

気候変動の状況下における高知の降水特性

1140397 池田 尚哉

高知工科大学マネジメント学部

1-1. はじめに

近年、突発的豪雨による洪水や、少雨による渇水など、異常な降水現象による被害が多く見られるようになった。豪雨と少雨と言う両極端な問題が存在する事から、降水量や頻度が増減しているのかについて、一概に結論を出すのが難しい状況にある。また、降水量やこれまでの降水現象の推移について様々な研究がされているが、一定の結論は出ていない。そこで本研究では、主に高知における降水現象の推移や、降水現象に影響を与える要因は何かについて検証を行った。その結果、高知県沖の海面温度やエルニーニョ現象・ラニーニャ現象、高知の立地特性などが高知の降水現象に影響を与えている可能性が指摘された。

1-2. 背景

近年、世界中で異常な気象現象が多く観測されている。日本においても例外ではなく、マスメディア等で国内における異常な降水現象に関するニュースをよく耳にするようになった。異常な降水現象と聞くと多くの人が思い浮かべるのは突発的豪雨ではないだろうか。事実、突発的豪雨による被害が発生したという報道は多くあり、また突発的豪雨を示す俗語であるゲリラ豪雨という言葉がすっかり定着するなど、人々の認知度は高まってきている。この事から、近年降水量が増えてきているという印象を持っている人も多い。一方で、高知県の早明浦ダムでも 2013 年夏に経験したように、少雨による水不足の問題が発生している。2013 年夏だけでも、高知県以外に東京都を始め様々な地域で少雨により取水制限が出されており、突発的豪雨と並んで社会に大きな影響を与える問題となっている。これらの様に、近年の降水現象は極端な降雨による洪水などの問題と、少雨による水不足などの問題と言う両極端な影響を社会に与えており、一概に降水量が増加しているとは言えない状況にある。今後も発生し得るこれらの問題への対策として、降水現象が今後どのように変化するかを明らかにすることが必要であり、そのためには、現在の降雨特性の実態を明らかにすることが望まれる。

IPCC (2013) によると、強い降水現象の頻度もしくは強度は北アメリカとヨーロッパで増加している可能性が高いとしているが、日本を含むその他の地域では、強い降水現象の変化の確信度はせいぜい中程度であるとしている。更に、今後の降水現象の変化の予測として、RCP8.5 シナリオにおいて、中緯度と亜熱帯の乾燥地域の多くでは今世紀末までに年平均降水量が減少する可能性が高く、一方、ほとんどの中緯度の湿潤地域では年平均降水量が今世紀末までに増加する可能性が高いとしている。なお、ここで言う中程度の確信度とは、10 のうち約 5 が正しいという事である。つまり、日本を含む地域において、降水現象の変化が起きているかどうかについて断定した結論は出せていないが、今後の予測としては降水量が増加していくと考えられているのである。また、既往研究においても、日本の降水現象の変化について一定の結論は出ていない。特に年間降水量に関しては、これまで増加傾向で推移しているのか、減少傾向で推移しているのかという事や、今後降水量がどのように変化していくのかという予測が一致していない。更に、降水現象の推移や、エルニーニョ現象、ラニーニャ現象が与える影響について、多くの既往研究では世界規模や日本全体という広い範囲の区分での分析しか行われていない。そこで本研究では、主な分析の範囲を高知に限定して、年間降水量の推移と海面温度、気温などとの関係性を見ていく事で、これまで明らかにされていなかった高知の降水特性を明らかにしていく。

本研究において、近年、降水量や降水強度は変化してきたのか、また変化しているならばそれがどのような傾向にあるのか調べる事で、今後発生し得る洪水や渇水などの降水現象に関する社会的問題へ備える為の一助として貢献できる可能性がある。

1-3. 目的

本論では、高知県において近年の降水現象がどのように変化してきたのかを明らかにし、降水現象の変化の傾向について、気温・海面温度という要因に注目して関係性について

明らかにしていく。また、降水現象の推移について、高知以外の都市とも比較を行う事で、各都市の人口や立地によって降水現象の推移に違いがあるのかについても明らかにする。

1-4. 研究方法

本論では、まず分析に用いるデータとして気象庁が提供するアメダスのデータや高知県水産試験場が観測している高知県沖の海水面温度のデータを収集し、そのデータから高知市やその他の都市での降水現象及び気温の推移、高知県沖の海水面温度の推移について分析を行う。次に、降水現象と気温・海水面温度との間に関連性がないかについて検証を行う。また、降水現象の推移について、都市ごとに違いがないか、高知市とその他の都市とで比較を行う。最後に、分析で得られた結果と今後予測される環境要因の変化から、高知市において降水量は今後どのように変化するのかについても予測を行う。

