

タイにおける近年の降水量の変動（短報） Recent fluctuation of rainfall in Thailand (short report)

野元世紀
Seiki NOMOTO

(社会科教育・地理学)

1. はじめに

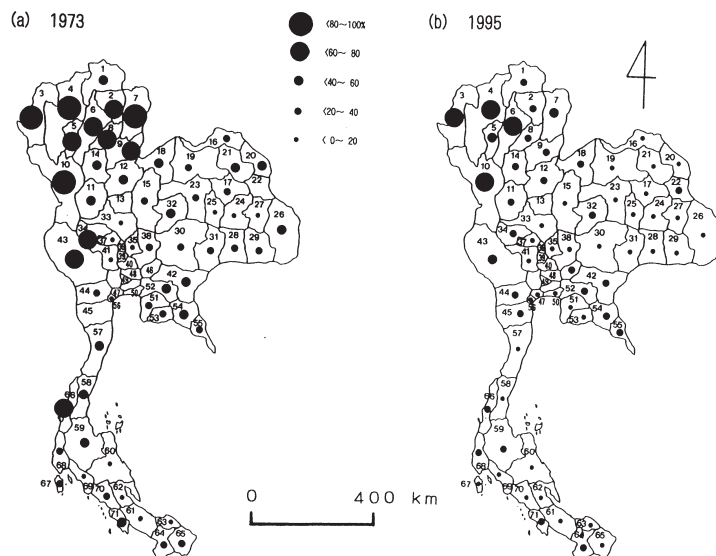
Nomoto (2003) はタイの主要気象台 (synoptic station) の1951年から1997年のデータをもとに、霧日数の変化を明らかにした。比較的森林の保存状態が良く、1970年代以降急激に森林伐採の進んだタイ北部地域では、森林面積の減少とともに霧日数も減少していること、そしてその減少速度は周囲の森林面積の減少状況と関係が深いことを述べた。さらに、タイ北部地域 (以後北タイという) では雨季の後半に降水量が年々減少している地点があることを報告した。この現象は北タイに隣接する中国雲南省西双版纳でも認められ、森林破壊が原因であると考察している (Zhang, 1986)。Kanae et al. (2001) や鼎 (2002) はタイの8月と9月の降水量の経年変化に注目した。雨季の後半にあたる9月に北東タイの多くの地点でみられる降水量の減少を数値シミュレーションによって調べた。その結果、インドシナ半島の植被面積を減少させることで9月の降水量が減少することを報告している。

また、Nomoto (2003) はその論文の中で、タイ気象局はタイ全土で気温が上昇していると報告している (Rungdilokroajin and Nimma, 1990) が、タイ北部地域ではChiang Maiなど大都市を除き、気温は下降傾向にあることも指摘した。

本稿は、2010年までデータを収集し、解析期間を1951年から2010年までの60年間に拡大し、タイにおける降水量や気温の変動の特徴の概略を報告するものである。また、2011年10月に発生したバンコクの水害に関する北タイでの異常降水についても簡単に述べる。

2. タイの諸地域の地理的特徴とデータ

図1は1973年と1995年のタイの県別の森林面積率を示す (Nomoto, 2003)。タイは5地域に分けられる。県番号1から15が北タイである。この地域は山岳地域で、図からも明らかかなように1973年には高い森林面積率を保持していた。気象台は河谷や盆地底に位置するために、大気が安定する乾季には霧が多発する。年降水量は1,100mmから1,400mmである。県番号16から28が北東タイである。この地域はコンラート台地と呼ばれる台地が広がる。ここは早くから森林伐採が進み、1973年には全域で森林面積率が40%以下になっている。年降水量は1,100mmから1,500mmである。県番号29から50が中央タイで、チャオプラヤー川の沖積低地が広が



Prefecture No.: 1. Chiang Rai, 2. Payao, 3. Mae Hon Son, 4. Chiang Mai, 5. Lamphun, 6. Lampang, 7. Nan, 8. Phrae, 9. Uttaradit, 10. Tak, 11. Kamphaengphet, 12. Phitsanulok, 13. Phichit, 14. Sukhothai, 15. Phetchabun, 16. Nong Khai, 17. Kalasint, 18. Loei, 19. Udon Thani, 20. Nakhon Phanom, 21. Sakon Nakhon, 22. Mukdahan, 23. Khon Kaen, 24. Roi Et, 25. Mahasarakham, 26. Ubon Ratchathani, 27. Yasothon, 28. Surin, 29. Suisaket, 30. Nakhon Ratchasima, 31. Buriram, 32. Chaiyaphum, 33. Nakhon Sawan, 34. Uthaitani, 35. Lop Buri, 36. Singburi, 37. Chainat, 38. Saraburi, 39. Anthing, 40. Ayuthaya, 41. Suphan Buri, 42. Prachin Buri, 43. Kanchanaburi, 44. Ratchaburi, 45. Phetchaburi, 46. Nakhon Nayok, 47. Samut Sakhon, 48. Pathumthani, 49. Nonthaburi, 50. Samut Prakan, 51. Chon Buri, 52. Cha Choeng Sao, 53. Rayong, 54. Chanthaburi, 55. Trat, 56. Samut Songkhram, 57. Prachuap Khiri Khan, 58. Chumphon, 59. Surat Thani, 60. Nakhon Si Thammarat, 61. Songkhla, 62. Phthalun, 63. Pattani, 64. Yala, 65. Narathiwat, 66. Ranong, 67. Phuket, 68. Phangna, 69. Krabi, 70. Trang, 71. Stoon

