

東南アジアの南西モンスーンについて*

速 水 頌 一 郎

ON THE SUMMER MONSOON OF SOUTHEAST ASIA AND GENERAL CIRCULATION

By Shōitirō HAYAMI

Résumé

The role of warm anticyclone over Tibetan Plateau in the outbreak and maintainance of the summer monsoon of Southeast Asia is outlined and, taking annual rainfall at Phnom Penh in Cambodia as an indicator of the summer monsoon, the close correlation of its secular variation and that of general circulation is revealed, specially in connection with solar activity of double sunspot period. It is suggested that the variations of double sunspot period and related periods in the general circulation are effected through the warm anticyclone over Tibetan Plateau —a suggestion which leads to the possibility of the artificial control of climate in future.

1. は じ め に

昭和40年9月京都の比叡山ホテルで京都大学東南アジア研究センター、農林省および海外技術協力事業団の共催で東南アジアの水利用に関するシンポジウムが開かれました。わたくしも招待をうけて参加したのですが、いまだ東南アジアについては漠然とした関心はもってありましたものの、特別に研究したこともなく、いわば白紙の状態でありましたが、多くの有益な報告や討論を聞きまして目の覚める思いがいたしました。東南アジアは所謂モンスーン地域でありまして、降雨は夏季に集中し、1年は截然と雨季と乾季とにわかれます。雨季には河水が広く低地に氾濫しますが、この氾濫をいわば自然のかんがいとして利用し、稲作が行なわれているのであります。土は生産力に富み、太陽熱は十分にありますから、水利用の効率を高めるならば農業生産は大いに向上するでありましょう。河川—例えばメコン河—の上流に大きい貯水池をつくり、下流の低地に無数のかんがい水路を設けて、氾濫を防ぐと同時に土地利用の効率を高めようとするのがこの地域の開発計画の基本的な考え方でありまして、一部はすでに完成しております。このような水利用を合理的に操作いたしますには、雨季に集中する雨量の時間的、空間的分布を十分に検討しなければなりません。東南アジアの南西モンスーンはインド洋上から送られる水蒸気を多量に含んだきわめて不安定な気流でありまして、陸地の上を吹送すると地面からの加熱と地形の影響をうけてランダムな無数の対流胞に分裂すると考えられます。その数理的なモデルは、まだよく研究されておきませんが、これらの対流胞に応じて雨域は多くのスポットから構成されております。しかし、ある程度の面積雨量をとると十分平滑化されて、連続性が認められます。おなじように、ある地点の時間的分布はランダムであります。月雨量ぐらいをとると十分その地域の雨量を代表しうるのであります。このような見地から、メコンデルタの代表雨量として Phnom Penh の長年にわたる年雨量の資料が席上配布されたのでありますが、わたくしはこれを見て思わずハッ!といたしました。わたくしは、数年前から北太平洋の亜熱帯から温帯にわたる夏季の気候変動を調べて参りましたが、それは一連の組織的な構造をもち、また、それと太陽活動との間にはきわ

*昭和40年12月4日防災研究所学術講演会における特別講演
文部省科学研究費特定研究による研究

めて密接な関連があることを知りました。Phnom Penh の年雨量の変動は、この北太平洋の気候変動一たとえば、その中心をなす北太平洋亜熱帯高気圧の中心位置の変動—ときわめてよく似た変動を示しているのがあります。Phnom Penh はその位置から見て、東南アジアの南西モンスーンの東界に近いので、その雨量は南西モンスーンの勢力を示すよい指標であると考えられます。揚子江の大氾濫が南西モンスーンと深い関係にあることは、かつてのべたところですが、その先端の湿舌は時に西日本にまで伸びて、集中豪雨をもたらすともいわれております。こんなわけで北太平洋域の気候変動と南西モンスーンとの関係に深い興味を覚えましたので、その後これについていささか考察したところを述べたいと思います。

