

# 日本での最近の半世紀における大雨の出現頻度の経年変化

鈴木 博 人\*

## 要 旨

日本における大雨の出現頻度の経年変化を明らかにすることを目的に、日本全国の気象官署18箇所を対象に1950年から2003年の54年間におけるひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量及び総降水量の再現期間が2, 5, 10年以上の大雨の出現頻度の経年変化を分析した。暖候季(5月から10月)における大雨の出現頻度には、大雨の時間スケールや基準によらず、全般的に1950年代から1960年代前半にかけて高く、1960年代後半から1980年代にかけて低く、1990年代以降が最も高いという変動傾向がみられる。ただし、3, 6時間降水量の再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は1990年代以降だけが低い傾向にあり、特に1990年代後半に高い傾向にある。また、1950年から2003年の期間後半の大雨の出現頻度の増加傾向はほとんどの場合に有意な期間があるが、期間前半の減少傾向に有意な期間がみられるのは一部の場合のみである。梅雨季(5月から7月)及び台風季(8月から10月)における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は、大雨の時間スケールによって変動傾向に違いがみられるが、いずれの季節も1990年代以降は高い傾向にある。

## 1. はじめに

近年、日本では大雨が増加しているといわれており(IPCC, 2001; 河田, 2003など)、大雨の出現頻度の経年変化は地球温暖化や都市ヒートアイランドといった人為的な要因による気候変動と関連して興味深い事柄である。また、大雨は土砂災害や洪水などの災害の原因になるだけでなく、交通機関、農作物や水資源などの様々な分野に影響を及ぼすことから、大雨の出現頻度の経年変化を明らかにすることは社会的にも重要である。

長期間の観測資料に基づいた大雨の経年変化に関する研究は、日降水量を用いたものと1時間降水量を用いたものに大別することができる。日降水量に基づいた研究事例では、Iwashima and Yamamoto (1993)は日本では1890年から1990年の間で日降水量が1位から3位を記録した極端な大雨の出現頻度は増加しているとしている。気象庁(1999)は、1898年から1997年

の100年間について同様の解析をした結果、極端な日降水量の大雨の出現頻度は1930年以前は低く、1930年代後半以降は高くなるが、1960年代後半から1970年代前半はやや低いと述べている。さらに、この100年間では極端な日降水量の大雨の出現頻度は増加しているが、後半の50年間に限ると増加または減少傾向は認められないとしている。また、梶原ほか(2003)は日本では1900年から1999年の100年間で1年に1回程度発生する日降水量の出現頻度は増加傾向にあるとしている。高橋(2003)は、東京における1886年から1999年の114年間の夏季総降水量に対する日降水量の階級別の寄与を調べ、大きい日降水量の階級による寄与は1940年代までは増加し、その後減少したが1980年頃から再び増加しており、雨の降り方は数10年周期の変動をしていると述べている。

一方、長期間の1時間降水量に基づいた大雨の経年変化に関する研究は、1975年以前の1時間降水量データがデジタル化されていないことに起因して東京についての事例に限られる。Kanae *et al.*(2004)は、東京における1890年から1999年の110年間の年最大1時間降水量の強度と1時間降水量が20, 50 mm/hを超過し

\* 東日本旅客鉄道株式会社上信越工事事務所。

—2004年3月1日受領—

—2004年9月17日受理—

た頻度を調べ、1時間降水量の大雨は1940年代と1990年代に強度と頻度の極大があり、1970年代に極小があると述べている。また、坂上ほか(2003)は東京における1901年から2000年の100年間の夏季に1時間降水量が10, 20, 30 mm/hを超過した頻度を調べ、20年から30年程度の周期的な変動があるとしている。

以上のように、日本全国の日降水量及び東京の1時間降水量に基づいた大雨の経年変化に関する研究からは、大雨の出現頻度は20世紀後半の50年間では前半と後半に高く、半ばに低いと分析されている。

ところで、日本の大雨は台風、低気圧、前線や雷雨などの気象擾乱によって発生する。二宮(2001)は、日本では日降水量が上位20位までの大雨の原因は台風が多くを占めるが、大雨の時間スケールが小さくなるのに従って台風の割合は低下し、1時間降水量では台風、低気圧、前線と雷雨がほぼ同数であるとしている。また、福井(1970)は日降水量がその年の総降水量の10%以上の大雨はほとんど全部が台風に因るものに対して、5%以上の大雨は梅雨前線に因るものが含まれてくるとしている。このように、大雨の原因になる気象擾乱は大雨の時間スケールや基準によって異なることから、大雨の出現頻度の経年変化の実態を明らかにするためには、様々な時間スケールと基準を設けて大雨の出現頻度の経年変化を調べる必要がある。

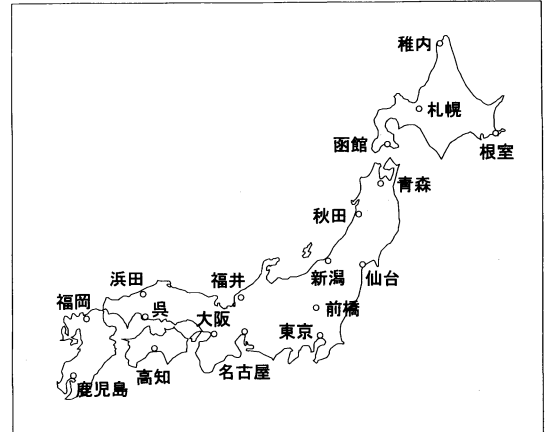
そこで、本研究では日本における大雨の出現頻度の経年変化を明らかにすることを目的に、日本全国の気象官署18箇所を対象に1950年から2003年の54年間の暖候季(5月から10月)における大雨の出現頻度の経年変化について、様々な時間スケールと基準を設けて統計的に分析した。なお、この分析は1960年以前の日最大1時間降水量と1975年以前の毎時の1時間降水量を気象庁のマイクロフィルムから調べることで行った。

## 2. 解析方法

### 2.1 降水量データ

解析の対象にする気象官署は、分布が日本全国でほぼ均等になること、及び1950年から暖候季の1時間降水量データが存在することを条件に、第1図に示す18箇所を選定した。

降水量データは、これらの気象官署における1950年から2003年の54年間の日最大1時間降水量と毎時の1時間降水量を用いた。1950年から1960年の日最大1時間降水量及び1950年から1975年の毎時の1時間降水量



第1図 解析の対象にする気象官署。

は、気象庁統計室のマイクロフィルム化された気象月表原簿及び地上気象観測日原簿から転写した。なお、1950年から1955年の1時間降水量は気象月表原簿(8回観測)、同(11回観測)、及び同(毎時観測)に収録されていたが、1953年から1955年の東京と福岡については同(特殊気候観測)に収録されていた。また、転写した1時間降水量は1時間降水量から算出した日降水量と気象庁月報や地上気象観測時日別データCD-ROM等の日降水量と比較することでチェックした。1961年から2002年の日最大1時間降水量は地上気象観測時日別データCD-ROM及び地上気象観測原簿過去データ(気象庁年報)CD-ROMから、2003年は気象庁のホームページから、1976年から2003年の毎時の1時間降水量はアメダス観測年報CD-ROMから入手した。