2. これまでの降水現象の推移

2.1 高知における降水現象の推移

高知県高知市比島町高知地方気象台に設置されているアメダスのデータを用いて分析を行った。

2.1.1 年間降水量の推移

高知における降水量のデータは、高知市比島にあるアメダスのデータを使用した。なお、年間降水量が得られるのは1886年からであるため、1886年から2013年までの推移に関してグラフにまとめた(図2-1)。年間降水量は、年ごとの変動幅が大きく、グラフからは、一概に年間降水量の増減の傾向を結論付けられない状況にある。そこで、エクセルの近似曲線を用いて、線形近似を行った。その結果、次式で表すことのできる近似曲線がひかれた。

$$y = -1.59x + 2742.6 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 x は経年を、 y は年間降水量を表す。この事から、高知の年間降水量は減少傾向にある可能性も考えられる。しかし、年ごとの変動幅が大きいため、増減の傾向を結論付けることは出来ないと言える。なお、1886年から2013年までの年間降水量の平均は2640.269mmであった。

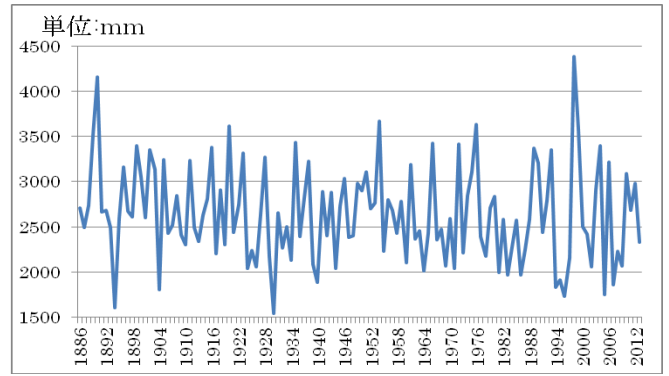


図 2-1 高知の年間降水量の推移

2.1.2 季節ごとの降水量の推移

高知において、季節ごとの降水量がどのように推移しているのかを調べた。季節の区分は、春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬(12~2月)とし、各季節の3カ月間の降水量の合計を出した。なお冬の降水量に関しては、12月時点での西暦をその冬の年とする。つまり、1954年の12月から1955年の2月までのデータは、1954年の冬のデータとして扱った。

その結果、年間降水量の推移と同様、年ごとの変動幅が大きい事が示された。また線形近似を行ったところ、全ての季節で減少傾向となり、年間降水量と各季節の降水量の推移は同じような傾向にあることがわかった。ただし、全ての季節において減少率は1未満であり、年間降水量の減少率1.59に比べ小さくなった。最も減少率の大きかったのは秋季の0.79であり、最も減少率が小さかったのは夏季の0.05であった。

2.1.3 確率降雨強度の推移

高知における確率降雨強度の推移を求めた。この検証では、まず1954年~2013年までの各年において、1日当たりの降水量が最大となった日の日降水量をその年の代表値とする。そして、1954年から30年ごとに、1954年~1983年、1964年~1993年、1974年~2003年、1984年~2013年という塊を作り、ワイブルプロット分析を用いて30年確率降雨強度がどのように変化してきたのかを求めた。

表 2-1 30年確率降雨強度の変化

| | 30年確率降雨強度 |
|-------------|-----------|
| 1954年~1983年 | 349.9mm |
| 1964年~1993年 | 340.4mm |
| 1974年~2003年 | 376.7mm |
| 1984年~2013年 | 343.6mm |

ここで求めた 30 年確率降雨とは、その強度の降水現象が起
こる確率が 30 年に 1 度という事である。つまり、表の 1954
年～1983 年までの 30 年確率降雨強度が 349.9mm という事
は、1954 年から 1983 年までの 30 年間に於いて、1 日に
349.9mm の雨が降る確率は 30 年に 1 度という事になる。30
年区切りで見たときに、この確率降雨強度の数値がもし上昇
傾向にあれば、かつては稀であった強さの雨が降る確率が、
時間の経過と共に高まってきているという事が考えられる。
今回の高知での検証においては、1974 年～2003 年までの 30
年確率降雨強度が他の 30 年間と比較して大きくなっている。
しかし、経年変化と共に、30 年確率降雨強度が増減している
という傾向は見られなかった。よって、日最大雨量に関して
は、ワイブルプロットによる分析では特に傾向は見られない
という結論となった。

2.1.4 時間降水量の推移

突発的豪雨の発生頻度がどのように推移しているのかを調
べるために、時間雨量に着目して分析を行った。

表 2-2 時間雨量 30mm/h,50mm/h 以上の雨の降った日数

| | 30 mm/h 以上 | 50 mm/h 以上 |
|---------------|------------|------------|
| 1973 年～1977 年 | 27 日 | 9 日 |
| 1978 年～1982 年 | 19 日 | 4 日 |
| 1983 年～1987 年 | 20 日 | 5 日 |
| 1988 年～1992 年 | 35 日 | 6 日 |
| 1993 年～1997 年 | 23 日 | 6 日 |
| 1998 年～2002 年 | 35 日 | 10 日 |
| 2003 年～2007 年 | 32 日 | 8 日 |
| 2008 年～2012 年 | 24 日 | 4 日 |

