

東南アジアの気候の特性について (I)

——フィリピンの大雨——

中 島 暢 太 郎*

The Climate of Southeast Asia (I)

——Heavy Rainfalls in the Philippines——

by

Chotaro NAKAJIMA

The mechanism of heavy rainfall in the Philippines was analyzed, taking an extraordinarily heavy rainfall of July 1972 which, for example, brought the record monthly precipitation to 4774.5 mm at Baguio.

There seems to be two cases of heavy rainfall which correspond to two sets of atmospheric conditions. One is when a typhoon passes over or near the islands, and a heavy rain occurs, lasting for two to three days. The other is when a typhoon (or typhoons) comes to a halt near the islands and a monsoon current flows in from the South China Sea. In this case heavy rainfall continues for a prolonged period.

Thunderstorms are another important type of heavy rainfall for the region. The mean life time of this is shorter than 45 minutes.

In the same season, Japan also has heavy rainfalls caused by the combined effects of typhoons and Baiu-fronts. There is a close connection between the heavy rainfalls of these two regions.

1 ま え が き

筆者は1972年12月から翌1月まで約40日間、京都大学東南アジア研究センターより東南アジアの気候の調査のためにタイ・ラオス・マレーシア・シンガポール・インドネシア・フィリピンの各国へ派遣された。各国の気象台や農林・建設関係の官公庁を訪問して多くの資料を持ちかえり、また各国の関係者と討論する機会を得た。東南アジアの気候についてはいくつかの教科書や多数の論文が発表されているので、ここでは今回の調査旅行で気付いた点や最近の話題について報告することにする。資料整理の都合上、フィリピンからはじめて順次各国のローカルな問題を取りあげ、最後に東南アジア全般について論ずる。

フィリピン気象台の調査部長 Bayani Lomotan 氏は1971年秋から約半年 筆者の所属する京

* 京都大学防災研究所

都大学防災研究所で洪水予報の研究に従事し、ルソン島中部最大でかつ洪水の頻発する Pampanga 河の雨量洪水予報について討論しあった間柄であり、今回の旅行中も多くの便宜を頂き、また多数の資料を準備して頂いた。気象台長 Kintanar 氏や同台内の台風委員会に日本から派遣されている専門員の浜守厚氏にも大変お世話になった。またルソン島北部の Cagayan 河については1972年秋から京都大学防災研究所に研修に来られた建設省の J. A. Navarro 氏に教えて頂いた。さらに東京教育大関口武助教授、気象庁土屋巖氏からも種々御教示を頂いた。

Pampanga 河は、図1に示されているようにルソン島中部の重要な位置にあり流域面積 8550 km² で、平均年降水量は 2000 mm ぐらいである。しかし年によって数倍になり、特に7、8月の月降水量は多い年には平均値の4倍以上にも達する。そこでこの流域の洪水警報システムを完成するために日本の海外技術協力事業団（OTCA）から1969年秋に調査団が派遣され、現在その調査結果に基づいて設備が建設中である。ところが1972年7月にこの地域に未曾有の大雨がつづき、マニラをはじめルソン島中部に長期的かつ重大な災害をもたらし、さらにこの地域の洪水の研究と対策の重要性が認識された。そこでこの報告では、この1972年7月洪水を中心としてフィリピンの気候と災害について問題を指摘することにする。

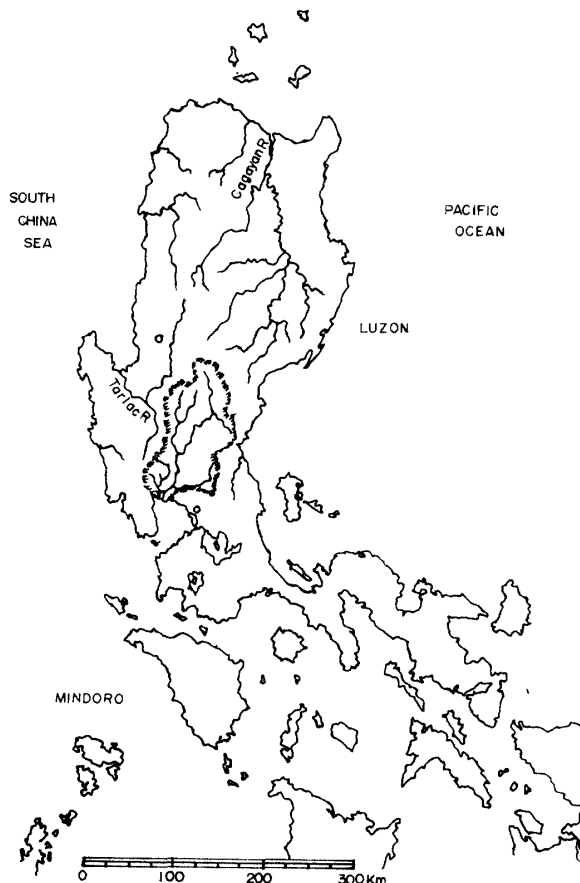


図1 ルソン島地図(斜線で囲まれた部分が Pampanga 河流域)

II フィリピンの気候概説

フィリピンはアジア大陸の東岸に近く、モンスーンの影響を大きく受ける一方、台風の影響も直接、間接に大である。また7000余の島々からなっているため湿潤熱帯海洋性の気候ということが出来る。平均気温は27℃ぐらいいで、年較差は3℃以下できわめて小さく、むしろ日較差の7～8℃のほうが大である。

いずれにしてもフィリピンの気候変動の中心は気温より降水量にある。全島の平均年降水量は約 2500 mm でかなり多雨であるが、特に東岸では 3000～4000 mm にも達している。図2にはフィリピンの地形(500m以上の山地を影をつけて区別した)と10地点の月降水量の年変化が棒グラフで示されている。西岸の Baguio, Manila, Iloilo では7～8月の南西モンスーン期に最多雨量となり、12～3月の北東モンスーン期が乾期となり、年変化が非常にはっきりしている。西岸でも直接南支那海に面していない南部の Pto. Princesa や Zamboanga では年変化にしたがって雨期と乾期のコントラストがそれほどはっきりしていない。最多雨月は9～10月とやや北部より遅れている。中部南部の Cebu や Davao では、さらに雨期乾期の区別が不明瞭である。北東部にある Aparri では冬の北東モンスーンの時に最多雨月となり、3～4月頃が乾期となっている。東岸の Legaspi や Tacloban では12月を中心とした北東モンスーン期に多雨であるだけでなく、夏秋にも台風、低気圧、雷雨によってかなりの雨が降ってフィリピン最大の多雨域となっている。これら各地の月降水量の年変化の特性は、モンスーンの季節による変化や、台風が7～9月は北を通り冬期には南部を通ること、モンスーンに関連して低気圧や雷雨の発生にも季節変化があることなど気候学的な年変化と、一方フィリピンの島々

表1 マニラの1950～1967年の18年間の各月各時間間隔に対する降雨強度最大値

Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
Duration													
5Min	7.6	5.6	5.1	10.7	15.2	24.6	20.3	19.4	14.7	13.5	9.7	12.0	24.6
10	12.7	6.6	8.4	14.7	26.4	29.7	37.6	34.3	26.4	24.1	16.8	19.2	37.6
15	20.3	6.6	10.7	16.5	36.1	31.0	50.6	45.0	32.0	34.0	19.6	25.2	50.6
20	25.4	6.6	12.2	22.4	43.7	37.1	52.6	56.9	33.8	40.9	21.3	28.8	56.9
30	29.5	6.6	13.5	26.9	58.9	47.0	54.1	76.7	46.5	49.0	23.6	32.5	76.7
45	34.3	11.9	13.5	30.8	69.1	62.2	61.4	85.1	63.0	57.2	34.5	33.8	85.1
60	35.1	11.9	18.5	34.8	82.3	80.3	74.1	92.5	74.4	69.1	44.2	35.6	92.5
80	35.1	11.9	20.3	34.8	84.6	98.6	75.8	97.2	95.0	84.3	48.3	36.6	98.6
100	35.1	11.9	22.4	34.8	85.6	101.1	91.8	97.3	102.4	89.7	55.6	37.1	102.4
120	35.1	11.9	22.4	34.8	86.4	111.0	99.2	97.5	108.0	92.2	61.2	37.1	111.0
150	35.1	11.9	22.4	35.6	86.4	122.9	103.2	103.4	115.3	98.6	81.5	37.1	122.9
180	35.1	11.9	22.4	35.6	92.0	127.0	105.5	118.6	122.7	106.4	86.4	37.1	127.0
360	37.9	11.9	22.4	35.6	128.5	166.9	116.1	210.1	152.9	118.6	123.7	64.8	210.1
720	37.9	22.4	22.4	35.6	164.1	205.7	179.6	284.2	169.4	122.2	128.5	75.7	284.2