大雨の出現頻度の経年変化の分析に影響を与える人為的な要因には、気象官署の移転、雨量計の変更、及び降水量データの分解能の変化が考えられる。気象官署の移転に関しては移転による影響はないものとし、雨量計は1968年に貯水型サイホン式自記雨量計から転倒ます型雨量計に移行しているが雨量計の変更による影響はないものとした。また、データの分解能に関しては、日最大1時間降水量は転倒ます型雨量計への移行に伴って1968年に0.1 mm単位から0.5 mm単位に低下しているが、小数点以下の処理は行わなかった。毎時の1時間降水量は、1976年以降はアメダス観測年報を用いたことから1 mm単位になり、データの分解能は1967年以前に比べて1/10に低下している。そのため、長期間にわたる大雨の出現頻度の経年変化を分析

する上では無視できないと考え、1975年以前の毎時の1時間降水量は次の処理を行うことで1 mm 単位のパラメータとして扱うことにした。まず、ひと雨の降り始めの最初の正時の1時間降水量の整数部分をその時刻における1時間降水量とし、小数点以下は次の正時の1時間降水量に加算する。そして、次の正時には小数点以下が加算された1時間降水量の整数部分をこの時刻における1時間降水量とし、小数点以下をさらに次の正時の1時間降水量に加算する。以下、これを繰り返すことで1 mm 単位の1時間降水量を作成した。

## 2.2 大雨の時間スケール

大雨の原因になる気象擾乱は大雨の時間スケールによって異なることから、1, 3, 6, 12, 24時間降水量の大雨を解析の対象にした。また、ひと雨の降り始めからの総降水量は気象擾乱の規模の目安になることから、ひと雨の総降水量も解析の対象にした。

## 2.3 大雨のカウント方法

大雨のカウント方法は、既往の研究事例の多くは日降水量や毎時の1時間降水量がある基準値を超過した回数を用いている。この方法には、日降水量を例にとると、大雨が日界を跨いで発生した場合は大雨が分離されて大雨として検出されない可能性があることが容易に理解できる。これは、1時間降水量も同じである。

そこで、本研究ではひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量の最大値及び総降水量が基準値を超過した回数、すなわち基準値を超過したひと雨の出現回数を用いて大雨の出現頻度の経年変化を分析した。1時間降水量には日最大1時間降水量を用いたので、ひと雨の1時間降水量の最大値は任意の時刻の最大値である。3, 6, 12, 24時間降水量は、毎時の1時間降水量を用いて算出したので、ひと雨の3, 6, 12, 24時間降水量の最大値は正時における最大値である。また、総降水量はひと雨の降り終わりにおける降水量である。

なお、ひと雨は1つの気象擾乱によってもたらされる一連の降水であり、天気図等を用いて判断する必要があるが、ここでは便宜的に1 mm 単位の毎時の1時間降水量において0 mm/hが12時間以上継続した場合を区切りとする一連の降水とした。ただし、24時間降水量の場合は毎時の1時間降水量において0 mm/hが24時間以上継続した場合をひと雨の区切りにした。

## 2.4 大雨の基準

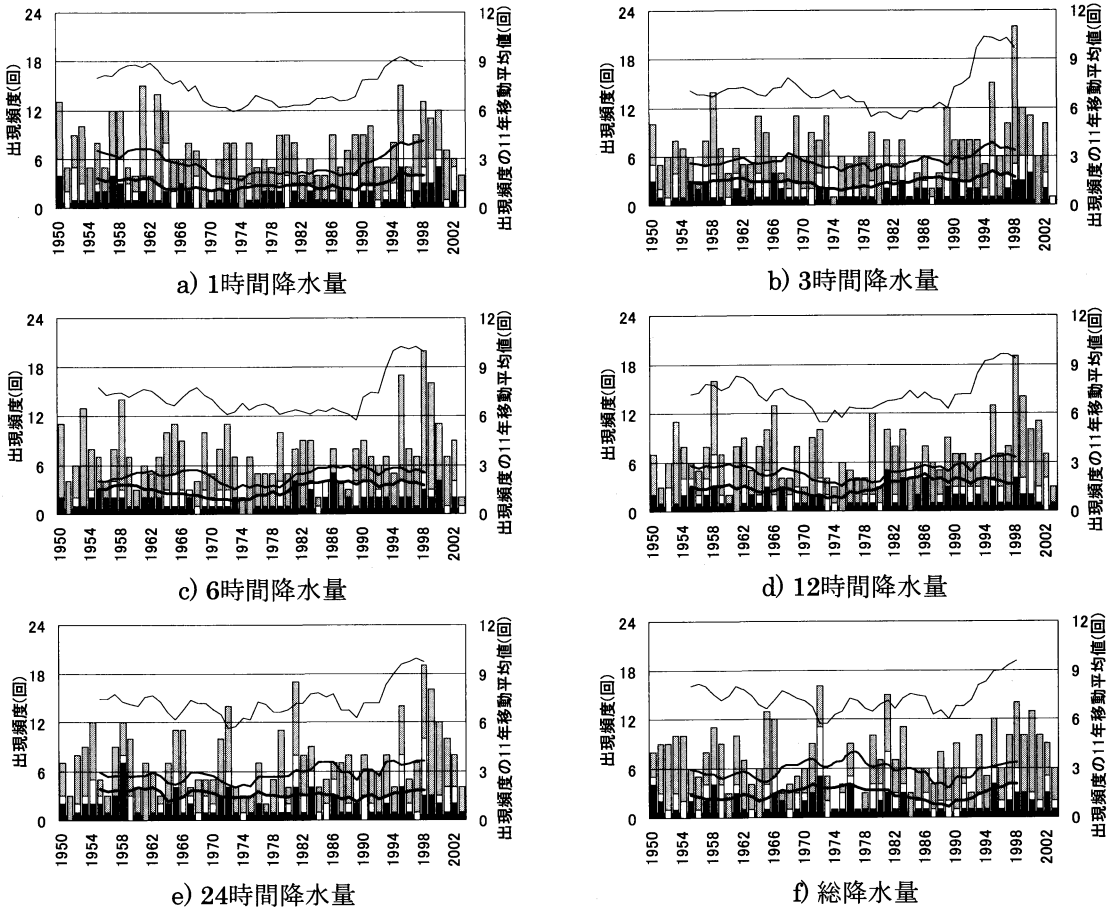
本研究では、暖候季における降水量の合計である暖候季降水量が異なる複数の地点の大雨の出現頻度の経年変化を分析することから、大雨の基準を規格化する

