燥が進むことも考えられる。また、降水の物理過程は複雑なので、大気を含む水蒸気量は必ずしも降水とは結びつかない可能性もある。湿った空気が集まることで豪雨となりやすい傾向と逆に干ばつになりやすい傾向も同時に現れやすいという可能性も考えられる。気象庁が発表している将来の気候予測²⁾によると温暖化に伴い、降水量は増加していくと推定されている。

上記のように理論的には、様々な可能性があることを踏まえ、本研究では実際に各観測所で観測された降水に統計的な傾向があるのかどうか、季節的特性、地域特性、降水形態および時間特性などに注目し、観測データに基づき詳細に検討する。

そのため本研究では、日本全国を7つの地域に分類して、気象データから地域気候特性を比較し、温暖化に伴う日本の平均降水量の経年変化についての解析を行い、今後の日本全国の各地方における降水量の変化の動向について推定する。

2. 使用データ

本研究では調査対象地域を日本全国とした。使用した観測データを以下に示す。いずれも気象庁ホームページに公開されている気象統計情報⁷⁾からダウンロードし

* 三菱化学エンジニアリング (株)
〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町 1-2-2
Mitsubishi Chemical Engineering Co. Ltd.,
1-2-2 Motoishi-chou, Chuou-ku Tokyo, Japan 103-0021

** 建築社会デザイン工学科
〒866-8501 熊本県八代市平山新町 2627
Dept. of Civil and Architectural Engineering, 2627 Hirayama-shinmachi Yatsushiro-shi, Kumamoto, Japan 866-8501



図1 解析に用いた全国の観測点分布(134地点)

3.2.1 節でのみの使用データは青丸 (59地点)

て利用した。

3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 節では全国 16 地点の 1959~2008 年の 50 年間の 1 年ごとの階級別降雨日数のデータを使用した。3.2.1 節では全国で 100 年分の降水量データがある 59 地点の 1909~2008 年の 100 年間の月ごと降雪を含む降水量のデータをまとめたものを使用した。

3.2.2 節では全国で 50 年分の降水量データがある 134 地点の 1959~2008 年の 50 年間の月ごとの降水量のデータをまとめたものを使用した。3.2.3 節では 60 地点(各都府県の県庁所在地, 北海道の各支庁)の 1981~2010 年の最近 30 年間の降水量データを使用した。3.2.1, 3.2.2 節で使用した観測点は図 1 のとおりである。

3 降水状況

3.1 階級別降雨日数

この節では, 1 年間のうち雨の降らなかった日(無降水日)と雨の降った日を降水量区分ごとに分類し経年変化

を見た。図 1 の観測地点を北日本・太平洋側 (A:(1)根室, (2)仙台), 北日本・日本海側 (B:(1)小樽, (2)秋田), 東日本・太平洋側 (C:(1)長野, (2)名古屋, (3)東京, (4)横浜), 東日本・日本海側 (D:(1)新潟, (2)敦賀), 西日本・太平洋側 (E:(1)大阪, (2)高知, (3)宮崎), 西日本・日本海側 (F:(1)浜田, (2)福岡), 沖縄・南西諸島 (G:(1)那覇) に設定し, それぞれの降雨日数を $0 \leq x < 1$, $1 \leq x < 10$, $10 \leq x < 30$, $30 \leq x < 50$, $50 \leq x < 70$, $70 \leq x < 100$, $x \geq 100$ の階級別(いずれも単位は mm/day)に分類し特徴を分析した。ここでは, 特に 1mm未滿の降水日(0 mm を含む)を「弱雨日」とよぶ。長野は, 地域の境界であるが, 便宜上東日本・太平洋側に分類した。

3.1.1 地方ごとの階級別降雨日数の変化

観測地点ごとの階級別降雨日数を図 2 に示す。全体的に見て図中の回帰直線で示す無降水日は減少傾向にあるが, 弱雨日が増加している。それぞれ, 地域別の特徴を述べる。

北日本においては太平洋側(A), 日本海側(B)ともに 1980 年ごろから無降水日より弱雨日が多くなっている。日本海側は, 弱雨日と 1~10 mm の降雨日数が, 同程度で, 他階級より多いという特徴がある。