2. 東南アジアの南西モンスーン

モンスーンという語はアラビア語の mawsim から転化したものといわれ、もとはインドを中心とした季節的に顕著に変化する風系とこれに結びついた特長のある天気のパターンを意味した語でありましたが、今日では広く季節的に変化する風系をモンスーンと呼んでいるようであります。しかし、インドのモンスーンはきわめて特異の存在でありまして、一般のモンスーンとは区別しなければならないと思われます。南北両半球の貿易風は低緯度で収束しますが、この収束線は冬季には南半球側に、夏季には北半球側に移動しますので、これによって低緯度地域では風系が季節的に変動して、モンスーンを形成します。このモンスーンは地球を带状に取り巻くもので、大循環の季節変化であります。東南アジアのモンスーン、とくに夏季の南西モンスーンは Fig. 1 からも見られますように、この大循環の上に重畳した局地的な循環でありまして、大循環そのものとは区別して考えなければなりません。このように特殊のものでありますから、東南アジアの

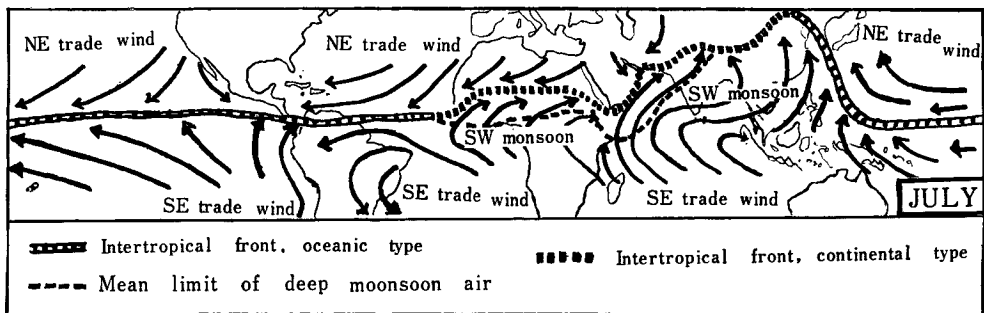


Fig. 1. Inter-tropical front and surface air streams in July (after J. S. Sawyer)

南西モンスーンについては古くから多くの研究がありまして、その発生、維持の機構についても諸説がありますが、これをインド洋ならびに東南アジア大陸上空の大気の熱対流として説明することは困難であることが明らかになってきました。

南西モンスーンは大気下層の現象でありまして、その厚さは地上 4~6 km の程度であります。Flöhn などの研究によりますと Fig. 2 のように夏季に高層の西風がチベット高原の北方に後退して、チベット高原の南方に東風が現われる一すなわち、チベット高原の上層に定常高気圧が形成される—と南西モンスーンが始まるようであります。この高気圧の性質をわかり易く示したものが Fig. 4 (upper) でありまして、東経 75° の子午断面内の等温線 (1956Ⅶ) を示したもので

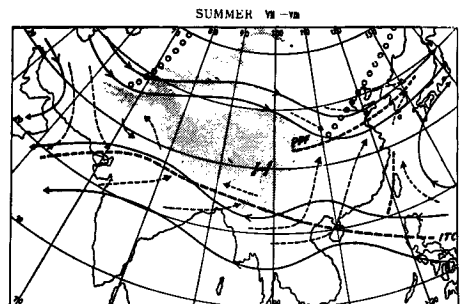


Fig. 2. The effect of the Tibetan Plateau to the mid-tropospheric flow, July-August (after H. Flöhn)

ありますが、チベット高原上層では夏季になると地面に近いため昇温して、この高度では世界最高の温度に

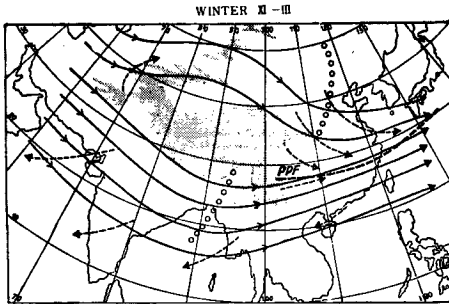


Fig. 3. The effect of the Tibetan Plateau to the mid-tropospheric flow, November-March (after H. Flöhn)

なっております。この高温域によって、ここに温暖高気圧が形成されるのでありますが、その結果 Fig. 4 (lower) のようにその北では西風、南では東風が吹き、南の下層では西風域、すなわち南西モンスーン域が形成されるのであります。この関係を模式化したものが Fig. 5 であります。夏季の南西モンスーンには break と呼ばれる現象がありまして、南西モンスーンがときどき中絶しますが、そのときにはチベット高原上の温暖高気圧は消滅します。すなわち、チベット高気圧は南西モンスーンに対してスイッチの役割をしているのであります。

