

日本における100年確率日雨量と 年降水量の長期変動

米 谷 恒 春*

国立防災科学技術センター

Secular Changes of Probable Rainfall and Annual Total Precipitation in Japan

By

Tsuneharu Yonetani

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Secular change of probable daily rainfall and that of annual total precipitation are presented at more than fifty weather offices in Japan where data are available from before 1900 to 1978. Probable daily rainfalls with 100-year return period were calculated from time series of annual maximum daily precipitation with fifty-year duration till the year in concern.

The following conclusions were obtained.

(1) Secular change of probable daily rainfall with 100-year return period was found to be fairly large. It has happened, then, that the capability of such flood prevention works that were designed using data in periods with small probable rainfall values is only about a half for periods with large probable rainfall values.

(2) The probable rainfall calculated in recent years is larger than that calculated in about 1940 or 1950 at many places where the probable rainfall is subject to larger variation.

(3) The secular changes of annual total precipitation show the same tendency at most stations in each region. Around Kanto district, annual total precipitation has been smaller in amount since 1960; while, it has been larger in Hokkaido and around Kansai region since 1950.

(4) Climatic change in annual total precipitation has been arisen in the Pacific Ocean side of the central part of Honshu where industry is developed and the population is large.

	目	次	
1. まえがき	(2)	変化	(7)
2. 使用したデータ	(3)	図 2 各地域における年降水量と 季節別降水量の変化傾向	(8)
3. 100年確率日雨量の経年変化	(4)	図 3 ラベージ検定によって年降 水量に気候の変化が生じた と判定された地点	(11)
表 1 各地点における100年確率 雨量の最大値および最大値と 最小値の比の値	(5)	表 2 年降水量に気候変化が生じ たと判定された地点と気候が 異なる期間	(11)
図 1 100年確率日雨量の長期変 動が激しい地点と相対的に小 さい地点	(6)		
4. 年および季節別の降水量の気候			

* 第1研究部

5. 考察	(12)	間の最大日降水量から算出した 100年確率日雨量と最大日降水 量の経年変化の図	(18)
表3 観測開始以来移転していな い気象官署および移転前また は移転後の期間が一方向的に長 い気象官署	(14)	付録3 各地点の統計開始年から 1978年までにおける5位に入 る年最大日降水量および100年 確率日雨量の最大値と最小値の表..	(46)
6. まとめ	(14)	付録4 各地点の年降水量と季節別 降水量との経年変化の図	(47)
参考文献	(16)		
付録1 気象観測所の地点名と地点 番号	(17)		
付録2 各地点のそれまでの50年			

1. まえがき

近年、気候の変化について各方面の関心が高まっている。われわれもこれに注意を払い、関東地方における降水量の長期変化を、二つの要素について既に調べた。一つは、年最大日降水量と確率雨量に関するものであり、他の一つは、季節別の降水量や年降水量である。

確率雨量は次のような使い方がされる。降雨災害の防災構造物を設計する際や、河川の改修計画などに際して、基本高水を決めるときに、あらかじめ定められた再現期間を持つ雨量を統計的手法によって推定するのが一般的であり、それから流量を求める。例えば、年最大日雨量の統計からその値を越えることが100年に1度しか起こらない、と評価される日雨量（100年確率日雨量）を算出する。このような確率雨量の考え方は、年に1度しか生じない大雨は確率的な現象である、とする仮定が満たされて、初めて、理論的には妥当なものとなる。ところが、関東地方のデータについて調べたところ、多くの地点で、年最大日降水量などは長期的な変動をし、確率雨量を用いた防災構造物の有効性にとって、無視し得ない影響を及ぼすことが示された（木下・米谷、1980）。

気象庁統計課（1958）の調査では、統計期間を越える再現期間を持つ確率雨量を推定するのは、方法の良否の問題でなく、本質的にきわめて危険である、という結論が出ている。しかしながら、実際の問題として、再現期間を100年～200年とする確率雨量が用いられることが多い（木下、1980）。それでいて、100年間の雨量データがある地点は少なく、200年間の雨量データがある地点となると皆無である。したがって、上に述べた気象庁統計課の結論や、木下・米谷の指摘を、現実の問題の中で生かすためには、さらに一歩進めた調査・研究が必要である。

確率雨量について、筆者は次のように考えている。もし気候変化が無ければ、年最大日雨量のような現象は確率的なものに見なし、過去の統計値から100年確率雨量なり200年確率雨量なりを推定するのは、有効な方法である。しかし、実際には気候は変化することがあるので、実用に供するときには、確率雨量の値をある程度変更する必要がある。

この報告では、同じ手法で求めた確率日雨量が統計期間の違いによってどう変化したかを、日本の全国について調べる。そして確率日雨量の変化率を求める。つまり、確率日雨量の過

去での変化を調べることにより、将来のある程度の期間における気候の変化に対応することができるのではないか、という考えである。この場合、求めた確率日雨量の変化率は、確率日雨量の気候の変化に対する安全率、と見なすことになる。

結果は、主として第3章に示した。

季節別の降水量や年降水量については、気候変化の視点から次のことを調べ、第4章に主に示す。一つは、気候としての変化傾向の地域性、他の一つは、気候変化が生じた地域、である。関東地方について、年降水量に気候変化が生じた地点があることは既に示したが（米谷，1981），本報告では全国での状態を見る。水資源として重要な要素であるから、日本における気候変化の様相を明確にしておく。

本報告では、確率日雨量と降水量の両要素について、1年を通しての状態と同時に、季節ごとの状態も調べる。季節としては、次のような降水量の年変化（和達，1958）を参考にし、前年の11月～3月，4月～7月，8月～10月の三つの季節に分けた。3月には、それまで多かった日本海側の降水量と太平洋側の降水量とが、ほぼ等しくなる。4月になると、太平洋側から吹きつける南東風をまともに受ける地方で、降水量が目立って増え始める。6月と7月は梅雨で、日本の大部分の地域で通常雨量が多い。8月は、梅雨前線は北に去って日本に影響を及ぼさなくなり、一方では、台風の影響を受けることがある。9月と10月とは秋りんと台風による雨が多い。11月になると、冬の季節風による降水が日本海側で増し、反対に太平洋側の降水が域少し始める。

2. 使用したデータ

本報告で用いたデータは以下のものである。月（年）最大日降水量は中央気象台年報・気象庁年報によった。ただし、中央気象台年報が欠号である、1941年～1949年の分は、中央気象台月報に基づいている。月（年）降水量は、1970年までのデータは、気象庁統計課が保有している磁気テープの要素別ファイルにより、また、1971年～1976年については、同じ磁気テープの観測日表時・日別値の各年のファイルによった。1977年と1978年の分の出所は気象庁年報である。

調査した地点は、1900年以前から観測がなされている日本全国（沖縄県を除く）の気象官署で、かつ、地上気象観測統計指針（気象庁，1973）で、1970年までに、移転による統計値の切断がないとされた官署である。付録1に示したように、月（年）最大日降水量については56気象官署、月（年）降水量については52気象官署となった。

1970年以降に移転した気象官署に、岐阜（1976年12月1日に移転）と下関（1978年12月1日に移転）がある。移転後の期間の、全統計期間に占める割合が小さいので、接断があったとしても、結果に及ぼす影響は小さいと考えられる。それで、データは接断がな

いものとして取り扱った。

3. 100年確率日雨量の経年変化

まえがきで記したように、降雨災害に対する防災構造物などを設計するうえで、最も基本的な数値の一つが確率雨量である。したがって、この値は、統計期間の違いなどによって、大きな変化をしないことが望ましい。この章では、年最大日降水量の気候学的な変化による確率日雨量の変化について、変化の程度と地域性を明らかにする。

ここで、用語について記しておく。降雨災害に対する防災構造物の設計上、一般に問題となるのは雨量である。それゆえ、通常、「確率雨量」という用語を使う。一方、現象としては、雨だけでなく寒候期には雪も降るし暖候期にひょうなども降ることがある。このため、気象庁では、雨・雪・ひょうなどを含めて「降水量」という用語を使っている。現実の問題として、暖候期では、降水量を雨量とみなしてもなんら問題はない。他方、寒候期の寒冷地では、降水量は雨量ではない。しかし、本報告では、確率雨量と便宜上記しておく。日降水量の年最大値はほとんど暖候期に記録されており、年最大日降水量の統計値から求めた確率日降水量は、確率雨量とみなせる。このことは後で明らかにする。実際では、年最大日降水量を対象とするので、確率雨量という用語を統一して使っても混乱は生じないであろう。

さて、この章で調べる要素は、最大日降水量の過去50年間の統計値から、Gumbel法により評価した100年確率日雨量である。調べる要素を上記のようにしたのは、次の(1)～(3)の理由による。(1)100年間の雨量データがある地点は数少ないが、50年間のデータがある地点は飛躍的に増える。例えば、気象官署で言えば、1900年以前からのデータがある地点は56であるが、1931年以前からのデータがある地点は85となる。実用的な見地からすると、統計期間を50年間とできるのが長い方であろう。(2)1級河川と政令で定められた109水系内の最も大きい確率年で分類すると、200年が8水系、150年が38水系、100年が63水系である^{*}(木下, 1980)。また、多くの河川では流域平均2日雨量が用いられているが、本報告では、雨量の長期変化の傾向を見るために、地点の1日雨量を用いた。(3)確率日雨量を推定する方法は幾つかあるが、Gumbel法で問題のないことは既に調べられている(桑原, 1971)。

上記の方法で求めた100年確率日雨量(以下では、これを単に100年確率日雨量と記す)の変化を、年最大日降水量以外に、季節別の最大日降水量についても調べる。近年、梅雨末期に集中豪雨が西日本を中心によく発生するが、大雨の発生に地域性と季節性があることをうかがわせる。さらに、最大値の選定範囲を特定の季節に限ることによって確率雨量の精度を

* 各水系内で、基本高水算出に用いられた確率年のうち最大のもので分類し、かつ、河川審議会に上提予定分も含めて数えた。

より高めることが可能となる、とされている（例えば、桑原，1971）。そこで、まえがきに記した，11月～3月，4月～7月，8月～10月の三つの季節での100年確率日雨量の経年変化を調べ，100年確率日雨量が大きく変化した地点について季節への依存性を明らかにしておく。

問題としているのは確率日雨量の変動であるが，調査した全地点，56気象官署における年最大日降水量，100年確率日雨量，季節別の最大日降水量とその季節での100年確率日雨量の各経年変化を付録2に示してある。また，各地点での，上位5位までに入る年最大日降水量とその発生年月，および100年確率日雨量の最大値と最小値を表にして付録3に掲げた。

100年確率日雨量の変動を，1978年までにおける最大値と最小値の比の値によって調べる。この比の値の最大は彦根（761：地点番号，以下同様）での1.93であり，最小は福島（595）での1.06である。平均値は1.24となった。彦根（761）での1.9という値は飛び抜けて大きい，比の値が1.5程度になる変動は4地点で生じている。

比の値が1.3を越えた，100年確率日雨量の変動が大きい14地点について，100年確率日雨量の最大値や最小値などを表1に示した。表1には，最大値と最小値が求まった年も記してあるが，100年確率日雨量の経年変化の図（付録2参照）から明らかなように，この年の値そのものに特別な意味はない。例えば，北海道の寿都（421）での100年確率日雨量の最大値は1978年の173mmであるが，1965年以降の100年確率日雨量は160mmを越えている。

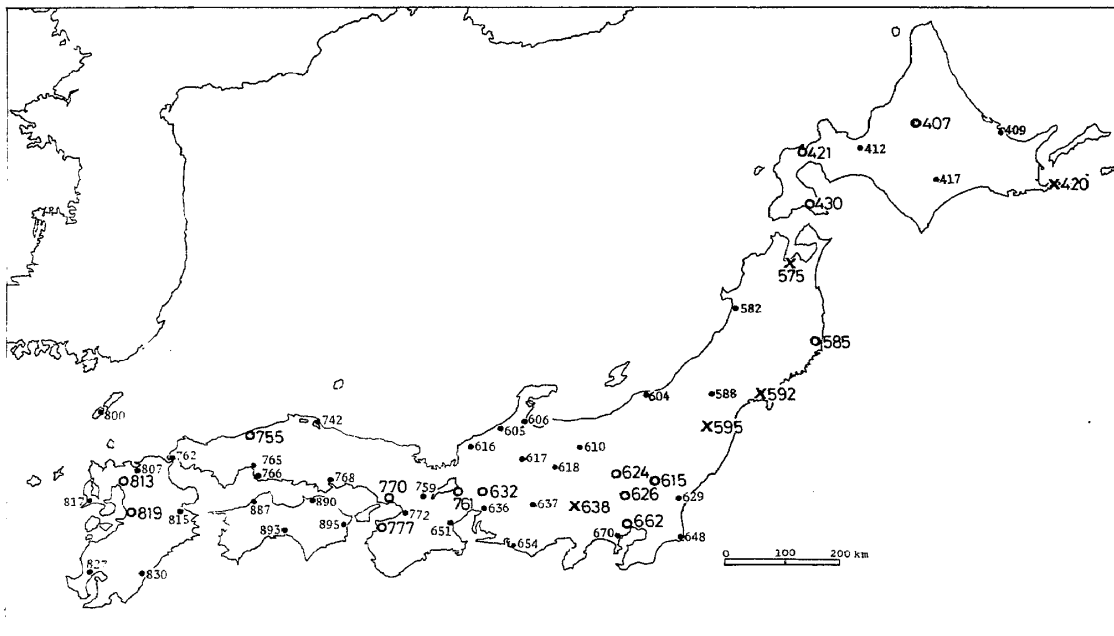
表1 各地点における100年確率雨量の最大値，最小値，および最大値と最小値の比の値。ただし，比の値が1.3を越えた地点。*は永年気候観測がなされた地点。

地点名	地点番号	100年確率日雨量				最大値/最小値
		最大値(mm)	年	最小値(mm)	年	
彦根	761	345	1944	179	1951	1.93
寿都	421	173	1978	110	1949	1.57
熊本	819	420	1971	283	1946	1.48
前橋	624	276	1960	186	1946	1.48
東京*	662	313	1967	215	1928	1.46
佐賀	813	332	1973	230	1940	1.44
岐阜	632	296	1978	210	1946	1.41
浜田	755	281	1975	205	1942	1.37
宮古	585	290	1945	216	1977	1.34
和歌山	777	284	1978	213	1937	1.33
旭川	407	167	1975	126	1954	1.33
宇都宮	615	238	1973	180	1940	1.32
熊谷	626	305	1978	233	1946	1.31
神戸	770	284	1972	217	1948	1.31

100年確率日雨量の変動が大きい表1に挙げたうちの12地点で、最近における50年間の統計値から求めた100年確率日雨量が大きくなっている。ただし、彦根(761)と宮古(585)は例外で、最近の値の方が小さい。

100年確率日雨量が大きく変動したのは、大きな年最大日降水量が、偶然にも記録されたため、とは考えられない。なぜなら、年最大日降水量の経年変化の様子(付録2参照)と、上位5位までの値(付録3参照)から理解されるように、大きな年最大日降水量の発生は、1回にとどまっていな事因る。例えば、寿都(421)では、年最大日降水量の第1位~第5位は、1962年の206mm, 1975年の173mm, 1961年の157mm, 1950年の114mm, 1965年の100mmである。第1位~第3位の値は、第4位までの値と比べて、極端に大きい。しかも、記録された年が互いに接近している。ただし、彦根(761)だけは例外で、年最大日降水量の第1位は596mmで、第2位は195mmであるから、第1位のみ極端に大きい。

その地点にとって極端に大きな日降水量が記録された季節は、次の三つに分けることができる。(1)8月~10月に記録された地点。旭川(407)、宮古(585)、宇都宮(615)、前橋(624)、彦根(761)。(2)4月~7月および8月~10月に記録された地点。寿都(421)、熊谷(626)、東京(662)、和歌山(777)。(3)4月~7月に記録された地点。岐阜(632)、浜田(755)、神戸(770)、佐賀(813)、熊本(819)。顕著な傾向として、西日本では4月~7月に極端に大きな日降水量が記録されている。このことは、西日本で発生する梅雨末期の集中豪雨は最近の現象であることを示す。



11月～3月における日降水量は地域によらず小さく、100mmを越すことはまれにしか無い。冬期の総降水量が1,000mm以上ある日本海側の地点においても、このことは言える。降水量が全般に少ない北海道地方の一部などで、年最大日降水量の上位5位までに入る値が冬期に記録されている。しかし、100年確率日雨量に大きな変動をもたらすような事は、全般に生じていない。

100年確率日雨量の、最大値と最小値の比の値が1.3以上となった変動の大きい地点と、変動が相対的に小さい地点とを、図1に示す。変動の大きい地点が、北海道に3カ所、関東地方に4カ所、関西地方に4カ所、まとめて分布しているのが目につく。全般的な傾向としては、本州の、関東以西の太平洋側と瀬戸内地方、および四国で、100年確率日雨量の変動が大きい。東北・北陸・九州の各地方では、変動がどちらかと言えば小さい地点が多い。この3地方で、比の値が全国の平均値である1.24を越えたのは、宮古(585)の1.34、山形(588)の1.25、熊本(819)の1.48、佐賀(813)の1.44、だけである。なお、図中×印で示した変動が相対的に小さい地点については、6. まとめで言及する。

4. 年および季節別の降水量の気候変化

水資源として重要な要素である年降水量と季節別の降水量についても、気候変化の視点から変化の様相と地域性、および年降水量に生じた気候変化を明らかにする。年降水量および月降水量の変動に関して、経年変化の傾向や変動係数で調べた結果は既に報告されている(例えば、Suzuki, 1968; 水越, 1972; 安田, 1978)。本報告では、統計的な検定により年降水量の気候変化を検討する。この目的のために、年降水量と季節別降水量の変化傾向を、毎年の値と5年移動平均値との経年変化の様相に基づき、日本の52地点について調べた。各地点におけるこれらの要素の経年変化の図を、付録4に示してある。1900年～1978年の79年間の平均値を基準にして変動を調べると、次の3地域内では、降水量の変化に同じ傾向が認められる。この3地域は、(1)北海道地方、(2)関東地方を中心とする、日本海側を除く本州東部、(3)京都や徳島を含む、日本海側を除く本州の西部と四国の一部である。

上記の3地域とその他の地域を代表する数地点での平均値の、5年移動平均で示した変化の傾向を、図2に示す。各地域における特徴的な変化の傾向は、次のとおりである。

(1) 北海道地域(図a参照)。1915年頃までの少雨傾向が著しい。この期間、8月～10月と11月～3月の降水量が、特に少なかった。1950年頃からの最近では、多雨傾向になっている。年降水量に、長期的な増加傾向が認められる。

(2) 関東地方を中心とする地域(図b参照)。北海道地域と逆の傾向を示している。1900年～1925年頃の多雨傾向と、1960年以降の少雨傾向が特徴的である。年降水量に長期