東日本・太平洋側(C)は名古屋(C(2)), 横浜(C(4))の 2 地点は大きく無降水日が減少してきている。それに伴い弱雨日が増加している。名古屋(C(2))の場合, 1959~1968 年と 2001~2010 年の平均無降水日は 30 日も少なくなっている。しかし, 東京(C(3))の場合無降水日, 弱雨日についてはほとんど変化していないが, 1959~1968 年と 2001~2010 年の 10 年間の平均日数では 50mm 以上の降水日が 4 日から 7 日と増加している。内陸の長野 (C(1))は降雨状況が特徴的で 1~10mm の日が多い。長野の降水階級の特徴は, 日本海側の特徴も備えていると言える。東日本・日本海側(D)の特徴は太平洋側と同様に変化傾向としては小さいものの 1985 年ごろを境に無降水日の減少, 弱雨日の増加が観測された。この地域では, 北日本・日本海側(B)と同様に無降水日, 弱雨日, 1~10 mm の日数がほぼ 100 日前後と同程度の日数に近づく傾向にある。

西日本・太平洋側(E)は, 無降水日が減少, 弱雨日の増加の特徴は弱い。宮崎, 高知(E(2),(3))の 2 地点は, 30~50 mm の豪雨日がやや増加している。これらの地域は, 台風の影響を受けやすいため, 確率的要素を含む台風が接近したかどうか, 降水日の変動と結びついてい