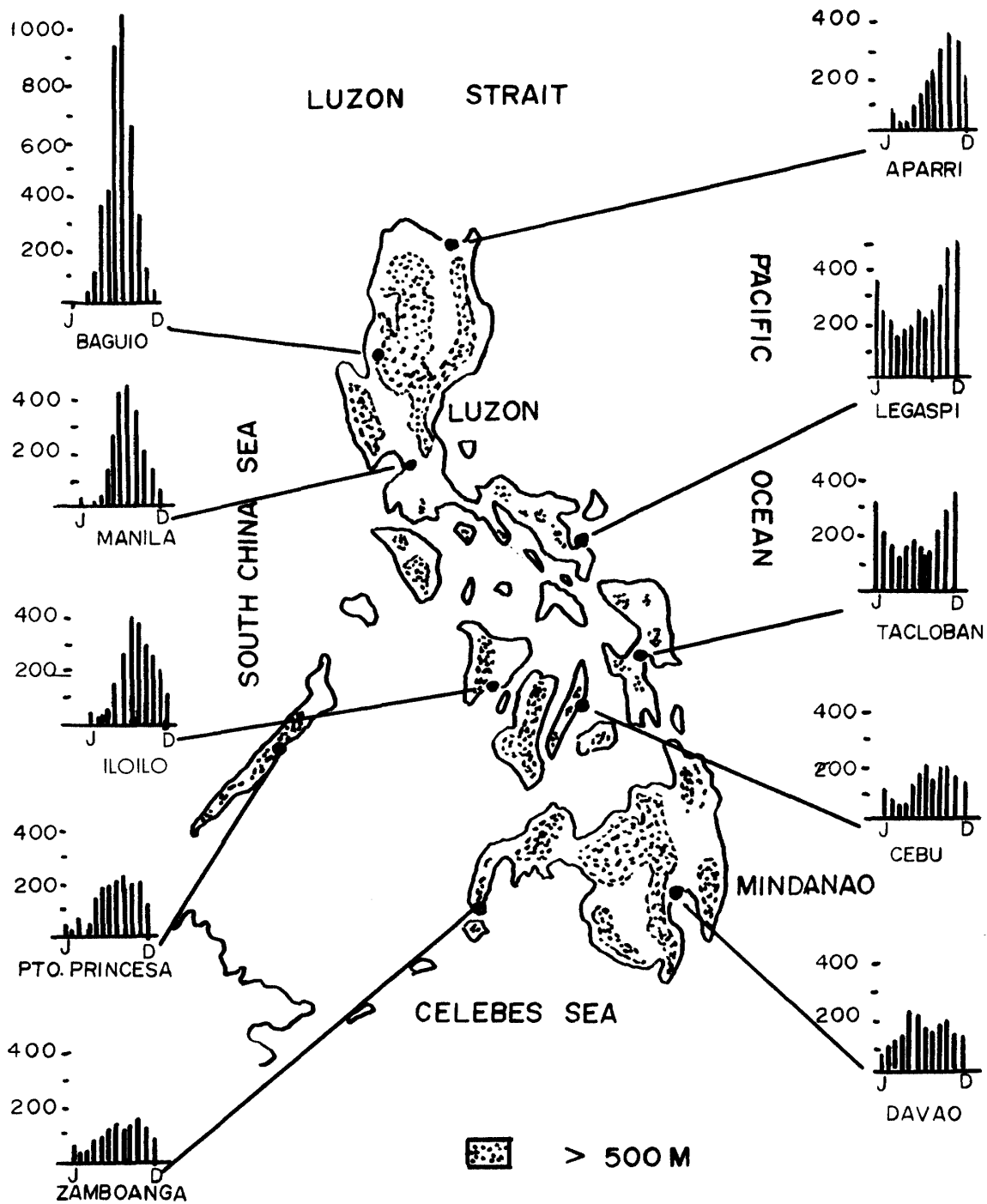


図2 フィリピン地形図と10地点の月降水量平年値の年変化
(影をつけた部分は海拔500m以上の山地)

が多くの山地を持っていること、海岸が、大きくわけて、南支那海や太平洋に直接面している部分と南西部のせまい海域に面している部分があることなどの地形的影響によって生じていると考えられる。

つぎに降雨の時間的スケールについて考察する。マニラの1950年から1967年までの18年間の各月ごとの5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 360, 720分間の最大値表が入手出来たので、この資料からさらに、18年間の極値表を作成して表1に示した。表の右端の年最大値を見ると10分間雨量で37.6 mm, 1時間雨量で92.5 mm, 12時間雨量で284.2 mmというかなり大きな値を示している。図2からわかるように、マニラでは雨期と乾期が平均としてははっきりしているが、11, 12月も年によるとかなりの集中豪雨があることがこの表からわかる。図3～5には1950, 1951, 1952の各年の値を参考のために図示した。この図から、