この分析では、高知市比島のアメダス観測所によって観測さ
れた 1973 年～2012 年までのデータから、各日の 1 時間あた
りの最大降水量が 30mm/h、50mm/h,以上となった日数をカ
ウントした。更にそれを 1973 年～1977 年、1978 年～1982
年、1983 年～1987 年というように 5 年区切りでまとめた(表
2-2)。つまり、表 2-2 の 1973～1977 年では、この 5 年間で 1
時間あたり 30mm 以上の降水があった日数は 27 日である
という事を意味している。

また、上記の表をグラフにする事で、30mm/h,50mm/h 以
上の雨の降った日数の推移を可視化した(図 2-2、図 2-3)。

表 2-3 季節ごとの 30mm/h 以上の降水の日数

| | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
|---------------|-----|------|------|-----|
| 1973 年～1977 年 | 2 日 | 8 日 | 15 日 | 1 日 |
| 1978 年～1982 年 | 3 日 | 10 日 | 6 日 | 0 日 |
| 1983 年～1987 年 | 2 日 | 11 日 | 7 日 | 0 日 |
| 1988 年～1992 年 | 5 日 | 22 日 | 8 日 | 1 日 |
| 1993 年～1997 年 | 5 日 | 13 日 | 4 日 | 0 日 |
| 1998 年～2002 年 | 5 日 | 14 日 | 15 日 | 0 日 |
| 2003 年～2007 年 | 4 日 | 12 日 | 14 日 | 2 日 |
| 2008 年～2012 年 | 4 日 | 12 日 | 8 日 | 1 日 |

表 2-4 季節ごとの 50mm/h 以上の降水の日数

| | 春 | 夏 | 秋 | 冬 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| 1973 年～1977 年 | 1 日 | 4 日 | 3 日 | 0 日 |
| 1978 年～1982 年 | 0 日 | 2 日 | 2 日 | 0 日 |
| 1983 年～1987 年 | 0 日 | 3 日 | 1 日 | 0 日 |
| 1988 年～1992 年 | 0 日 | 6 日 | 0 日 | 0 日 |
| 1993 年～1997 年 | 0 日 | 5 日 | 1 日 | 0 日 |
| 1998 年～2002 年 | 2 日 | 4 日 | 3 日 | 0 日 |
| 2003 年～2007 年 | 1 日 | 2 日 | 5 日 | 0 日 |
| 2008 年～2012 年 | 0 日 | 3 日 | 2 日 | 0 日 |

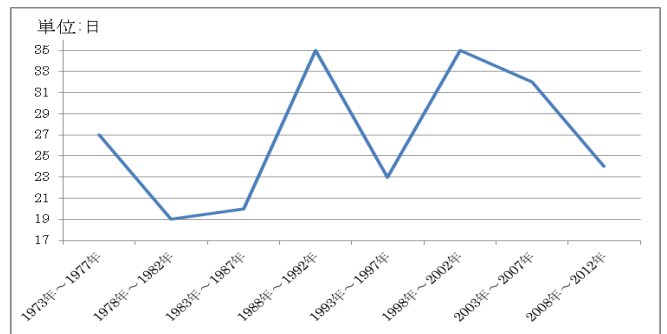


図 2-2 30mm/h 以上の降水のあった日数の推移

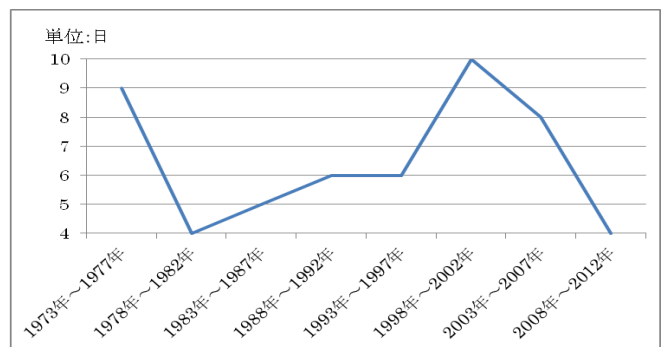


図 2-3 50mm/h 以上の降水のあった日数の推移

高知において、30mm/h以上の雨の降った日数は1973年から2012年という長期的なスパンで見ると、ゆるやかな増加傾向にある可能性が考えられる。しかし、2003年からの10年間は30mm/h以上の雨の降った日数は減少傾向にある。これがこの10年間に於いて偶然に起こった事なのか、2013年以降も長期的に続いていく傾向なのか明らかにしていくためには、今後もデータを取って検証していく必要がある。