図1 タイにおける1973年と1995年の県別の森林面積率 (Nomoto, 2003)

る。北タイの主要河川であるピン川、ヤム川、ナン川などが県番号33のNakhon Sawanで合流し、チャオプレー川になる。2011年のバンコク水害は合流地点での氾濫から始まった。中央タイの年降水量は1,100mmから1,400mmである。北タイ、北東タイ、中央タイは西側のドーナ山脈、東のアンナン山脈の影響を受け、熱帯モンスーン気候下の地域としては降水量が少ない。県番号51から56が東タイである。ここはタイランド湾に面する平野か丘陵である。年降水量は2,000mm以上で、Khlung Yaiでは4,000mmを越す。県番号57以降はマレー半島上に位置する南タイである。降水量は2,000mm以上である。

解析に使用した気象データはタイ気象局気候センターで入手した。中央タイを除いて、各県に1ヶ所ないしは2ヶ所ある主要気象台の降水量、気温、湿度、気圧、雷雨日数などのデータを用いて解析した。収集したデータは1951年から2010年である。また、森林情報は王立森林局より入手した。

3. 降水量の変動

タイの気候は基本的に南西モンスーンと北東モンスーンによって特徴づけられる (Thai Meteorological Department, 2012: 以後TMDと呼ぶ)。南西モンスーン期が雨季になる。国土が約51万平方キロのタイでは地域差があるが、およそ5月中旬から10月初旬が南西モンスーン期である。10月中旬から2月中旬が北東モンスーン期で、乾季になる。ただし南タイではこの時期も降水量が多い。図2(a)は北タイのChiang Rai (図1 県番号1) における月降水量 (1981年—2010年の平均) で

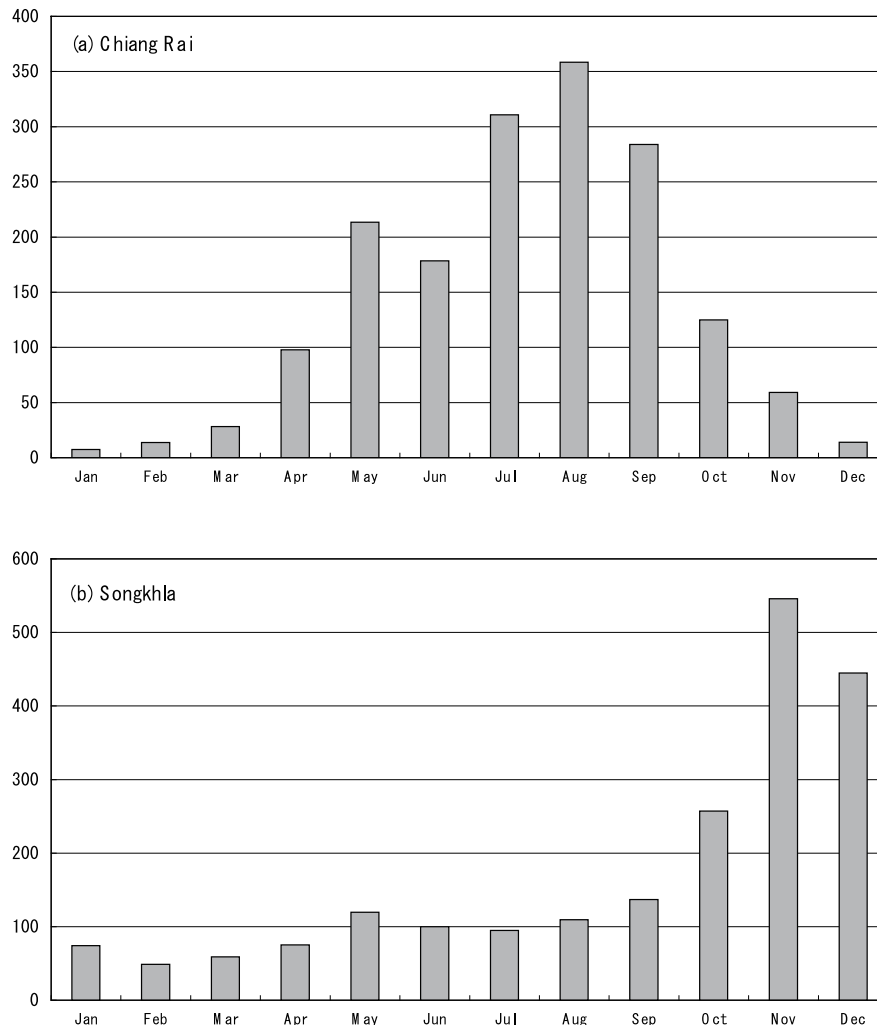


図2 (a), (b) Chiang RaiとSongkhlaにおける降水量の年変化 (1981-2010年の平均)

ある。5月に雨季が始まり、8月にピークを迎え10月に雨季が終わる。6月は降水量が減少しているが、モンスーンの中絶期といわれている（松本，2002）。一方，南部ではSongkhla（県番号61）のように，北東モンスーン期に雨季のピークを迎えるところもある（図2（b））。