3. 南西モンスーンと大気大循環の変動

南西モンスーンは大規模な現象ではありますが、それは世界的に見ると大循環の上に重畳した局処現象でありますから、当然それは大循環の変動の影響を受けるはずであり、また、逆に南西モンスーンの変動は大循環に変動を与えるであります。この関係を調べましたものが Fig. 6, Fig. 7 であります。南西モンスーン勢力の指標としては前に申しました Phnom

Penh の年雨量をとりましたが、変動が大きいのでその対数をとったものが Fig. 6 に示してあります。この図を見ると 4～5 年ぐらいの周期的変動と 20 年ぐらいの長周期変動が顕著に現れておりますので、これを 5 年間で移動平均したものを Fig. 6 に、原値と移動平均値との差を Fig. 7 に示しました。大循環の指標としては、わたくしどもが求めた北太平洋亜熱帯高気圧の中心位置 (7, 8, 9 月の平均) の東西成分をとりましたが期間が短いので 1924 年以前の方は王紹武がまとめた 7 月の平均値 (図の点線) で補足しました。このほか、関連する指標として、東京—天津—台北の海面上の平均気圧 (7, 8, 9 月の平均) から求めま

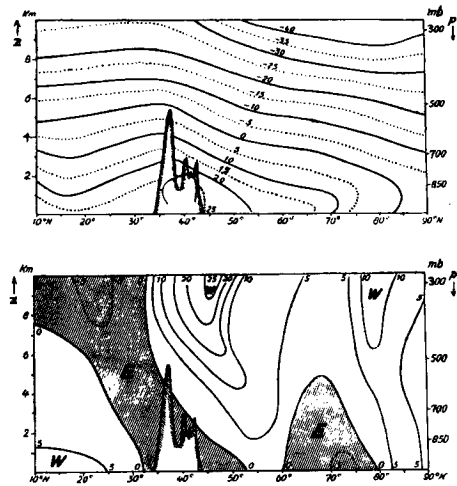


Fig. 4. Mean meridional cross-section of temperature (upper) and geostrophic zonal wind component (lower) along 75°E, July 1956 (after H. Flöhn)

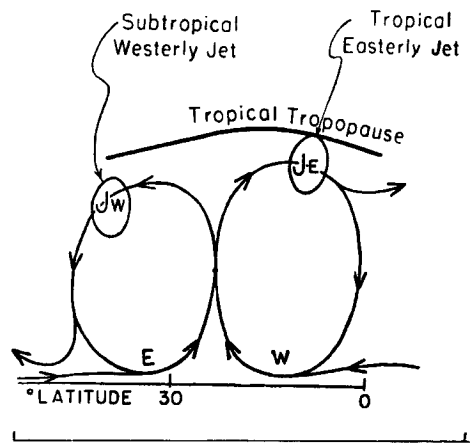


Fig. 5. Schematic model of the vertical circulation in the Asian Summer Monsoon (after P. Koteswaram)