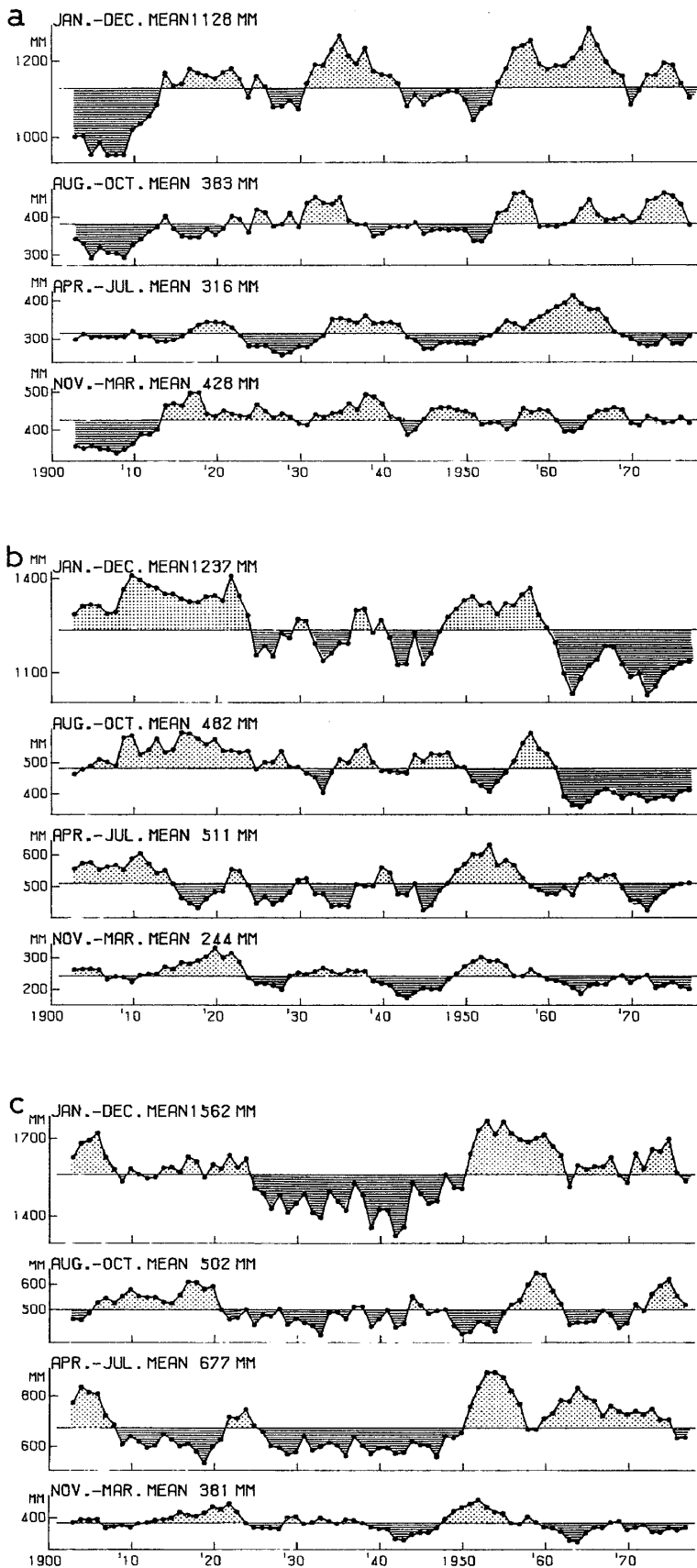
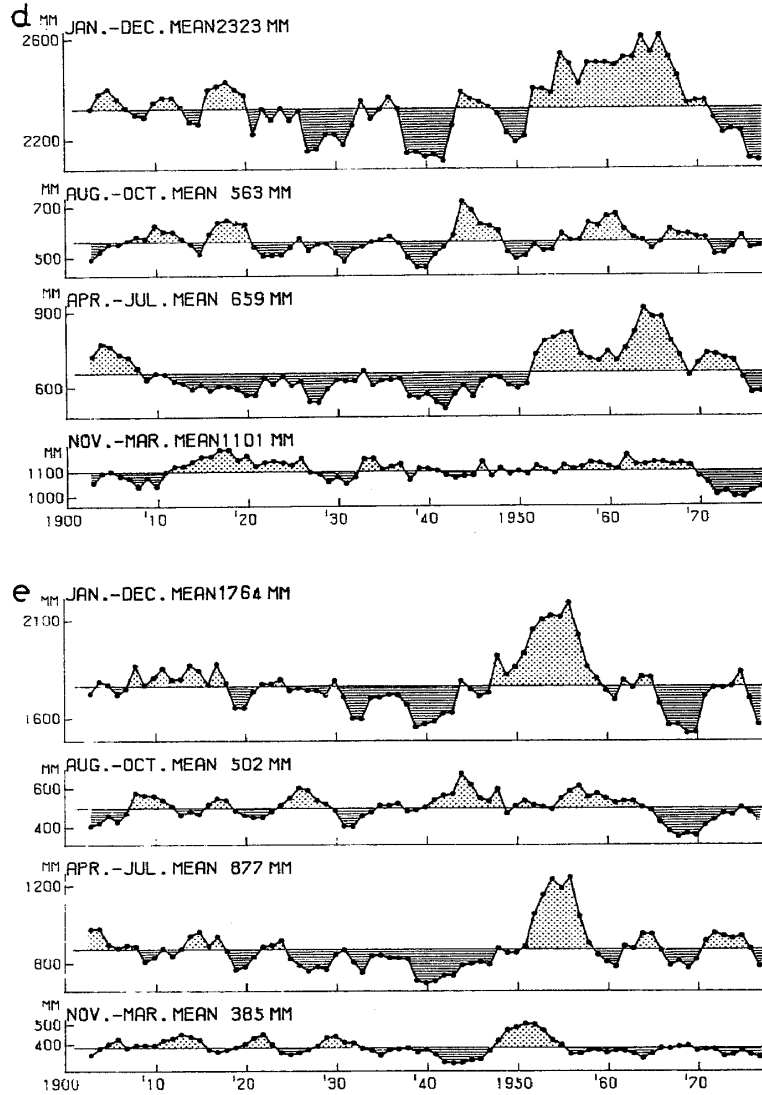


図2 各地域における年降水量と季節別降水量の変化傾向。変化傾向は、各地域を代表する複数の地点の平均値の、5年移動平均で示した。図中の数値と横線は、1900年～1978年の平均値。aが北海道地域、bが関東地域、cが関西地域、dが日本海側地域、eが九州地域である。北海道を代表する地点として、旭川(407)、札幌(412)、根室(420)、寿都(421)を、関東地域を代表する地点として、福島(595)、宇都宮(615)、前橋(624)、熊谷(626)、甲府(638)、松本(618)を、関西地域を代表する地点として、彦根(761)、京都(759)、神戸(770)、徳島(895)を、それぞれ選んだ。また、日本海側地域は、金沢(605)、福井(616)、境(742)で、九州地域は、福岡(807)、佐賀(813)、長崎(817)、大分(815)で、それぞれ代表させた。

100年確率日雨量と年降水量の長期変動-米谷



的な減少傾向が認められる。8月～10月の降水量も長期的な減少傾向を示し、1960年以降でそれまでの多雨傾向から少雨傾向へと変化した。年降水量が少雨傾向となったのは、8月～10月の降水量が著しく少ないことを主因としている。

(3) 関西を中心とする地域(図c参照)。年降水量の変化は、1925年～1950年の少雨傾向と、1950年以降の多雨傾向とが特徴的である。関東地域での特徴であった、1901年～1925年の多雨傾向は、4月～7月の降水量の少ない年が、この期間に多かったため、関西地域では認められない。さらに、関西地域での4月～7月の降水量は、1960年以降も多雨傾向となり、このため、年降水量も多雨傾向となった。11月～3月の降水量の変化については、関西地域も関東地域も、同じ傾向を示している。

(4) 日本海側の地域(図d参照)。年降水量の変化は、関西地域での変化に似た、1920年～1950年が少雨傾向、1950年～1970年が多雨傾向、となった地点が多い。4月～7月の降水量も、関西地域におけるものとよく似た変化傾向をしている。11月～3月の降水量は、平均

値が1,100 mmもあるが、その変動は非常に小さい。ところで、日本海側の調査地点は、北陸より西に偏在していて、本州の北部に在る地点としては秋田(582)だけである。秋田での年降水量は、1910年～1925年と、1955年～1965年とが、多雨傾向を、1925年～1935年と、1965年以降が少雨傾向を示した。このような経年変化は、西部に存在する地点と異なっている。

(5) 四国の太平洋側と九州の地域(図e参照)。年降水量は、1930年～1950年が少雨傾向、1950年代が多雨傾向であった地点が多い。しかし、他の地点で見られるような統一的变化傾向は認め難い。

本州の太平洋側を大きく二分したが、年降水量の変化傾向に、地域的な連続性が認められる。例えば、浜松(654)の年降水量の経年変化の傾向は、大筋において、関東地域での変化傾向と同じである。ただし、1960年以降の少雨傾向は、関東地域におけるほど顕著ではない。関西地域に近い岐阜(632)での年降水量の経年変化は、大筋において、関西地域での変化傾向と一致している。ただし、1900年～1920年の多雨傾向が顕著であり、また1960年頃に少雨傾向が認められ、様相の異なる点もある。このように、関東地域での変化とよく似た、浜松での年降水量の経年変化に、関西地域での変化傾向との類似点が認められ、逆に、関西地域での変化とよく似た岐阜での年降水量の経年変化に、関東地域での変化傾向との類似点が認められる。

次に、年降水量に生じた気候変化を調べる。関東地方について、1901年～1925年、1926年～1950年、1951年～1975年の3期間で、年降水量の状態が異なることはすでに報告した(米谷, 1978, 1981)。図2の各地域での平均的な変化傾向は、関東地方以外においても、1901年～1975年を1期25年間とする3期間に分けることが、妥当であることを示している。そこで、1901年～1925年、1926年～1950年、1951年～1975年の3期間の間で、年降水量の状態に差異があると統計的に言えるかどうか、仮説検定の方法により調べる。つまり、「母集団における年降水量の分布は各期で同じ」とする帰無仮説を、ラページの方法により検定する。ラページ検定は、母集団分布に関して、正規分布を仮定できない場合の検定法である(岡本ら, 1978)。

ラページ検定によって、3期間の内のいずれかの2期間で、年降水量の母集団が異なると判定された地点、すなわち、年降水量に気候変化が生じたと判定された地点を、図3に示す。また、気候が異なると判定された地点を表2に掲げる。関東地方から名古屋までで、太平洋沿岸から、やや内陸に入った地帯と、名古屋・岐阜・京都・神戸とその周辺とで、年降水量に気候変化が生じたと判定された。人口が多く、生産活動が活発な関東から関西にいたるベルト地帯に水資源を供給する地域と、このベルト地帯にある大都市の、東京・名古屋・京都・神戸とで、年降水量は激しく変動している。

生じた変化を一口で言えば、多雨傾向を示した期間と少雨傾向を示した期間とで年降水量

100年確率日雨量と年降水量の長期変動—米谷

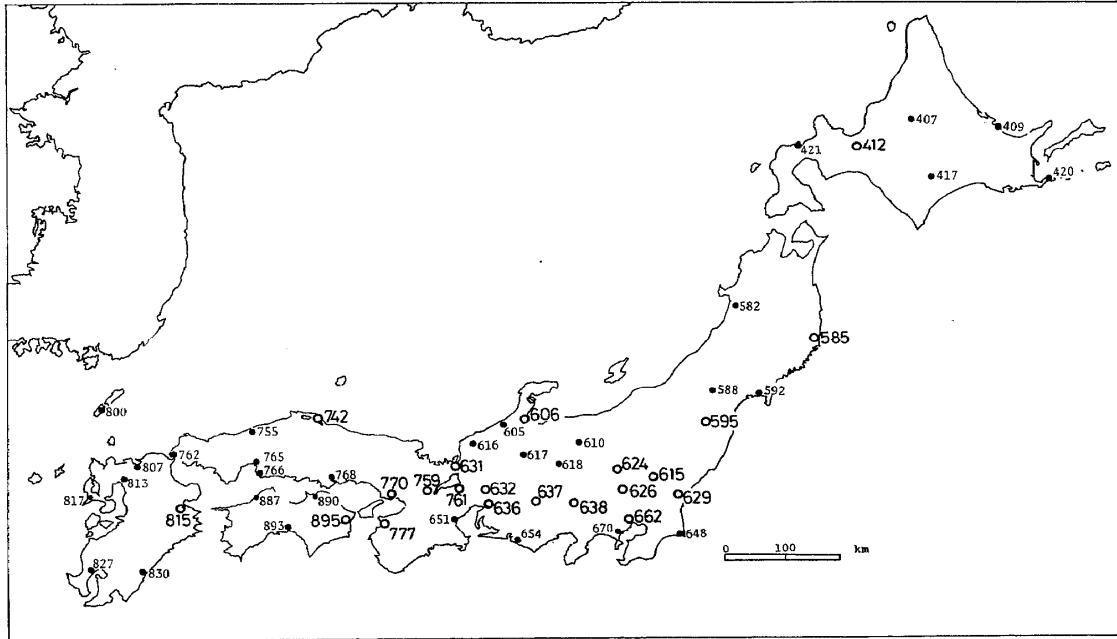


図3 ラページ検定によって、年降水量に気候の変化が生じたと判定された地点（图中丸印、黒丸は気候変化が生じたとはいえない地点）。

表2 年降水量に気候変化が生じたと判定された地点と、気候が異なる期間。+印を付けた期間と、-印を付けた期間とで異なる。多雨傾向であった期間に+印を、少雨傾向であった期間に-印を、それぞれ付けた。

地名	地点番号	1901年～ 1925年	1926年～ 1950年	1951年～ 1975年
札幌	幌 412	-		+
伏木	木 606		-	+
敦賀	賀 631	-		+
境	境 742	-		+
宮古	古 585	+	-	
福島	島 595	+		-
宇都宮	宮 615	+		-
前橋	橋 624	+	-	-
熊谷	谷 626	+		-
水戸	戸 629	+	-	-
東京	京 662	+		-
甲府	府 638	+		-
飯田	田 637	+	-	
名古屋	屋 636	+	-	-
岐阜	阜 632	+	-	+
彦根	根 761		-	+
京都	都 759		-	+
神戸	戸 770	+	-	+
和歌山	山 777	+	-	
徳島	島 895	+	-	
大分	分 815	+	-	

の気候が違ふ，ということになる．気候が異なる期間は表2で示したが，次のような傾向が認められよう．(1) 関東地方を中心とする地域では，1960年以降の顕著な少雨期を含む1951年～1975年の状態と，多雨傾向となった1901年～1925年の状態とが，違ふ．(2) 関西地方を中心とする地域では，少雨傾向となった1926年～1950年が，どこの地点でも含まれている．そして，関東地方に近い地方では，多雨傾向となった1901年～1925年の状態と異なった．(3) 札幌と日本海側の伏木・敦賀・境では，多雨傾向であった1951年～1975年が共通して含まれている．

5. 考 察

最後に，以上で見た変動が現象そのものの変動か，あるいは，データの質に変化が生じたためにもたらされた見掛け上のものかを考察する．データの均質性を破る要因である，観測法・統計法の変更，気象観測所の移転および観測環境の変化，以上の各影響を考えた．

以下に記す考察の結果から，本報告で明らかにした100年確率日雨量の変動と年降水量の気候変化は，降水現象の変動を原因とする，と判断される．

降水量の観測法・統計法に，日界の変更と雨量計の変更および日降水量の求め方の変更があった．1956年の調査によると(齊藤，1956)，これらの観測法・統計法の変更のうち，日界の変更以外は，降水量の均質性に比較的影響を及ぼさなかった．この調査以降に実施された転倒ます型雨量計への変更に関しては，統計値は接続されてはいるものの，注意しなければならない点がある(例えば菊地原，1975)．

降水量の日界の変遷は次のとおりである．1939年までは約10の観測所で日界は午前10時としたが，他の大多数の観測所では22時または24時であった．1940年～1952年では，ほとんど全ての観測所で22時または24時になっている．1953年以降，全国的に統一され，1963年までは09時，1964年から現在に至るまでは24時である．ただし，付録1で*を付した8地点では，永年気候観測がなされ，1953年～1963年の日界も24時で，1953年以降で日界の変更はない．

日界の変更は，最大日降水量に大きな影響を及ぼす可能性が大きい．表1に掲げた100年確率日雨量の変動が特に大きい14地点について，日界が他の期間と大きく異なった1953年～1963年を主たる対象にして，日界の変更の影響を考える．

14地点のうち8地点で，第1位の年最大日降水量は1953年～1963年に記録された(付録3参照)．さらに，記録された順位を，第2位までにと範囲を広げると，地点数は11にもなる．このことは，日界の変更が日降水量に大きく影響し，22時や24時を日界とするよりも09時を日界とする方が，大きな最大日降水量が記録されがちなことを予想させる．しかしながら，年最大日降水量など，ひいては100年確率日雨量に生じている大きな変動は，

次の理由により日界の変更の影響とは考えられない。(1) 永年気候観測がなされた地点, したがって, 1953年～1963年も日界が24時であった東京(662)においても, 年最大日降水量の第1位は, この期間内の1958年に記録されている。(2) 15年以上にわたって日界を10時とした地点があるが, その時には, 1953年～1963年の11年間に記録されているような大きな日降水量は記録されなかった。地点と期間は, 寿都(421)の1897年～1915年, 宇都宮(615)の1891年～1915年, 浜田(755)の1893年～1939年である。(3) 表1に掲げられた4地点を含む関東地方の気象官署における年最大日降水量の変動は, 日界の変更の影響によるものではないことがすでに示されている(木下・米谷, 1980)。

1968年頃から実施された雨量計の変更, すなわち転倒ます型雨量計の採用により次の問題が生じた(菊地原, 1974; 松本, 1974; 松園, 1974)。転倒ます型雨量計による降水量は, 従来の貯水型指示雨量計による値よりもはなはだしい場合には10%も小さくなる。年間などの最大日降水量における10%程度の増減は, 年の違いによる差と比較して小さい。検討しなければならないのは, 年降水量に見られた気候変化が, この雨量計の変更の影響を受けた結果か否かである。

先に記したように, 転倒ます型雨量計へ変更された年は, 1968年とする気象官署が多いが, 最も遅い官署では1971年であった。したがって, 過大評価する気象官署がでてくる事になるが, 次のようにして雨量計の変更の影響を評価する。つまり, 1968年以降の降水量が一律に10%少なく記録されていたとする。この仮定の下で, 3期間における年降水量の母集団の相異を再度調べた。

結果を以下に記す。

(1) 1950年以降が多雨傾向であった北海道地方と関西を中心とする地域, および1950年～1970年に多雨傾向であった日本海側の地域では, 気候変化が生じたと判定される地点が次のように増す(図3参照)。北海道地方では旭川(407)と根室(420)。関西地域では岡山(768)と呉(766)で, 気候変化の生じた地点が西へ延びる。日本海側では, 金沢(605), 福井(616), 高山(617)で, 気候変化の生じた地点が伏木から敦賀まで連なる。

(2) 1960年頃から少雨傾向であった関東地方を中心とする地域では, 気候変化が生じたと判定される地点が減少する。気候変化が生じたと判定されなく成る地点は, 熊谷(626), 東京(662)および甲府(638)である。

(3) 南九州の鹿児島(827)と宮崎(830)でも, 気候変化が生じたと新たに判定された。

以上, 転倒ます型雨量計へ変更したために, 従来の方法によるより10%も少なく降水量が記録されていたとしても, 結論に本質的な差は生じていない。つまり, 本報告で示された年降水量の気候変化は, 雨量計の変更を原因とする見掛け上のものではないと判断される。

ところで, 1968年以降の年降水量を約10%増やすと, 北海道から九州までの9地点で,

表3 観測開始以来、移転していない気象官署、および、移転前または移転後の期間が一方的に長い気象官署

地点名	地点番号	移転年月	地点名	地点番号	移転年月	地点名	地点番号	移転年月
網走	409	—	根室	420	1886. 7	寿都	421	1887. 9
石巻	592	—	前橋	624	—	熊谷	626	—
水戸	629	—	境	742	1897. 1	浜田	755	—
彦根	761	—	下関	762	1978. 12	神戸	770	—
和歌山	777	—	厳原	800	$\frac{1888}{1895}$ $\frac{5}{10}$	多度津	890	—

気候変化が生じたと新たに判定された。逆に、年降水量を増やしたために、気候変化が生じたと判定されなくなるのは、関東地方とその周辺での3地点だけである。このことから、年降水量は最近、多雨傾向にある地域の多いことがわかる。

最後に、気象官署の移転および観測環境の変化を取り上げる。観測開始から1979年1月までに移転したことの無い地点、および、移転前または移転後の期間が一方的に短い地点とを、表3に示す。表1に掲げた100年確率日雨量の変動が激しい地点にも、表2に掲げた年降水量に気候変化が生じたと判定された地点にも、表3に示した地点が適当に含まれている。このことから、本報告で明らかにした変動が、気象官署の移転を主因として生じたもので無いと判断できる。また、2. 使用したデータ、で記したように、移転による接断の無い気象官署を選んである。

観測環境の変化は、その程度までを考慮に入れると、気象官署によって千差万別であろう。一方、年降水量の変動や季節の降水量の変動には地域性が見られる。また、100年確率日雨量が大きく変化した大多数の地点では、大きな日降水量が最近記録されるという変化を示した。このように、共通性がある降水量の変動を、地点ごとで違うであろう観測環境の変化では説明できない。

6. ま と め

降雨災害に対する防災構造物を設計するときの基本的な値であり、過去の統計値に大きく依存する、100年確率日雨量の長期変動と、水資源と密接な関係にある年降水量の気候変化を明らかにした。この変動と変化は、降水量の変動が原因と考えられ、その程度は非常に大きい。そして、この事実の意味することは降雨災害に対する防災構造物の有効性にとって無視できない。

過去50年間の年最大日降水量から求めた100年確率日雨量は、全国各地とも、大きな長期変動をしている。30年間～40年間における、この100年確率日雨量の最大値と最小値の比の値は全地点で平均すると1.2となった。100年確率日雨量が特に大きく変動し、最大

値と最小値の比の値が 1.3 を越えた地点は 14 地点あり、全国的に分布している。この 14 地点の内の 12 地点で、最近の 100 年確率日雨量が大きい。

100 年確率日雨量の、最大値と最小値の比の値は、全国平均で 1.24 となったが、この実地的な意味を次に明らかにしておく。1978 年までの 50 年間の年最大日降水量から求めた、100 年確率日雨量と 50 年確率日雨量の比の値は 1.1 程度である。詳細に記せば、全国 56 地点で求めた比の平均値は 1.11 になり、標準偏差は 0.01 と非常に小さい。したがって、100 年確率日雨量の最大値と最小値の比の値が、全国平均で 1.24 になったという事は、日本全国ほとんどの地点で、ある期間で求めた 100 年確率日雨量が、別の期間で求めた 50 年確率日雨量より、小さくなる事態が生じたことを意味している。例えば、100 年確率日雨量の、最大値と最小値の比の値が、全国での平均値におおよそ等しい 1.25 となった大阪（772）では、1956 年までの 100 年確率日雨量は 165 mm～181 mm であった。一方、50 年間の統計値から求めた、1958 年以降での 50 年確率日雨量は 180 mm～187 mm で、1956 年までの 100 年確率日雨量と等しいか、あるいはそれ以上になっている。年最大日降水量の長期変動が小さかったため、100 年確率日雨量が 50 年確率日雨量より大きくなるような事態が生じなかった地点は、5 地点にすぎない。その地点は、図 1 で相対的に変動の小さい地点（×印）として示した、根室（420）、青森（575）、石巻（592）、福島（595）、甲府（638）である。これらの地点でも、最小の 100 年確率日雨量と最大の 50 年確率日雨量とはほぼ等しい。