第1表 気象官署毎のひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量の最大値及び総降水量の2年確率降水量。単位は mm。

| 箇所  | 1時間降水量 | 3時間降水量 | 6時間降水量 | 12時間降水量 | 24時間降水量 | 総降水量  |
|-----|--------|--------|--------|---------|---------|-------|
| 稚内  | 25.3   | 38.5   | 51.5   | 65.3    | 74.3    | 81.7  |
| 根室  | 24.0   | 41.5   | 58.7   | 78.3    | 93.1    | 105.3 |
| 札幌  | 23.8   | 40.1   | 57.4   | 76.1    | 91.4    | 99.7  |
| 函館  | 26.6   | 42.6   | 57.2   | 75.4    | 88.4    | 99.7  |
| 青森  | 24.5   | 38.7   | 52.7   | 67.4    | 80.1    | 88.5  |
| 秋田  | 36.3   | 49.3   | 64.4   | 80.5    | 97.0    | 114.7 |
| 仙台  | 32.1   | 49.0   | 69.7   | 93.5    | 113.9   | 134.8 |
| 新潟  | 32.1   | 46.4   | 60.4   | 77.9    | 95.4    | 119.2 |
| 福井  | 36.4   | 53.8   | 71.9   | 88.8    | 111.7   | 146.8 |
| 前橋  | 54.0   | 68.1   | 79.1   | 95.0    | 114.7   | 130.1 |
| 東京  | 43.3   | 66.1   | 88.9   | 114.9   | 138.9   | 162.3 |
| 名古屋 | 44.5   | 67.6   | 88.5   | 109.4   | 134.1   | 160.5 |
| 大阪  | 39.0   | 57.1   | 75.6   | 97.6    | 121.2   | 145.4 |
| 浜田  | 42.0   | 65.0   | 86.6   | 113.2   | 138.9   | 180.9 |
| 呉   | 38.7   | 60.7   | 80.4   | 103.9   | 129.7   | 176.8 |
| 高知  | 64.2   | 109.0  | 149.1  | 192.8   | 232.6   | 311.0 |
| 福岡  | 46.4   | 73.0   | 98.4   | 125.1   | 153.3   | 211.0 |
| 鹿児島 | 53.6   | 86.2   | 116.5  | 150.8   | 184.3   | 252.1 |

必要がある。このような大雨の基準には、ひと雨の降水量を多い方から並べた場合に一定の順位にあたる降水量、暖候季降水量に対する一定の割合の降水量、及び一定の再現期間の下で出現することが期待される確率降水量などがある。これらの中から、本研究では大雨の基準の意味が明確であること及び様々な時間スケールの大雨に対して大雨の基準を設定しやすいことから、確率降水量を大雨の基準として用いることにした。

確率降水量による大雨の基準は、再現期間が2, 5, 10年の降水量とした。確率降水量は、気象官署毎に1950年から2003年の54年間の暖候季におけるひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量の最大値及び総降水量を求めて、それぞれの上位54位までのデータ(対象期間の年数位までの大雨の降水量データであるので非毎年最大値)からGumbelの第2法(岩井と石黒, 1970など)を用いて計算した。そして、気象官署毎に1, 3, 6, 12, 24時間降水量及び総降水量が2, 5, 10年確率降水量を超過したひと雨の数を年毎に求めて、最後に対象にする気象官署について積算した。なお、Gumbel法は理論的な極値分布であるGumbel分布を用いて確率水量を推定する方法であり、確率水量の推定方



出現頻度：■  $5 > t \geq 2$ 年 □  $10 > t \geq 5$ 年 ■  $t \geq 10$ 年 11年移動平均値：——  $t \geq 2$ 年 ——  $t \geq 5$ 年 ——  $t \geq 10$ 年

第2図 暖候季における大雨の出現頻度の時系列と11年移動平均値。

法として広く用いられている方法の1つである。

今回対象にした気象官署18箇所のひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量の最大値及び総降水量の2年確率降水量は第1表のとおりであり、大きな南北差があることが分かる。なお、1, 3, 24時間降水量でみると2年確率降水量は北日本の気象官署では大雨注意報の発表基準値以下の場合があるものの、概ね大雨注意報の発表基準値を上回る降水量である。

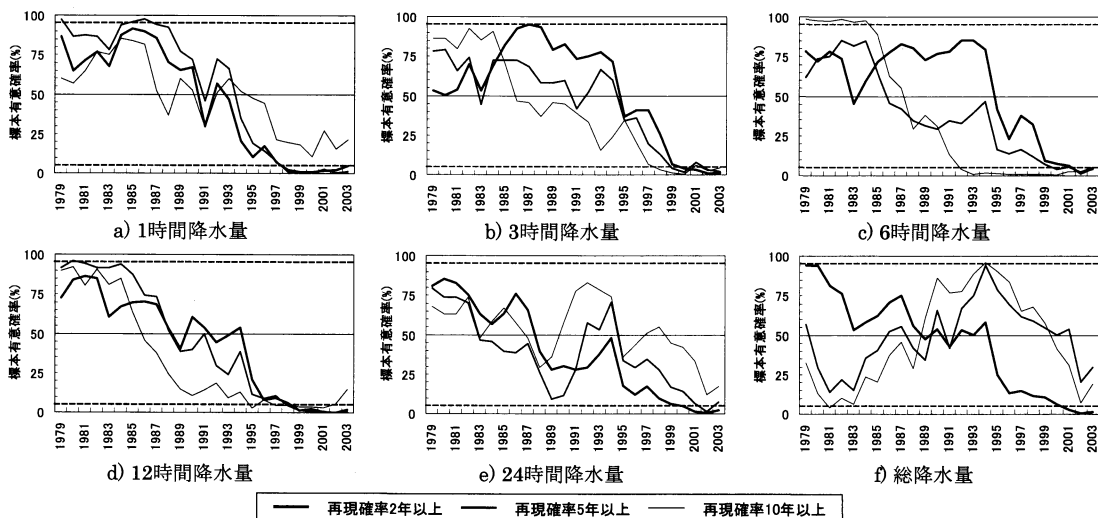
3. 暖候季における大雨の経年変化

第2図は、1950年から2003年の暖候季に気象官署18箇所において、ひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量の最大値及び総降水量の再現期間を  $t$  年としたときに、 $t \geq 10$ 年、 $10 > t \geq 5$ 年、 $5 > t \geq 2$ 年の各階級に属する大雨の出現頻度を時系列で示したものである。

第2表 1950年から2003年の54年間の暖候季における大雨の出現頻度の一次回帰分析による一次直線の傾き。単位は $\times 10^{-3}$ 回/箇所・年、網掛けは一次直線の傾きが正の場合。

| 再現確率  | 1時間降水量 | 3時間降水量 | 6時間降水量 | 12時間降水量 | 24時間降水量 | 総降水量 |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|------|
| 2年以上  | -0.33  | 2.12   | 1.59   | 1.93    | 2.51    | 0.92 |
| 5年以上  | 0.15   | 0.66   | 0.78   | 0.81    | 1.12    | 0.24 |
| 10年以上 | 0.11   | 0.26   | 0.49   | 0.46    | -0.14   | 0.25 |

初めに、1950年から2003年の54年間を通しての大雨の出現頻度の傾向をみるために、全期間での大雨の出現頻度の一次回帰分析とトレンドの検定を行った。トレンドの検定には、ノンパラメトリック検定の1つで、時系列データのデータ間の差の符号の情報に基づいて傾向性を検定する Kendall 型のトレンドの検定手法