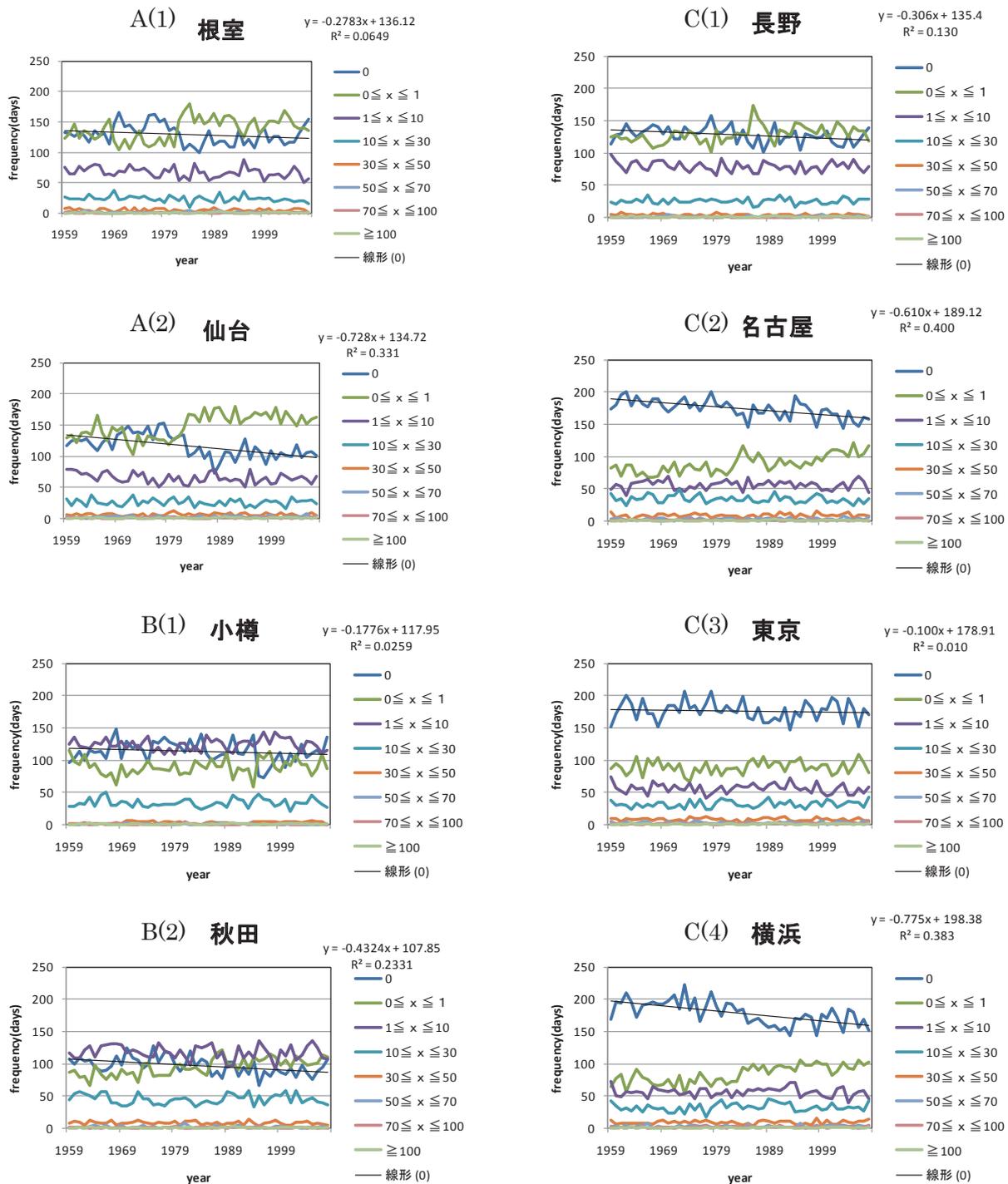


図2 各観測点の階級別降雨日数

A: 北日本・太平洋側, B: 北日本・日本海側

C: 東日本・太平洋側

ると考えられる。大阪(E(1))は無降水日の減少が宮崎、高知に比べて大きい、反対に弱雨日は大きく増加している。原因としては、地形の影響のほか、他県に比べ人口が多いため人間活動が多く雲粒の核となる凝結核の増加が関係している可能性もある。日本海側(F)は太平洋側(E)に比べて無降水日の減少、かつ弱雨日の増加は