まえがきでも記したように、確率雨量は降雨災害に対する防災構造物の設計基準として現実に用いられている。この確率雨量が算出した年が異なると大きく、はなはだしい場合には、100 年確率雨量と 50 年確率雨量とがまたは、おそらく、200 年確率雨量と 100 年確率雨量とが、等しくなる程度変動することを、実際のデータから示した。小さい 100 年確率雨量が算出された期間のデータを基に設計された降雨災害に対する防災構造物は、確率雨量が大きく算出された期間には、設計値の半分の能力しか有さない、という事態が生じたことになる。この変動の大きさを強調しておきたい。そして、例えば、ある降雨災害に対する防災構造物の設計基準として用いられた雨量が、現時点ではどの程度の再現期間を持つかを、2・3 年に 1 度、再評価するなどして、計画規模を越える現象にも対処できるような方策を、とりうるようにしておく必要がある。

年降水量の変化は、次のようにまとめられる。

(1) 水資源との関係で注目されている、最近の少雨傾向は、関東地方を中心とする本州東部で著しい。これは、8 月～10 月の降水量が大きく減少していることを主因としている。関西地方を中心とする地域や北海道地方では、最近が多雨傾向になっている。この傾向は、1960 年以降の少雨傾向のため、最近、違ってきていると報告された（加藤・森、1970）Suzuki（1968）の結論と、大筋において一致する。

(2) 多雨傾向を示した期間と、少雨傾向を示した期間とで、気候が異なると判定されるほど年降水量が激しい変化をした地帯がある。その地帯は、産業活動が活発で人口が多い、関東地方から関西地方へ至るベルト地帯に水資源を供給する地域と、このベルト地帯にある大都市の、東京、名古屋、京都、神戸である。

謝 辞

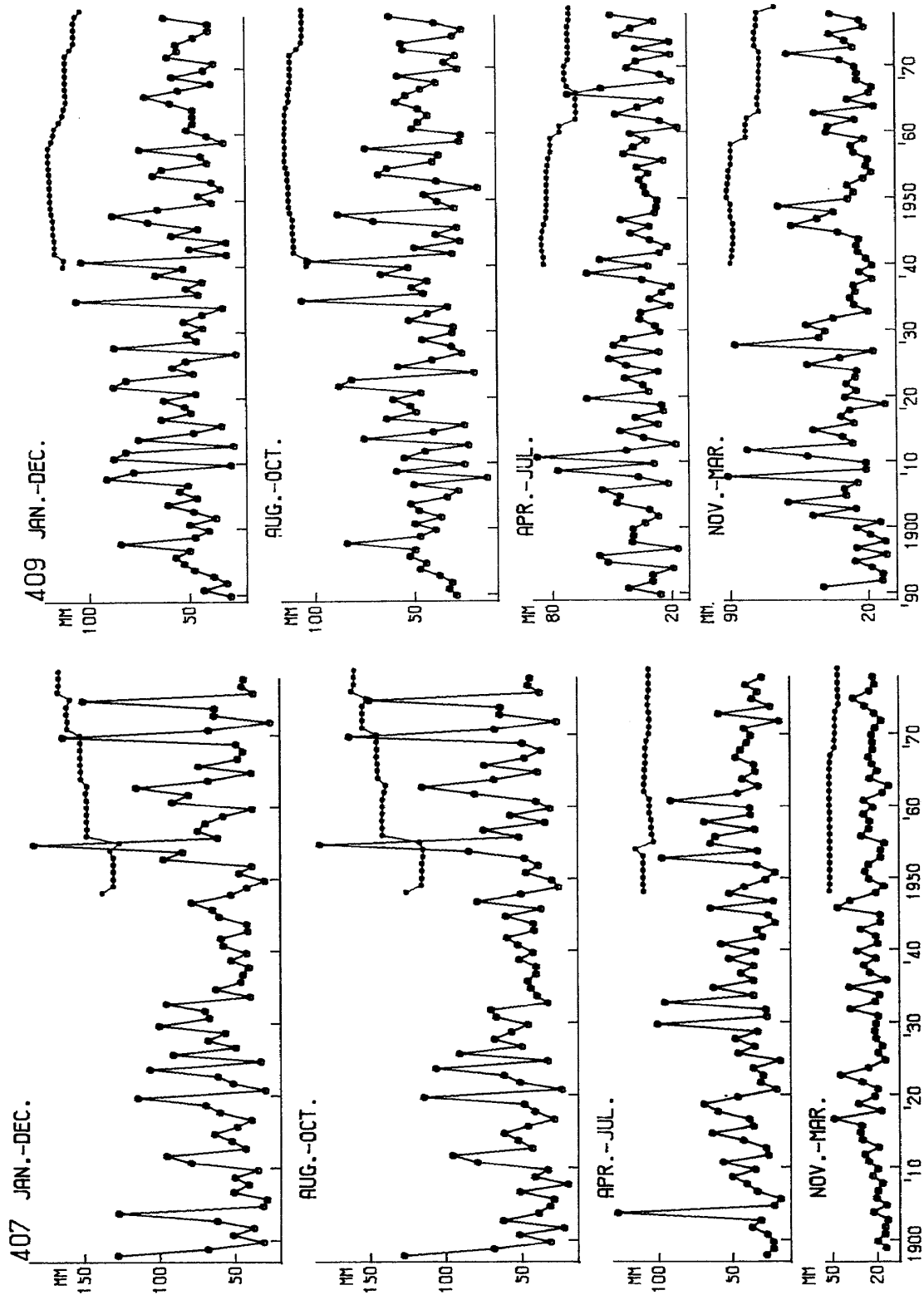
この調査をするに当たり、気象庁統計課から月降水量のデータファイルを複写させて頂いた。また、種々の質問に対し、各地の気象官署から、ご親切な回答を頂いている。記して謝意を表します。年最大日降水量が掲載されている気象庁年報の収集は、国立防災科学技術センター管理部企画課資料調査室が担当した。本報告で使用したデータは、磁気テープに収録して、当センターで保有している。

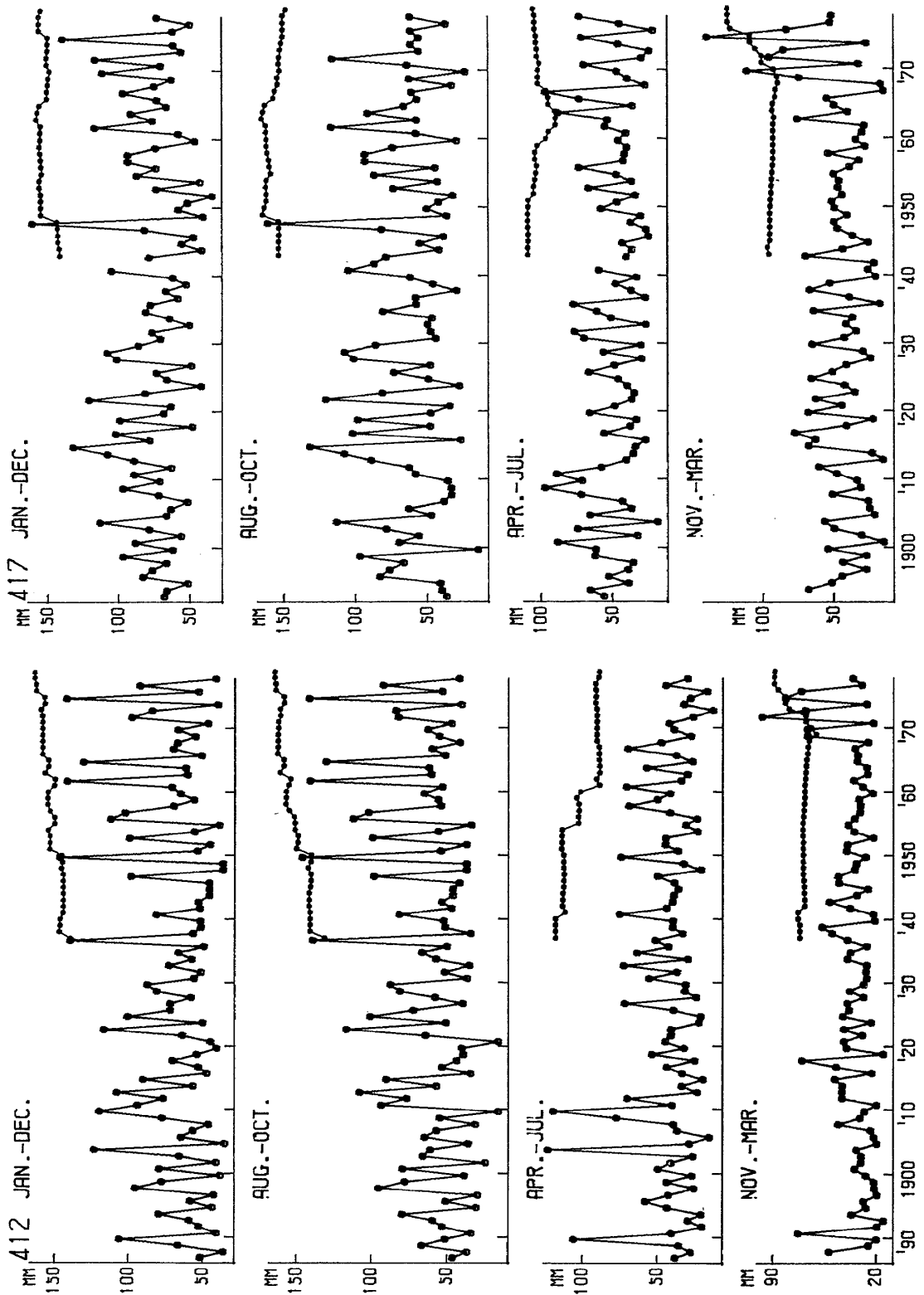
参 考 文 献

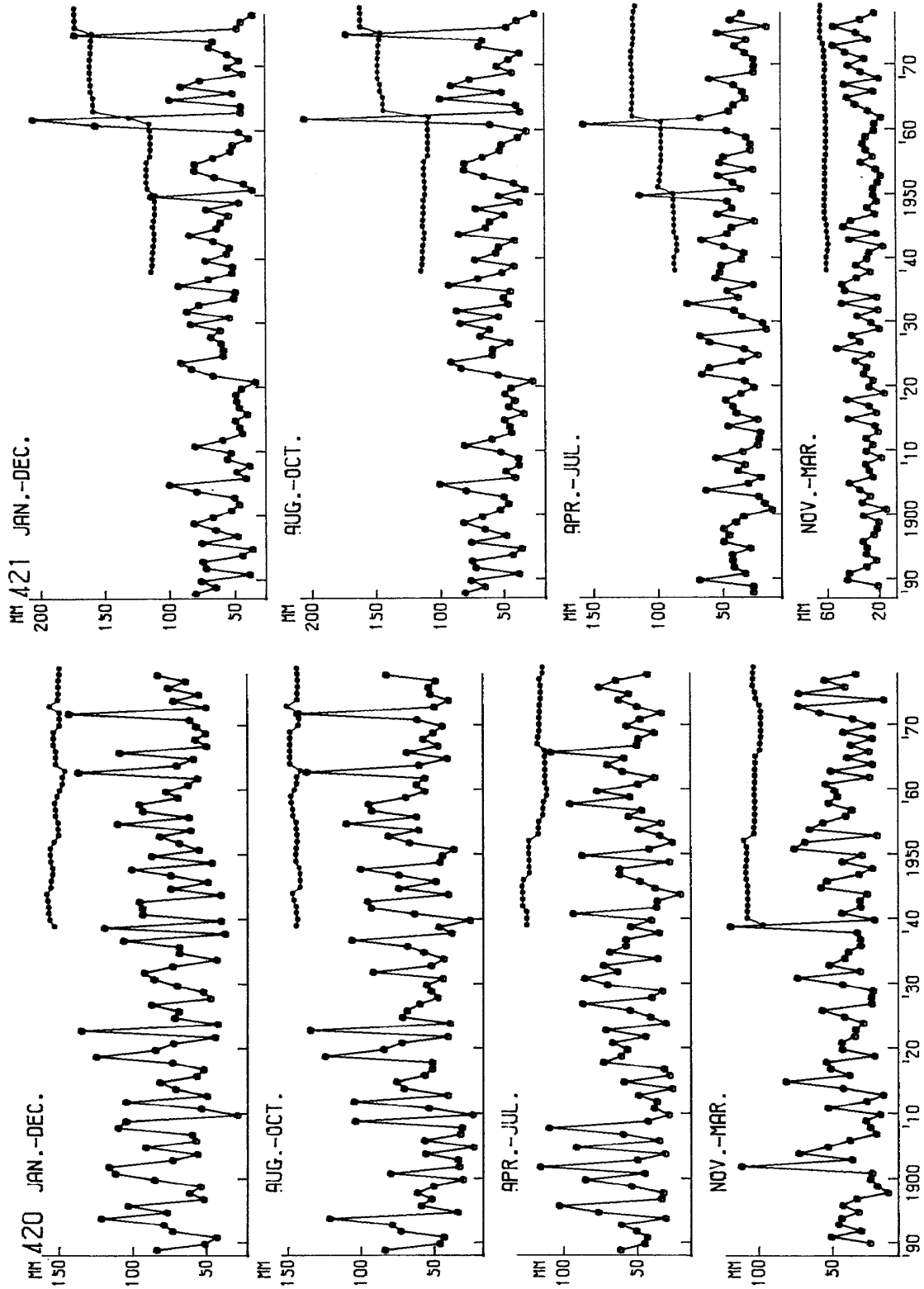
- 1) 加藤久雄・森 幾也(1970):降水量の長期変動について, 気象研究ノート, 105, 89-93.
- 2) 菊地原英和(1974):統計上からみた新測器採用に関連する問題, 研究時報, 26, 72-75.
- 3) 木下武雄(1980):降雨災害における超過確率年の例と問題点, セ研報, 23, 1-10.
- 4) 木下武雄・米谷恒春(1980):関東地方の主要都市における確率雨量の統計期間による差異, 水利科学, 132, 102-119.
- 5) 気象庁(1973):地上気象観測統計指針, 付録1-28-付録1-43.
- 6) 気象庁統計課(1958):日降水量の再現期間の推定法に関する調査, 測候時報, 25, 181-186.
- 7) 桑原英夫(1970):水文統計資料としての降雨資料の性格—日雨量資料について—(その2), 農業土木学会誌, 39, 146-159.
- 8) 松本 久(1974):転倒ます型雨量計について, 研究時報, 26, 37-40.
- 9) 松園光義(1974):貯水型指示雨量計と転倒ます型雨量計による観測値の差について, 研究時報, 26, 11-13.
- 10) 水越允治(1972):中部日本における降水量変動率の地域分布, 水温の研究, 16, 3-7.
- 11) 岡本雅典・鈴木義一郎・杉山高一(1978):基本統計学, 実教出版, 134-136.
- 12) Suzuki, E.(1968):Secular Variations of Rainfall in Japan. *Papers in Met. and Geo.*, 19, 363-399.
- 13) 和達清夫(1958):日本の気候, 東京堂出版, 93-98.
- 14) 安田清美(1978):日本における降水量の変動係数について, 研究時報, 30, 199-206.
- 15) 米谷恒春(1978):東京における降水量の長期変化の解析, 天気, 25, 661-667.
- 16) 米谷恒春(1981):関東地方における降水量の気候変化, 天気, 28, 322-326.

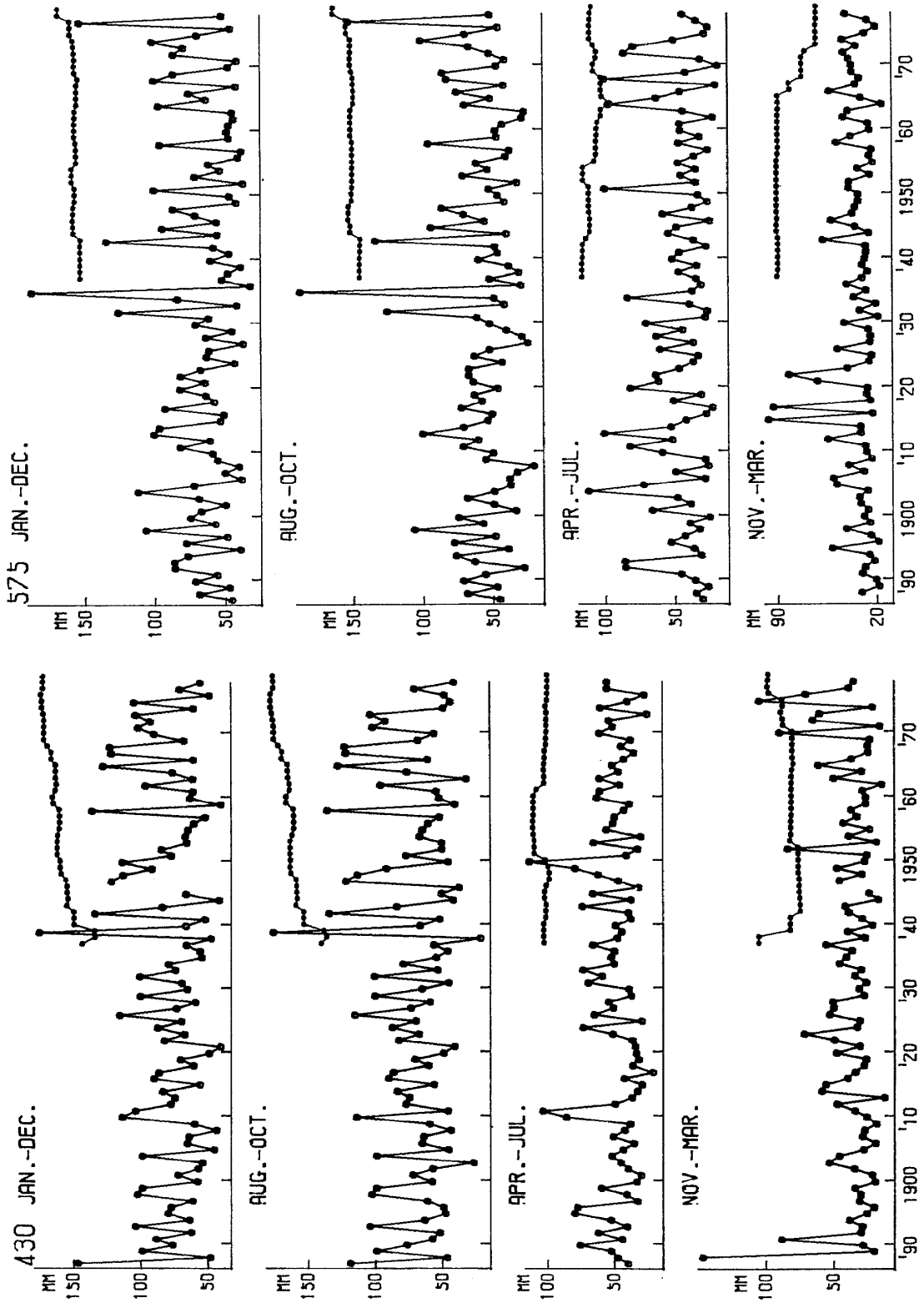
(1981年4月24日 原稿受理)