50mm/h以上の雨が降った日数は1998年から2002年の5年間の合計が最も多く、その後2003年からの10年間は30mm/h以上の雨の日数と同様に減少傾向にある。こちらに関しても、減少傾向が今後の傾向として続いていくのか、偶然にこの10年間に見られる事なのかを明らかにしていくためには、今後の長期的なデータの検証が必要である。

また、突発的豪雨の発生頻度の推移について、季節による差があるのかを明らかにするために、2.1.2節と同様に季節による区分を行い、検証を行った。

結果、30mm/h以上の降水、50mm/h以上の降水共に、夏季に最も発生頻度が高い事が分かった。年によっては秋の方が発生頻度が高い場合もあったが、春や冬に発生頻度が最も高くなる年は見られなかった。また、冬季において50mm/h以上の降水が起きた日は1973年～2012年までの間では1日もなかった。この検証からは、高知においては全ての季節において経年変化による突発的豪雨の発生頻度の増減の傾向はみられなかった。

3. 海面温度の推移と降水現象との関係性

3.1 高知県沖の海面温度の推移

海水温度の分析には、高知県水産試験場が高知県沖に設置している50カ所分の観測ブイの1976年から2012年までの水深0mの海水温を平均した値を用いた。

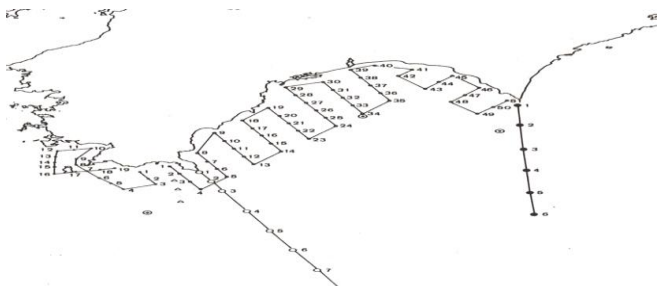


図3-1 観測ブイ設置場所

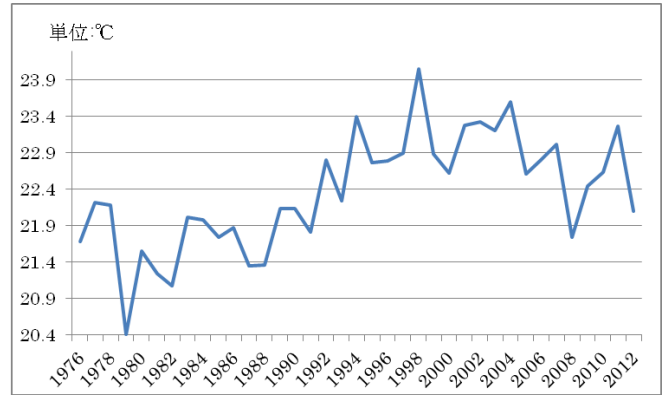


図3-2 年平均海水温の推移

年平均海水温を出してグラフ化したところ(図3-2)、1979年から1998年までは、海水温の上昇傾向がみられが、1999年以降はその傾向が見られなくなっている。また、最も高い海水温は1998年の24.1度、最も低いのは1979年の20.4度となった。更に、1976年から1998年までと、1998年から2012年まででグラフを分け、線形近似を行った。結果、1976年から1998年までは増加率0.08、1999年から2012年までは減少率0.05となっていた。しかし、1976年から2012年までのスパンで見ると、海面温度は上昇傾向にあるため、一定の結論を得るためには今後も変動状況を見ていく必要がある。

3.2 高知県沖の海面温度と高知の降水現象

高知県沖の海面温度が、高知での降水現象に影響を与えているのかを考察するために、まず海面温度と年間降水量、海面温度と30mm/h以上の降水のあった日数、海面温度と50mm/h以上の降水のあった日数とで回帰分析を行った。その結果、どれも決定係数が0.1未満となり、当てはまりが非常に悪く、この回帰分析での関連性の検証では結論は出せなかった。そこで、新たな手法として2.1.4節で出した5年ごとにまとめた時間降水量のデータに、その5年間の海面温度の平均を新たなデータとして加え以下の表を作った(表3-1)。なお、30mm/h、50mm/hの列は5年間で30mm/h以上、50mm/h以上の降水があった合計日数、海面温度の列は、その5年間の高知沖の海面温度の平均値を示している。更に、この表を用いて、30mm/h以上の降水があった日数と海面温度の平均値、50mm/h以上の降水があった日数と海面温度の平均値とで回帰分析を行った結果、表3-2の様になった。

表 3-1 降水強度と海水面温度

| | 30mm/h | 50mm/h | 海水面温 |
|------------|--------|--------|-------|
| 1978～1982年 | 19日 | 4日 | 21.3℃ |
| 1983～1987年 | 20日 | 5日 | 21.8℃ |
| 1988～1992年 | 35日 | 6日 | 22.0℃ |
| 1993～1997年 | 23日 | 6日 | 22.8℃ |
| 1998～2002年 | 35日 | 10日 | 23.2℃ |
| 2003～2007年 | 32日 | 8日 | 23.1℃ |
| 2008～2012年 | 24日 | 4日 | 22.4℃ |