大きい。浜田、福岡ともに無降水日の日数と、弱雨日の日数が接近する傾向にある。浜田は無降水日より弱雨日が多い年も観測されている。

沖縄・南西諸島(G)は本島と違っていてもともと弱雨日の日数が多い。しかし那覇(図2-G(1))の降雨状況は1959年から現在まで、ほとんど変化はない。

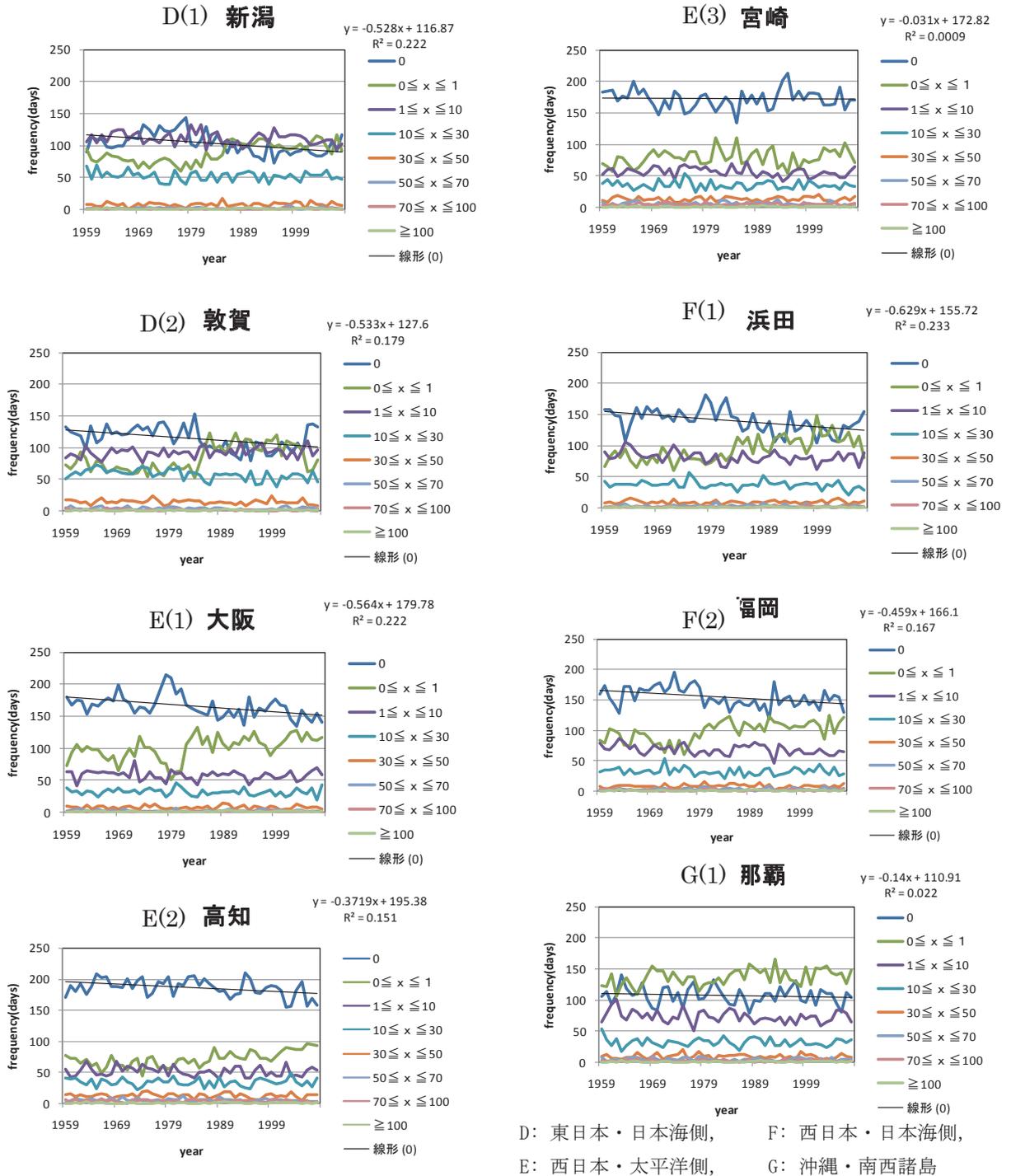


図2 各観測点の階級別降雨日数 つづき

3.1.2 緯度、経度ごとの無降水日数

この節では、無降水日の緯度、経度変化を見てみよう。前節の全国16地点の1959～1978年の平均の無降水日数を100として、1981～2010年の平均の無降水日数を比較した。図3(a)は緯度ごとの変化をみたものである。

D: 東日本・日本海側, F: 西日本・日本海側,
E: 西日本・太平洋側, G: 沖縄・南西諸島

全域で100以下であり、最近30年間では、それ以前の20年間と比べて各地域の無降水日数は、平均10%程度減少している。緯度が高い(北)ほど無降水日の減少の割合が大きい。また、経度ごとにみると東側ほど減少の割合が大きい(図3(b))。ただし、北海道と沖縄・南西諸島はこの傾向からは少し外れている。

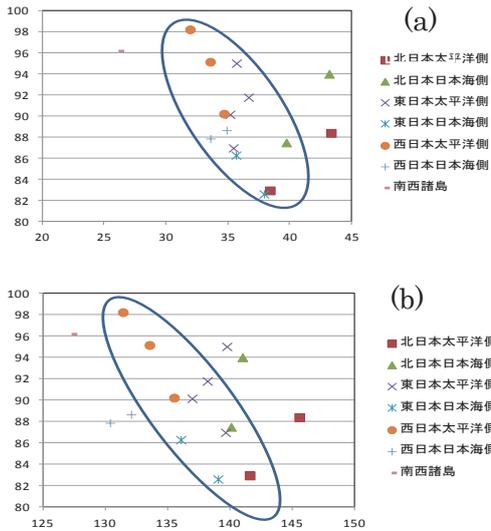


図3 無降水日数と(a)緯度, (b)経度の関係

3.1.3 全国平均の階級別降雨日数

前節では階級別降雨日数の地域ごとの経年変化を見た。ここでは、その全国平均についてみて見る。

図4は1959年から2008年までの50年間の全国16地点の降雨階級別降雨日数の経年変化である。無降水日が減少し、それに伴いの弱雨の日数が増加している。また、弱雨日は50年間で15日ほど多くなっている。さらに、10~30mmの日も同期間に7日ほど減少している。30mm以上の豪雨日は、ほとんど変化していない。1959年の無降水は1年の38%だったが2010年には35%となっていて、日数で表すと10日ほど無降水日数が少なくなっている。全国平均でも無降水日の減少、弱雨日の増加、豪雨日の変化はないことから1年のうち弱雨の日だけが増加していることが分かる。