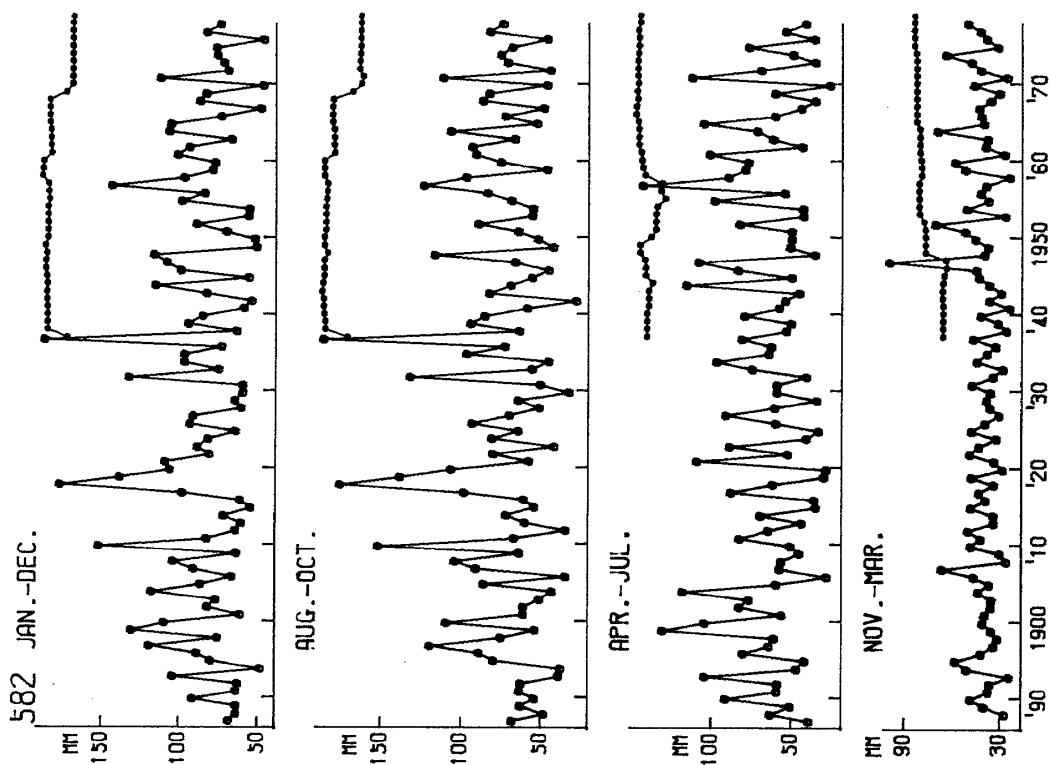
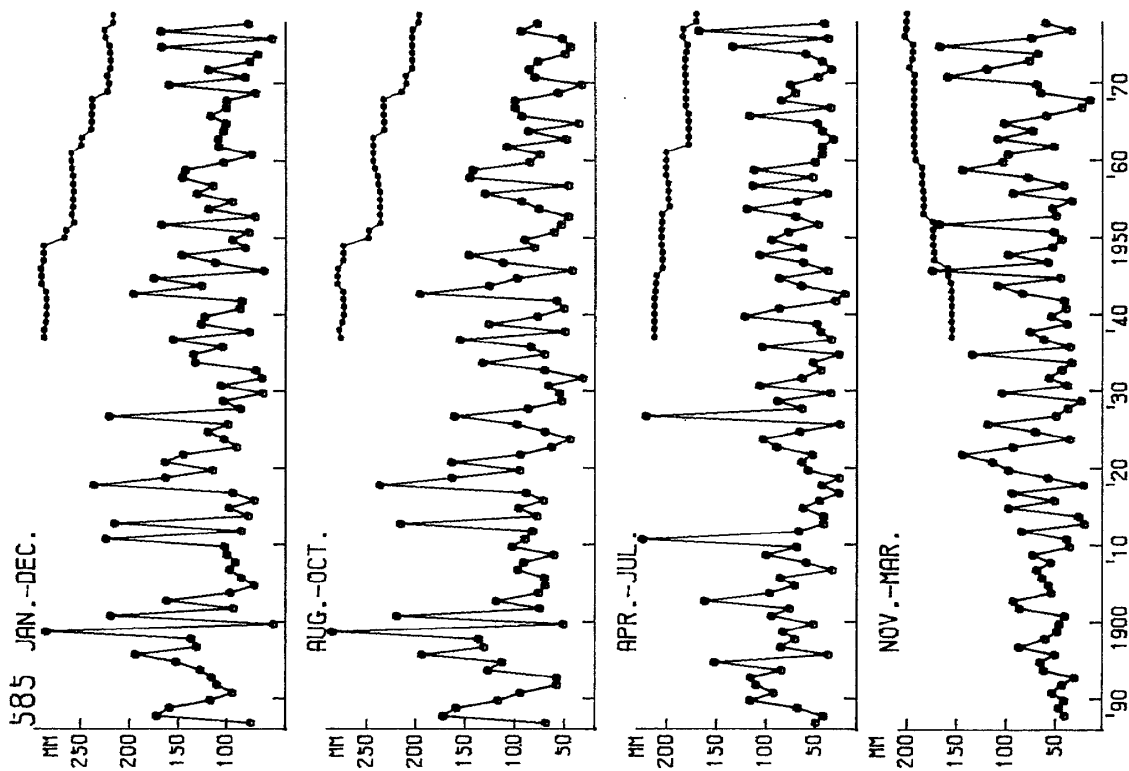
付録2 各地点の、それまでの50年間の最大日降水量から算出した100年確率日雨量(統計期間の短い方)と最大日降水量(統計期間の長い方)の経年変化の図.