3-1 年降水量

1951年から2010年の60年間の年降水量は北東タイを除き減少傾向にある。その変化を線形回帰で近似すると傾きは数mm/年である。2. で述べたように，南タイや東タイを除き，年降水量は1,100mmから1,400mm程度で日本の多くの地点よりも降水量が少ない。一方，気温が高いので蒸発量は日本よりも多い。降水量の減少は今後水利の面で問題が生じてくるかもしれない。北タイで最も減少速度が大きい地点はChiang Mai（県番号4）の-3.2mm/年，中央タイの最大はSuphan Buri（県番号41）で-7.7mm/年，東タイではPrachin Buri（県番号42）の-5.9mm/年，南タイではTrangの-7.0mm/年である。中央タイ，東タイ，南タイでは上記の地点以外でも減少速度が大きな値を示している。図3は南タイのTrang（県番号70）における年降水量の推移とトレンドを示す。一方，北東タイではNakhon Ratchasima（県番号30）の-2.5mm/年が最大であるが，東北タイの半数の地点は増加傾向にある。

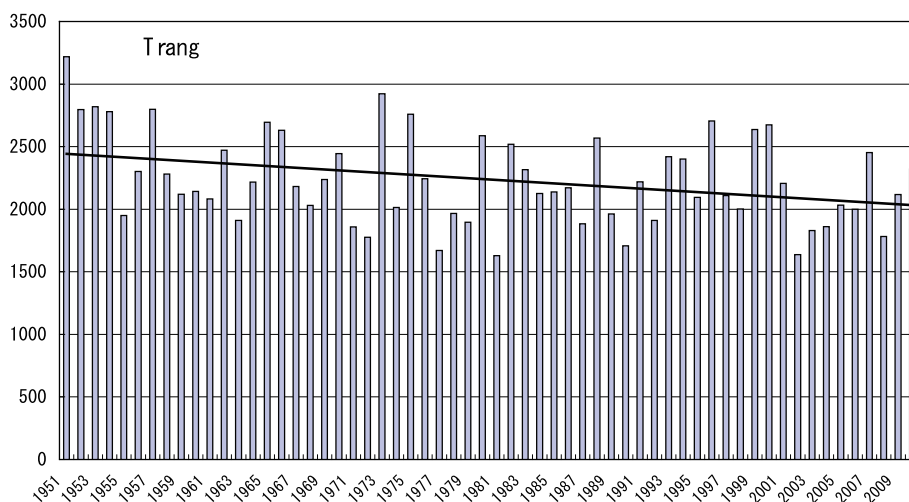


図3 Trangにおける年降水量の推移とトレンド

1951年から1980年を前期，1981年から2010年を後期として各月の降水量を比較すると，当然のことながら南西モンスーン期（雨季）の降水量が後期に減少している。ただし北タイや北東タイでは雨季の前半にあたる7月，8月に降水量の増加が認められる地点もある。一方，9月は例外なく減少している。図4（a），（b）は北タイのMae Hong Son（県番号3）と北東タイのNakhon Phanom（県番号20）の10年平均の月降水量の時系列を示す。両地点とも7月，8月は増加傾向にあり，一方9月には減少傾向になっている。

年降水量の減少速度の大きな南タイでは南西モンスーン期のみならず北東モンスーン期でも降水量の減少が大きく，それが年降水量の減少につながっている。なお，興味ある事実として，プレモンスーン期にあたる4月にタイ全土で降水量の増加が起きている。これは大気循環の変動を示しているのかもしれない。

3-2 雨季前半と後半の降水量の推移

Zhang（1986）は北タイの北に位置する雲南省西双版纳で雨季の降水量の経年変化を調べ，雨季の前半に降水量は増加傾向にあり，後半は減少傾向になっていることを指摘した。そしてその原因を，

熱帯林の減少によるものであるとした。森林の減少によって地表面のボーエン比が変化する。雨季前半はモンスーンによる水蒸気の輸送量が増加する。それにボーエン比の変化に伴う地表面の加熱が加わり、対流活動が活発になり、降水量が増加する。雨季後半はモンスーンが弱まり、流入する水蒸気量も減少する。森林面積の減少により蒸発散量も減少することにより、降水量が減っていく。Kanae et al. (2001) や鼎 (2002) もタイの9月の降水量の減少に注目し、数値シミュレーションによって9月の降水量減少の再現を試みた。その結果、インドシナ半島の植被面積を減少させることで9月の降水量が減少することを報告している。9月は雨季の最中であるが南西モンスーンの終わりの時期にあたり、水蒸気の流入が減少するために森林からの蒸散、地表面の蒸発や熱的影響が降水量に反映するというものである。また、8月にはタイ北東部で降水量の増加が起こっている。これは森林伐採によって地表面の粗度が小さくなるために大気下層で風速が増し、風によって運ばれてきた水蒸気が北東タイの山地で降水量の増加を引き起こすと鼎は考察している。しかし図4(a)で示されるMae Hong