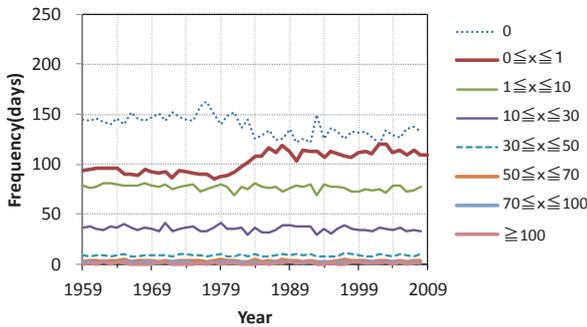


図4 1960~2009年の全国階級別降雨日数の変化

3.2 年降水量の経年変化

3.2.1 過去100年間の年降水量の経年変化

この節では100年間の降水データがある59地点の過去100年間の年降水量の経年変化をしてみる。

図5は、地域別に見た、月別降水量の100年当たりの変化率(mm/100年)である。北日本の季節別降雨状況では日本海側、太平洋側ともに減少傾向であり、季節的な特徴として両者には、夏季のみ降水量の変化に差がある。

東日本の特徴は、太平洋側、日本海側ともに秋、冬の降水量が減少してきている。特に日本海側の12月の変化率は-73mm/100年と最も大きい減少が確認される。また5月~8月では日本海側よりも太平洋側の方が減少率は大きい。

西日本の日本海側で5,7,8月に降水量の増加がみられるが、その他の月では太平洋側、日本海側の変化の差はほとんどない。沖縄・南西諸島の特徴として年平均で見ると変化率はマイナスであるが9月の変化率に限っ

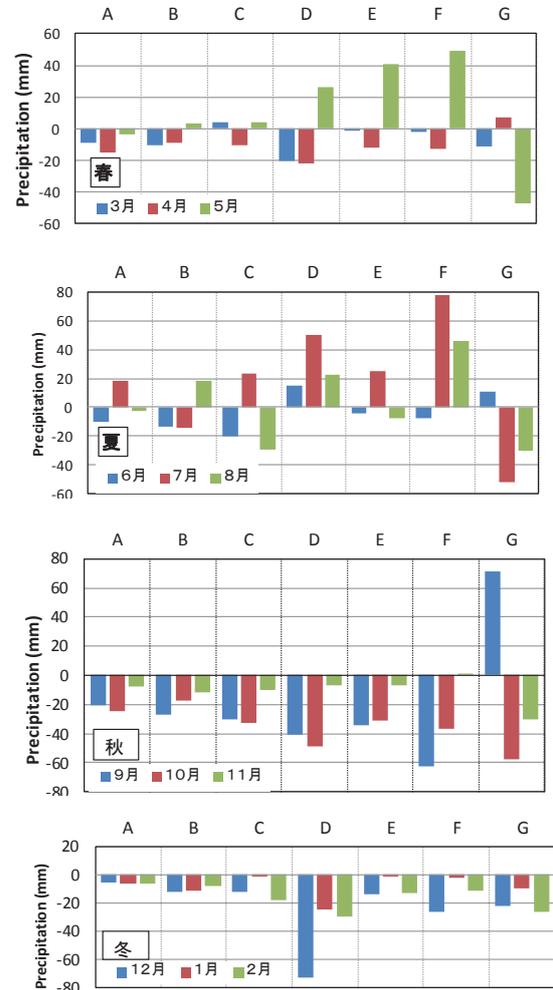


図5 各地域における降水量変化率の季節変化

- A: 北日本・太平洋側, B: 北日本・日本海側,
- C: 東日本・太平洋側, D: 東日本・日本海側,
- E: 西日本・太平洋側, F: 西日本・日本海側,
- G: 沖縄・南西諸島

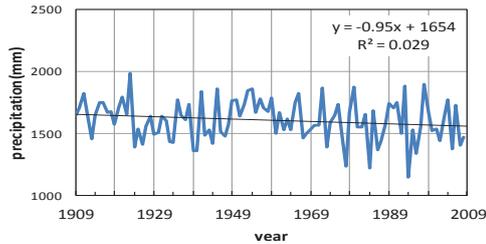


図6 100年間(1909~2008)の年降水量の変化

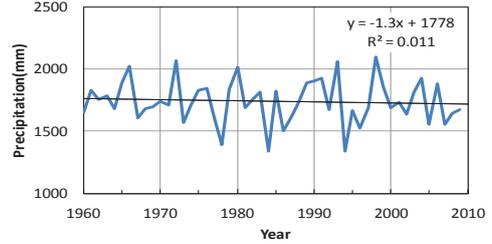


図7 50年間(1960~2009)の年降水量の変化

ては大きくプラスを示した。

また、図6は全国59地点の過去100年間(1909年~2008年)の年降水量の経年変化である。年によって大きく変動はしているが減少傾向を示している。気象庁の温暖化予測²⁾によると日本の降雨量は20世紀末に比べて、21世紀末には5%ほど増加すると予想されている。過去の年降水量は100年あたり数%(40~150mm)減少している。この結果は、t検定では $t=1.7$ (危険率9.3%)で、やや信頼できるトレンドを持っている。