表 3-2 回帰分析の結果

| | 重相関 R | 重決定 R2 |
|------------------|-------|--------|
| 30mm/h 以上の降水と海水温 | 0.62 | 0.39 |
| 50mm/h 以上の降水と海水温 | 0.79 | 0.63 |

この回帰分析から、50mm/h 以上の降水のあった日数と海水面温度との間には高い相関が示され、当てはまりの精度も最初に行った回帰分析よりもはるかに良くなっていた。このことから、50mm/h 以上の降水の発生頻度は海水面温度による影響を受けている可能性が指摘できる。このような結果になった原因の一つとして、海水面温度が高くなると、海面から上空にかけての上昇気流が激しくなり、それが雨雲を発生させる要因となるからであると考えられる。しかし、重決定が 0.63 程度と、まだ十分な当てはまりとはなっていないため、今回の分析においては両者の関係性を断定する事は出来なかった。

4. 高知の気温の推移と降水現象との関係性

4.1 高知の気温の推移

高知でのこれまでの気温の推移と降水現象との関連性を検証していくために、まず高知の日平均気温がどのように推移してきたのかをまとめた(図 4-1)。なお、気温のデータとして用いたのは、降水に関するデータと同じく高知市比島のアメダスのデータを用いた。期間は、1885 年以前のデータが得られなかったので 1886 年から 2013 年までとした。

結果、年ごとに変動の幅はあるものの、日平均気温は上昇傾向にあることがグラフから読み取れる。線形近似によって得られた日平均気温の上昇率は 0.01 であった。気象庁によれば、1898 年以降、日本の平均気温は 100 年あたりおよそ 1.1℃ の割合で上昇しているの、高知においてもおおむね全国平

均と同じ割合で日平均気温が上昇している事がわかる。

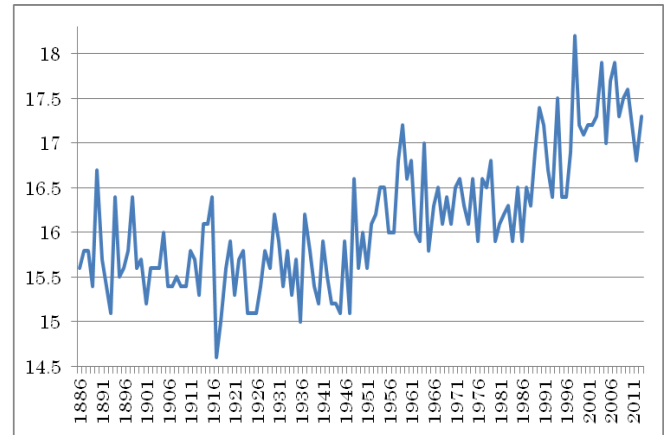


図 4-1 日平均気温の推移

4.2 日平均気温と降水現象との関係性

気温と降水現象との間に関連性があるのかを検証するために回帰分析を行った。回帰分析を行ったのは、年間の平均気温と年間降水量、年間の平均気温と 30mm/h 以上、50mm/h 以上の降雨の発生日数である。また 3.2 節と同様に、5 年区切りでデータをまとめた分析も行った。

表 4-1 降水現象と平均気温

| | 30mm/h | 50mm/h | 日平均気温 |
|------------|--------|--------|-------|
| 1978～1982年 | 19日 | 4日 | 16.3℃ |
| 1983～1987年 | 20日 | 5日 | 16.2℃ |
| 1988～1992年 | 35日 | 6日 | 16.9℃ |
| 1993～1997年 | 23日 | 6日 | 16.7℃ |
| 1998～2002年 | 35日 | 10日 | 17.4℃ |
| 2003～2007年 | 32日 | 8日 | 17.6℃ |
| 2008～2012年 | 24日 | 4日 | 17.3℃ |

更に、表 4-1 の 5 年区切りでのデータを用いた回帰分析を行った結果以下のような結果が得られた(表 4-2)

表 4-2 回帰分析結果

| | 重相関 R | 重決定 R2 |
|-----------------|-------|--------|
| 30mm/h 以上の降水と気温 | 0.74 | 0.55 |
| 50mm/h 以上の降水と気温 | 0.63 | 0.39 |

30mm/h 以上の降水があった日数と日平均気温の間では重相関が 0.74 と高い相関があるという結果が出たが、重決定が 0.5 程度と低いため、この回帰分析から日平均気温と降水現象との間の関係性について一定の結論を出す事は出来なかった。また、気温と降水現象との関係性に関しては、1 日の平均気温より、降水現象が起きる前後数時間の気温による影響の方