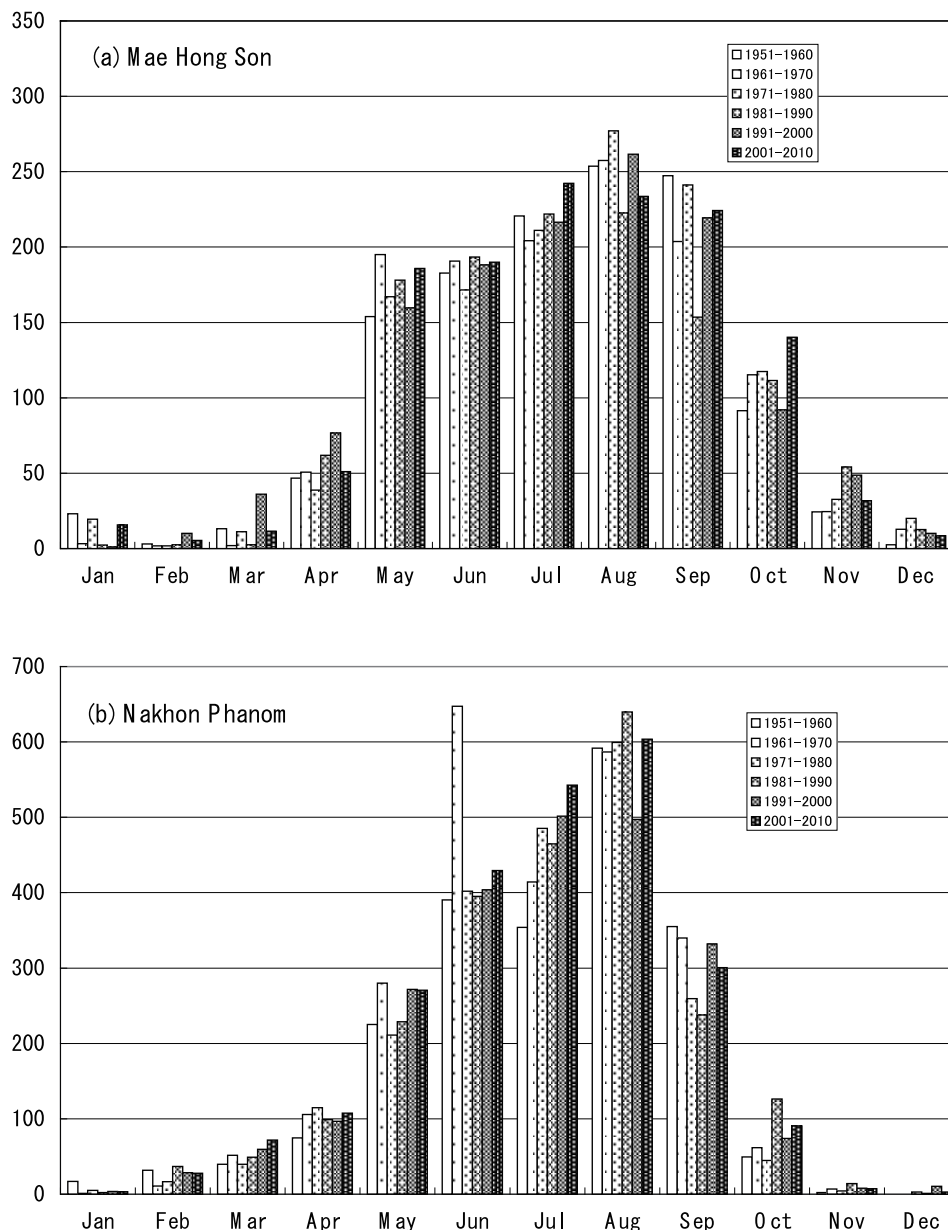


図4 (a), (b) Mae Hong SonとNakhon Phanomにおける10年平均の月降水量の時系列変化

Sonは北タイの中でも最も森林の保存が良い地域である（図1）。この地点でも雨季前半の降水量の増加が明瞭であり、鼎（2002）の結果とは異なる理由を考える必要があるかもしれない。

Zhang（1986）の森林破壊によってボーエン比が変化し、地表面の加熱が対流活動を活発にし、水蒸気の流入が増加する雨季前半には降水量が増加するという結論も再考する必要があるかもしれない。図5は北タイのPhrae（県番号8）における1951年から2010年の期間の10年平均の雷雨日数の推移を示す。各月とも近年雷雨日数の減少が明瞭である。Phraeを例に出したが、雷雨日数の減少は雨季の前半に降水量の増加が認められる北タイや北東タイでも確認される。さらにタイ全土においても例外なく発生している。もしZhang（1986）の言うように、雨季前半の降水量の増加がボーエン比の変化による対流活動の活発化に伴うならば、雷雨日数も雨季前半には増加するのではないかと考えられる。雨季后半の経年的な降水量の減少についてはZhang（1986）やKanae et al（2001）、鼎（2002）の考察が合理的であると考えられるが、雨季前半の降水量増加の原因については今後の課題である。