3.2.2 過去50年間の年降水量の経年変化

本節では50年分の降水データがある134地点のデータから降水量の経年変化を見る。図7は全国134地点の1959年から2008年までの過去50年間の観測データを集計した平均の年降水量の変化である。100年間の図6同様に1959年からの50年間の年降水量も減少傾向にあり、日本全体でみると過去52年間の観測データ解析結果も降水量は増加には転じていない。

しかし北日本の降水量は増加傾向に変化した。太平洋側は過去100年間では有意な変化とは言えないが1.0mm/年の減少だったのに対し、52年間で解析すると1.3mm/年の減少となっている。日本海側は減少率が過去100年間で1.1mm/年から過去50年間では2.0mm/年の減少とさらに減少値が大きくなっている。北日本全体でみると誤差の範囲を考慮して0.1~2.8mm/年の減少を示した。

東日本の降雨状況は100年間での解析と50年間の解析では大きく変化した。太平洋側は、統計的な有意さはないが、過去100年間では1.3mm/年の減少だったが、過去50年間で解析すると0.7mm/年の増加に転じている。一方、日本海側は過去100年間1.5mm/年の減少から過去50年間6.5mm/年の減少と減少率の大きさが増加した。この結果はt検定では $t=2.7$ となり十分信頼できる。日本海側では、降水量は減少傾向にある。

西日本は、太平洋側は過去100年間だと0.6mm/年の減少だったが、過去50年間だと0.5mm/年の減少とほと

んど変化が見られない。日本海側は過去100年間0.1mm/年の増加から過去50年間0.5mm/年の減少と変化しているが、統計的な有意性はない。西日本の年降水量に、変化傾向は見られない。

沖縄・南西諸島は過去100年間の解析では2.0mm/年の減少だったが、過去50年間の解析では0.7mm/年の減少となり減少率が小さくなっている。

全体的に日本海側の降水量の減少率が大きくなり、太平洋側は増加傾向に変化してきている可能性がある。

3.2.3 過去30年間の年降水量の経年変化

図8は、地球温暖化が急速に進みだしたと考えられる1981年以降の30年間、気象官署60地点の降水量の経年変化を見たものである。大きなばらつきがあるものの過去100年間、過去50年間の結果が減少傾向であったのに対して30年ではわずかだが増加傾向になった。しかし、変動が非常に大きく、誤差の範囲を考慮した変化率が-1.3~5.5mm/年となり、有意な変化傾向は見られない。最近の統計期間では、降水量は増加傾向を持っており、増加に転じる可能性を示唆するものとなっている。

次に月別の降水量を見てみる。図9は月ごとに見た降水量の経年変化である。10-12月の秋から初冬にかけて大きく増加し、5,7月を除く、3月から9月にかけても減少傾向を示した。2月はほとんど変化がなかった。しかし、梅雨時期の5-7月の変化率の信頼性は高くない。

図10はもっとも増加率の大きい12月の月雨量の経年変化と減少率の大きい9月の月雨量の経年変化である。9月の降水量は、誤差を考慮すると1年あたり0.05~2.5mmの減少している。9月は台風の上陸数によって降水量が大きく変化するので変化の傾向にも大きなばらつきが存在する。一方、12月は誤差を考慮して1年あたり1.1~1.8mm/年で、月降水量が増加している。月別の降雨状況では、12月以外では統計的信頼性のある傾向は見られない。