第3図 暖候季における大雨の出現頻度の前30年間に「上昇傾向がある」に対する標本有意確率。

を用いた(白旗(編), 1987など)。ここで、検定すべき仮説は大雨の出現頻度に「増加傾向がある」及び「減少傾向がある」である。これらの仮説に対する標本有意確率と有意水準を比較して、標本有意確率が有意水準より小さければ仮説は有意である。

大雨の出現頻度の一次直線の傾きは、第2表のように1時間降水量の再現確率が2年以上の大雨、及び24時間降水量の再現確率が10年以上の大雨が負であるのを除いて正である。しかし、トレンドの検定から増加または減少傾向が有意水準5%で有意な場合はなく、54年間を通しての単調な増加または減少傾向は認められない。

次に、1950年から2003年の間における大雨の出現頻度の変動傾向をみるために、大雨の出現頻度の11年移動平均値の算出と30年間毎のトレンドの検定を行った。

第2図の大雨の出現頻度の11年移動平均値から、大雨の出現頻度は大雨の時間スケールや基準によらず、全般的に1950年代から1960年代前半にかけて高く、1960年代後半から1980年代にかけて低く、1990年代以降に最も高い傾向にある。ただし、3、6時間降水量の再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は1990年代以降だけがそれ以前に比べて高い傾向にあり、特に1990年代後半に高い傾向にある。また、総降水量の再現期間が5、10年以上の大雨は1970年代にも出現頻度の極大がある。

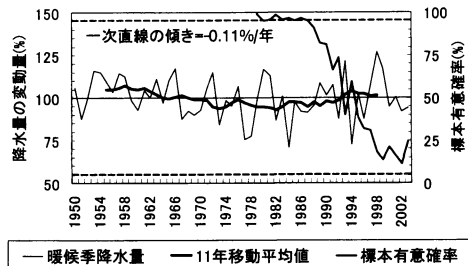
第3図は、トレンドの検定において前30年間の大雨

の出現頻度に「増加傾向がある」に対する標本有意確率を示したものである。なお、「減少傾向がある」に対する標本有意確率は第3図の縦軸を反転させたものにほぼ相当することから図示は省略した。

1950年から2003年の期間前半では、前30年間の大雨の出現頻度に「減少傾向がある」に対する標本有意確率が有意水準5%より小さく、大雨の出現頻度の減少傾向が有意水準5%で有意な期間があるのは、3時間降水量の再現期間が2年以上の大雨、1、12時間降水量の再現期間が5年以上の大雨、及び6時間降水量の再現期間が10年以上の大雨である。一方、総降水量の再現期間が10年以上の大雨の出現頻度は増加傾向が有意水準5%で有意な期間がある。このように、期間前半の大雨の出現頻度の減少傾向に有意な期間がみられるのは一部のケースのみである。

1950年から2003年の期間後半では、総降水量の再現期間が5年以上の大雨、及び1、24時間降水量と総降水量の再現期間が10年以上の大雨以外は、大雨の出現頻度の増加傾向が有意水準5%で有意な期間がある。特に、3、6、12時間降水量の大雨の出現頻度は全ての場合に増加傾向が有意な期間がある。このように、期間後半の大雨の出現頻度の増加傾向はほとんどの場合に有意な期間がみられる。

第4図は、気象官署18箇所を対象に暖候季降水量の時系列を規格化して示したものである。暖候季降水量は、気象官署毎に1950年から2003年の54年間の平均値に対する各年の値の比を求めることで規格化した後



第4図 規格化した暖候季降水量の時系列, 11年移動平均値, 及び前30年間に「上昇傾向がある」に対する標準有意確率。

に, 全ての気象官署について年毎に算術平均した。また, 第4図には暖候季降水量の11年移動平均値, 及び前30年間に「上昇傾向がある」に対する標準有意確率も示した。

1950年から2003年の54年間での暖候季降水量の一次直線の傾きは負であるが, トレンドの検定から減少傾向は有意水準5%での有意性は認められない。暖候季降水量は, 1950年代から1960年代前半にかけて最も多く, 1960年代後半から1980年代にかけて少なく, 1990年代以降に多い傾向にある。また, 暖候季降水量の30年間毎のトレンドの検定から, 1950年から2003年の期間前半は減少傾向が有意水準5%で有意な期間があるが, 期間後半は増加傾向が有意水準5%で有意な期間はみられない。

以上より, 1, 3, 6, 12, 24時間降水量及び総降水量の再現期間が2, 5, 10年以上の大雨の出現頻度には, 1950年から2003年の54年間を通しての単調な増加または減少傾向は認められない。しかし, 大雨の出現頻度には大雨の時間スケールや基準によらず, 一般的に1950年代から1960年代前半にかけて高く, 1960年代後半から1980年代にかけて低く, 1990年代以降に最も高いという変動傾向がみられる。ただし, 3, 6時間降水量の再現期間が2年以上の大雨は1990年代以降だけがそれ以前に比べて高い傾向にあり, 特に1990年代後半に高い傾向にある。また, 1950年から2003年の期間後半の大雨の出現頻度の増加傾向はほとんどの場合に有意な期間があるが, 期間前半の減少傾向に有意な期間がみられるのは一部のケースのみである。一方, 暖候季降水量の多い時期と少ない時期は, 大雨の出現頻度の高い時期と低い時期にほぼ一致するが, 1950年代から1960年代前半にかけては1990年代以降よりも多い傾向にある。また, 期間前半の減少傾向は有意な期間があるが, 期間後半の増加傾向は有意な期間はみられない。

これらから, 大雨の出現頻度の高い1950年代から1960年代前半にかけてと1990年代以降を比較すると, 1990年代以降は暖候季降水量に対する大雨の出現頻度の割合が増えていることになる。よって, 1990年以降は雨が降るときは比較的短い間, 特に数時間の間に大量の雨が降る傾向が強まっていることが示唆される。

#### 4. 地域及び季節区分した場合の大雨の出現頻度

大雨の出現頻度の経年変化の地域及び季節依存性を把握するために, 再現期間が2年以上の大雨の出現頻度について, 地域及び季節を区分した分析を行った。なお, 以下で行う地域及び季節区分は必ずしも地理学的及び気候学的な区分として適当とはいえない面もあると考えられるが, 便宜的な区分として用いた。