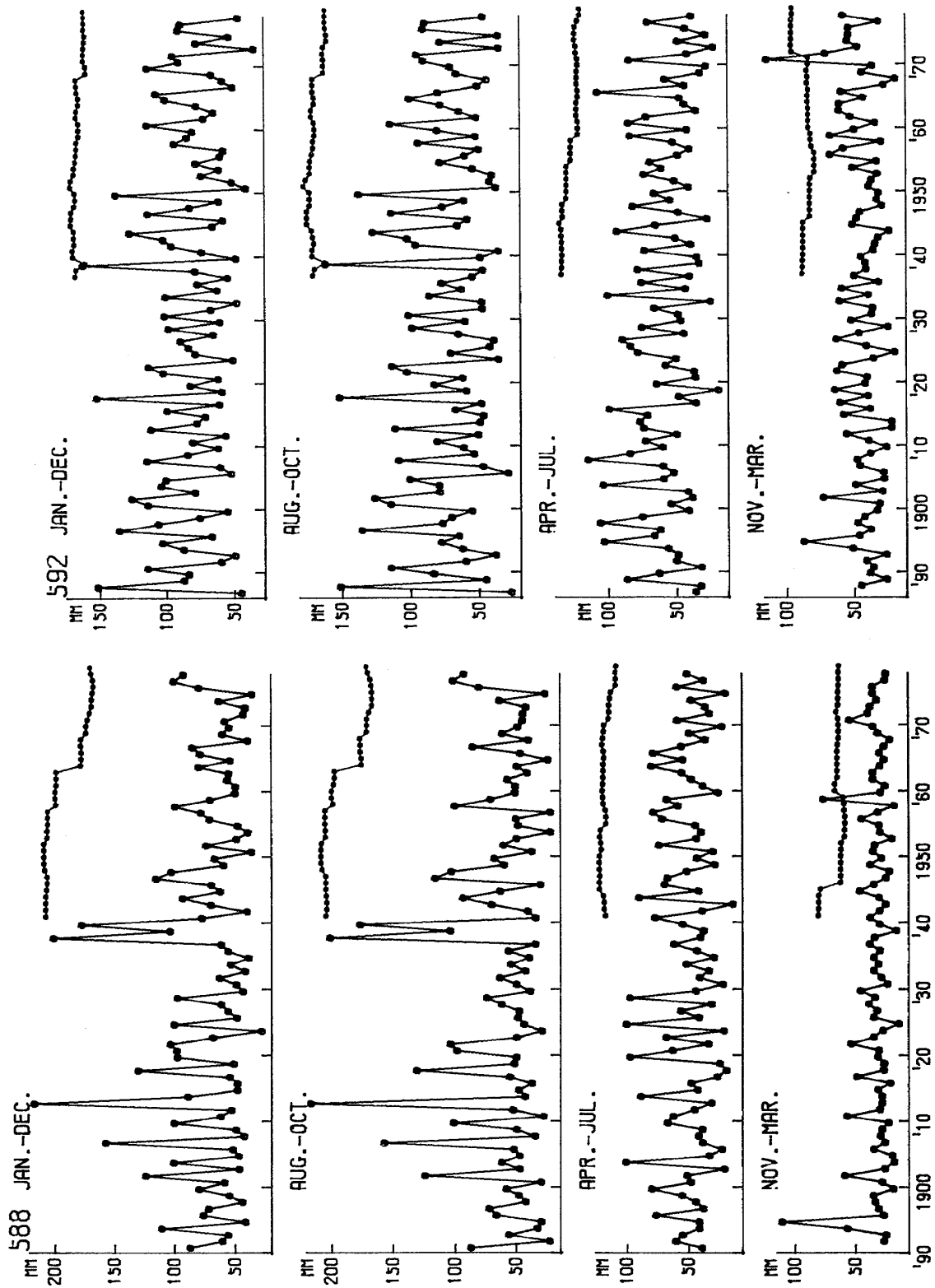


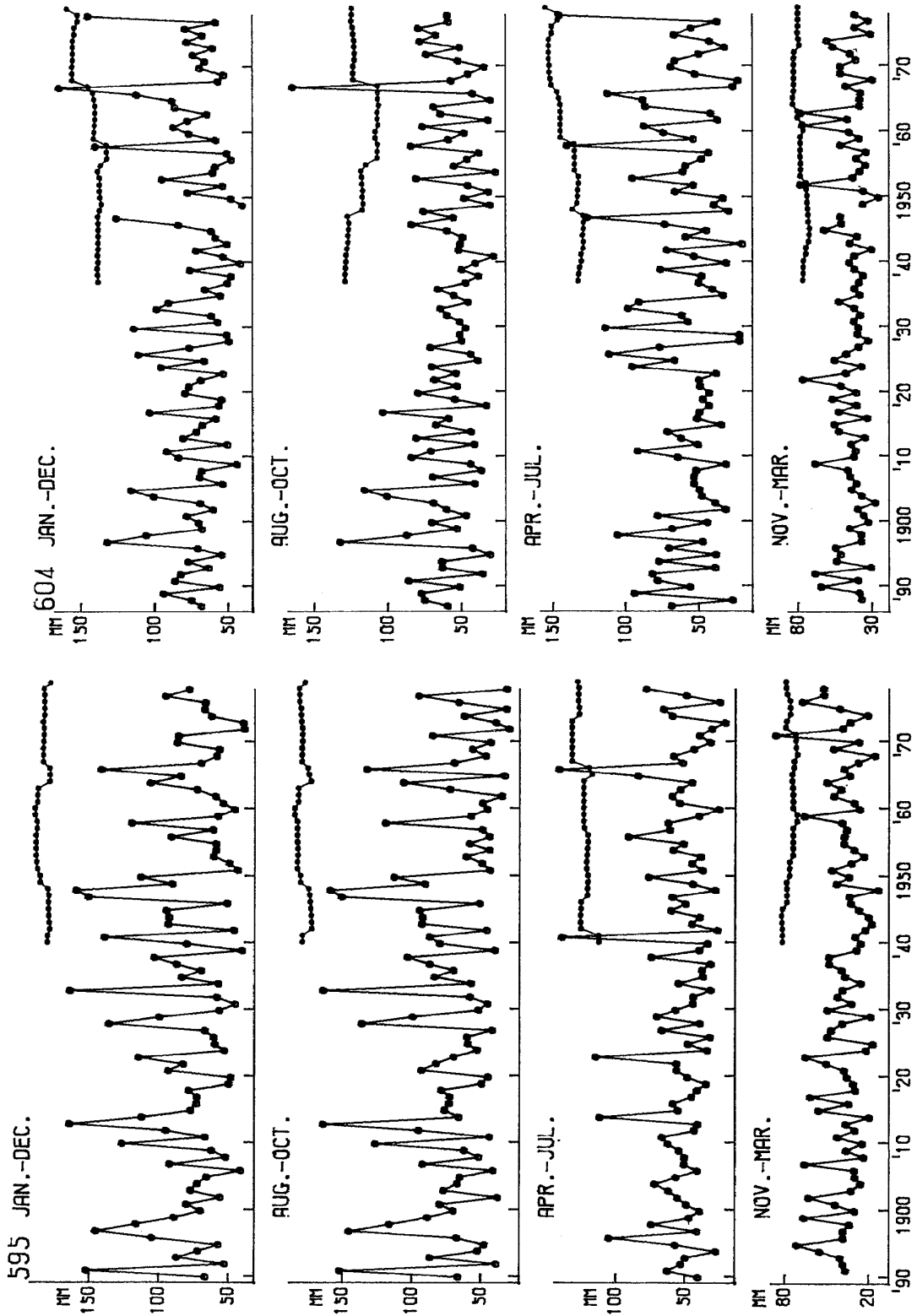


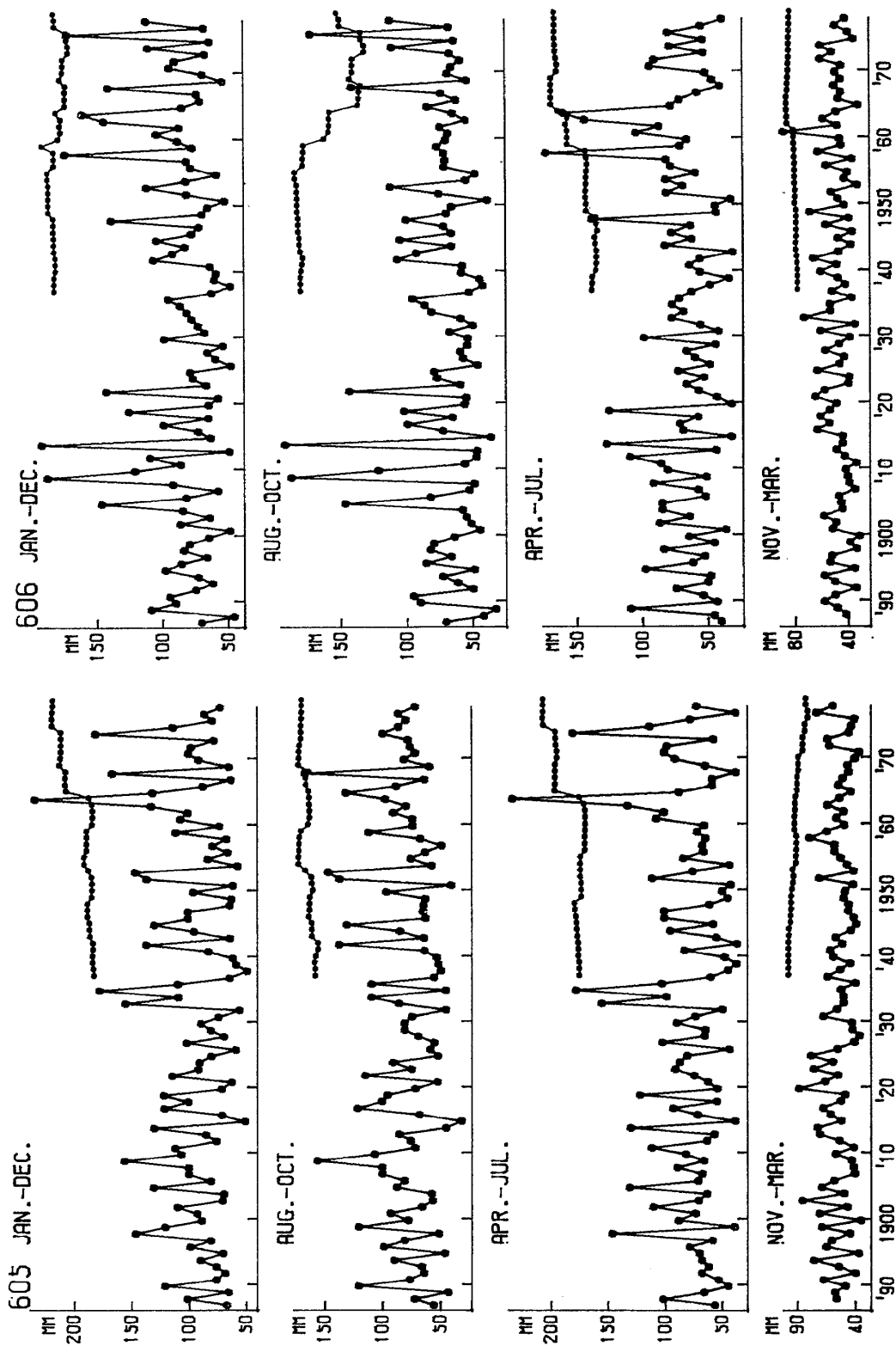


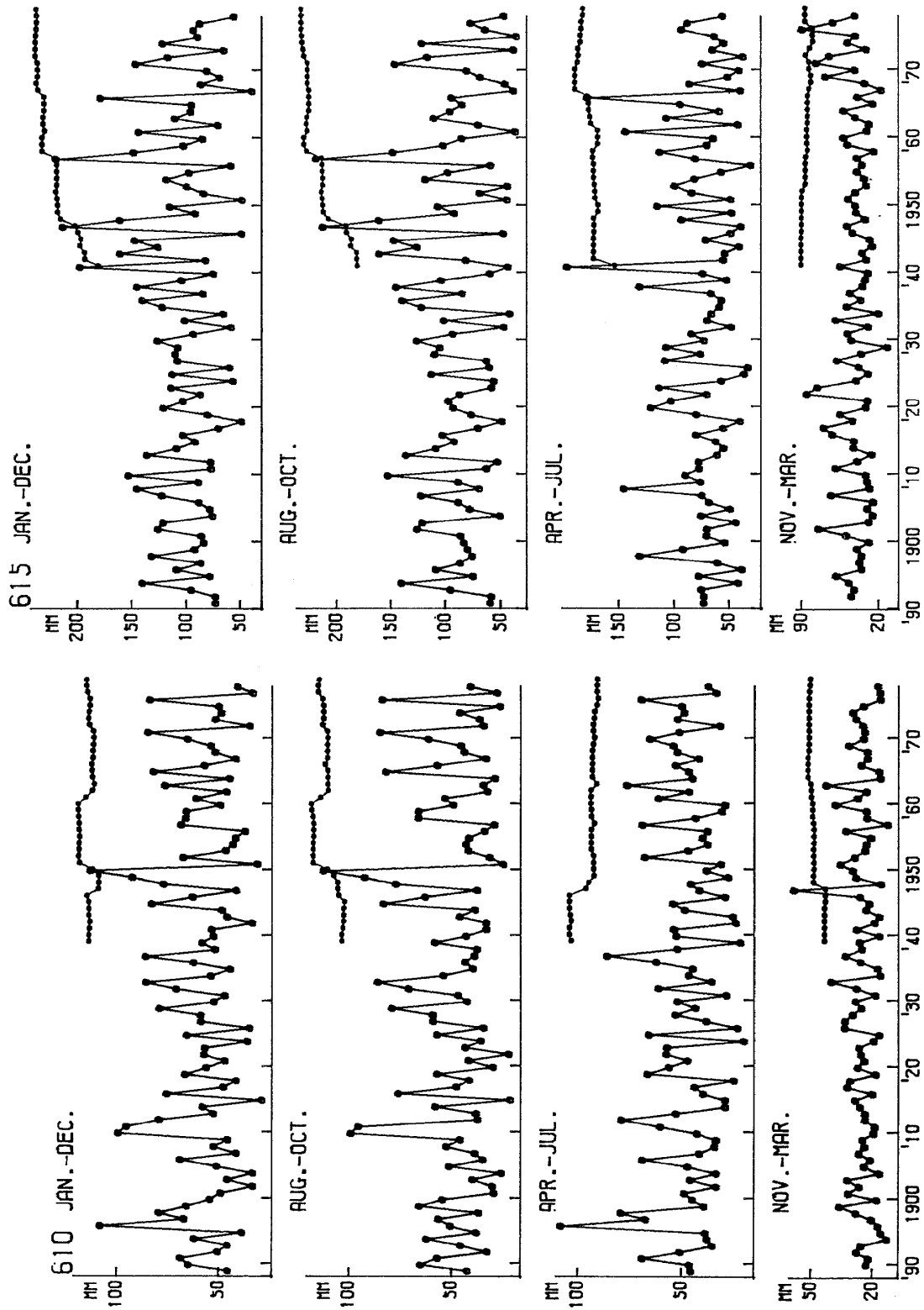


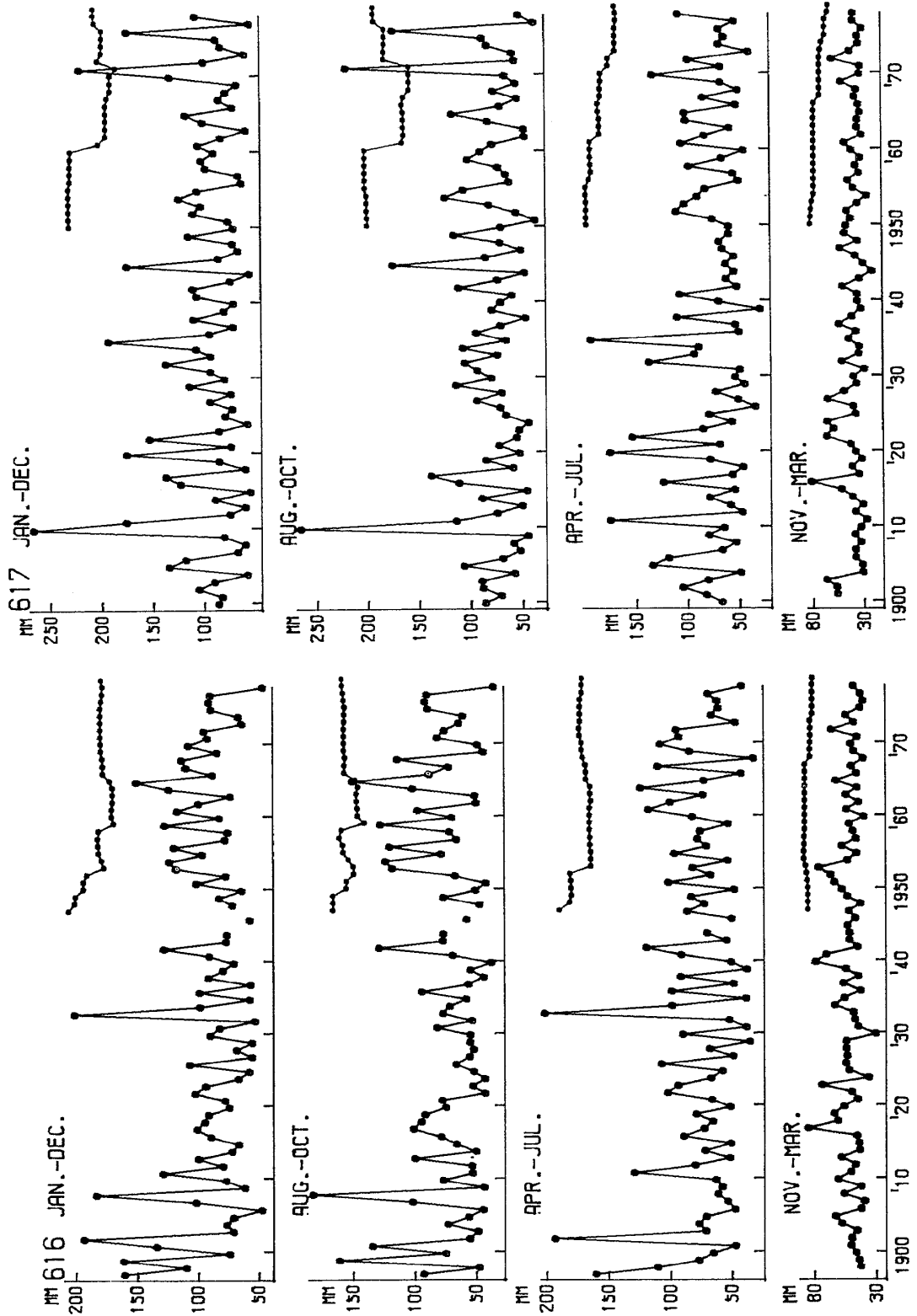


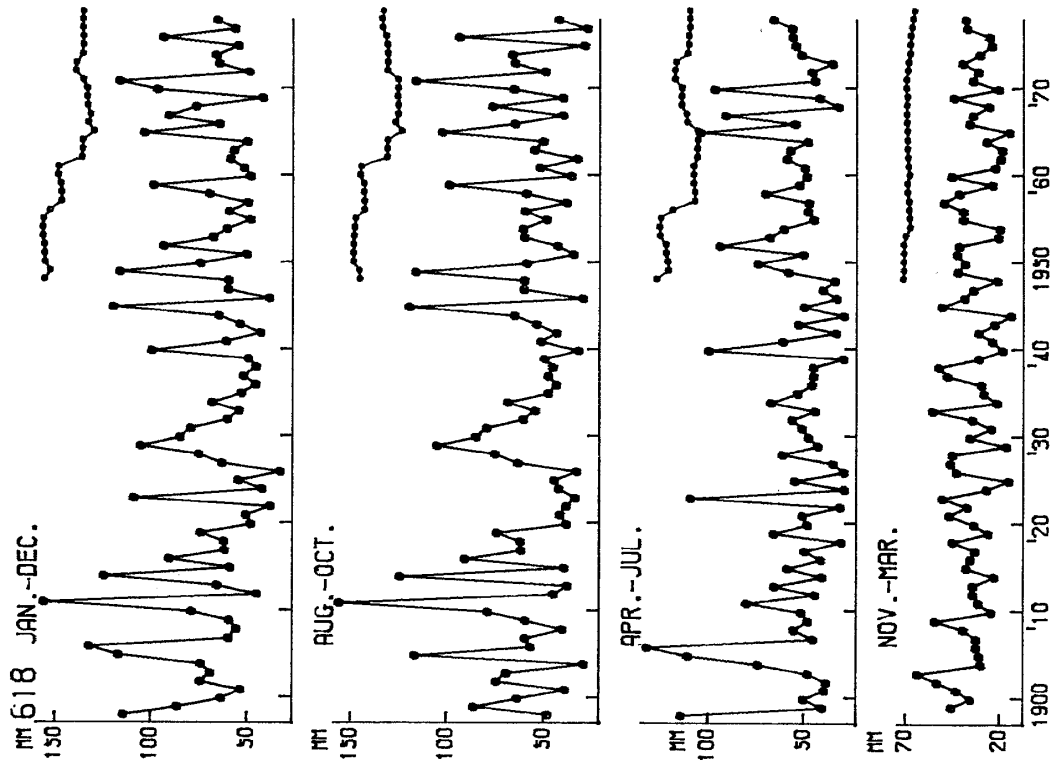
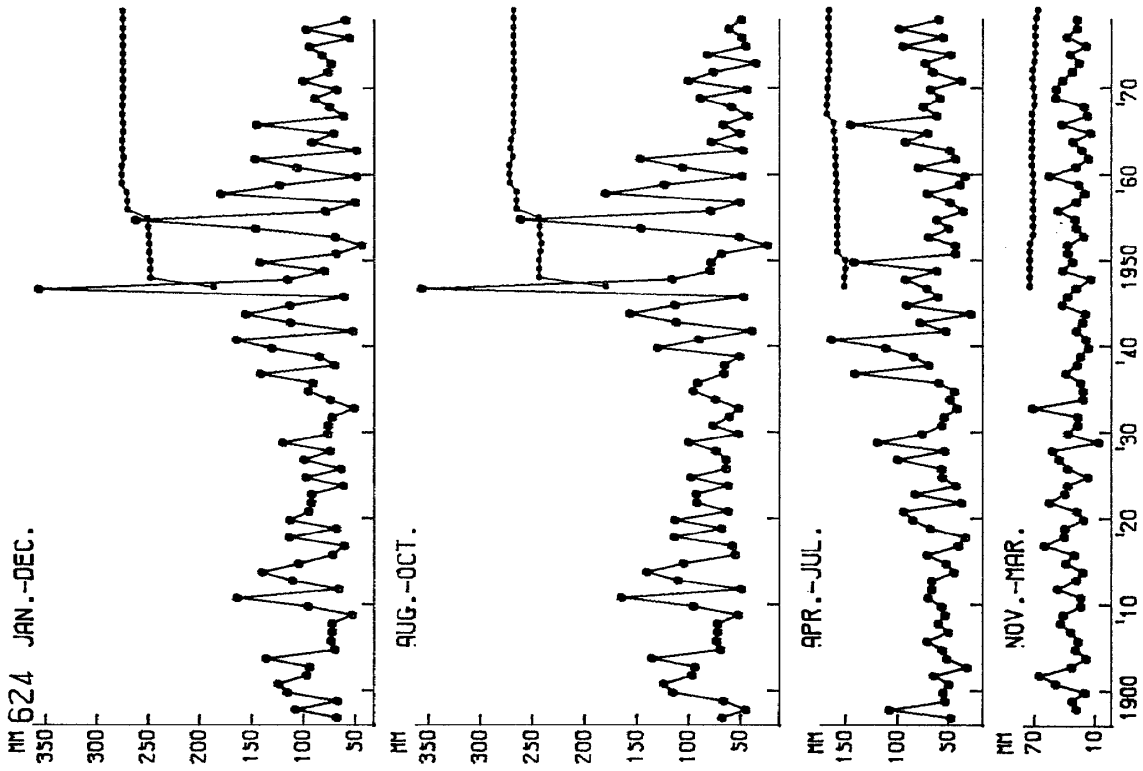


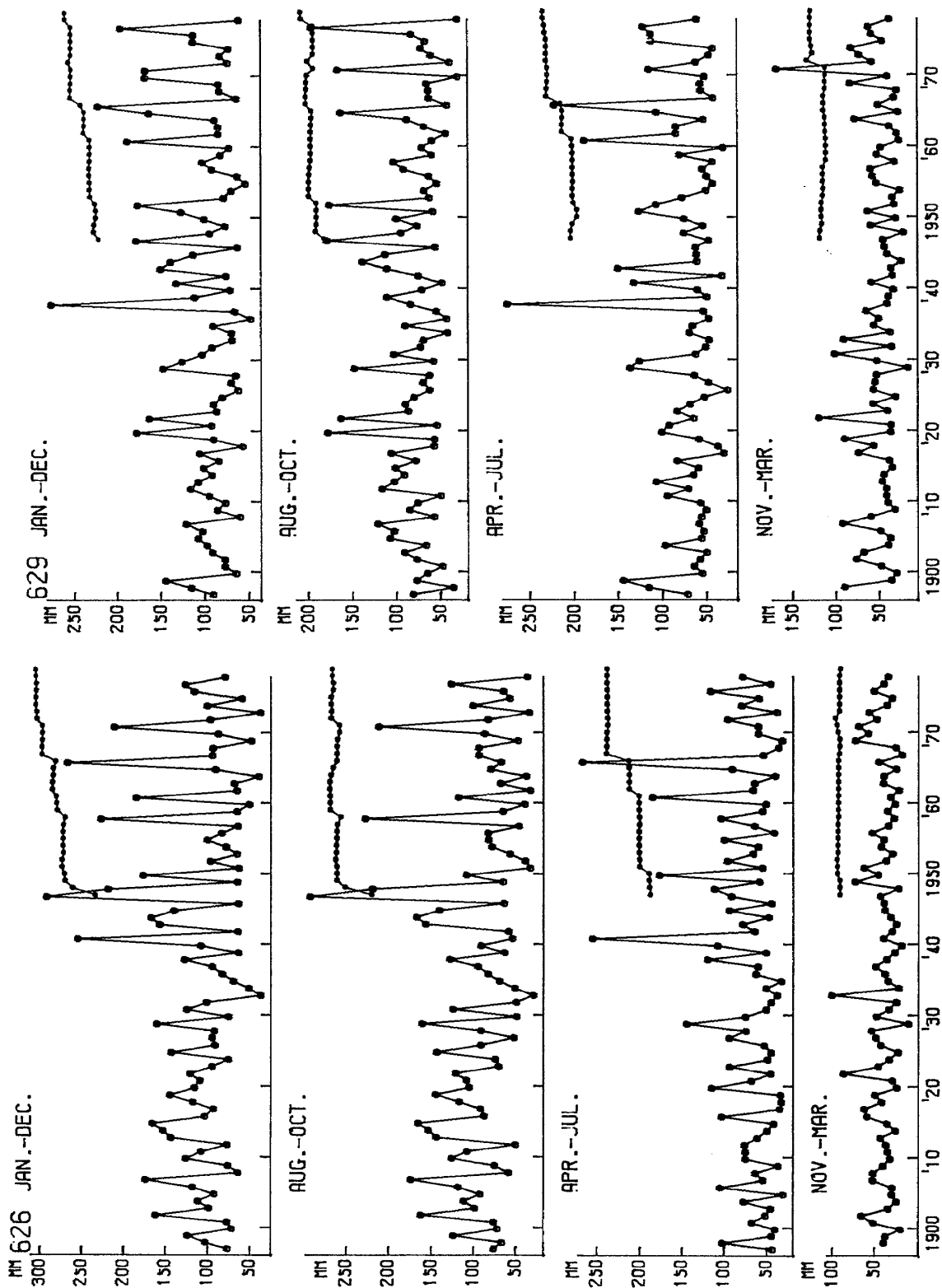


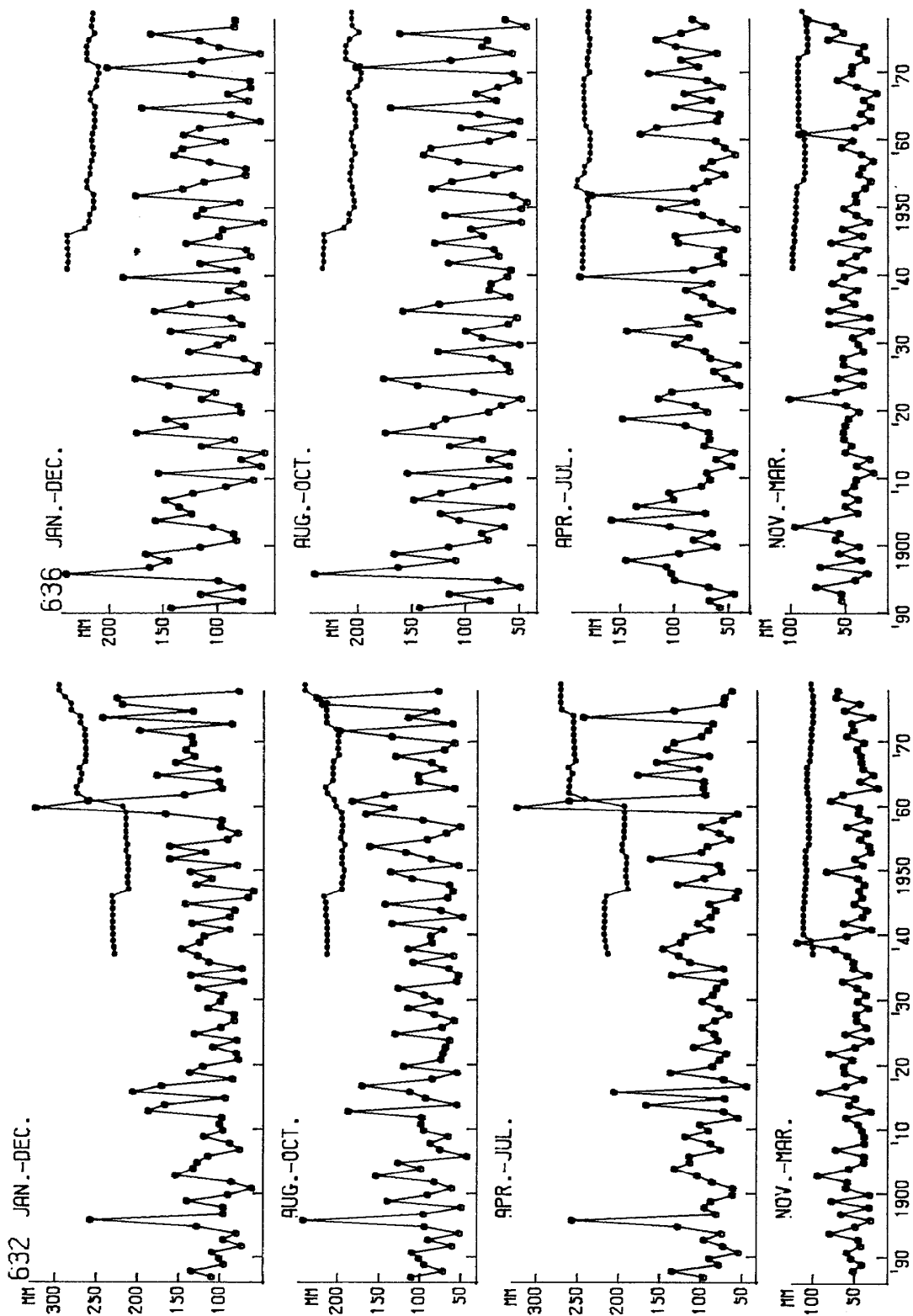


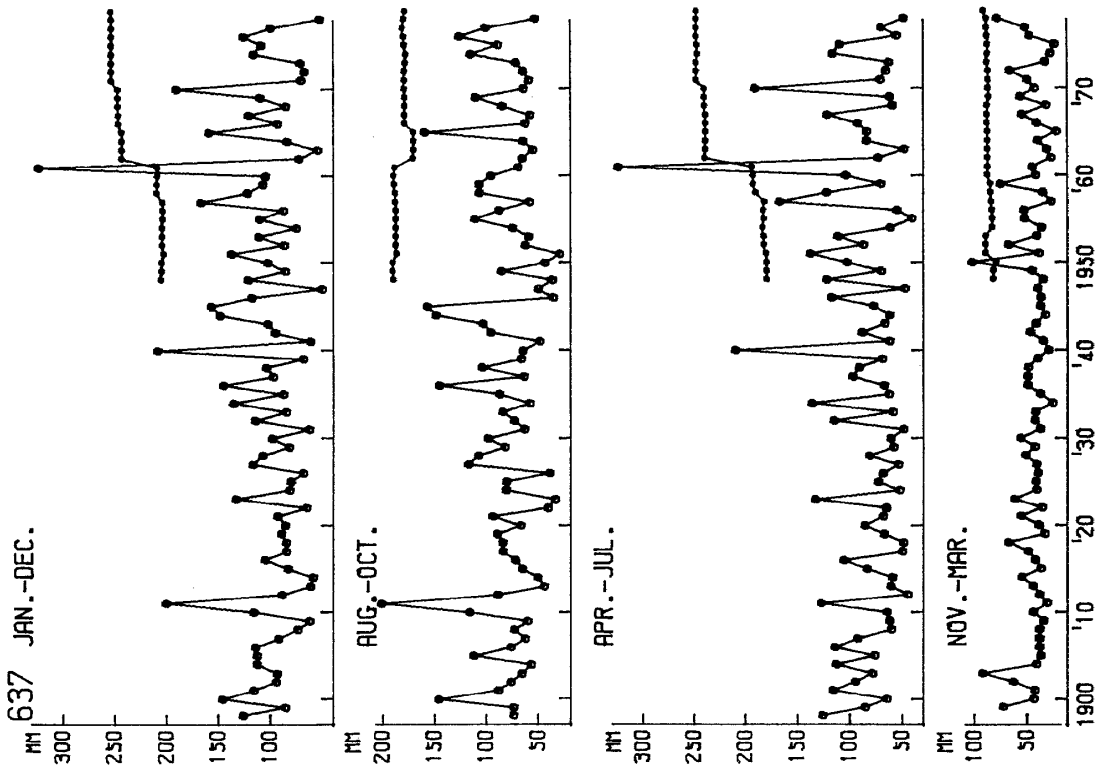
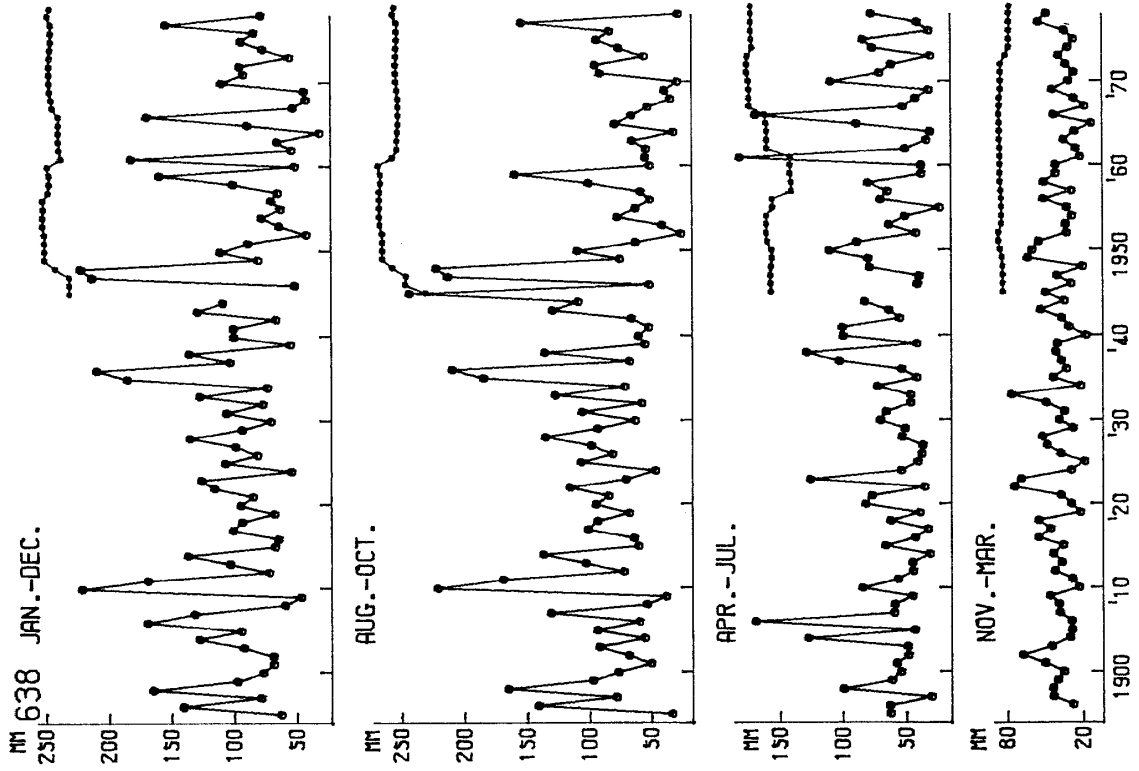