次に緯度、経度ごとに変化率を1981~2010年の30年

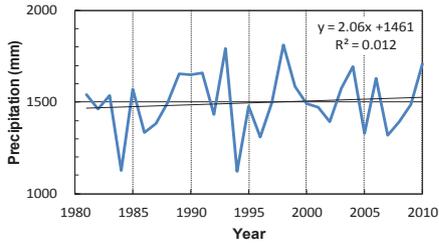


図8 30年間(1981~2010)の年降水量経年変化

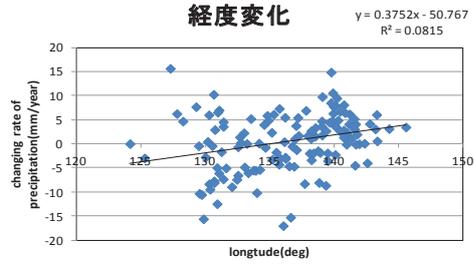
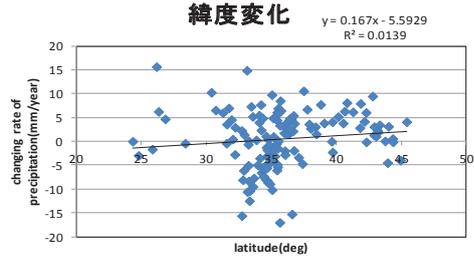


図11 年間降水量上昇率の緯度，経度変化

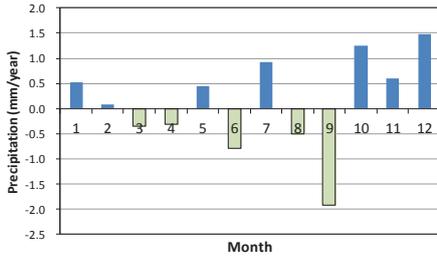


図9 月別降水量の変化率(mm/年)

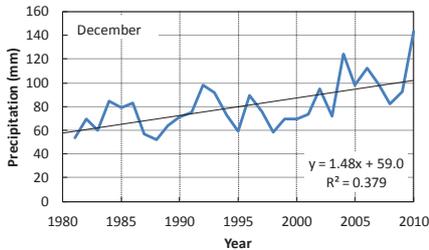
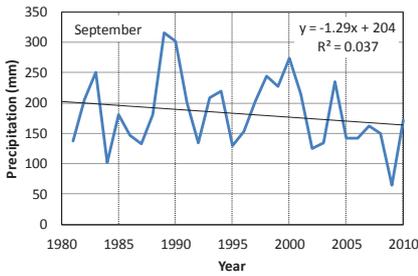


図10 30年間(1981~2010)の月別降水量の年変化 上:9月,下:12月

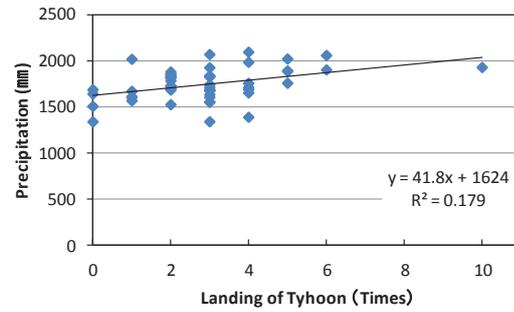


図12 台風上陸数と平均年降水量の関係

間の60地点の年降水量データをもとに見てみた。図11は緯度、経度と降水量の変化率(mm/年)の関係を示したものである。半数が変化率はプラスであり、前述したように全体としては有意な増加は見られなかった。緯度との関係では、沖縄・南西諸島を除く地点で高緯度ほどプラス傾向が見られる。しかし、観測点の多い北緯33~37°にかけては、ばらつきは非常に大きいことがわかる。経度ごとに変化をみると、変化率は平均としてはほぼ0であるが、東側ほどプラスとなっており特に太平洋側の増加率が大きい。

各地の年降水量の変化と重要な関係がある要因としては、低気圧、前線、台風があげられる。台風の影響として上陸数と年降水量⁸⁾の関係を考える。図12には、1959~2008年の台風の上陸個数と134地点の全国平均年降水量の関係を見たものである。台風の上陸と降水量は、比例関係にある。回帰直線を仮定すると、台風が1個日本本土に上陸すると平均年降水量が42mm増加する。温暖化が、台風の発生、日本への接近、上陸に關係する可能性もあるが、現在のところ不明である。

4. 考察とまとめ

最近の日本の降水量の年々変化の特徴を調べるために、降水量に関する気象データを解析した。本研究で得られた結論は次の通りである：

- ・日本の年平均降水量は、統計期間によって差はあるがやや減少傾向を示している。このことは小口・藤部⁴⁾も、1901- 2009年の109年間の気象官署のデータを用