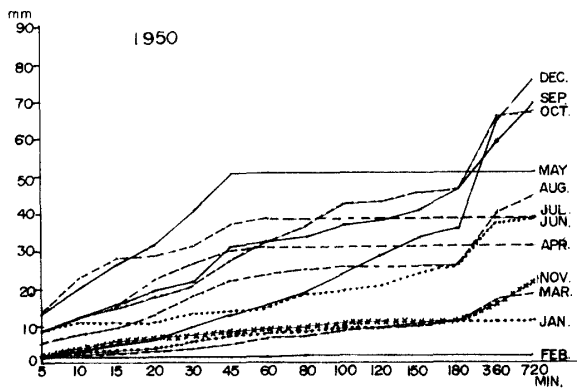


図3 マニラの1950年の毎月の5分～720分の最大降水強度

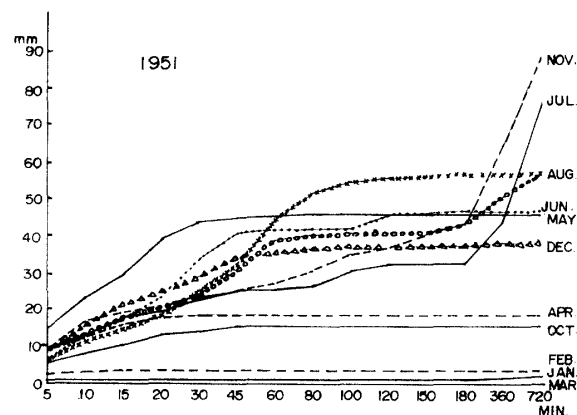


図4 図3の1951年に対するもの

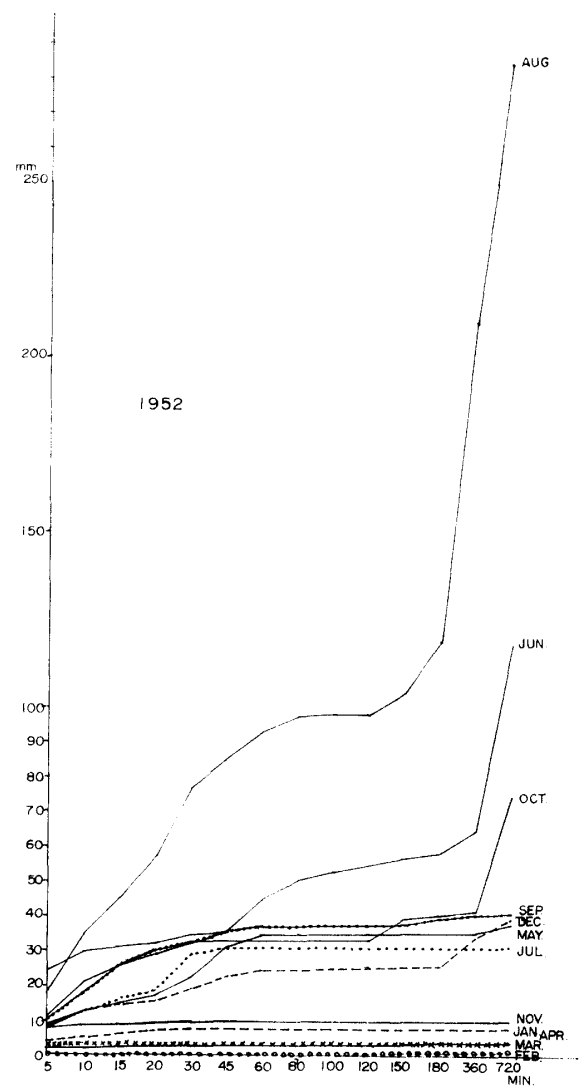


図5 図3の1952年に対するもの

(1) 年によって降雨形態がかなり異なること、(2) 1 時間以内の短期間の降水強度は 5 月が特に大であること、(3) 45 分ぐらいまでは時間の増大とともに極値が大きくなるが、それ以上 3 時間ぐらいまではあまり変化がなく、3 時間以上になると再び時間と共に極値が大きくなることなどの特色が見られる。この第 3 番目の特色は特に興味深く、集中豪雨を起こす対流性雷雨には 45 分ぐらいのライフタイムがあるのではないかと示唆している。また 3 時間以上つづく大雨はさらに規模の大きい台風や、モンスーンに伴う雷雨によるものであろう。OTCA の Pampanga 河調査報告書によれば、この河の流域で月降水量が 600 mm をこえるような場合はほとんど 8 月に集中するが、月降水量 100 mm 以上の出現頻度は 5 月ごろから 11 月頃まで比較的一様に分布している。

次に台風の直接間接の影響による、大洪水をともなった Pampanga 河流域の大雨のいくつかの例を示す。図 6 は 1960 年 8 月の同流域の San Jose における日降水量の変化図である。8 月を通じてほとんど連日雨が降っているが、特に 4 日から 9 日までの 6 日間は連日 100 mm 近

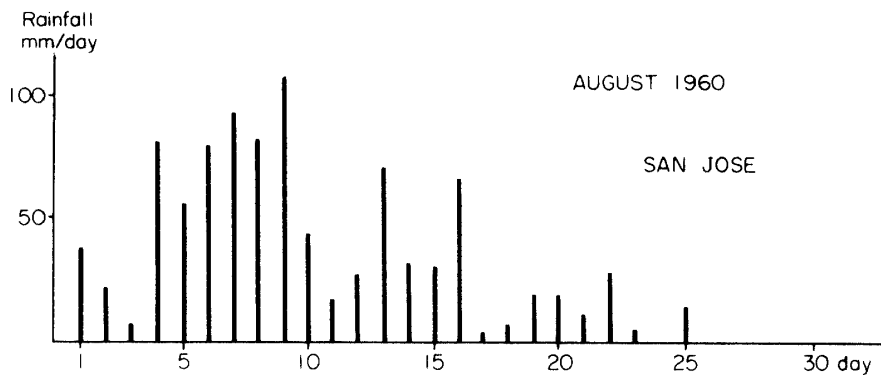


図 6 Pampanga 河流域 SAN JOSE の 1960 年 8 月の日降水量変化図

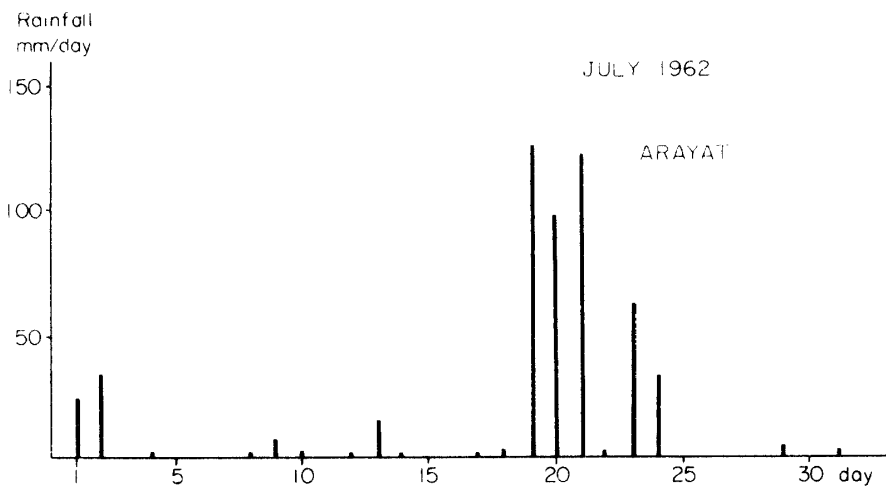


図 7 1962 年 7 月の ARAYAT における日降水量変化図

い雨が降っている。この時の気圧配置を見ると、次章で詳しく述べる1972年7月の例ときわめて類似しており、ルソン島の北東と北西方向に2個の台風が停滞しており、この配置に関連して南支那海からルソン島西岸へ向けてかなり定常的な強い南西モンスーンが吹きつけている。この地方での長期的な大雨の典型的な型といえるであろう。図7は同じ Pampanga 河流域の Arayat の1962年7月の大雨の例を示している。19日から3日間連日 100 mm をこえる大雨が降っているが、この7月はこの3日間以外は23日以外ほとんど見られない。20日頃には台風がルソン島北部をかすめて西進しているので、この雨は台風による直接の雨ということが出来よう。図8は同じく Arayat の1966年5月の大雨の例である。この場合は19日の日降水量が 250 mm をこえているが、主降雨は2～3日で終わっている。この時は台風がルソン島の西岸沿いに北上しており、台風が通り過ぎた後大雨となっている。この3例と1972年7月の例を合わせ考えると、この流域の大雨には二つの型があることが明らかである。一つはルソン島北部に台風があるための直接的な大雨で、強さは強いが数日で終わっている。他の一つの型は2個の台風がルソン島の北東および北西方向に停滞気味で、南支那海上を吹き渡る南西モンスーンがルソン島西岸に、そしてさらにマニラ湾の奥深く吹きこんでいる場合で、台風の間接的影響ともいふべきものである。なお興味深いのは日本の大雨との関係で、ルソン島北部に台風がある短期型の大雨の場合は西日本でも同時に大雨が降りやすいが、ルソン島で長期型の大雨のある場合には台風の位置が北に偏りすぎて、西日本では梅雨前線が日本海北部に去り梅雨明けとなっている場合が多いことである。

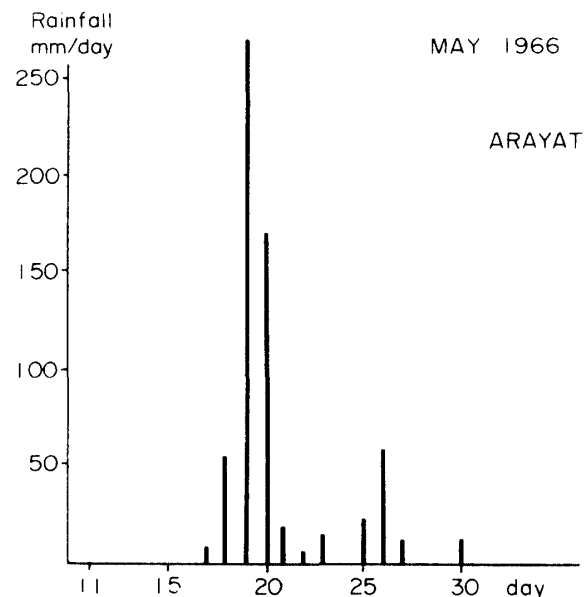


図8 1966年5月の ARAYAT における日降水量変化図

III 1972年7月の大雨について

1972年7月ルソン島中部では未曾有の大雨があり8月上旬までつづいた。7月の月降水量は Baguio で 4774.5 mm, Pampanga 河流域内の Apalit では 2580.3 mm に達した。日本の平均年降水量 1800 mm に比していかに大雨であったかがわかる。日降水量の最大は Baguio で 17日に 479.6 mm, 上述の Apalit では18日に 280.4 mm に達した。Manila でも7月の月降水量が 1743.8mm に達し、これは7月平年値の400%をこえている。今までの7月の最大値は 1940年の 851.4 mm であったから、その200%をこえる大雨であったわけである。Manila では一般に8月のほうが大雨が多く、過去100年に 1000 mm をこえた年が4回あって、最大値は 1465.6 mm であった。それにしても、このような未曾有の大雨が降ると今後の洪水計画に対して重大な変更が必要となる。事実この40日間にわたる大雨によって、Manila をはじめルソン島中部に数カ月にわたる機能低下がもたらされた。ここでは人手し得た気象資料を用いてこの大雨を解析した結果を示し、この例を用いてフィリピンの大雨の性格を明らかにする。