##### 4.1 地域区分した場合の大雨の出現頻度

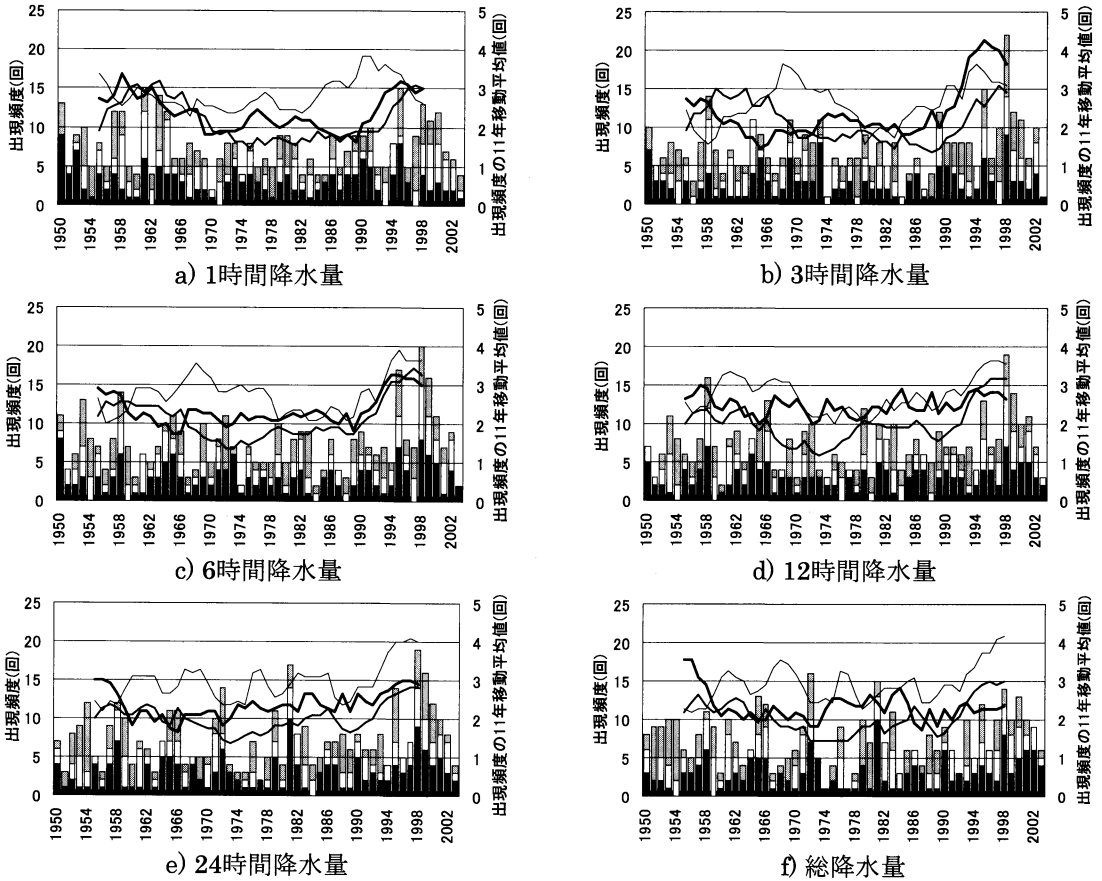
地域は, 気象庁の区分である西日本, 東日本と北日本の3地域に区分した。なお, 解析の対象にした気象官署18箇所のうち西日本に属する官署は6箇所, 東日本は5箇所, 北日本は7箇所である。

第5図は, 地域別に1950年から2003年の暖候季における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度を時系列で示したものである。54年間での大雨の出現頻度の一次直線の傾きは, 第3表のように西日本の1時間降水量と総降水量の大雨, 及び北日本の1時間降水量の大雨が負であるのを除いて正である。また, 北日本の総降水量の大雨の出現頻度はトレンドの検定から増加傾向が有意水準5%で有意である。

第5図の地域別の大雨の出現頻度の11年移動平均値から, 大雨の出現頻度は西日本でやや不明瞭な場合があるが, 一般的には1950年代から1960年代前半にかけてと1990年代以降に高く, 1960年代後半から1980年代にかけて低い傾向にある。

第6図の地域別の大雨の出現頻度の30年間毎のトレンドの検定から, 1950年から2003年の期間前半は西日本の総降水量の大雨, 及び東日本の1, 3, 6時間降水量の大雨の出現頻度のみ減少傾向が有意水準5%で有意な期間がみられる。期間後半は, 西日本の3, 6時間降水量の大雨, 東日本の全ての時間スケールと総降水量の大雨, 及び北日本の1, 12, 24時間降水量と総降水量の大雨の出現頻度は増加傾向が有意水準5%で有意な期間があり, 増加傾向は東日本と北日本は西日本よりも有意な場合が多くみられる。

第7図は, 地域別に第4図と同様に規格化した暖候季降水量の時系列, 11年移動平均値, 及び30年間毎の



出現頻度：□ 西日本 □ 東日本 ■ 北日本 11年移動平均値：—— 西日本 —— 東日本 —— 北日本

第5図 暖候季における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度の時系列と11年移動平均値(地域別)

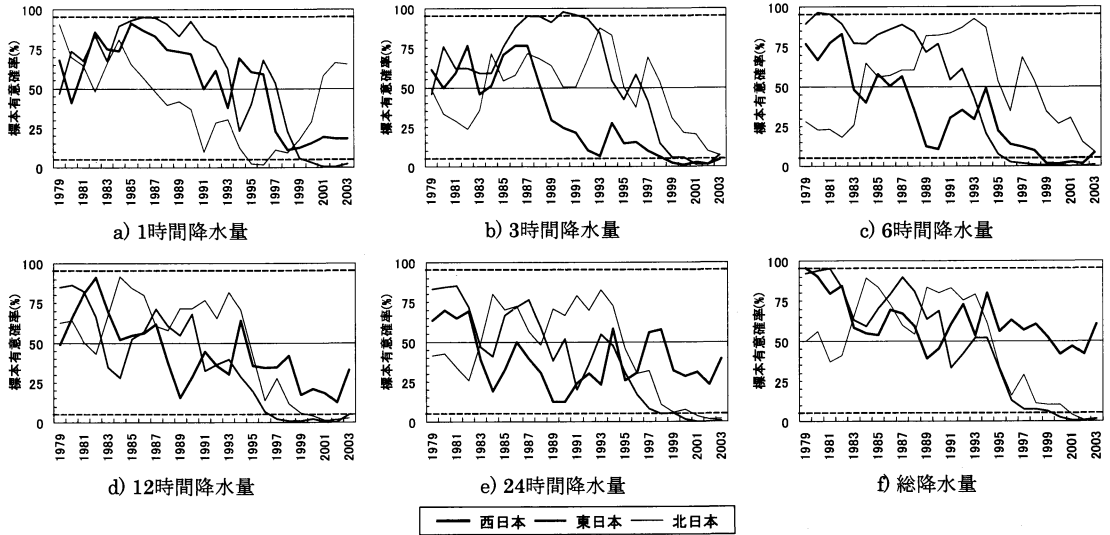
第3表 1950年から2003年の54年間の暖候季における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度及び暖候季降水量の一次回帰分析による一次直線の傾きとトレンドの検定結果(地域別)。網掛けは一次直線の傾きが正の場合。  
\*は傾向性が有意水準5%で有意。

| 地域  | 大雨の出現頻度(×10 <sup>-3</sup> 回/箇所・年) |        |        |         |         |       | 暖候季降水量(%/年) |
|-----|-----------------------------------|--------|--------|---------|---------|-------|-------------|
|     | 1時間降水量                            | 3時間降水量 | 6時間降水量 | 12時間降水量 | 24時間降水量 | 総降水量  |             |
| 西日本 | -0.24                             | 3.77   | 0.67   | 0.20    | 0.42    | -4.77 | -0.16       |
| 東日本 | 2.21                              | 1.28   | 3.01   | 3.70    | 2.87    | 2.21  | -0.10       |
| 北日本 | -2.23                             | 1.30   | 1.37   | 2.14    | 4.05    | 4.86* | -0.08       |