図6はPhraeにおける年間霧日数と年間雷雨日数の時系列変化を示す。森林の保存状態の良かった

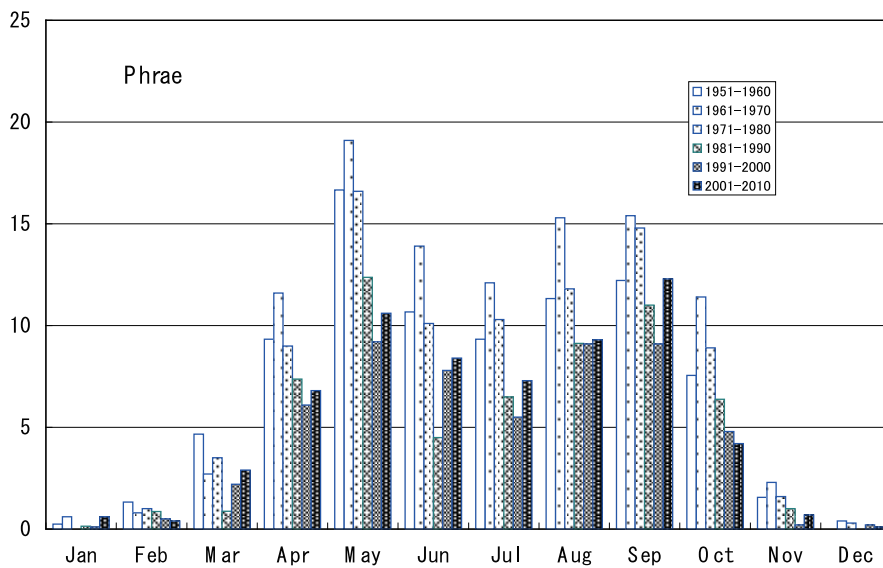


図5 Phraeにおける10年平均の月間雷雨日数の時系列変化

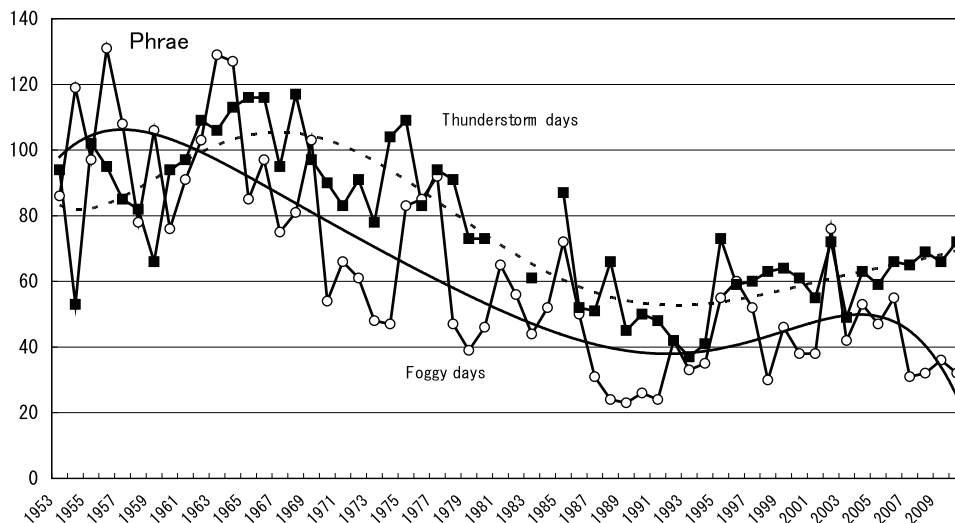


図6 Phraeにおける年間霧日数と年間雷雨日数の経年変化

北タイでは盆地や河谷底という地形条件も加わり、霧が多発する地域である。しかし、1970年代以降、森林伐採の進行とともに森林面積が減少し、霧日数も減少していった (Nomoto, 2003)。Phraeでは1973年には県の67%が森林に覆われていたが、1995年には37%に半減している。そして、図6に見られるように年間霧日数も減少していった。興味あることは年間霧日数と雷日数の経年変化の平行性である。霧日数の経年変化に対し10年程度の遅れをもって雷日数が同様の変化を起こしている。雷日数は南西モンスーンの吹き始める5月に最も大きな減少を示すことから大気の循環の変動が雷日数の減少に関係していると考えられるが、霧日数との関係性から森林面積の変化も寄与しているかもしれない。雷雨日数減少の原因についても今後の課題である。

3-3 2011年のバンコク水害と北タイの異常降水

2011年10月から11月にかけて発生したバンコク周辺の水害による死者は752人、被害総額は3.5兆円に達すると見積もられている (小森, 2012)。関東平野とはほぼ同じ面積 (約18,000平方キロ) で浸水被害を受け、総氾濫水量は150億立方メートルと推定されている。