図9は7月の日降水量の変化の経過を、ルソン島中部の6地点について示したものである。地点によって強弱の差はあるが、共通していえることは7日頃と17日頃と28日頃を中心とした3個の大きな降雨のピークがあることである。図10はこの第一波を中心とした7月上旬のルソン島中部の旬合計降水量分布である。Baguio 付近の Lingayen 湾付近が 650 mm ともっと

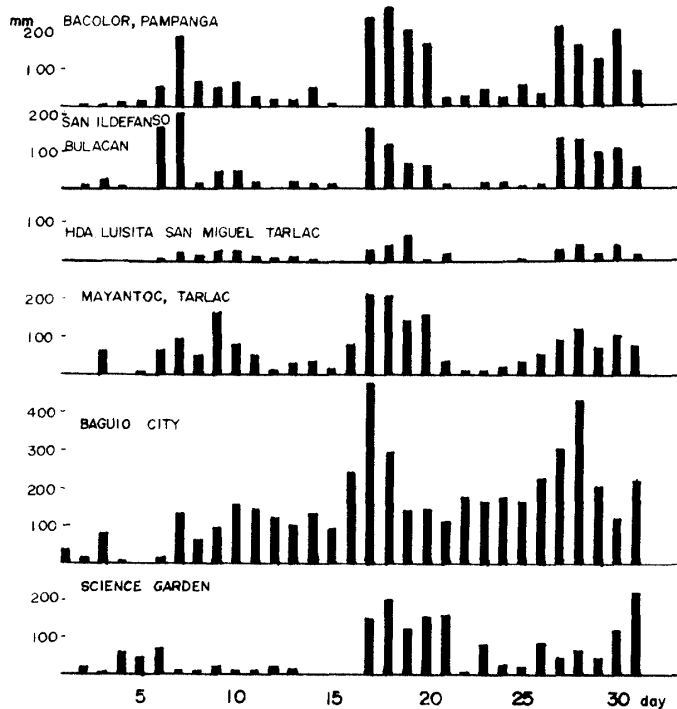


図9 1972年7月のルソン島中部6地点の日降水量変化図

も多いが、多雨域がルソン島中部の西半分に限られていることが注目される。この第一波は台風がルソン島北部をかすめて西進したためのものである。図11は7月中旬の旬合計降水量分布図であるが、上旬と異なるところは、Baguio 付近より Manila 湾付近のほうが雨量が多いことと、全般に大雨域が広がっていることである。図12に示される下旬の降水量分布では再び Baguio のほうが多雨となっているが、やはり大雨域は上旬にくらべて広い。

図13の A~D にはこの7月

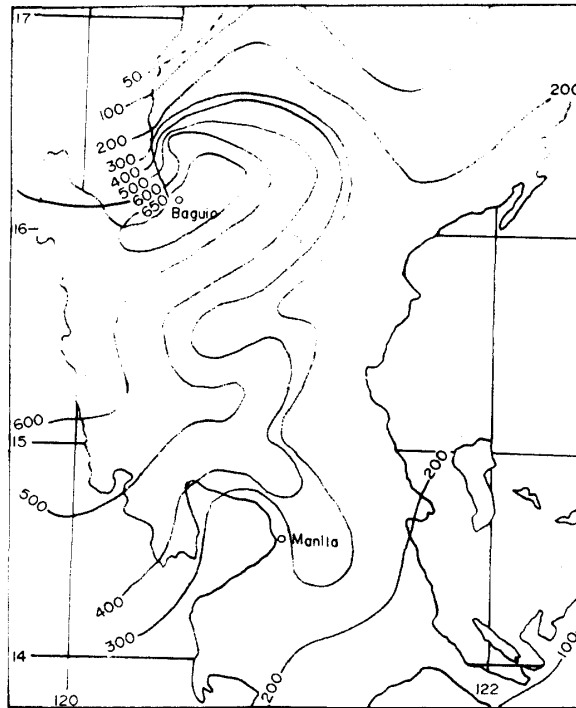


図10 1972年7月上旬のルソン島中部の旬合計降水量分布図

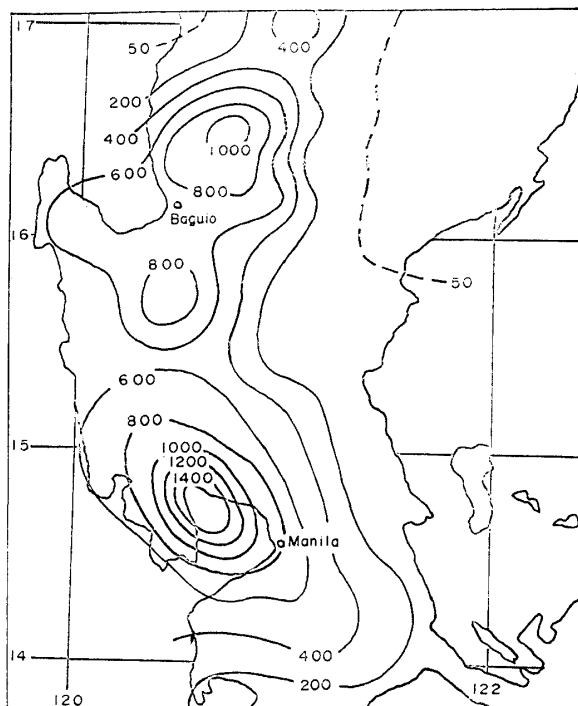


図11 図10の中旬に対する図

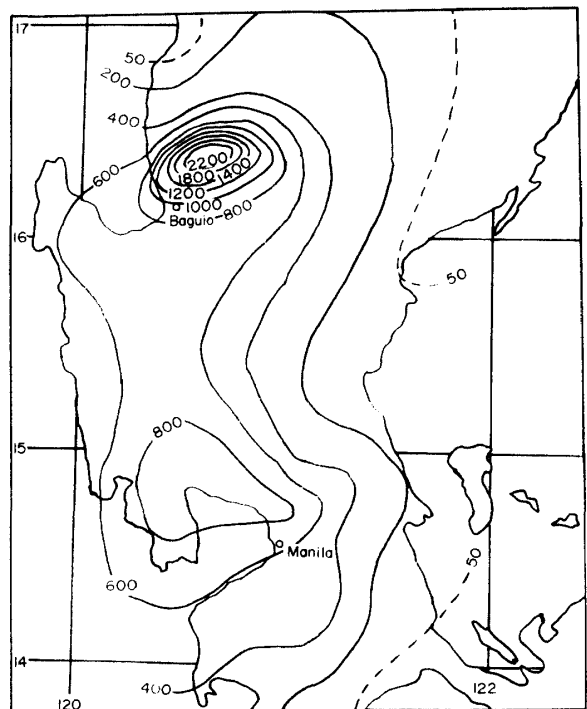


図12 図10の下旬に対する図

中島：東南アジアの気候の特性について (I)