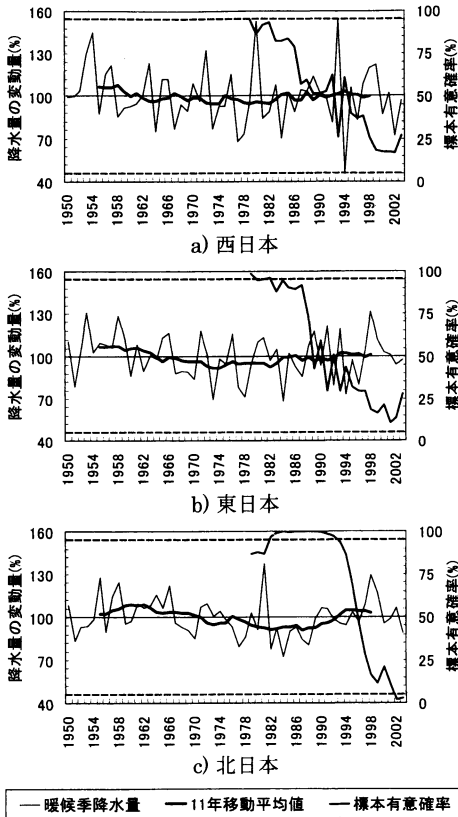
トレンドの検定結果を示したものである。また、第3表には54年間での暖候季降水量の一次直線の傾きとトレンドの検定結果を示した。54年間を通しての暖候季降水量の一次直線の傾きはいずれの地域にも負である

が、減少傾向は有意水準5%での有意性は認められない。また、それぞれの地域の暖候季降水量の多い時期と少ない時期は、日本全国の暖候季降水量の場合とほぼ一致する。1950年から2003年の期間前半は全ての地域で減少傾向が有意水準5%で有意な期間があるが、期間後半は北日本のみ増加傾向が有意水準5%で有意な期間がみられる。

以上より、西日本、東日本と北日本における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は、全般的に1950年代から1960年代前半にかけてと1990年代以降に高く、1960年代後半から1980年代にかけて低い傾向にある。また、1950年から2003年の期間後半の増加傾向は多くの場合に有意な期間があるが、期間前半の減少傾向に有意な期間がみられるのは一部のケースのみである。このように、大雨の出現頻度の変動傾向は地域を区分し



第6図 暖候季における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度の前30年間に「上昇傾向がある」に対する標準有意確率(地域別).



第7図 規格化した暖候季降水量の時系列, 11年移動平均値, 及び前30年間に「上昇傾向がある」に対する標準有意確率(地域別).

た場合と日本全国の場合で同様の傾向であることから, 前述の大雨の出現頻度の変動傾向は日本における全国的傾向であると考えられる. なお, 地域的な差としては, 1950年から2003年の期間後半の大雨の出現頻度の増加傾向は, 東日本と北日本は西日本よりも顕著であることが挙げられる.

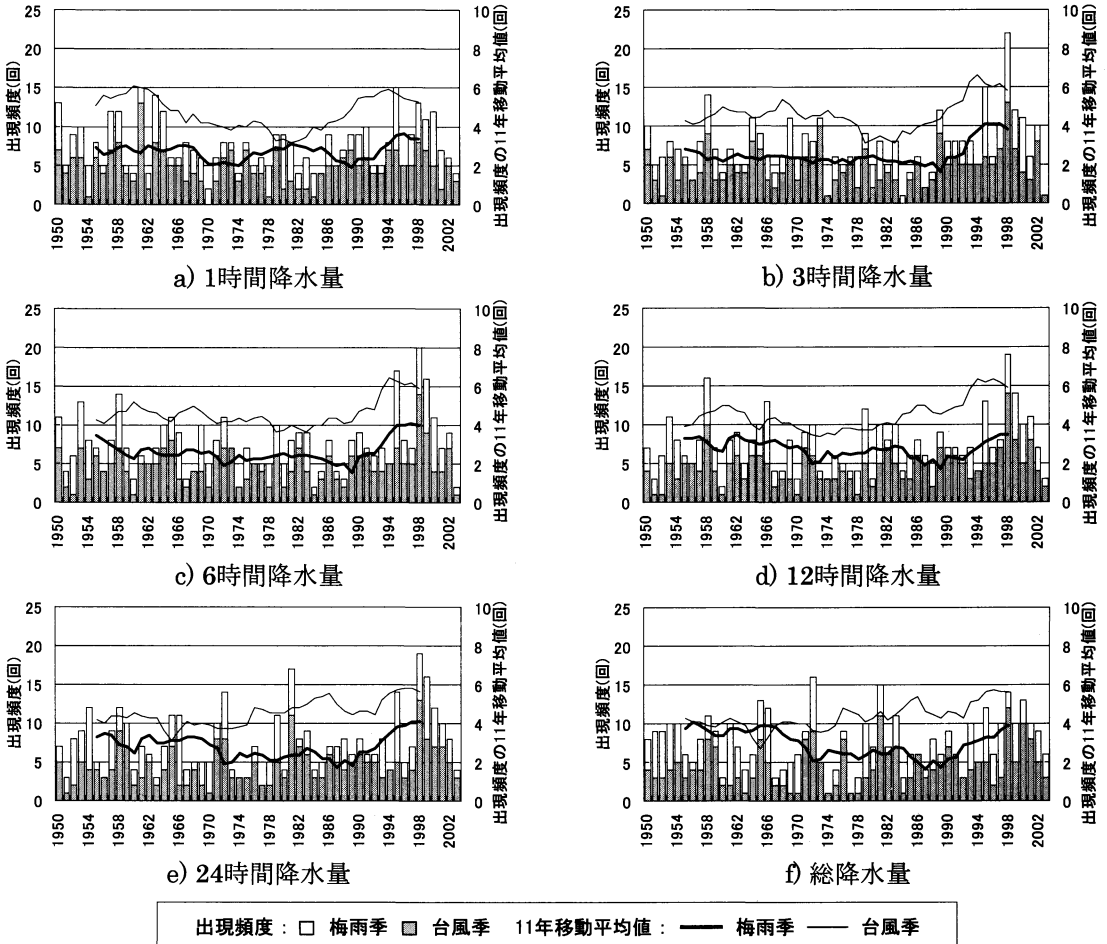
4.2 季節区分した場合の大雨の出現頻度

福井(1970)は, 大雨が出現した月によって5月から7月の大雨を梅雨性, 8月から10月の大雨を台風性としている. この区分は, 福井(1970)が述べているように一つの簡便法に過ぎないが, 本研究では暖候季を便宜的に5月から7月と8月から10月に季節区分し, 前者を梅雨季, 後者を台風季とした.

第8図は, 日本全国の1950年から2003年の暖候季における再現期間が2年以上の大雨のうち梅雨季と台風季に出現したものを抽出し, それぞれの季節の大雨の出現頻度を時系列で示したものである. なお, 暖候季の大雨の約4割は梅雨季, 約6割は台風季に出現している. 54年間での大雨の出現頻度の一次直線の傾きは, 第4表のように梅雨季の12時間降水量と総降水量の大雨, 及び台風季の1時間降水量の大雨が負であるのを除いて正である. また, 台風季の12, 24時間降水量の大雨の出現頻度はトレンドの検定から増加傾向が有意水準5%で有意である.