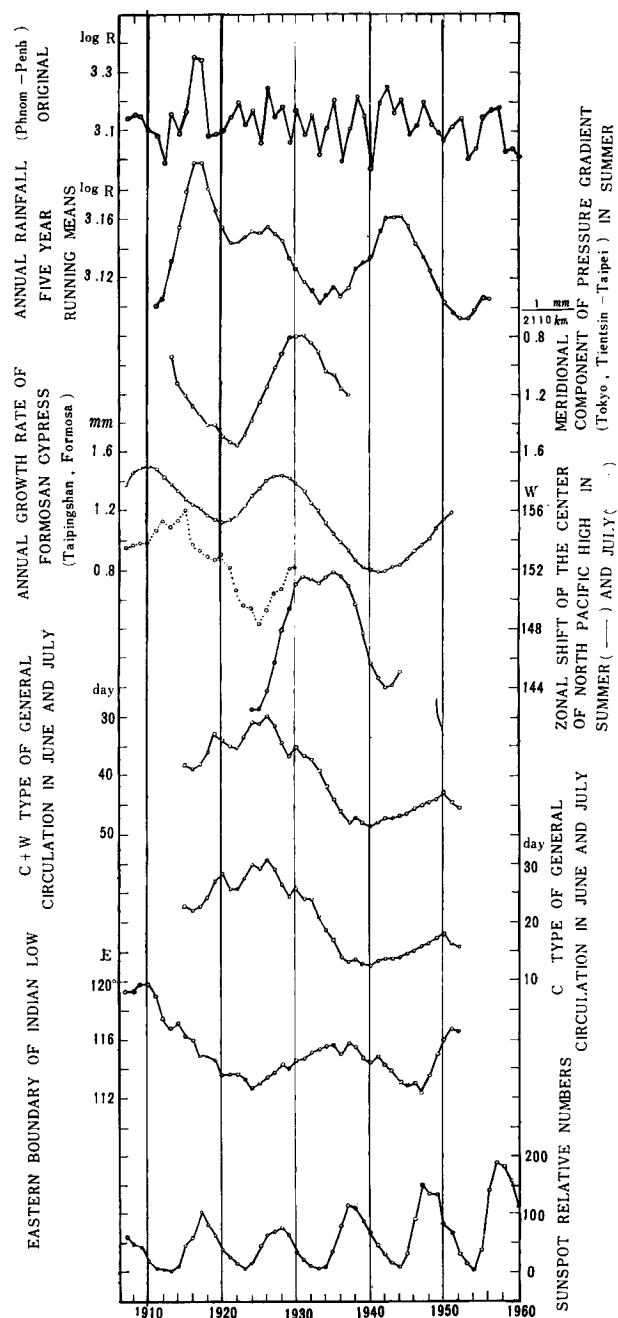


Fig. 6. Secular variation of double sunspot period in the Indian summer monsoon and general circulation (errata: C+W in the left hand side and C in the right hand side read C+E and W)

した平均気圧傾度の南北成分，台湾
太平山産の紅松の年生長率，インド
低気圧の東界（7月の平均），ソ連
の G. Ya. Vangengeim と A. A.

Girs による大気大循環の基本型で
あるW型およびC型+E型の出現日
数（6，7月）などをとりまして，
それらの Phnom Penh の雨量に対
応した20年ぐらいの周期変動を
Fig. 6 に示しました。また，Fig. 7
には4～5年周期の雨量変動に対応
する北太平洋亜熱帯高気圧の中心位
置の東西成分，南北成分を示し，な
お，比較のため太陽黒点相対数の変
化をも示しました。W，C，E型と
いうのは北半球における大気大循環
の基本型でありまして，W型の場
合は緯線方向の循環が卓越し，C
型，E型の場合には経線方向の循環
が顕著であります。これを高層天気図
で見ると，気圧場に現われる等高線

の山（高気圧）と谷（低気圧）の配置は Fig. 8 のようであります。東京—天津—台北の3点から求めた気圧傾度の南北成分はいうまでもなく，この地域におきます西風の強度を示すものでありますが，Fig. 6 に見