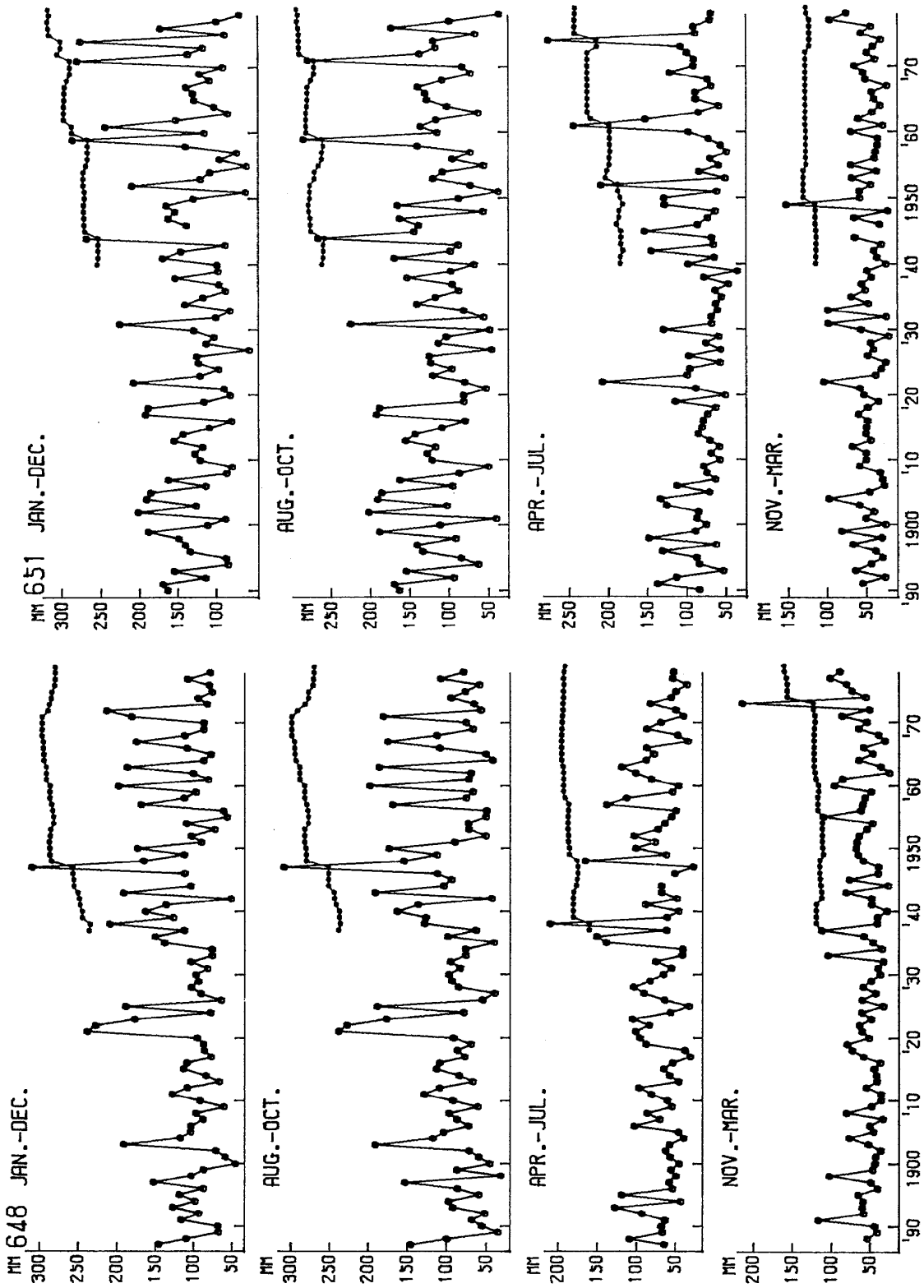


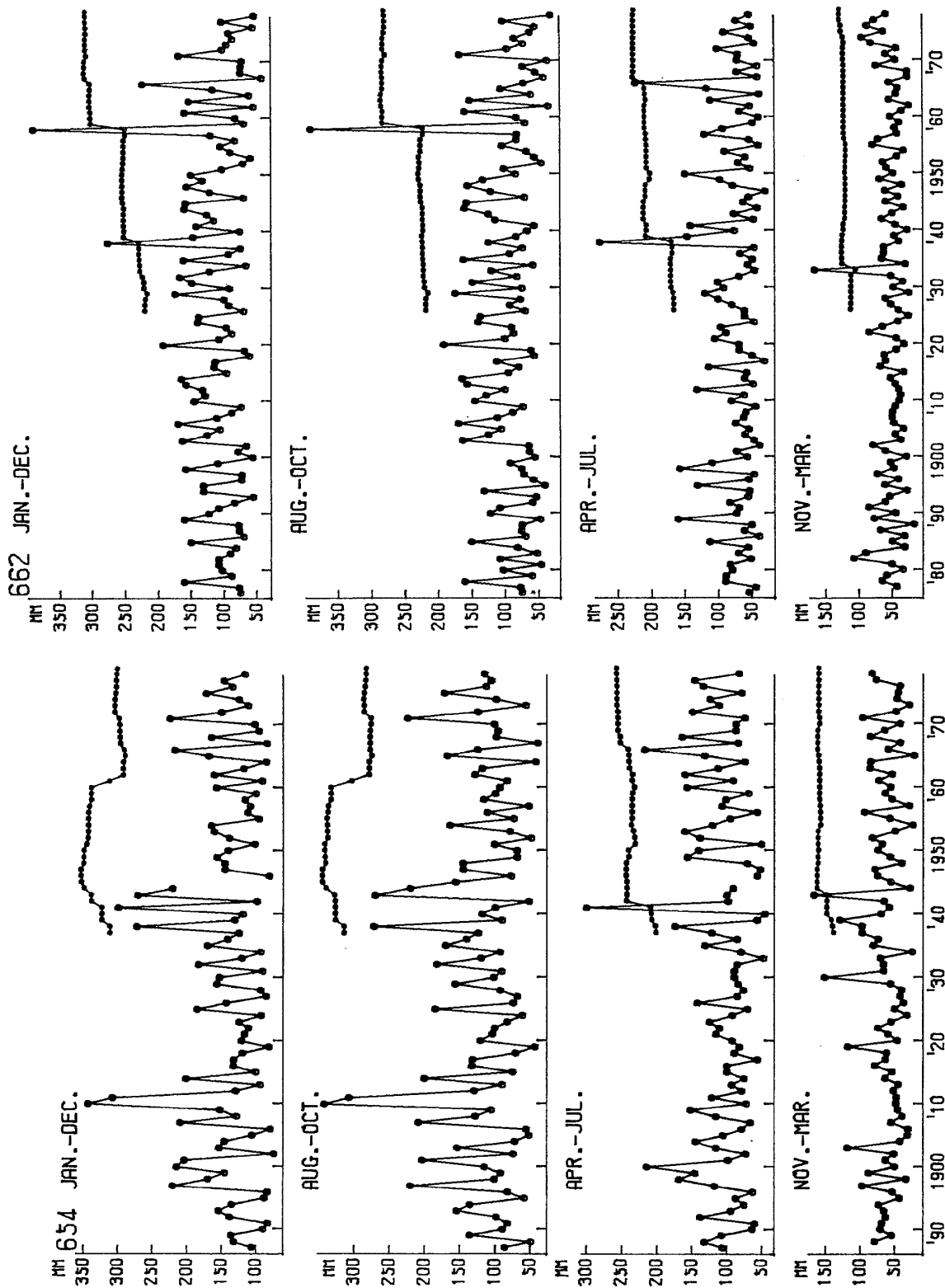


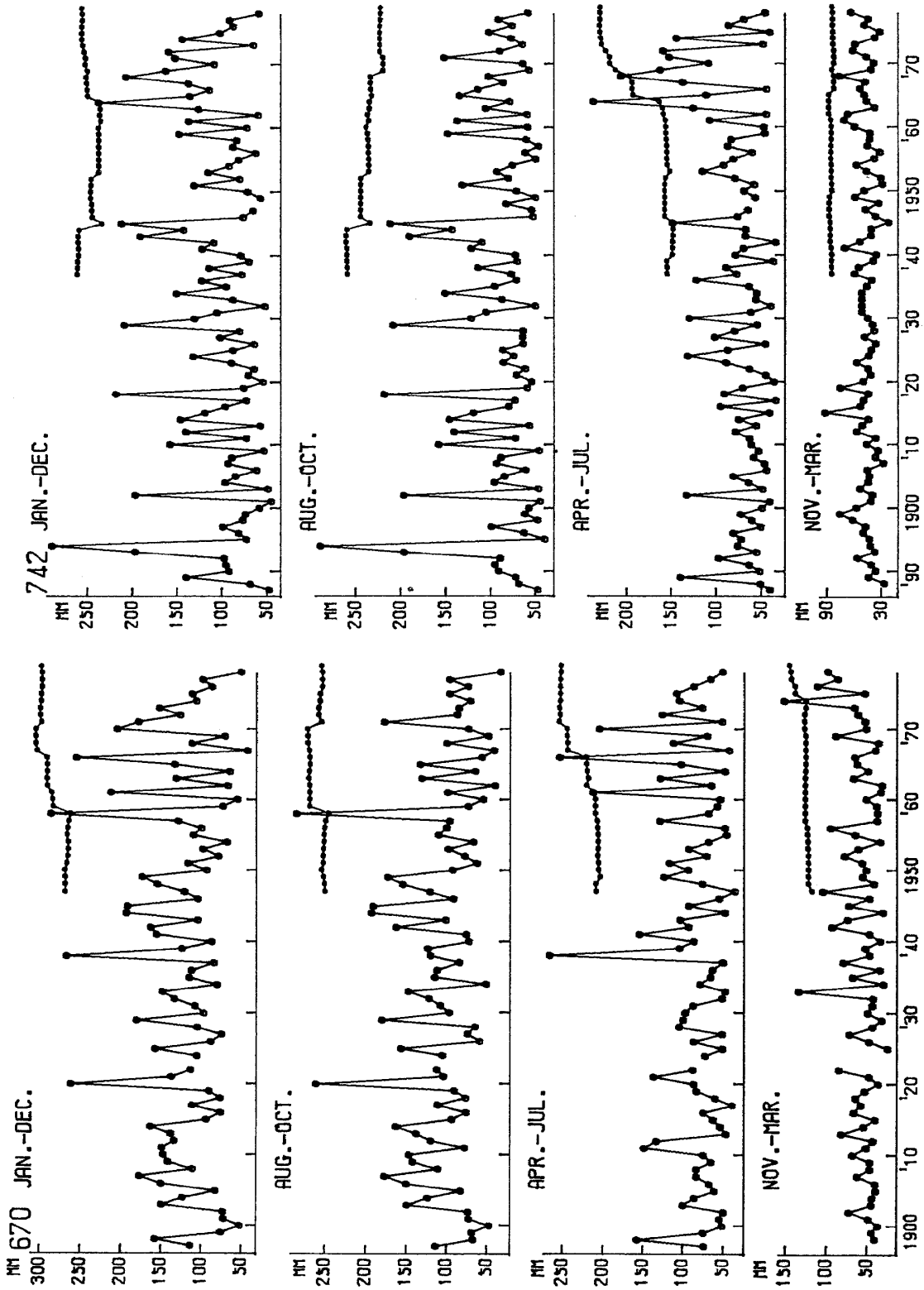


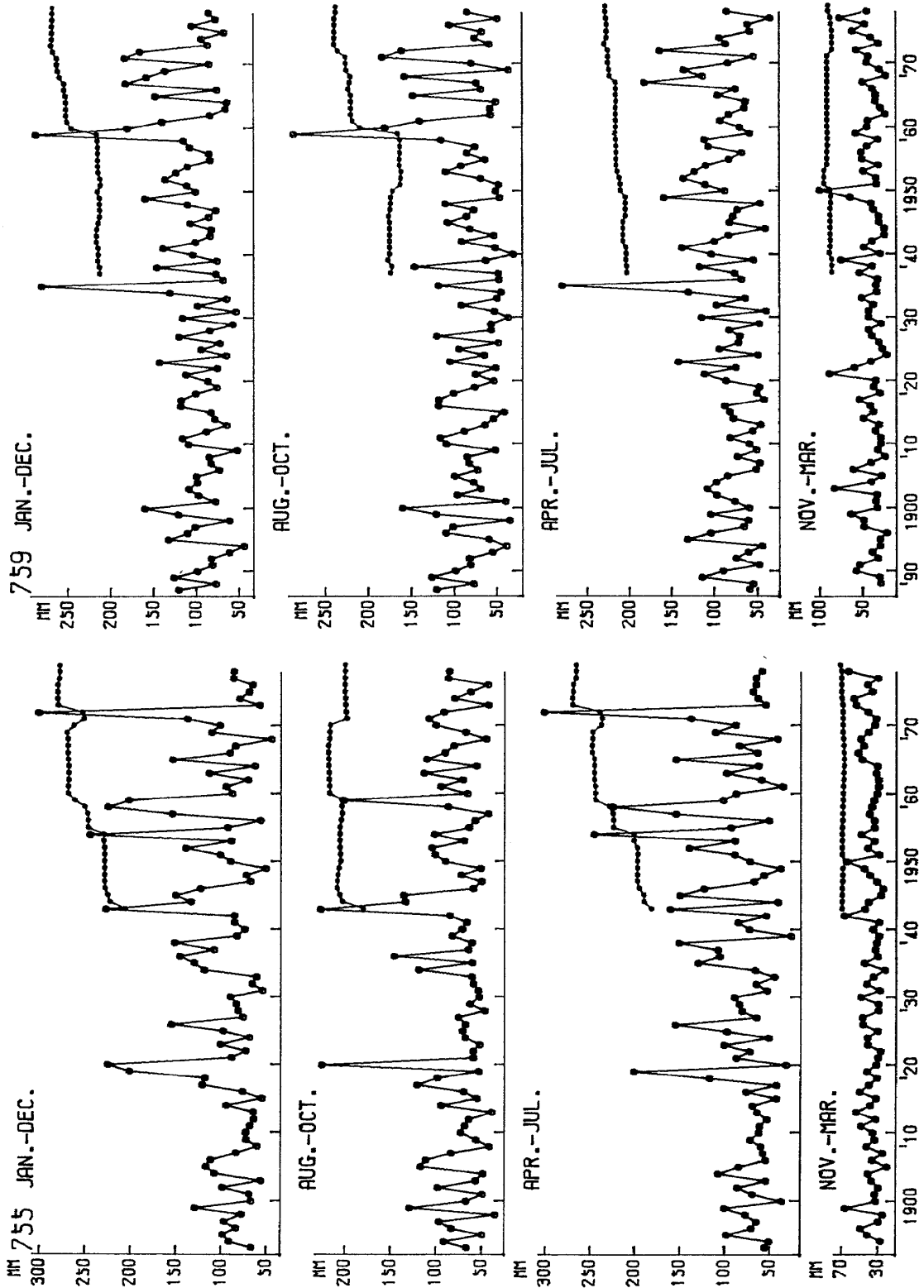


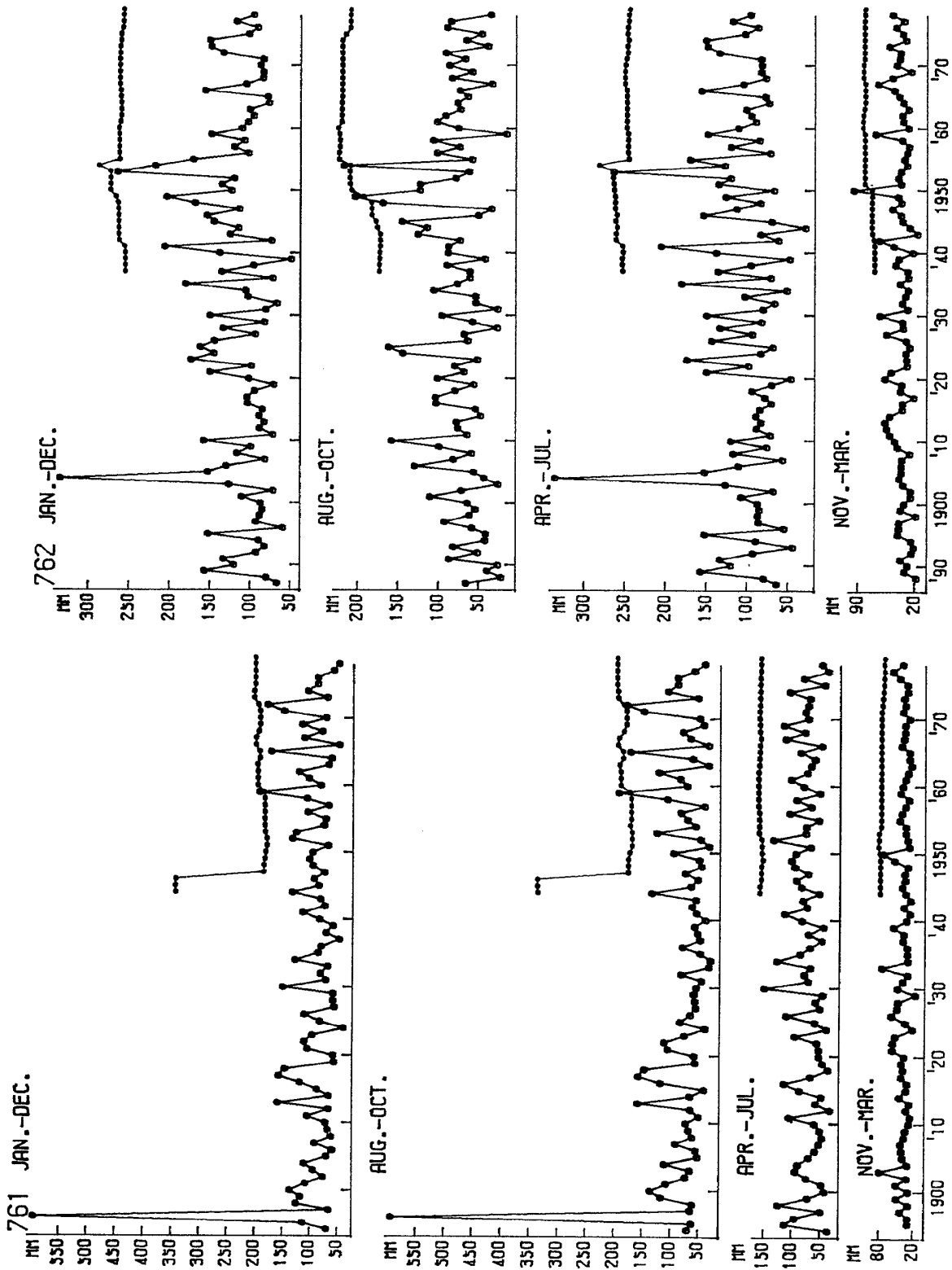


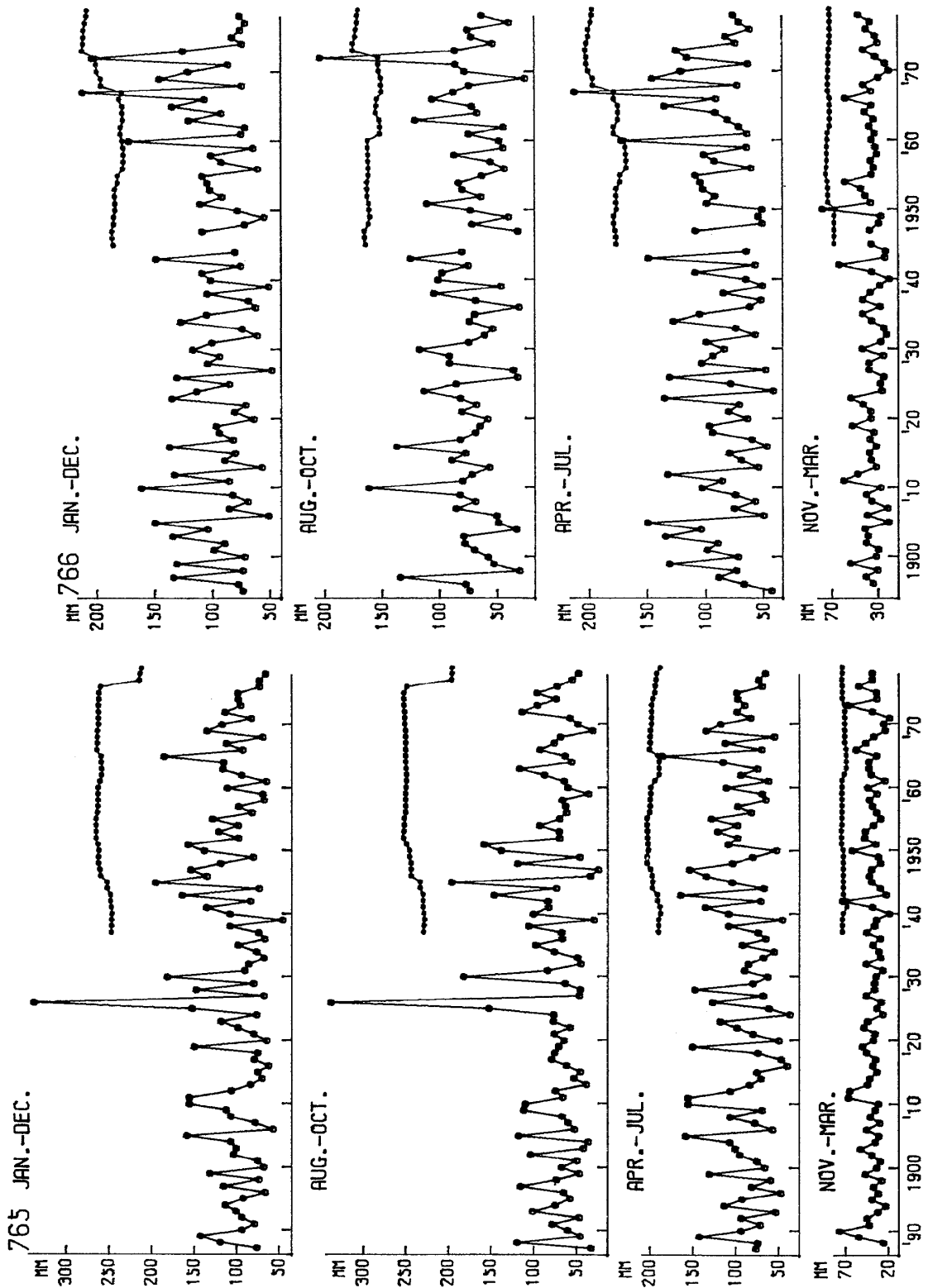