第8図の季節別の大雨の出現頻度の11年移動平均値から, 梅雨季の1, 12, 24時間降水量と総降水量の大雨,





第8図 梅雨季と台風季における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度の時系列と11年移動平均値(全国)。

第4表 1950年から2003年の54年間の梅雨季及び台風季における再現期間が2年以上の大雨の出現頻度及び季節降水量の一次回帰分析による一次直線の傾きとトレンドの検定結果(全国)。網掛けは一次直線の傾きが正の場合。\*は傾向性が有意水準5%で有意。

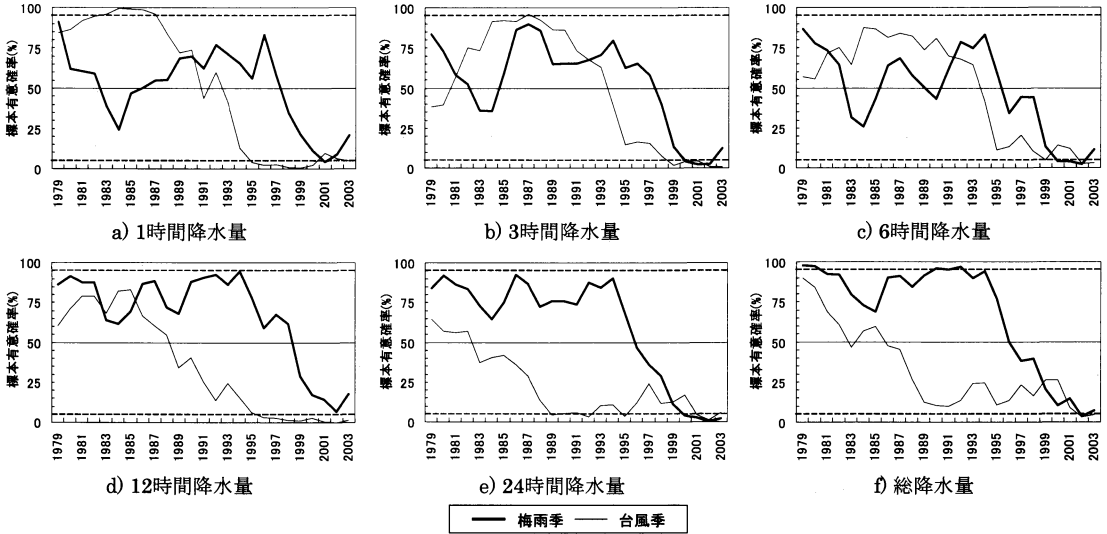
| 季節  | 大雨の出現頻度( $\times 10^{-3}$ 回/箇所・年) |        |        |         |         |       | 季節降水量(%/年) |
|-----|-----------------------------------|--------|--------|---------|---------|-------|------------|
|     | 1時間降水量                            | 3時間降水量 | 6時間降水量 | 12時間降水量 | 24時間降水量 | 総降水量  |            |
| 梅雨季 | 0.18                              | 0.93   | 0.32   | -0.47   | 0.11    | -1.38 | -0.23      |
| 台風季 | -0.51                             | 1.19   | 1.27   | 2.40*   | 2.40*   | 2.30  | -0.01      |

及び台風季の1, 3, 6, 12時間降水量の大雨の出現頻度は、全般的に1950年代から1960年代前半にかけてと1990年代以降に高く、1960年代後半から1980年代にかけて低い傾向にある。また、梅雨季の3, 6時間降水量の大雨の出現頻度は1990年代以降がそれ以前に比べて

高い傾向にあり、台風季の24時間降水量と総降水量の大雨の出現頻度は1950年から2003年にかけて高くなる傾向にある。ただし、梅雨季と台風季の大雨の出現頻度は、いずれの季節も1990年代以降は高い傾向にある。

第9図の季節別の大雨の出現頻度の30年間毎のトレンドの検定からは、1950年から2003年の期間前半は梅雨季の総降水量の大雨、及び台風季の1, 3時間降水量の大雨の出現頻度のみ減少傾向が有意水準5%で有意な期間がみられる。期間後半は、梅雨季の12時間降水量の大雨以外は大雨の出現頻度の増加傾向が有意水準5%で有意な期間があり、台風季は大雨の出現頻度の増加傾向が有意な期間が長い場合が多くみられる。

第10図は、第4図と同様に規格化した梅雨季及び台風季降水量(季節降水量)の時系列、11年移動平均値、及び30年間毎のトレンドの検定結果を示したものであ



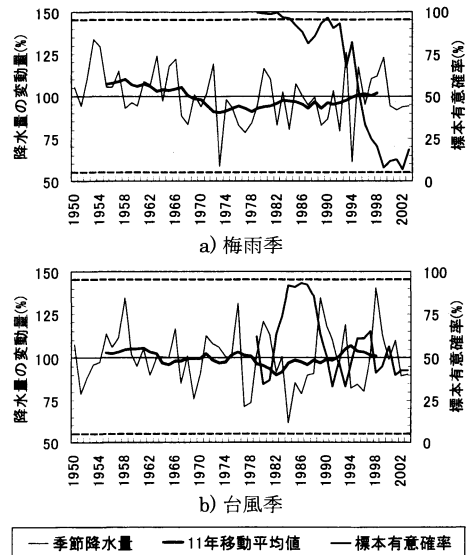
第9図 梅雨季と台風季における再現期間2年以上の大雨の出現頻度の前30年間に「上昇傾向がある」に対する標本有意確率（全国）。

る。また、第4表には54年間でのそれぞれの季節降水量の一次直線の傾きとトレンドの検定結果を示した。54年間を通しての季節降水量の一次直線の傾きはいずれの季節も負であるが、減少傾向は有意水準5%での有意性は認められない。また、日本全国の梅雨季及び台風季降水量の多い時期と少ない時期は、日本全国の暖候季降水量の場合とほぼ一致する。1950年から2003年の期間前半は梅雨季は減少傾向が有意水準5%で有意な期間があるが、期間後半はいずれの季節も増加傾向が有意水準5%で有意な期間はみられない。

以上より、梅雨季と台風季における大雨の出現頻度は、大雨の時間スケールによって変動傾向に違いがあるが、いずれの季節も1990年代以降は高い傾向にある。また、台風季の12, 24時間降水量の大雨の出現頻度は54年間を通して増加傾向が有意水準5%で有意である。季節別の差としては、1950年から2003年の期間後半の大雨の出現頻度の増加傾向は、台風季は梅雨季よりも顕著であることが挙げられる。

5. まとめ

本研究では、日本全国の気象官署18箇所を対象に1950年から2003年の54年間におけるひと雨の1, 3, 6, 12, 24時間降水量及び総降水量の再現期間が2, 5, 10年以上の大雨の出現頻度の経年変化を分析した。なお、この分析は1960年以前の日最大1時間降水量と1975年以前の毎時の1時間降水量を気象庁のマイクロ