北タイの主要河川であるピン川、ヤム川、ナン川などが中央タイのNakhon Sawanで合流し、チャ

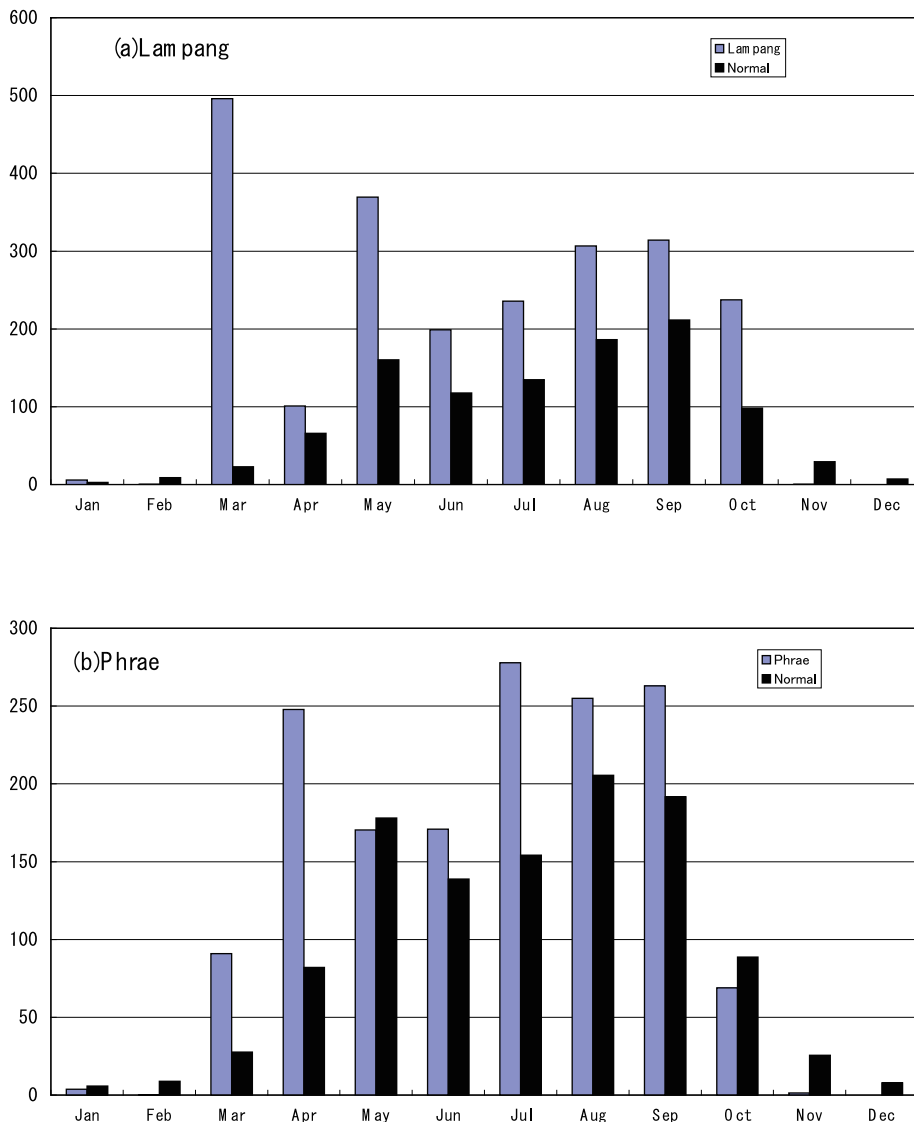


図7 (a), (b) Lam pangとPhraeにおける2011年の月降水量と平年値との比較

オプラヤー川になる。すなわち北タイの大半の地域がチャオプラヤー川の集水域になっている。2011年は北タイで南西モンスーンや熱帯収束帯、熱帯低気圧の来襲で記録的な降水量となった。

図7(a), (b)は北タイのLampang (県番号6) とPhraeにおける2011年の日雨量を月ごとにまとめたものである。図中のNormalは1981年から2010年の平年値である。Lampangの年降水量の平年値は1,045.4mmであるのに対し、2011年には2,266.2mmを記録した。これはLampangにおける観測史上最も高い値である(第2位は1970年の1,520.3mm)。Phraeは平年値が1,114.8mm, 2011年には1,550.0mmを記録した。これもPhraeにおける歴代2位の降水量になる。他の北タイの气象台も同様に2011年には記録的な降水量を観測した。これらの降水が北タイ各地の河川に流れ込み、中央タイのNakhon Sawanで合流し、チャオプラヤー川の氾濫につながった。水門の建設など水害対策は従来から行われてきたが、2011年の降水量はその能力をはるかに超えるものであった。なお、2011年にはラオスにおいても水害で大きな被害が出た(野元, 2012)。