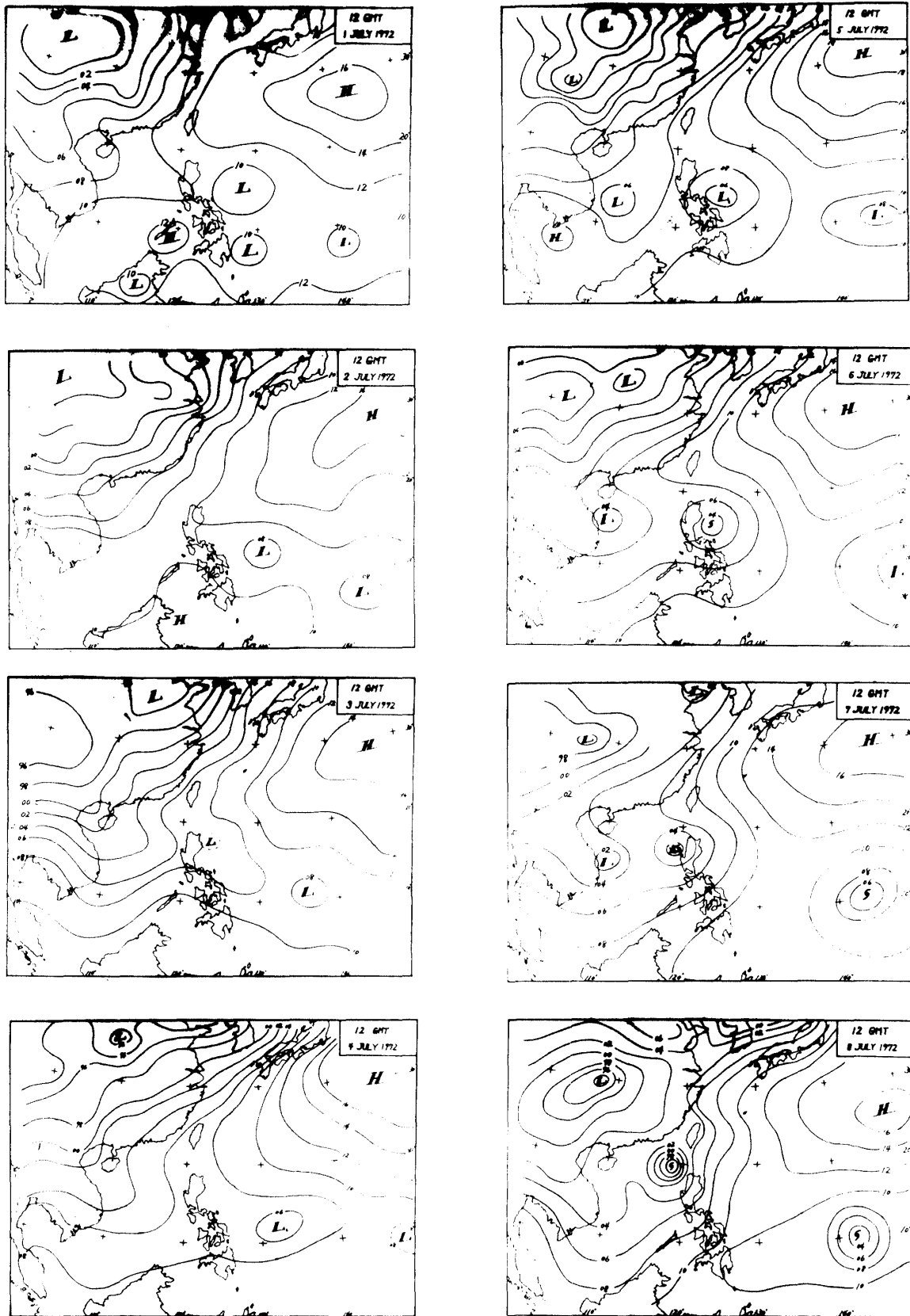


図13-A 1972年7月の毎日21時（ローカルタイム）の地上天気図

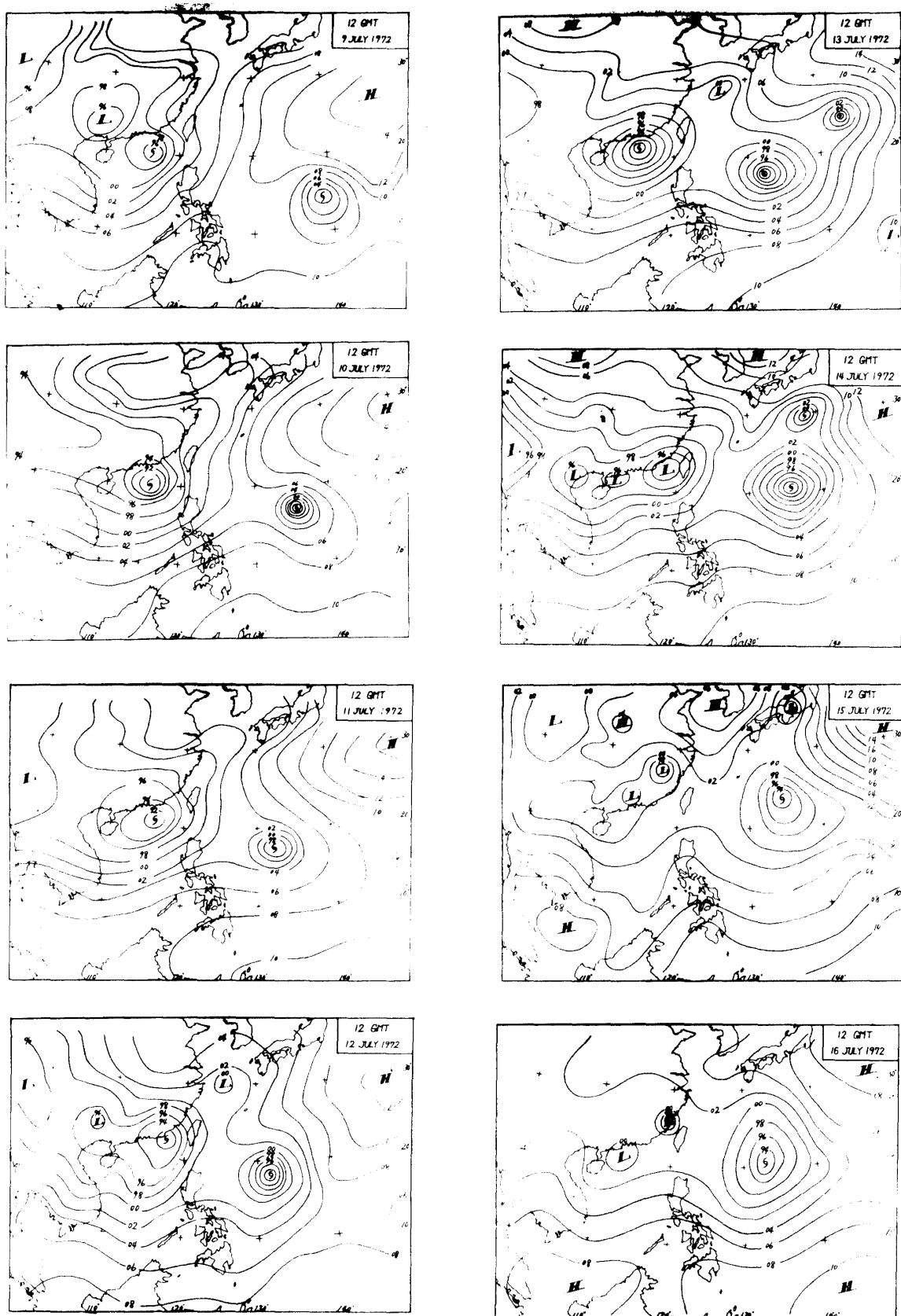


図13-B

中島：東南アジアの気候の特性について (I)