第10図 規格化した季節降水量の時系列、11年移動平均値、及び前30年間に「上昇傾向がある」に対する標本有意確率（全国）。

フィルムから調べることで行った。

日本の暖候季における大雨の出現頻度には、1950年から2003年の54年間を通しての単調な増加または減少傾向は認められない。しかし、大雨の出現頻度には大雨の時間スケールや基準によらず、全般的に1950年代から1960年代前半にかけて高く、1960年代後半から

1980年代にかけて低く、1990年代以降に最も高いという変動傾向がみられる。ただし、3, 6時間降水量の再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は1990年代以降だけが低い傾向にあり、特に1990年代後半に高い傾向にある。また、1950年から2003年の期間後半の大雨の出現頻度の増加傾向はほとんどの場合に有意な期間があるが、期間前半の減少傾向は一部の場合にのみ有意な期間がみられる。

梅雨季と台風季における大雨の出現頻度は、大雨の時間スケールによって変動傾向に違いがみられるが、いずれの季節も1990年代以降は高い傾向にある。また、梅雨季の再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は1950年から2003年の54年間を通しての単調な増加または減少傾向が認められる場合はない。しかし、台風季の12, 24時間降水量の再現期間が2年以上の大雨の出現頻度は54年間を通して増加傾向にある。

本研究で対象にした気象官署は18箇所である。18箇所という箇所数は十分多いとはいえないが、大雨の出現頻度の変動傾向は日本全国の場合と地域を区分した場合で同様の傾向であることから、今回得られた変動傾向は日本全国での傾向であると考えられる。ただし、大雨の出現頻度の経年変化をより精密に把握するためには対象にする箇所数を増やした分析が不可欠である。そのためには、1975年以前の1時間降水量データの早期のデジタル化が望まれる。

また、1990年代以降は大雨の出現頻度が高い傾向にあり、特に時間スケールが数時間の大雨の出現頻度は1990年代後半に高い傾向にある。この要因が地球温暖化などによる人為的なものなのか、雨の降り方の周期的な変動といった自然要因によるものなのか、あるいは双方によるものなのかは本研究からは分からない。この要因を明らかにすることは、地球温暖化などの地球環境問題とも関連した今後の重要な課題である。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたりまして有益なご助言を頂きました東京学芸大学の高橋日出男助教授、及び1時間降水量データを気象庁統計室のマイクロフィルムから転写するにあたりましてご協力を頂きました株式会社工学気象研究所の加藤永子氏に篤くお礼を申し上げます。

また、貴重なご意見を頂きました査読者2名及び担当編集委員の方々に深く感謝申し上げます。なお、本研究で用いた降水量データは全て気象庁から提供を受けたものです。

## 参 考 文 献

- 福井英一郎, 1970: 日本における豪雨の分布, 地理学論評, 43, 581-593.
- IPCC, 2001: Climate change 2001: The scientific basis, Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- 岩井重久, 石黒政儀, 1970: 応用水文統計学, 森北出版, 370pp.
- Iwashima, T. and R. Yamamoto, 1993: A statistical analysis of extreme events: Long-term trend of heavy daily precipitation, J. Meteor. Soc. Japan, 71, 637-640.
- 梶原 誠, 沖 大幹, 松本 淳, 2003: 日本における100年間の豪雨頻度の経年変化, 日本気象学会講演予稿集, (83), 484.
- Kanae, S., T. Oki and A. Kashida, 2004: Changes in hourly heavy precipitation at Tokyo from 1890 to 1999, J. Meteor. Soc. Japan, 82, 241-247.
- 河田恵昭, 2003: 自然災害に対する危機管理の現状と課題 2. 2000年東海豪雨とその災害, 自然災害科学, 21, 9-14.
- 気象庁, 1999: 異常気象レポート'99 (各論), 大蔵省印刷局, 341pp.
- 二宮洗三, 2001: 豪雨と降水システム, 東京堂出版, 247pp.
- 坂上公平, 岸 泰浩, 入船敏行, 近 慎一, 2002: 東京大手町における夏期の短時間強雨の経年変化とその時間特性, 日本気象学会講演予稿集, (81), 130.
- 白旗慎吾(編), 1987: パソコン統計解析ハンドブックIV ノンパラメトリック編, 共立出版, 406pp.
- 高橋日出男, 2003: 東京とその周辺における夏季(6~9月)日降水量の階級別出現特性の経年変化, 天気, 50, 31-41.

## Trend in the Frequency of Heavy Rainfall events during the Last Half Century over Japan

Hiroto SUZUKI\*

\* *Joshinetsu Construction Office, East Japan Railway Company, 1-1-3 Hanazono Niigata-shi Niigata 950-0086, Japan.*

(Received 1 March 2004 ; Accepted 17 September 2004)

### Abstract

The trend in the frequency of heavy rainfall events, which are defined by six time scales (1-, 3-, 6-, 12-, 24-hour precipitations and accumulated precipitation) and three threshold values (2, 5, and 10 years probability precipitations), was analyzed by using hourly precipitation data at 18 meteorological observatories in Japan from 1950 to 2003. In the warm season (from May to October), on the whole, the frequency of heavy rainfall events was high from 1950 to the early 1960's and low from the late 1960's to the 1980's, and was highest after 1990. However, the frequency of 3- and 6-hour precipitation events above the 2 years probability is high only after 1990. The increasing trend in the frequency of heavy rainfall events during the latter half of these 54 years is significant at the 5% level for most of the time scales and threshold values of heavy rainfall, although the decreasing trend during the early half is statistically significant for only limited time scales or threshold values. The high frequency of heavy precipitation events above the 2 years probability after 1990 is found both for the Baiu season (from May to July) and the typhoon season (from August to October), apart from some differences according to the time scale of heavy rainfall.

### (財) 藤原科学財団「第46回藤原賞」受賞候補者の推薦募集

標記財団は、日本の製紙王と言われた故藤原銀次郎翁が寄付された私財を基金として1959年に創設されました。このほど財団から下記の要領で「第46回藤原賞」の推薦募集がありました。奮って応募下さい。

なお、この賞は「日本気象学会藤原賞」とは無関係です。

1. 授賞対象：自然科学分野に属する基礎科学及び応用科学。科学技術の発展に卓越した貢献をされた方。毎年2件。
2. 授賞候補者：日本国籍を持ち、日本在住の方。
3. 授賞内容：賞状、賞牌、副賞として1千万円。
4. 推薦に必要な資料：推薦要項書、主要論文テーマ

(10篇以内)のリスト、主要論文3篇以内の別刷(コピーでも可)各1部。

5. 推薦締切：2005年1月31日(月)

6. 推薦書送り先：

〒104-0061 東京都中央区銀座3-7-12

王子不動産銀座ビル 藤原科学財団

Tel: 03-3561-7736, Fax: 03-3561-7860

受賞者の決定は2005年5月中旬、贈呈式は6月中旬の予定です。賞に関する詳細は財団ホームページ <http://www.fujizai.or.jp/> を参照するか、気象学会事務局におたずね下さい。