4. その他の変動

4-1 年平均気温

1990年にTMDはタイ全土で気温が上昇していると報告している (Rungdilokroajin and Nimma,

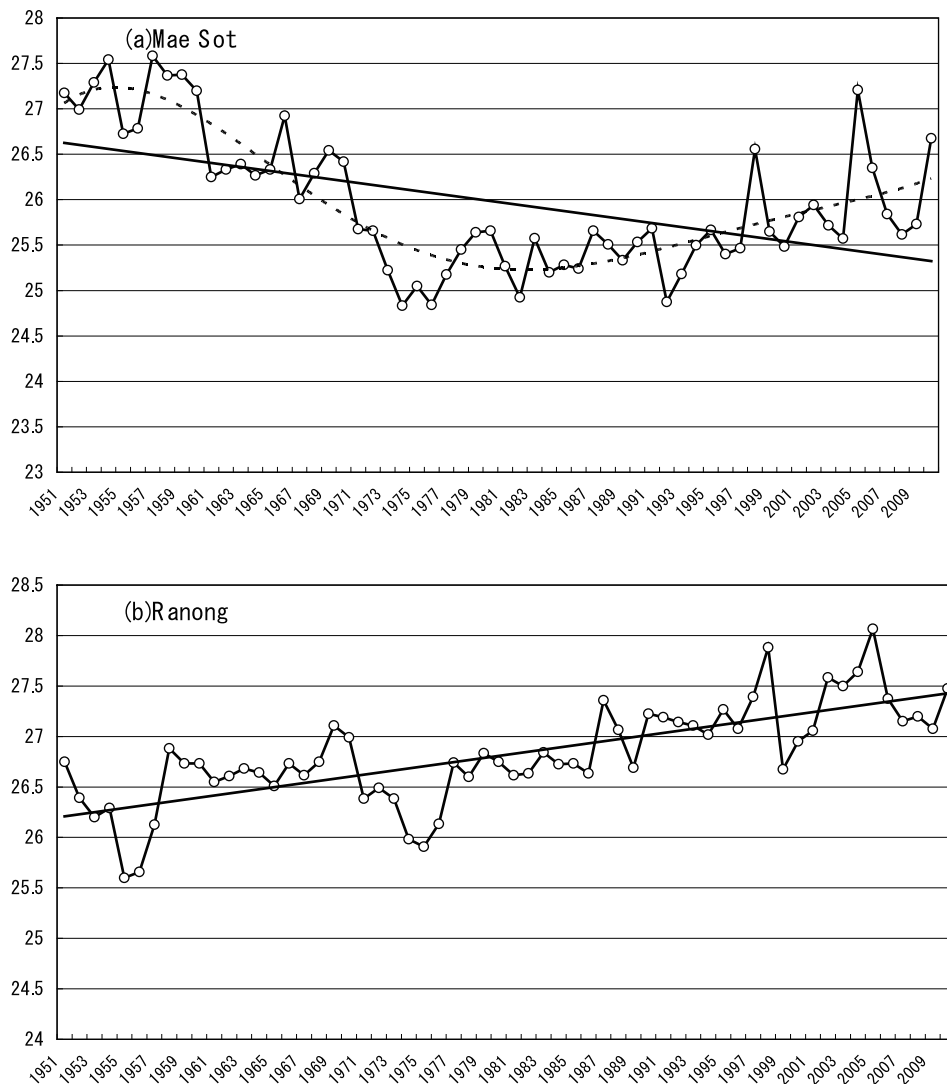


図8(a), (b) Mae SotとRanongにおける年平均気温の推移。図中の破線は6次の多項式近似線

1990)が、1951年から2010年の期間においても、気温の変化が負のトレンドを示す地点が多くある。ただし、1970年代から1980年代初め頃からは気温は上昇に転じ、現在もその状態が続いている。図8(a)は北タイのMae Sotにおける60年間の年平均気温の推移を示す。1970年代後半まで気温は低下し、その後上昇している。変化を線形で近似すると負になる。北タイや北東タイ、中央タイでは同様の变化傾向を示す地点が多い。負のトレンドを示しているが、近年の気温の推移を見ると今後は気温の上昇が続くと思われる。一方、南タイでは図8(b)のRanong(県番号66)に見られるように60年間緩やかに気温の上昇が続き地点が多い。東タイでも同様の变化傾向を示す。

北タイのChiang Maiや中央タイのBangkokの気温の推移はMae Sotとは異なり、Ranongと同様に過去60年間一方的に気温上昇が見られる。変化に都市温度の影響が加わっているものと考えられる。

4-2 霧日数

図9は北タイのMae Hong Son県、Chiang Rai県、Nan県および北タイ全体の森林面積率の時系列変化を示す。森林面積率はランドサットにより求められているが、1998年にセンサーが変更され、空間分解能が変わったためにデータはそれ以前と残念ながら接続しない。北タイでは1980年代中頃まで森林面積率の急激な減少が起こっている。たとえばMae Hong Son県では1973年には99%の面積率であったが1985年には74%に、Chiang Rai県では65%から39%に、Nan県では91%から46%に減少している。なお、1988年以降の新しいセンサーの情報でも森林面積率はゆるやかに減少し続けている。

図10はMae Hong Son, Chiang Rai, Nan(県番号7)における1951年から2010年までの年間霧日数の経年変化を示す。森林面積率の減少が大きかった1980年代前半まで、霧日数も大きく減少している。1980年代後半以降、森林面積率の減少速度が緩やかになると、霧日数の減少も緩やかになっている。一方、1973年には99%の森林面積率であったMae Hong Sonでは1970年代までは年間100日を超える霧日数を数えていたが、その後は減少を続け現在はChiang RaiやNanと同程度の日数になっている。霧が多発する北タイでもChiang MaiやPhitsanulok(県番号12)のように霧が消滅した地点がある。熱帯山間地域では霧は夜間の気温調節、水分供給などで生態系維持に重要な役割を持つ(Nomoto, 2003)。北タイにおける霧日数の推移を今後も注目していく必要がある。