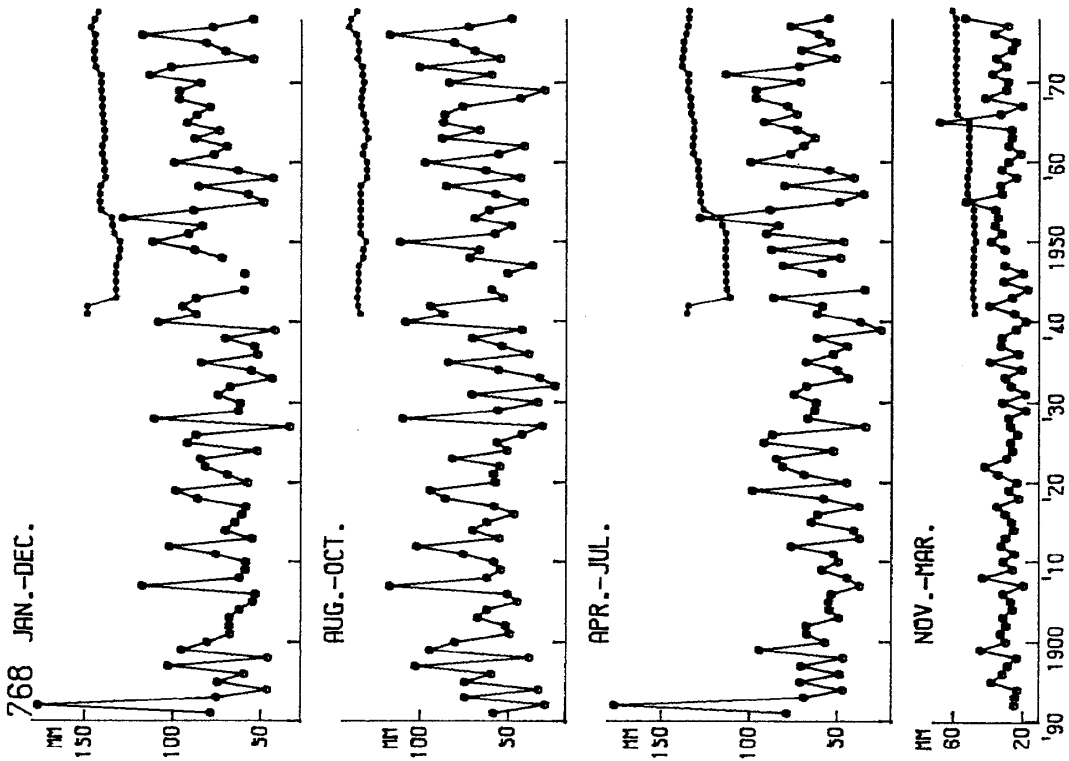
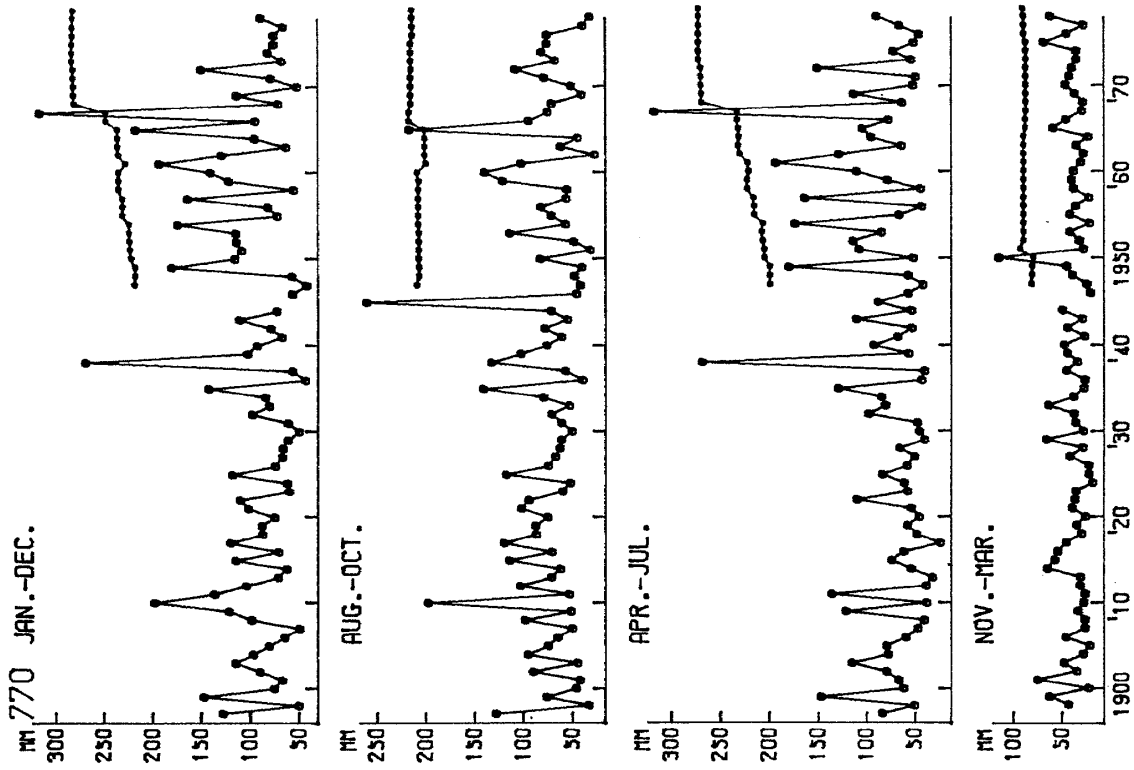


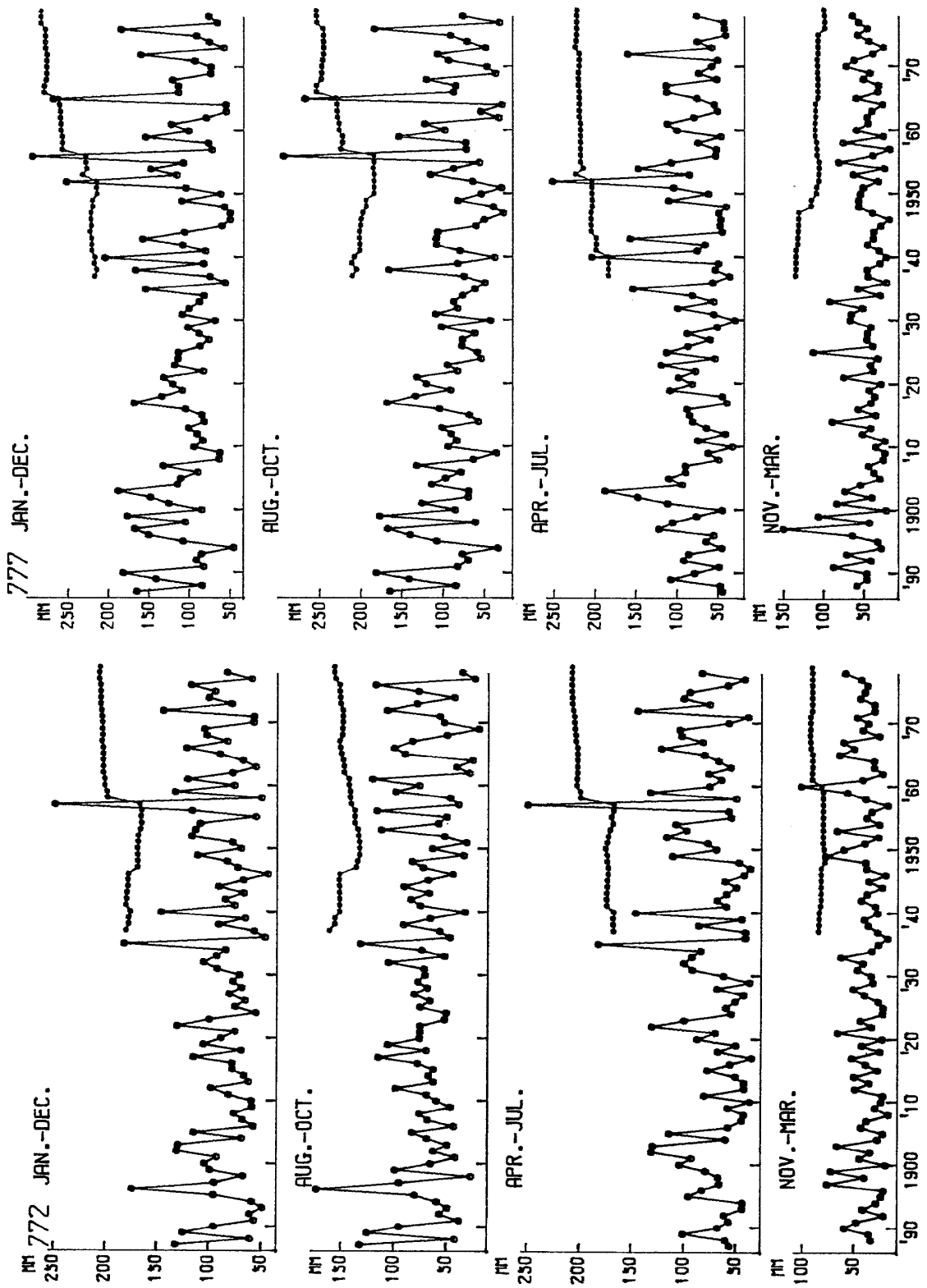


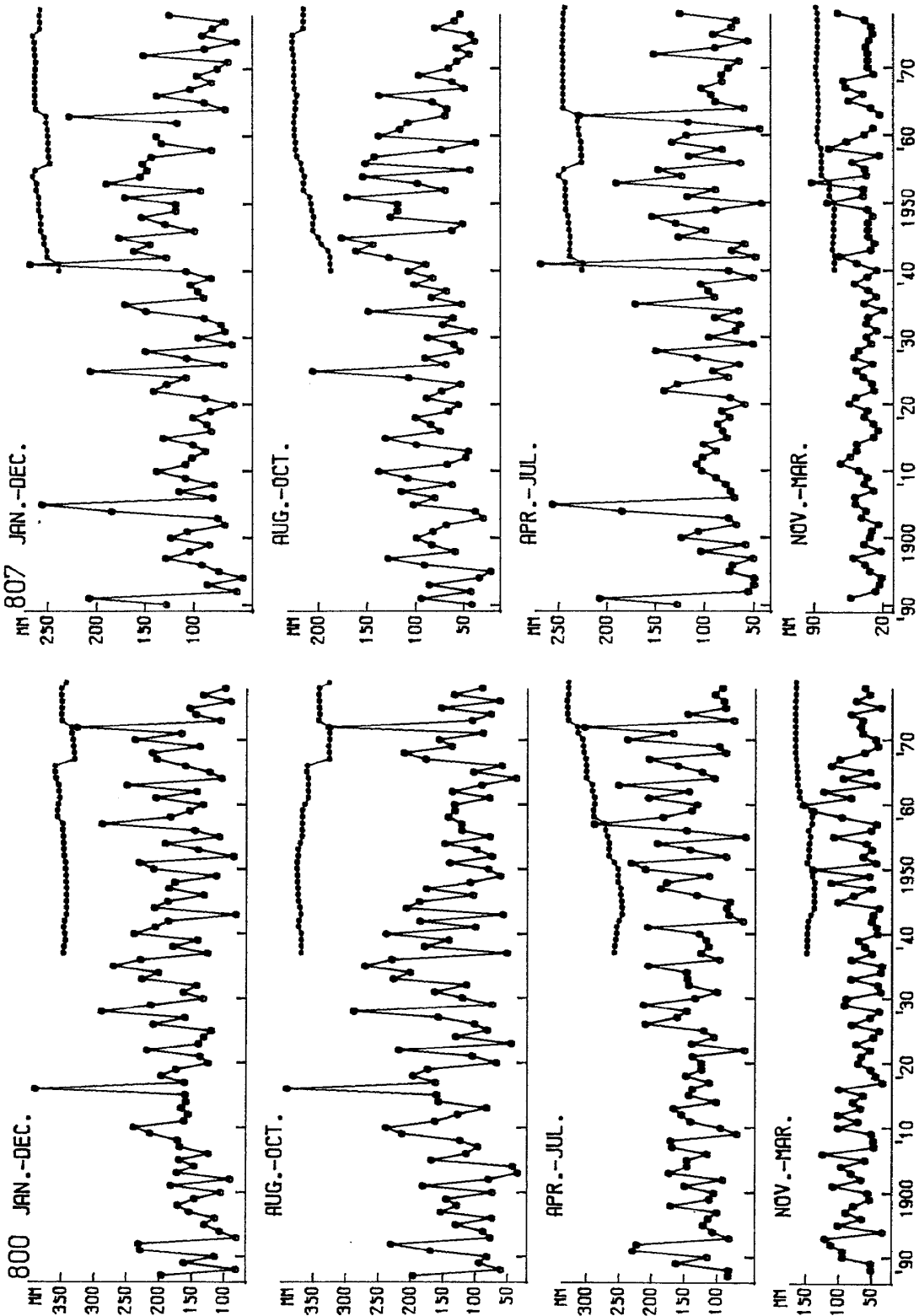


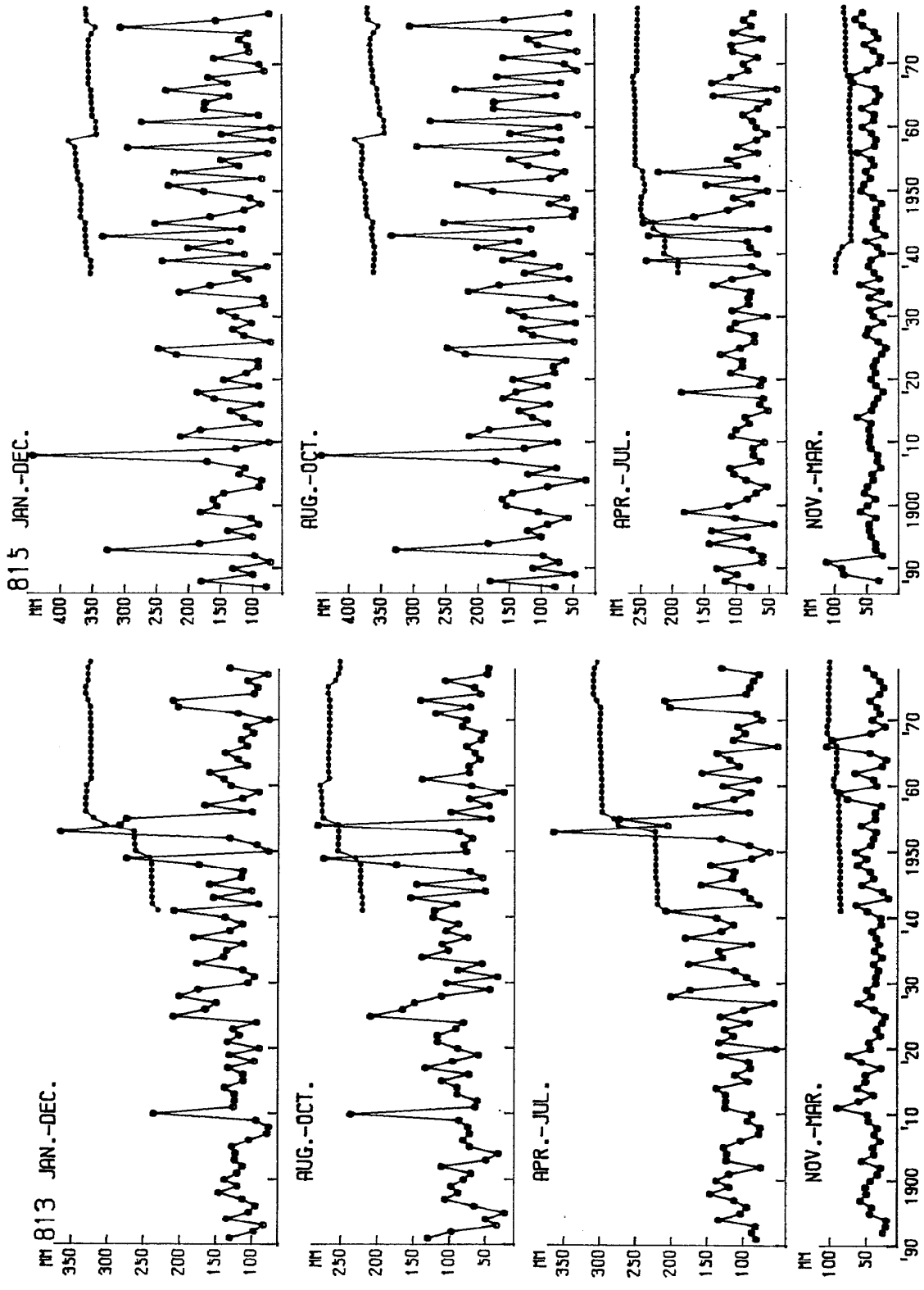


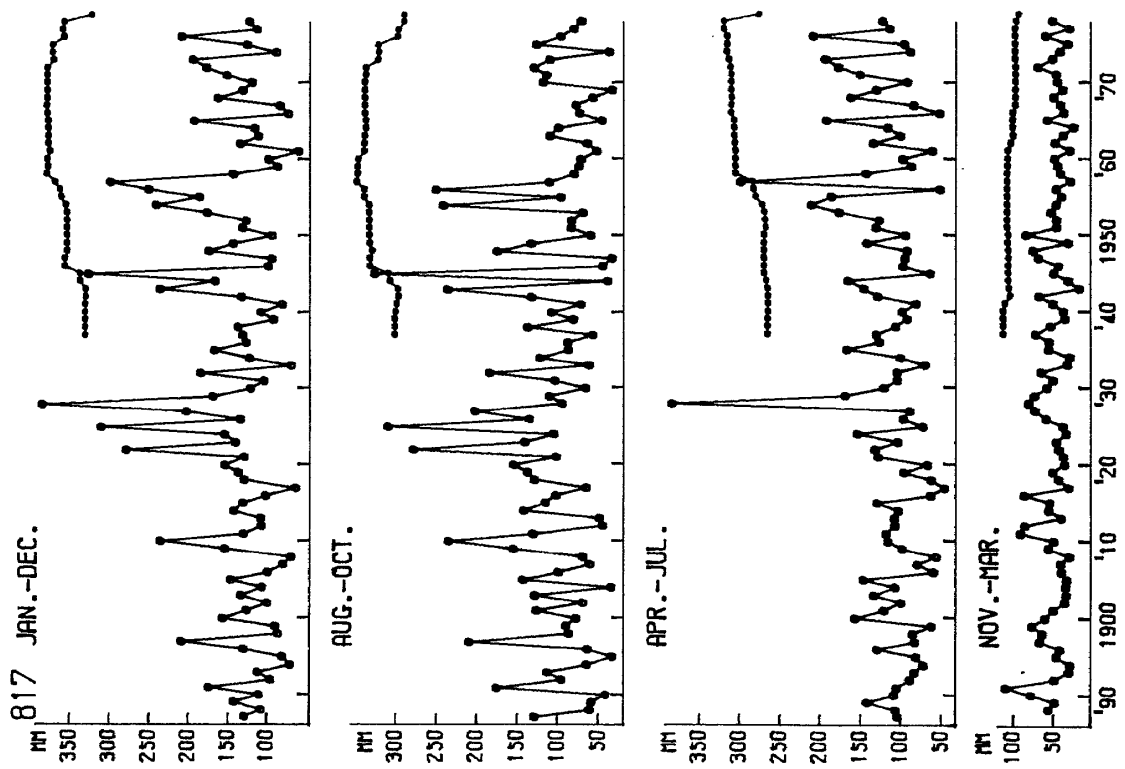
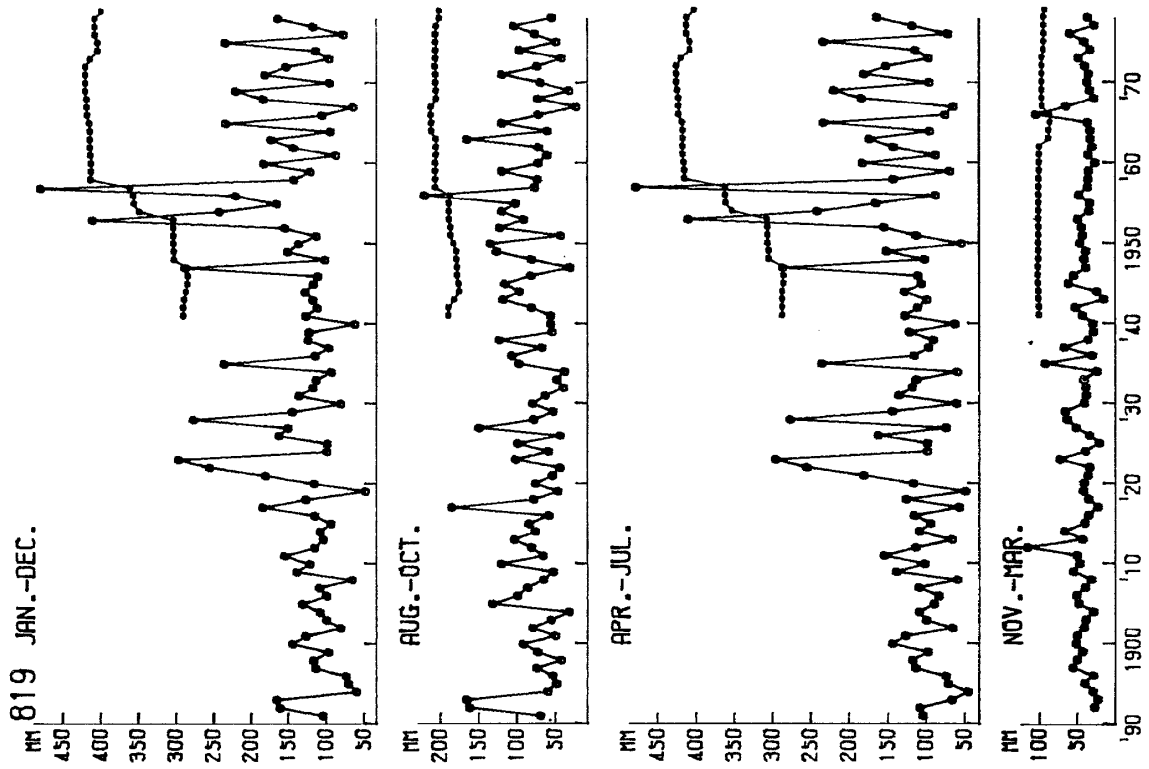