が大きい可能性もあり、今後気温に関しては1日単位ではなく、より細かい時間単位で見ていく必要がある。

5. エルニーニョ・ラニーニャ現象の影響

5.1 エルニーニョ・ラニーニャ現象が高知の降水現象に与える影響

高知において降水現象に影響を与えていると考えられる自然要因の一つとしてエルニーニョ・ラニーニャ現象がある。エルニーニョ現象とは、太平洋赤道域の日付変更線付近から南米のペルー沿岸にかけての広い海域で海面水温が平年に比べ高くなる現象、ラニーニャ現象は、同海域において海面水温が平年よりも低くなる現象をいう。エルニーニョ現象が発生すると、西太平洋熱帯域の海水温が低下し、西太平洋熱帯域で積乱雲の活動が不活発となり、日本付近では太平洋高気圧の張り出しが弱くなり、低温・多雨・寡照となる傾向があるとされる。ラニーニャ現象が発生すると、西太平洋熱帯域の海面水温が上昇し、西太平洋熱帯域で積乱雲の活動が活発となる。そのため、日本付近では、夏季は太平洋高気圧が北に張り出しやすくなり、西日本、沖縄、奄美では南から暖かく湿った気流の影響を受けやすくなる。この影響で、北日本を中心に気温が高く、日照時間の多い傾向があり、西日本の太平洋側を中心に、雨が多くなる傾向がある。冬季は西高東低の気圧配置が強まり、気温が低くなる傾向があるとされている。また、気象庁は、エルニーニョ・ラニーニャ現象発生時の降水現象の特徴について以下の様にまとめている。

表 5-1 エルニーニョ・ラニーニャ現象の日本への影響

| | エルニーニョ現象 | ラニーニャ現象 |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|
| 春 | 西日本で多い傾向 北日本太平洋側では少ない傾向 | 東日本日本海側・西日本日本海側で少ない傾向 東日本太平洋側で多い傾向 |
| 夏 | 北日本太平洋側・西日本日本海側で多い傾向 | 東日本の太平洋側・西日本の太平洋側で多い傾向 |
| 秋 | 西日本で少ない傾向 北日本太平洋側で多い傾向 | 北日本の太平洋側・東日本太平洋側・西日本で少ない傾向 |
| 冬 | 北日本と東日本の日本海側で少ない傾向 沖縄奄美で多い傾向 | 特に傾向が見られない |

5.2 エルニーニョ・ラニーニャ現象と高知での降水現象の関係性

エルニーニョ現象・ラニーニャ現象が日本に与える影響については、西日本・東日本という区分や、太平洋側・日本海側という範囲の広い区分でのまとめしか行われていない。そこで高知に限って、エルニーニョ現象・ラニーニャ現象の発生年と非発生年で、降水現象の傾向に違いがあるのかについて検証した。検証では、年間通してエルニーニョ現象・ラニーニャ現象が発生した年における年間降水量、30mm/h以上の降水があった日数、50mm/h以上の降水があった日数の平均値に違いがあるのかを比較する事で行った。エルニーニョ現象と降水現象との関係性は以下の通りである。

表 5-2 エルニーニョ現象と降水現象

| | 非発生年 | 発生年 |
|---------------|-----------|-----------|
| 年間降水量 | 2383.97mm | 2622.68mm |
| 30mm/h以上の降水日数 | 4.70日 | 5.20日 |
| 50mm/h以上の降水日数 | 1.06日 | 1.10日 |

その結果、エルニーニョ現象が発生した年は、非発生年と比べ、年間降水量、30mm/h,50mm/h以上の降水のあった日数、全ての項目においてわずかながら上回った。

次にラニーニャ現象との関連性について検証を行った。

表 5-3 ラニーニャ現象と降水現象

| | 非発生年 | 発生年 |
|---------------|-----------|-----------|
| 年間降水量 | 2561.79mm | 2589.33mm |
| 30mm/h以上の降水日数 | 4.76日 | 4.93日 |
| 50mm/h以上の降水日数 | 0.82日 | 1.43日 |

ラニーニャ現象についても、エルニーニョ現象と同様にすべての項目において発生年が非発生年を上回った。これらの事から、高知の降水現象はエルニーニョ現象やラニーニャ現象から小規模ながらも影響を受けており、エルニーニョ現象やラニーニャ現象が発生した年には降水量や強い雨の発生頻度が増える傾向にある事がわかった。

6. 都市ごとの降水現象の違い

日本国内の任意の都市と高知の間に、降水現象の推移についての傾向の違いがあるのかについて検証をおこなった。分析を行う都市の選定基準は、DID人口が特に多い大都市と、高知県と同じ中国・四国地方に属する都市である事とした。具体的には、東京・大阪・名古屋・徳島・松山・高松・岡山・