いた解析から指摘している。

・階級別降雨日数は1980年以降無降水日が減少, 0~1mmの弱雨日の増加が全国的にみられる。先行研究としては, 岩崎・須永⁵⁾は, 弱雨を1mm~5mmの降雨と定義し, 1976~2006年の31年間に, 弱雨が増加している地点は北海道に集中していることを指摘している。弱雨を0-1mmと定義した今回の研究では, 全国的に増えていることが指摘された。

・東京, 横浜, 名古屋などの東日本で人口が多い地点では0~1mmの弱雨日に加え, 10~30mm, 30~50mmの強雨日の日数もそれぞれ1959~1968年の平均と2001~2010年の平均とでは3日~5日程度とわずかながら増加している。瓜田・松山⁶⁾は, 北海道と関東で大雨出現日数の増加を指摘している。

・現在より過去100年, 50年, 30年と統計期間を変更し降水量の経年変化を見たところ100年, 50年の統計期間での年変化率は減少傾向であったのに対し, 30年で統計をとるとごくわずかだが増加に転じていた。このことから最近になるほど降水量は増加していることが推測されるが, 変動が非常に大きく統計的に有意なものではない。

・降水量に関係のある大きな変動要因の一つは台風の影響で, 台風が1つ上陸すると年降水量は増加する。

・季節ごとの変化をみると, 1981年以降は冬季(特に12月)の降水量が増加している。

・高緯度ほど降水量の上昇率が大きい傾向があり, また東ほど上昇率が大きい。

5. おわりに

地球温暖化による気温の上昇は, 直接影響があるはずの雨量の変化についてはよくわかっていない。一般的な考えとしては, 気温が上昇すると空気中に含まれる水分量は増え, それがエアロゾルなどの凝結核に付着することで雲粒ができ降水量が増加することも考えられるが, 降水に結びつかなければ降雨量が増えるわけではない。また, 集中豪雨などとの関係も簡単ではない。熱力学的には, 降雨そのもの地球表面から水分が蒸発して, 地表から潜熱を奪い, 大気中に凝結熱を放出する役割を担っている。言い換えれば, 降雨は, 温暖化した最下層の気温を冷やし, より上層の大気に熱を伝達し, 大気のを一様化する働きをしている。本報告では, 全国的に弱雨日が増加していることが明らかになったが, このことは温暖化の結果としての可能性も十分考えられる。しかし, 日本海側を中心に雪としての降水量については別の考察が必要であろう。また, 雨量の計測方法の変化など別の観点からの検討も必要である。

弱雨の増加が, 地球温暖化の結果であったとしても, 弱雨の年間降水量に対する寄与は非常に小さく, 実際には総降水量は減少傾向すらある。降雨日が増加しているのに年間降水量が増加しないのはなぜかなど気温上昇との物理的な関係などを明らかにするのは, 今後の課題である。

謝 辞

熊本高専建築社会デザイン工学科藤野和徳教授ならびに共通教育科岩尾航希準講師には, 本研究に対して有意義な助言をいただきました。心より感謝申し上げます。

(平成24年9月25日受付)

(平成24年11月7日受理)

参考文献

- 1) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): “*Climate Change 2007*”, Cambridge University Press, Cambridge, 996pp (2007).
- 2) 文部科学省, 気象庁, 環境省: 「日本の気候変動とその影響」温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート, 3章, pp10-39, (2009)
- 3) 大河内康正・水本剛, アメダスで見た最近の日本温暖化, 熊本高等専門学校研究紀要, 1号, 31-38 (2009).
- 4) 小口哲史, 藤部文昭, 日本における降水の長期変動の季節特性と地域特性, 2011年度春季大会予稿集99, 日本気象学会, p406, (2011)
- 5) 岩崎博之, 須永吉信, AMeDAS データを用いた弱雨の経年変化の地理的特徴の研究, 2009年度秋季大会予稿集96, 日本気象学会, p141, (2009).
- 6) 瓜田真司, 松山洋, 日本における大雨の出現頻度とその分布に関する研究, 2012年度春季大会予稿集101, 日本気象学会, p229, (2012)
- 7) 気象庁, 気象統計情報, 過去の気象データ検索. (<http://www.jma.go.jp>) (2011).
- 8) 気象庁, 気象統計情報, 天気予報・台風, 過去の台風資料, 台風の統計資料. (<http://www.data.jma.go.jp>) (2011).