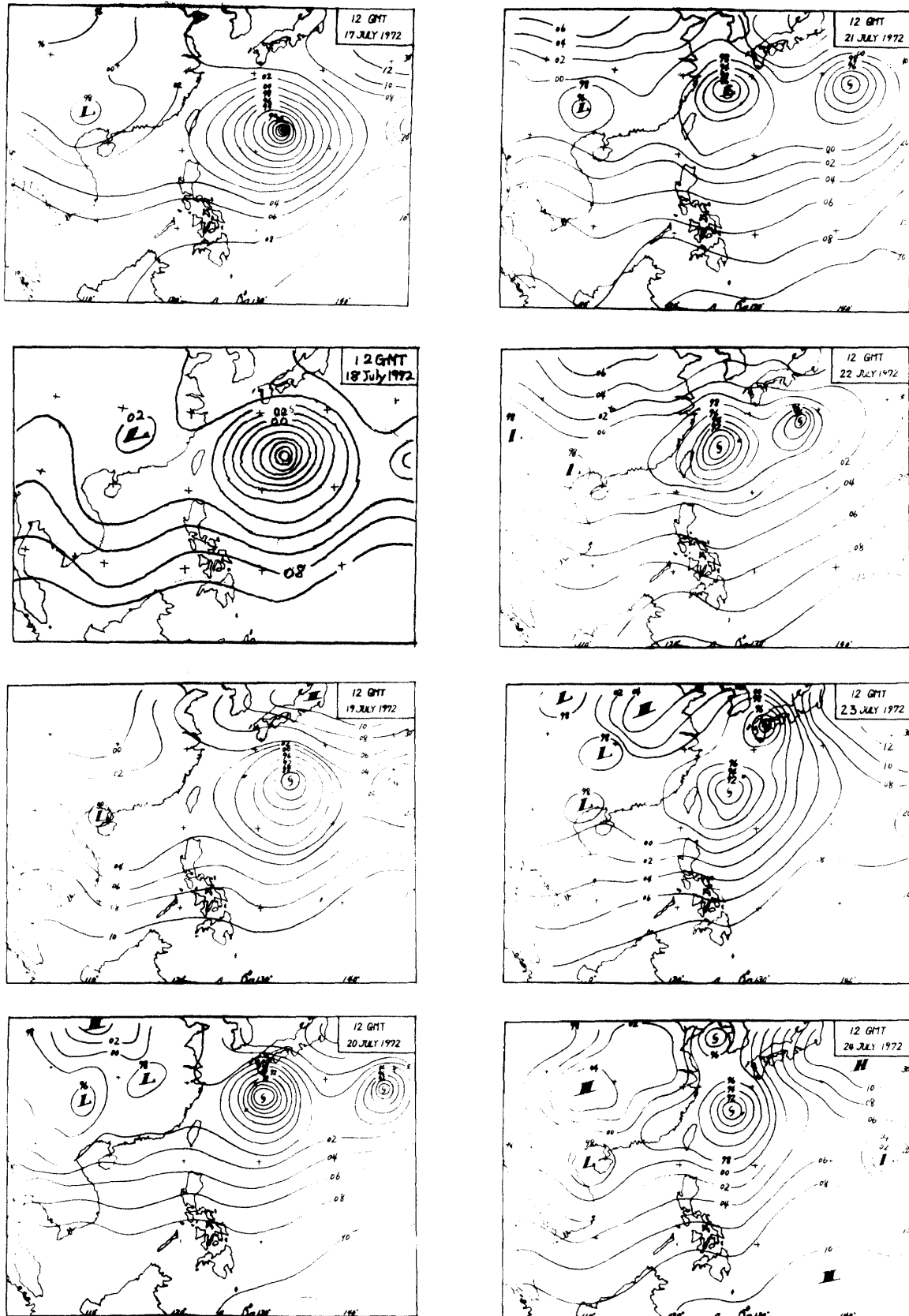


図13-C

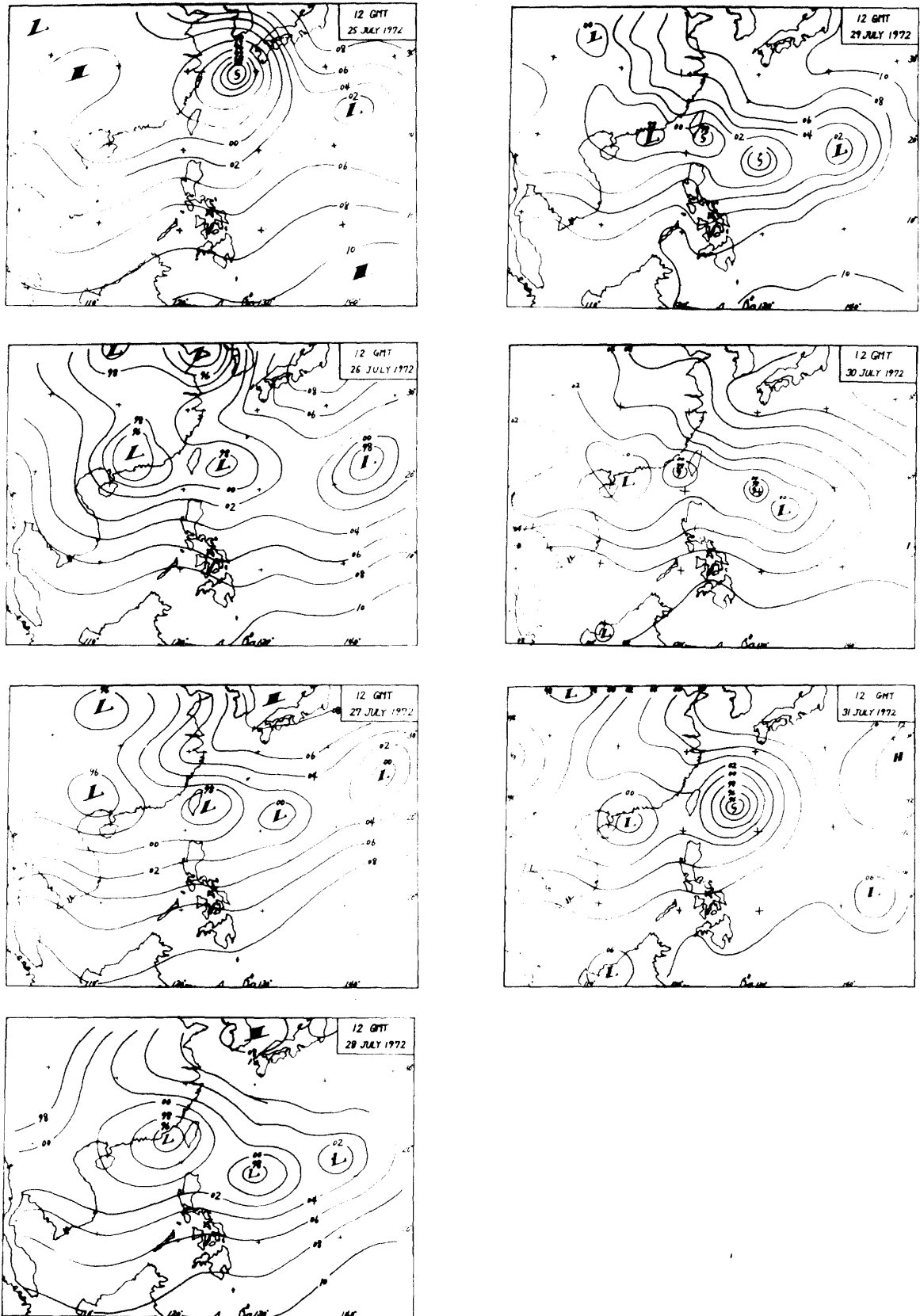


図13-D

の毎日の21時（ローカルタイム）の地上天気図を示した。7日朝にルソン島北部を台風が南東から北東に通過しているのが見られ、既に述べたようにこの台風によって7月大雨の第一波が発生している。そのあとこの台風は台湾の西方で弱まりながらも停滞し、一方東のほうから次の台風が接近して来て、フィリピンの北西と北東に二個の台風が位置し、その南方の西風域に、ルソン島上空に峯を持ち、南支那海の南西風を強化させるような気圧配置がつづいている。16日頃から19日頃にかけては特に北東方向の台風のほうが強くなり、ルソン島西岸へ向けて南西モンスーンの主軸が存在するようになっており、これが中旬の第二波に対応している。28日頃から月末へかけても同じような気圧配置で下旬の第三波をひき起こしている。図14には第二波の大雨の際の Manila の30分降水量の変化の様子を示している。30分間に 20 mm にも達するような強い雨が波状的に 4 日間で 6 回も存在しており、この大雨の持続性とピークの強さを示している。このため Manila 市内ではピーク時に小河川のはんらんが、また全体の大雨のために大河川のはんらんが起こって二重の被害を受けた。