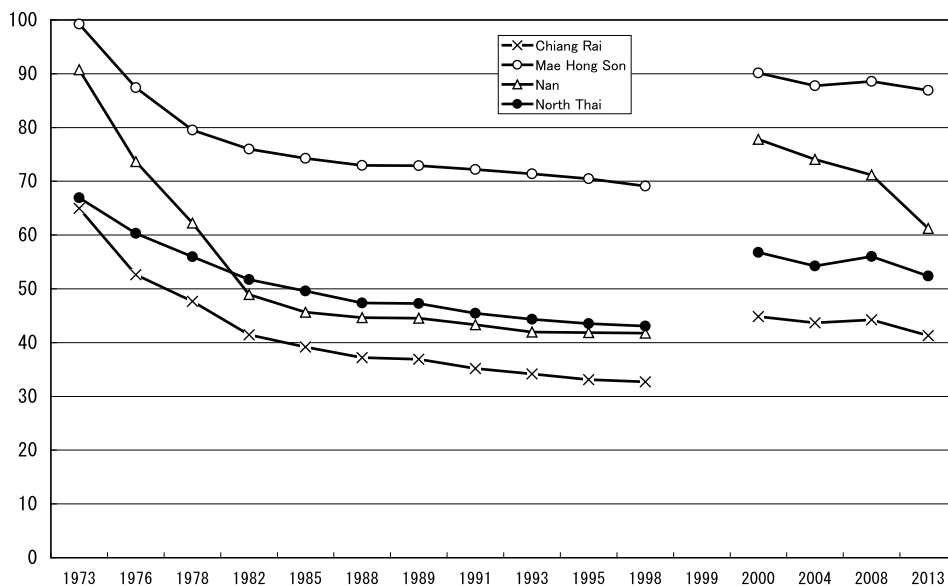


図9 北タイMae Hong Son県、Chiang Rai県、Nan県における県別の森林面積率の時系列変化。North Thaiは北タイ全体の平均値を示す

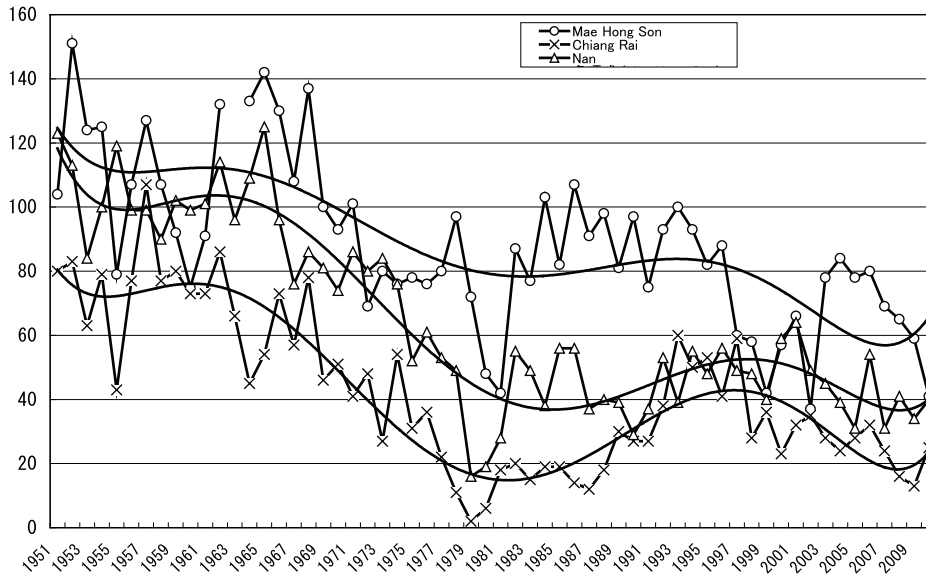


図10 Mae Hong Son, Chiang Rai, Nanにおける年間霧日数の経年変化

5. おわりに

本稿は1951年から2010年のデータをもとに、タイにおける降水量の変動を中心にまとめたものである。タイでは大半の地点で年降水量が減少している。特に南タイ、東タイで減少が大きい。南タイでは南西モンスーン期のみならず北東モンスーン期にも降水量の減少が見られる。雨季後半の9月はタイ全土で経年的な降水量の減少が起きている。一方、7月、8月には北東タイや北タイの一部で経年的な降水量の増加が観測されている。森林面積の減少が関係している可能性があるが、その原因解明は今後の課題である。2011年にはチャオプラヤー川の集水域である北タイで記録的な降水があり、それがバンコクの水害につながった。

1951年から2010年のデータの解析でも、北タイを中心に多くの地点で年平均気温が負のトレンドを示している。ただし、1980年代以降気温は上昇傾向にある。森林の保存状態が良かったMae Hong Sonでも霧日数の減少が続き、周囲の地点と変わらない状態になってきた。霧は熱帯山間地域の生態系維持に重要な大気現象である。今後の日数の変化を注目する必要がある。

本稿を作成するにあたり、TMDの Aroonrat Insatorn 氏および気候センターのスタッフの方々に気象データ、種々の情報の提供を受けた。王立森林局の Vissanu Domrongsutsiri 氏およびサービスセンターのスタッフの方々には森林情報の提供を受けた。感謝する次第である。最後に、タイでの資料収集、調査の折、様々な便宜を図ってくださるカセサート大学農学部 Sayan Tudsri 教授にも感謝したい。

参考文献

Kanae, S., Oki, T. and K. Musiak (2001): Impact of deforestation on regional precipitation over the Indochina Peninsula, *Jour. of Hydrometeorology*, 2 (1), 51-70.

鼎信次郎 (2002): タイにおける近年の土地利用変化と降水量変化に関する一考察, 松本淳編: 東南アジアのモンスーン気候学, 気象研究ノート202, 225-242.

小森大輔 (2012): 2011年チャオプラヤー川大洪水はなぜ起こったか, 所報 (盤谷日本人商工会議所), No.598, 1-10.

松本淳 (2002): 東南アジアのモンスーン気候概説, 松本淳編: 東南アジアのモンスーン気候学, 気象研究ノート202, 57-84..

- Nomoto, S. (2003) : Decreases in the number of foggy days in Thailand and Japan, and possible causes, Jour. of International Economic Studies, No.17, 13-28.
- 野元世紀 (2012) : 2011年雨季のラオスにおける降水の特徴と水害 (速報), 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 36, 5-10.
- Rungdilokroajin, V. and S. Nimma (1990) : The variation of annual rainfall and surface temperature over Thailand, Meteorological Department, Tech. Doc. No.551, 1-106.
- Thai Meteorological Department (2012) : The climate of Thailand, 1-7. <http://www.tmd.go.th> (最終閲覧日2015年12月25日)
- Zhang, K. (1986) : The influence of deforestation of tropical rainforest on local climate and disaster in Xishuangbanna region of China, Climatological Notes, 35, 223-236.