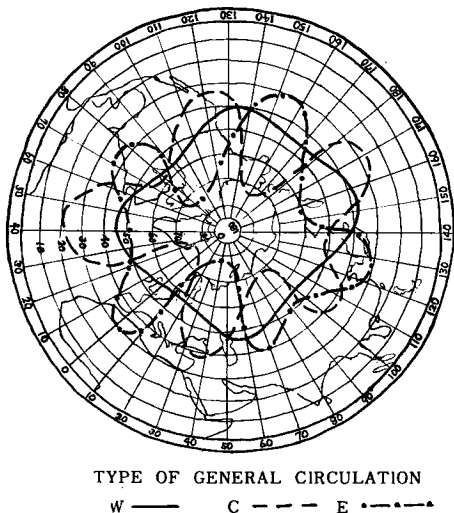


Fig. 8. Pattern of the ridge and trough in the upper pressure field

北陸地方の降雪量についてこの関係を例示したことがありました。

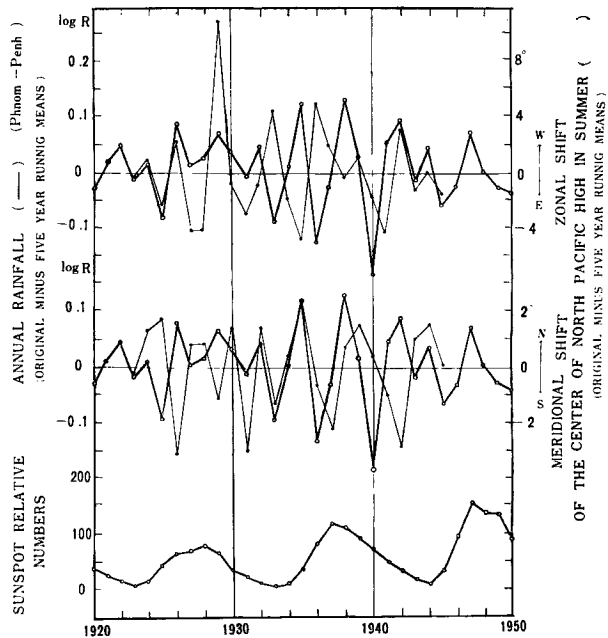


Fig. 7. Secular variation of four years period in the Indian summer monsoon and general circulation

られるこれとW型およびC型+E型の出現日数との対応は西風強度とW，C，E型循環との関連を示すものとして興味を覚えます。Fig. 6，Fig. 7からPhnom Penhの雨量と大循環の指標との間に緊密な相関が存在することは一目瞭然であります。

そのうち，Fig. 6について申せばPhnom Penhの雨量と北太平洋亜熱帯高気圧の中心位置の東西成分とインド低気圧の東界とは変動の位相が完全に一致しております。一方，その他の指標については，相互の間にはほぼ位相の一致が見られますが，前者にくらべると少しく位相が先行しておりまして，前者の変化率の位相に近いようであります。また，Fig. 7についてはPhnom Penhの雨量に対する亜熱帯高気圧の中心位置の東西成分と南北成分との変動関係が逆になっていることは面白い現象だと思ひます。Fig. 6やFig. 7に関連した変動は北半球とくに東亜の気候変動に広く見られるものでありまして，このことについては王紹武がくわしくのべておりますが，わたくしも，かつて，

4. 気候変動の原因と気候制御の可能性

いままでは漠然と20年ぐらいの周期と申してきましたが、Fig. 6 から見られるように、亜熱帯高気圧の東西移動の変動周期は太陽黒点変動の11年周期の丁度2倍になっております。このことは紅桧の生長率について、かつて指摘したとおりであります。太陽黒点数の一番顕著な変動周期はよく知られていますように約11年ですが、この1周期ごとに黒点の極性が逆になることから、黒点活動の真の周期はその2倍、すなわち約22年と考えられております。22年周期の太陽活動の実態はよくわかっておりませんが、恐らく太陽の電磁流体的振動であると思われます。一部の天文学者は太陽の視直径がこの周期で変動しているといっております。Fig. 7 に示しました4～5年の周期も同様の振動周期であると思われます。これらの点を総合いたしますと、Fig. 6, Fig. 7 の変動が太陽活動の変動に起因することはほとんど疑う余地がありません。しかし、どのような過程を経て太陽活動が大循環に変動をおよぼすのか、ということになりますと、問題は非常にむずかしくなって、わたくしも長いあいだ途方に迷いました。

インドモンスーンの変動が大循環の変動と密接な関係にあることはすでに申したとおりであります。この関係を利用してインドでは古くからモンスーンの予報をやっているのですが、Sir Charles Normand はこれらの多くの資料を総合いたしまして、南西モンスーンはこれに関連した他の気象現象に後続するよりも、むしろ先行することを指摘しました。チベット上空の温暖高気圧が南西モンスーンの発生や維持に対してスイッチの役割をしていることを合せ考えますと、大循環の変動—少なくとも22年の周期やそれと類似のモード—に対してはチベット高気圧の変動がその根源をなしているのではないかと思います。チベット高原は地上最高の広大な高原でありまして、雲はなく、空は透明で、いわば対流圏の空孔であります。太陽活動の変動はこの空孔を通じて対流圏に波及するのではないのでしょうか。果してそうであるならば、チベット高気圧を人工的に制御することによって北半球の気候を制御することができるかも知れません。この意味におきましてチベット高気圧の挙動を明らかにし、これを制御することは人類の将来に残された大きい課題であると思います。