広島を対象の都市とした。降水量のデータは 1973 年から 2012 年までのアメダスの観測データを用いた。

6.1 東京の降水現象の解析

まず、国内の都市の中で最も都市化されている東京を一例に分析を行った。東京の年間降水量の推移については、高知と同じように変動が大きく、傾向を見出すのは難しい状況にあった。一方で、2.1.4 節と同様に、5 年区切りで 30mm/h,50mm/h 以上の降水があった日数を分析していくと、30mm/h 以上の降水のあった日数に関しては、ここ 15 年間だけ見ると減少傾向にあるという高知と似たような傾向が見られたが、1973 年からの長期的なスパンで見ると増加傾向にあり、50mm/h 以上の降水があった日数ではこの増加傾向が更に顕著に現れている。

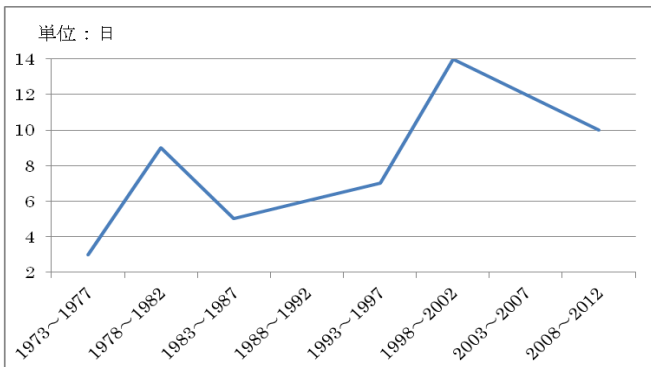


図 6-1 30mm/h 以上の降水のあった日数

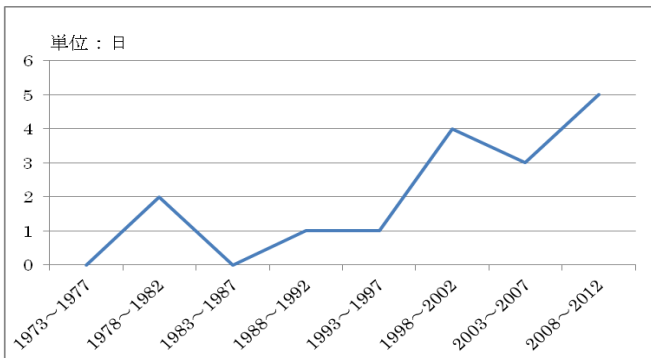


図 6-2 50mm/h 以上の降水のあった日数

6.2 国内の他の都市と高知の降水現象の比較

都市によって 30mm/h,50mm/h 以上の降水のあった日数の増減傾向に違いはあるのかを調べるために、まずは調査対象のすべての都市で図 6-1,6-2 の様なグラフを作成した。次に線形近似を行い引かれた直線の増加率（減少の場合は-を用いて表した）の違いを、今回の検証で用いる増減率の値とした。最後に、増加率の違いを表 6-1 にまとめた。なお、DID 人口は平成 17 年の国勢調査によるデータである。

表 6-1 30mm/h,50mm/h 以上の降水の増減率

| 都市名 | 30mm/h(日) | 50mm/h(日) | DID 人口(人) |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| 東京 | 1.10 | 0.62 | 8,489,653 |
| 大阪 | 0.52 | 0.06 | 2,628,312 |
| 名古屋 | - | 0.30 | 2,159,379 |
| 岡山 | 0.27 | - | 454,902 |
| 広島 | 0.30 | -0.05 | 1,004,506 |
| 高松 | -0.20 | -0.02 | 213,793 |
| 徳島 | 0.50 | 0.13 | 189,899 |
| 松山 | 0.38 | 0.05 | 418,500 |
| 高知 | 0.87 | 0.25 | 281,914 |

結果、30mm/h 以上の降水に関しては名古屋で、50mm/h 以上の降水に関しては岡山の、年ごとの増減の変動幅が非常に大きく、増減率を出す事が出来なかった。順位に関しては、30mm/h,50mm/h 以上の降水共に東京がもっとも高い増加率となった。これは、様々な既往研究がなされている通り、大都市特有のヒートアイランド現象が、強い降水現象の発生に影響を与えている可能性が考えられる。一方で、他の大都市に比べ高知の増加率が非常に高い値を示している。このことから、強い降水現象の発生数の増加率は、単にヒートアイランド現象が発生しやすい大都市で高くなるという結論を出す事は出来ないと言える。なお、高知での増加率が、高くなった要因の一つとして、高知の地形的な特性が考えられる。防災科学研究所の研究によれば、地球温暖化がすすむと、山地の西側及び南側で、夏季の降水量と大雨の発生頻度が顕著に増加するとされている。そして、高知は、この山地の西側及び南側という立地特性を持っている。本研究の 2.1.4 節においては、高知での夏季の大雨の発生頻度について、顕著に増加しているという結論には至らなかった。しかし、前述の任意の都市との強い降水現象の発生数の増減率の比較に関しては、この山地の西側及び南側であるという立地特性が、他都市と比べても高い増加率を示した要因となった可能性が考えられる。この立地特性と増減率についての関連性については、今後、山地の西側及び南側にあたる都市とそうでない都市に分け、更に多くの都市で同様の分析を行っていく必要があるだろう。