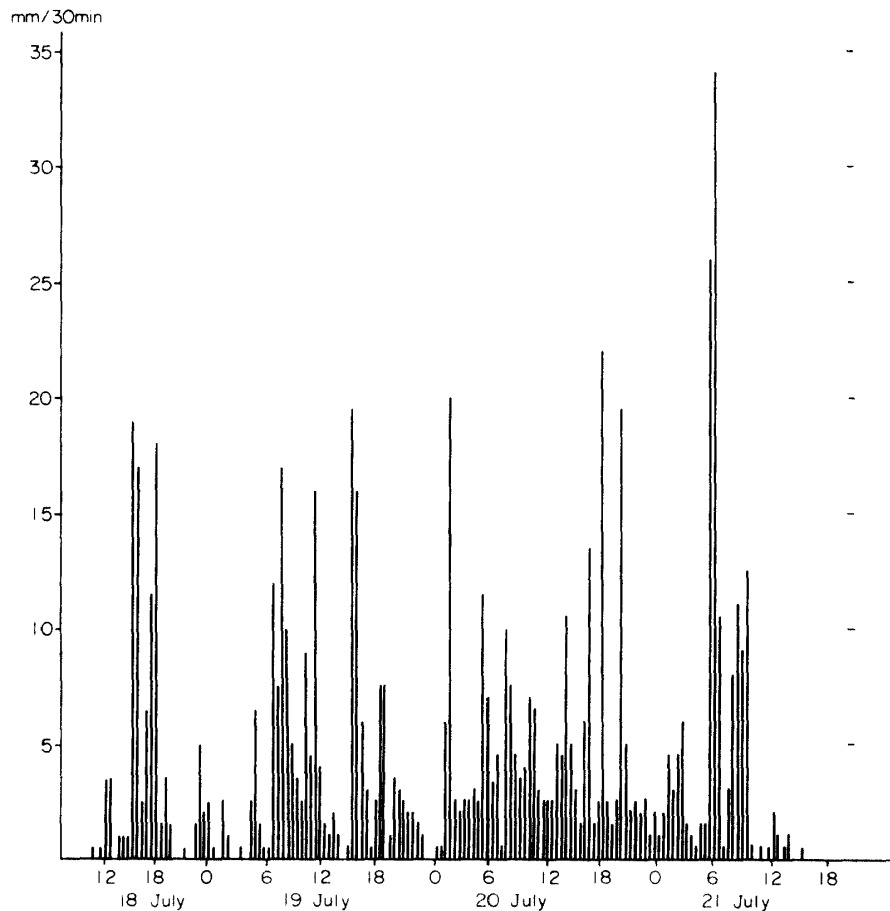


図14 1972年7月18～21日のマニラにおける30分間降水量変化図

図15は1972年7月の毎日9時の Manila における高層気象観測結果（風向，風速，気温，露点）を示したもので，この図の縦軸は気圧(P)，横軸は $\log p$ で斜軸に気温がとってある。また 300 mb と 1000 mb の高度を記入してある。7月1日から6日までは対流圏全層にわたってだいたい東よりの風が卓越しているが，7日からは 400 mb 以下が南西風に転じ，200 mb 付近は北よりの風となっている。また地表から 300 mb ぐらいまで全層にわたって気温と露点の差はほとんどなくなり湿潤空気の流入を示している。これが既述の大雨の第一波に相当する。11日頃からは下層は南西風であるが，300 mb 以上では再び北東風に戻っている。また，下層は湿っているが 600 mb 面ぐらいから上がやや乾いてきている。これが第一波と第二波の

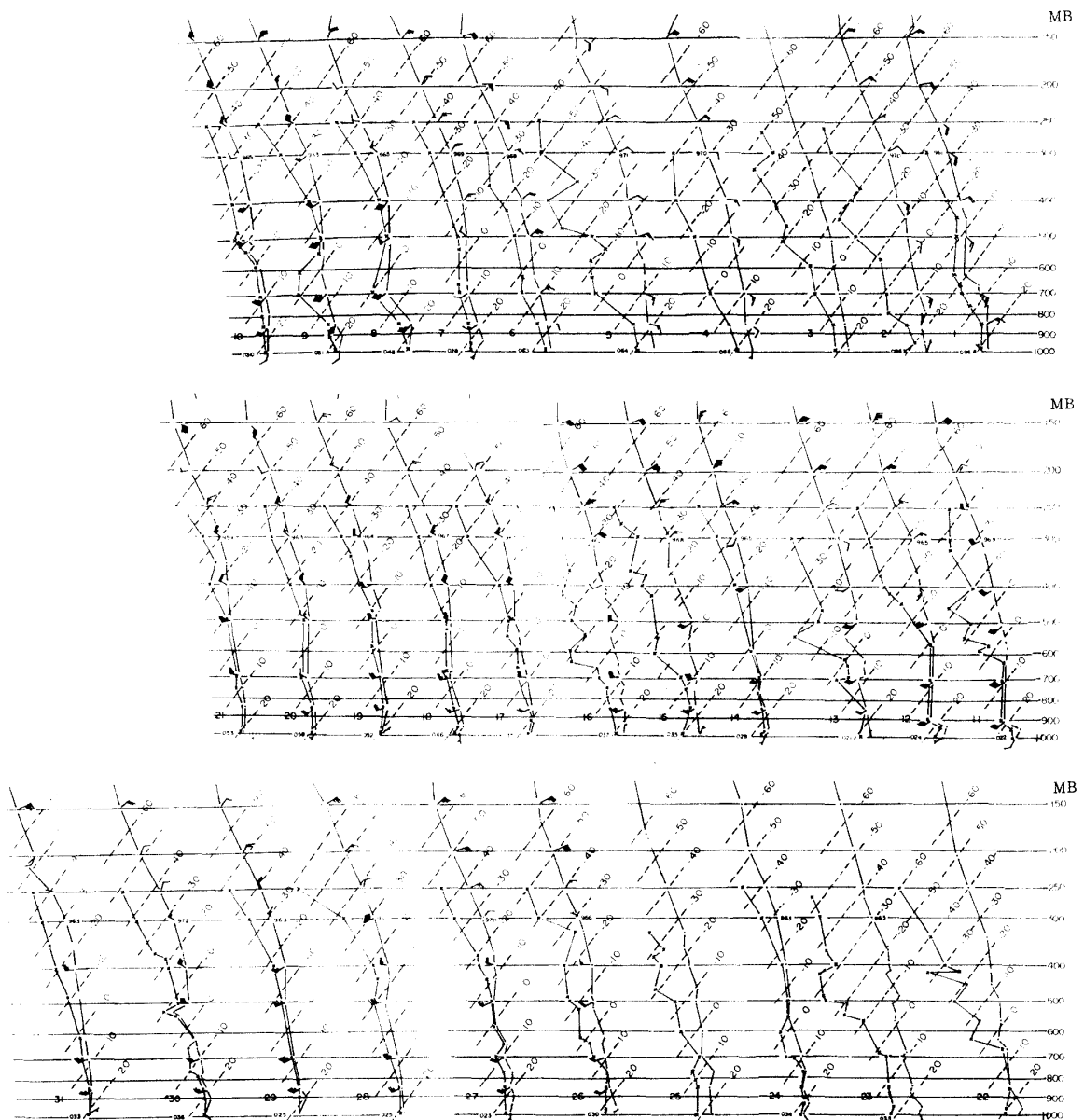


図15 1972年7月の毎日9時（ローカルタイム）のマニラの高層観測値

大雨の間の中休み期に相当している。その後14日頃に一時的に大雨型になっているが1日だけで終わり、17日頃から再び300 mb 以上で北～北々西の風が目立ち、また湿潤層が厚くなって第二波に対応している。22日頃からは再び湿潤層の厚さが減じ、上層は東よりの風となっていて大雨の中休み期に対応している。28～29日頃には大雨の第三波に対応して湿潤層は厚くなり、300 mb 面付近でいく分北よりの風が目立っている。

最後に日本とフィリピンの大雨の 相対関係を示すために、第二波 大雨時の7月17日21時の850 mb 流線図を示す。南支那海では南西風が卓越し、北回帰線付近は東西にのびる 低 圧 帯（赤道前線 ITCZ）、日本付近は高圧帯（太平洋高気圧帯）が見られる。このようなフィリピンにとって長期大雨型が、日本にとっては盛夏型になることがよく示されている。日本付近に梅雨前線が停滞するためには、北回帰線付近の低圧帯がフィリピン付近まで南下することが必要である。それと同時に、図16のようなゾーナルな気圧配置でなく、アジア大陸東岸に沿って南北に延びる深い谷が必要である。