7 台風と降水現象との関係性

7.1 台風の上陸数と降水現象との関係性

台風が降水現象に影響を与えているかを明らかにするために、四国の台風の上陸数を 3.2 節と同様に、5 年区切りのデータとしてまとめ、30mm/h,50mm/h 以上の降水のあった日数と相関があるかどうか回帰分析を行った。結果、四国の台風の上陸数と 30mm/h,50mm/h 以上の降水のあった日数との間に相関は示されなかった。今回の分析では四国の台風の上陸数を用いて分析を行ったが、台風に対して高知がどの方向に位置しているのかによって降水現象へ与える影響が変わる可能性が考えられる。また、台風の規模によっても降水現象へ与える影響は変わってくると考えられるため、今後これらの要因についても考慮したうえで、更に台風と降水現象との関係性の検証を続けていく必要がある。

8 考察

8.1 これまでの降水現象の推移

これまでの分析から、高知においては、年間降水量が減少傾向にある可能性があり、30mm/h,50mm/h 以上の降水日数が増加傾向にある可能性が考えられる。しかし、年間降水量については年ごとの変動幅が大きく、30mm/h,50mm/h 以上の降水日数については、ここ 10 年間はその傾向が見られないため、断定的な結論を出す事は出来なかった。高知県沖の海水面温度と降水現象の関連性については、50mm/h 以上の降水があった日数と海水面温度との間に相関がある可能性が指摘された。エルニーニョ現象・ラニーニャ現象については、高知の降水量や強い雨の発生頻度に影響を与えている事が示された。高知と任意の都市との比較では、大都市でのヒートアイランドによる影響と並んで、山地の西側及び南側という立地特性が強い降水現象の発生数の増加率に影響を与えている可能性が指摘された。

7.2 高知の今後の降水現象の予測

今後の高知の降水現象について、高知県沖の海水面温度、エルニーニョ現象、高知の立地特性の観点から考えていく。まず、海水面温度に関しては、米カリフォルニア大サンディエゴ校の小坂優研究員らによって、熱帯域の太平洋の海面水温がここ 10 年程度の低い傾向にある事、将来再び高温傾向になる事が示されている。本研究から、高知県沖においても、ここ 10 年間同様の傾向が言える為、将来の高温傾向に関して十分に現実のものとなる可能性が考えられる。今後、高知県沖の海水面温度がより高い数値を示すようになった場合、50mm/h 以上の降水が起きる頻度も高くなっていく可能性が

ある。

エルニーニョ現象に関しては、北海道大学や産業技術総合研究所を中心とするグループの研究で、かつて地球の平均気温が現在より 2~3℃高かった時期に、激しいエルニーニョ現象が起きていたことが明らかにされている。この事から、温暖化後の地球では、太平洋の東西の水温差はさらに拡大し、エルニーニョ現象はより大規模化し、頻発するという仮説が信ぴょう性を帯びてきている。もし、この仮説通りにエルニーニョ現象が大規模化し、頻発化していけば、エルニーニョ現象によって高知の降水量や降水強度が増加する事が考えられる。なお、本研究ではエルニーニョ現象の規模と高知の降水現象との関係性については明らかに出来ていない。しかし、エルニーニョ現象と降水量・降水強度との間の関係性については明らかにされたので、エルニーニョ現象が頻繁に起きるようになると、高知の降水量や降水強度の平均は高くなっていくものと推測できる。

立地特性と降水現象との関連性については、既往研究で示されている山地の西側及び南側という立地は、降水強度に影響を与えるという傾向が、高知においてもあてはまる可能性が指摘された。今後も地球温暖化が続けば、この傾向は顕著に現れてくることとなり、降水強度が今後も高まっていく可能性も考えられる。

9 今後の課題

- ・2013 年以降の降水現象の推移を分析
- ・2013 年以降の海水面温度の推移を分析
- ・海水面温度と降水強度の関係性について更に分析を続ける
- ・降水が発生する前後について 1 時間単位での気温の変化の分析
- ・エルニーニョ現象・ラニーニャ現象の発生規模と降水現象との関連性について検証を行う
- ・気圧配置や台風と降水現象との関係性について検証

引用文献

- [1] ネイチャー電子版 : Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling.
- [2] 独立行政法人:日本列島における夏季降水の将来変化と地形の関係
- [3] 北海道大学・産業技術総合研究所:鮮新世のエルニーニョ : 高解像度サンゴ年輪に記録される温暖化期における大気海洋数年変動
- [4] 気象庁 : エルニーニョ現象・ラニーニャ現象とは
- [5] 気象庁 : エルニーニョ現象・ラニーニャ現象が日本の天候へ影響を及ぼすメカニズム