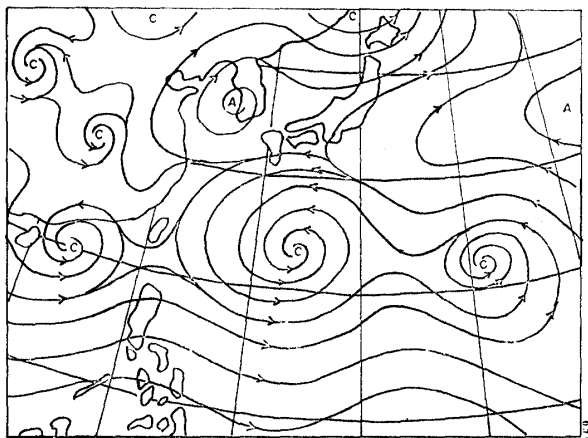


図16 1972年7月17日21時（ローカルタイム）の850 mb 気流図

Ⅳ フィリピンの気候変動

Manila の月降水量の約100年間の資料を図示したのが図17である。これをみると日本などにくらべて短周期の変動が非常に烈しいことがわかる。1月から4月までは月降水量もわずかで振幅もそれほどではないが、12月はやや振幅が大きくなっている。5月から11月にかけては、平年値の300～400%に達するような年も多く、変動は短周期できわめて烈しい。降雨量が多とも多い7月と8月の変動を比較してみると、同位相というよりは逆位相の変動をしている場合が多い。同位相の場合は7月の大雨が8月の上旬まで残ったような場合が多いようである。7月8月の雨の変動を平均化してみると、10年ぐらいつづく乾期や雨期が認められるが、その

位相も7月と8月とでは逆位相に近い。これらの変動は東アジアの中緯度および低緯度の大気循環と深い関係にあるが、このことについては東南アジア全体として改めて論ずることとする。

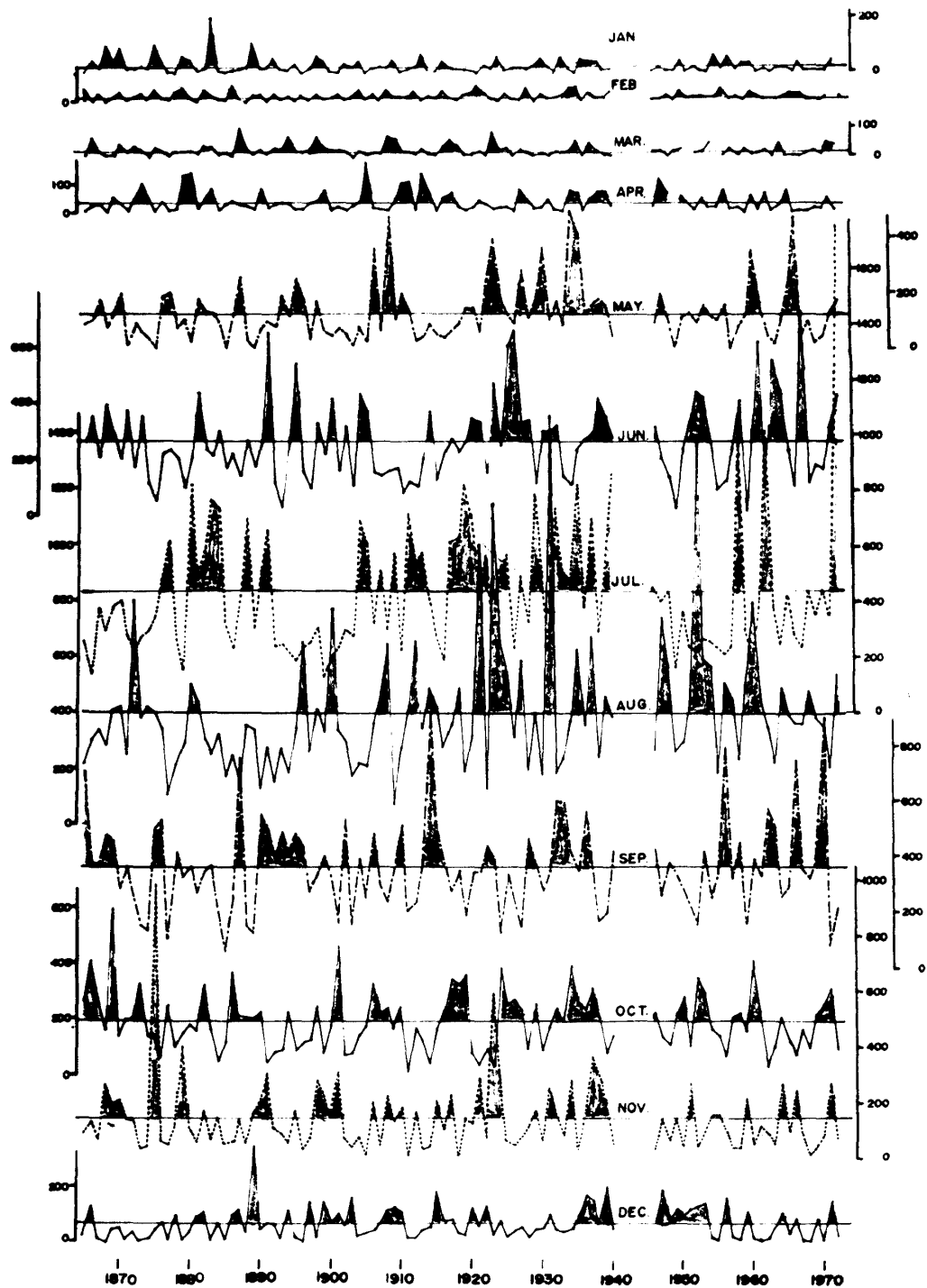


図17 1865年～1972年のマニラの月降水量変化図（横線は平年値，影をほどこした部分は平年値をこえた部分）

参 考 文 献

- 1) 小笠原和夫 1941.『南方気候論』三省堂 396 pp.
- 2) Deppermann, C. E. 1964. "Notes on the Origine and Structure of Philippine Typhoons." *Bull. Amer. Met. Soc.*, 28, pp. 399-404.
- 3) 畠山久尚 1964.「アジアの気候」『世界気候誌』第1巻, 古今書院 577 pp.
- 4) Neyama, Y. 1965. "A Relationship between the 100 mb Anticyclone over Asia and the Ogasawara Anticyclone," *J. Meteor. Soc. Japan*, 43, pp. 401-406.
- 5) 柳井迪雄 1967.「熱帯気象学の展望」『天気』14巻3号, pp. 73-91.
- 6) Tsuchiya, I. 1969. "Selected Bibliography on Water Balance of Monsoon Asia (I)," *'Climatological Notes*, 8, Hosei Univ. pp. 1-28.
- 7) (II), 1971. pp. 1-42.
- 8) 関口武 1970『フィリピン・タイの気候環境』科学技術庁資料調査所, pp. 1-69.
- 9) Overseas Technical Cooperation Agency of Japan. 1970. *Report on the Flood Forecasting and Warning System in the Pampanga River Basin*.
- 10) Yoshino, M. 1971. *Water Balance of Monsoon Asia*. Univ. of Tokyo Press.
- 11) Ramage, C. S. 1971. "Monsoon Meteorology," *International Geophysics Series*, Vol. 15, Academic Press, New York and London, 296 pp.
- 12) Typhoon Comittee Secretariat. 1972. "Runoff Analysis and Flood Forecasting Study of the 1972 Flood in the Pampanga River Basin," (Philippines). 9 pp.
- 13) 根山芳晴 1972.「モンスーン・アジアにおける湿潤分布の季節の変動」『気象庁研究時報』Vol. 24, No. 10, pp. 447-456.
- 14) フィリピン気象台定期刊行物
年刊：(1) *Annual Climatological Review*.
(2) *Tropical Cyclones of the Year*.
(3) *Annual Report of the Philippine Weather Bureau*.
月刊：(1) *Meteorological Summary for Ten Key Stations of the Philippines*.
(2) *Departure from Normal for Temperature, Rainfall and Rainy Days of Philippine Synoptic Stations*.