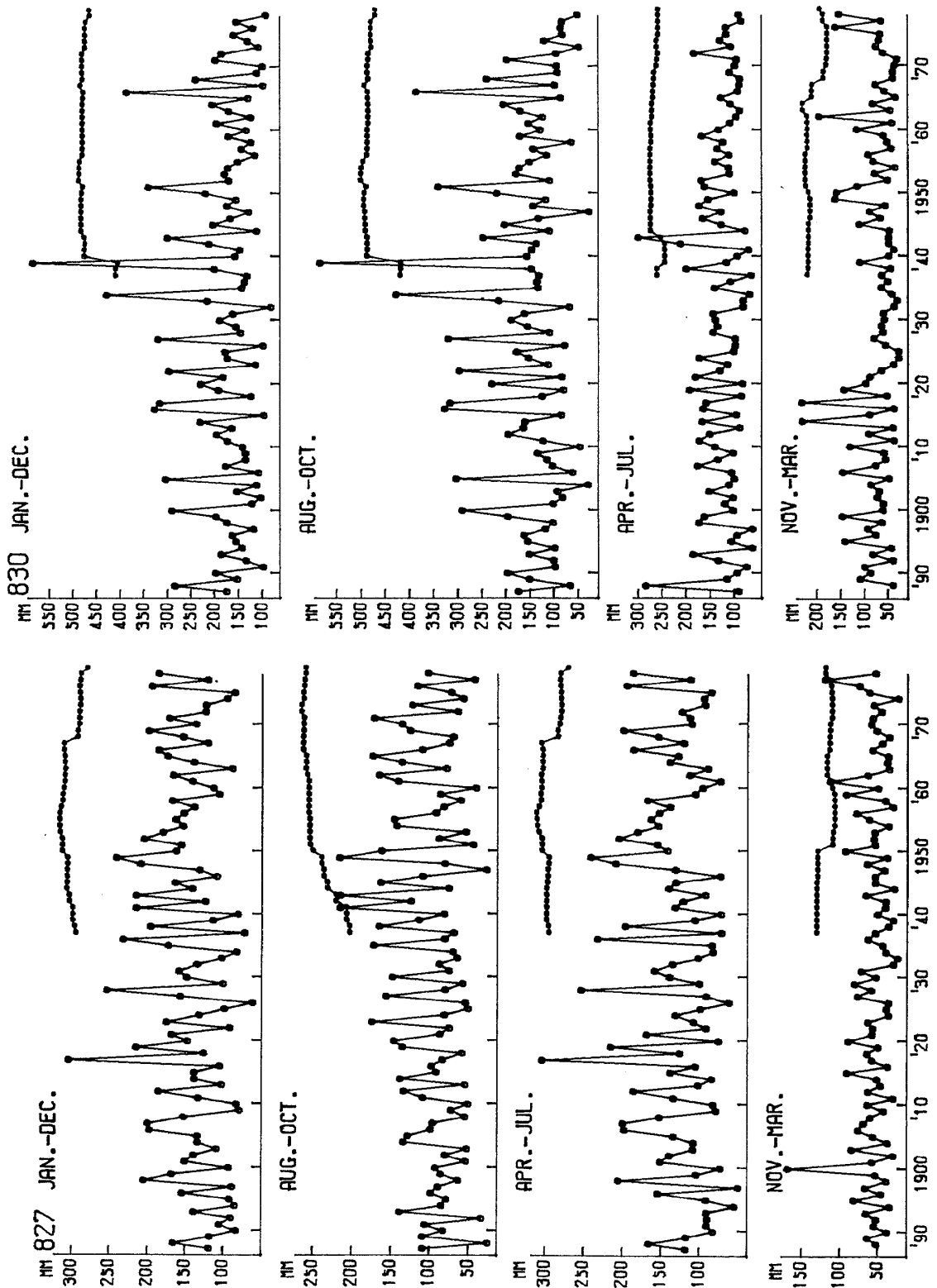


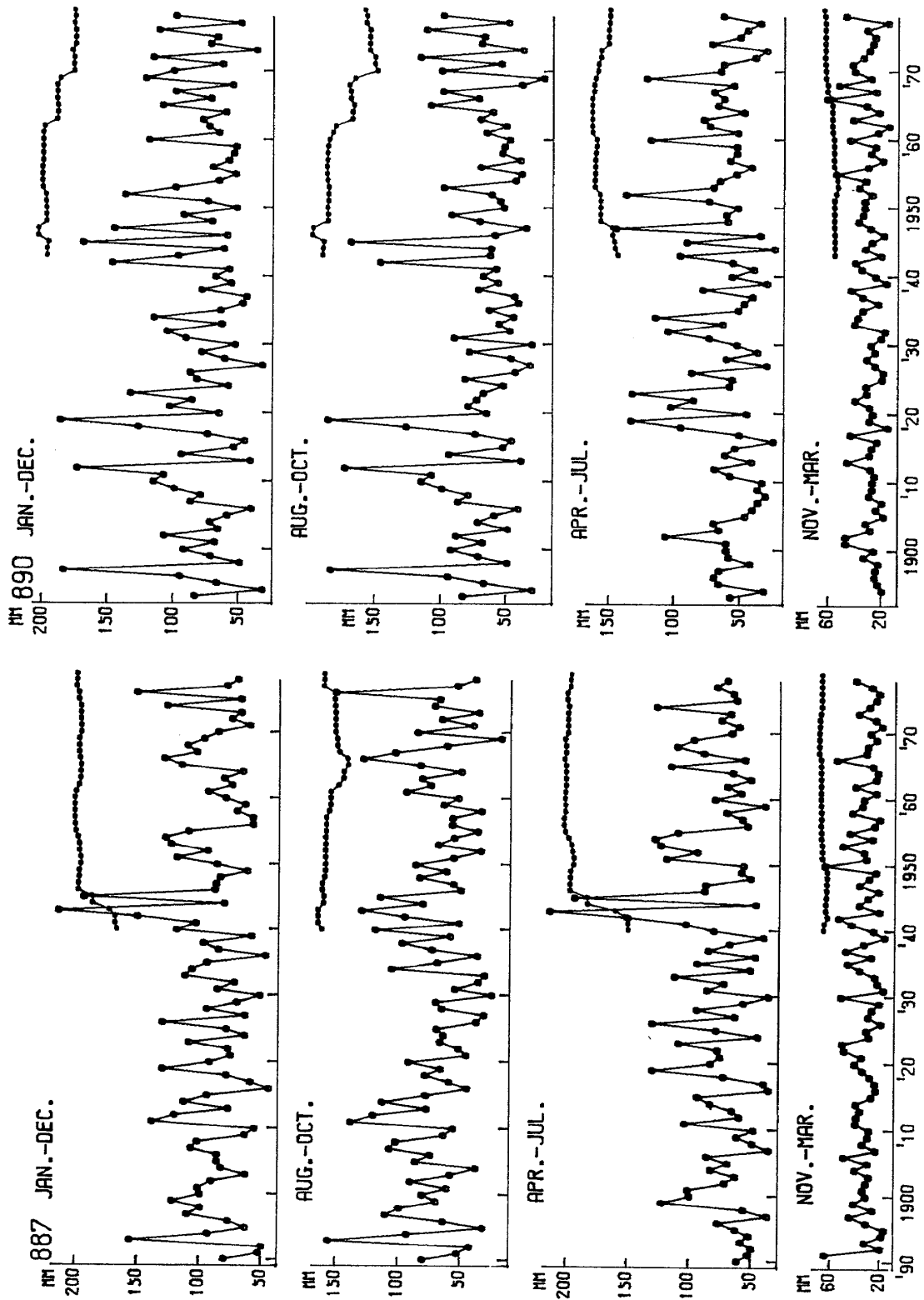


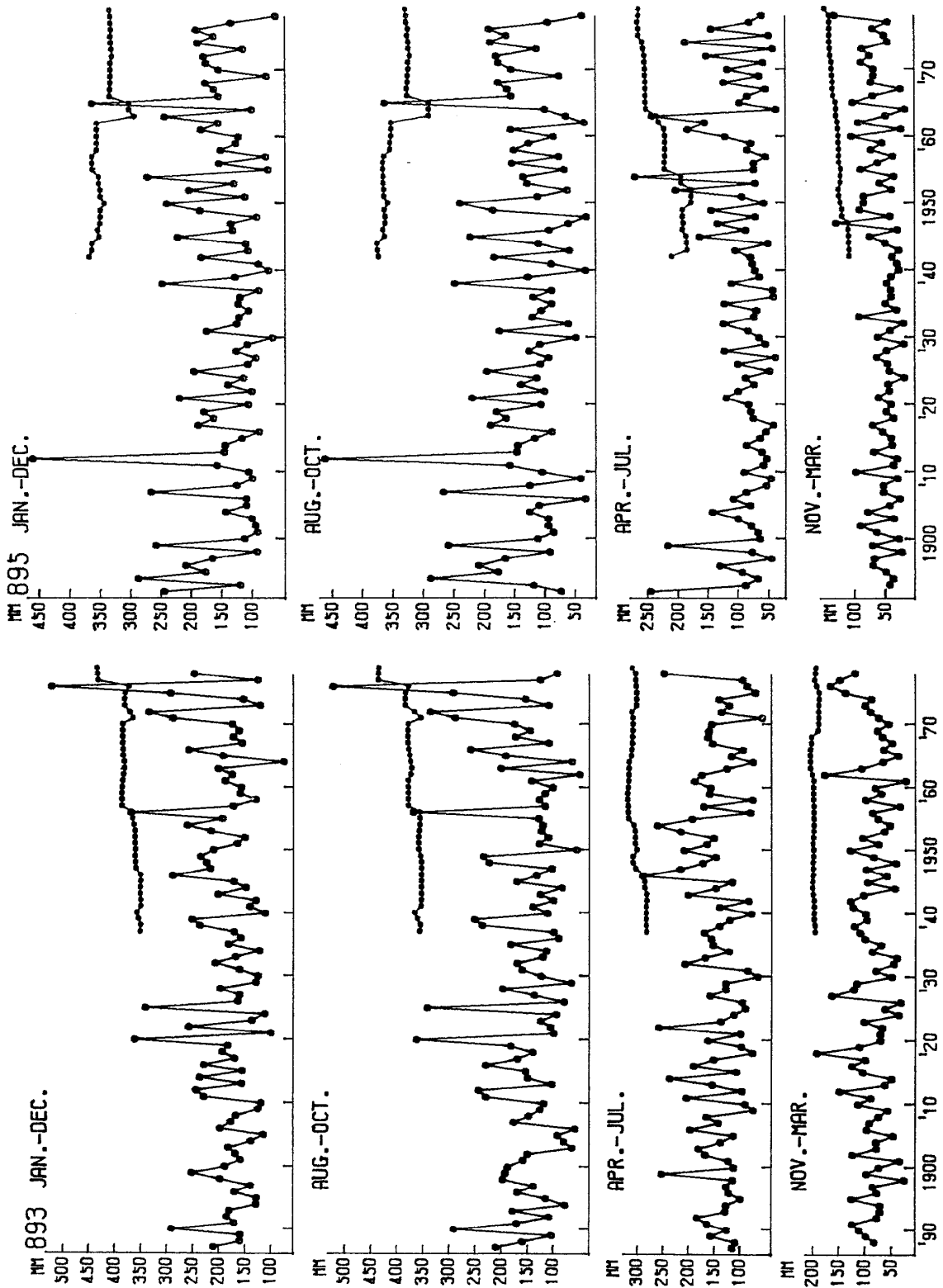








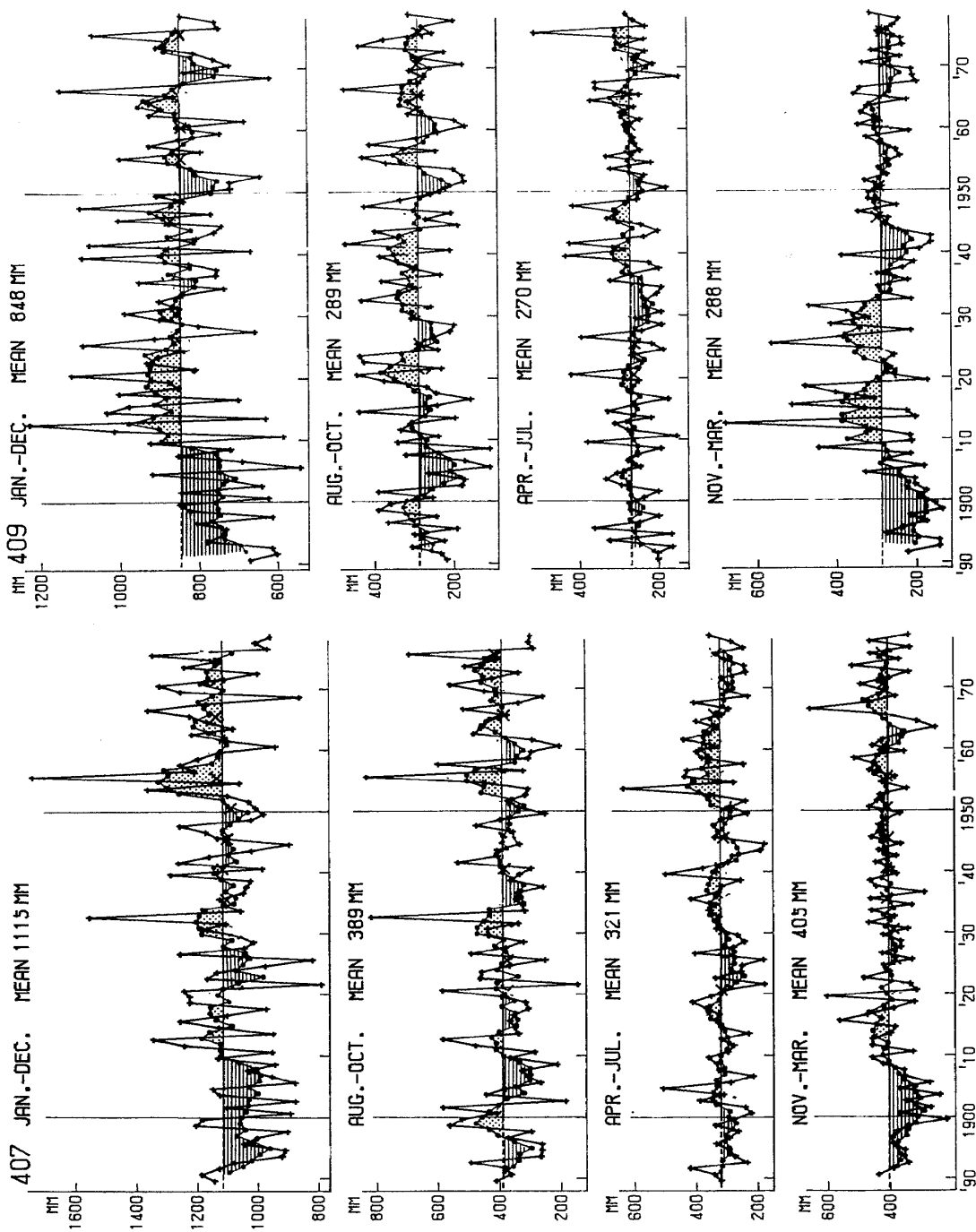


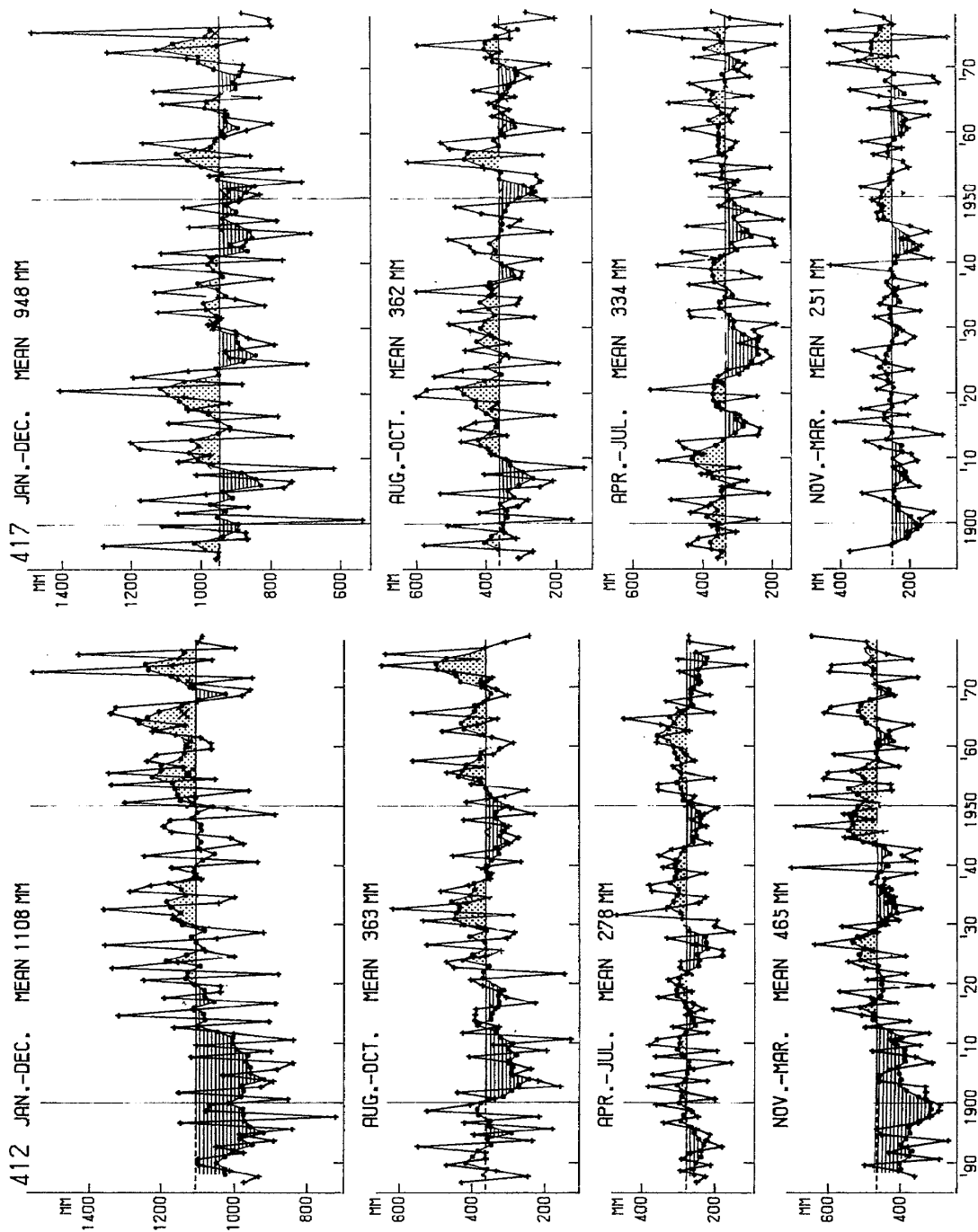


付録3 各地点の統計開始年から1978年までにおける、上位5位に入る年最大日降水量、および、100年確率日雨量の最大値と最小値、の表。
降水量の単位はmm。

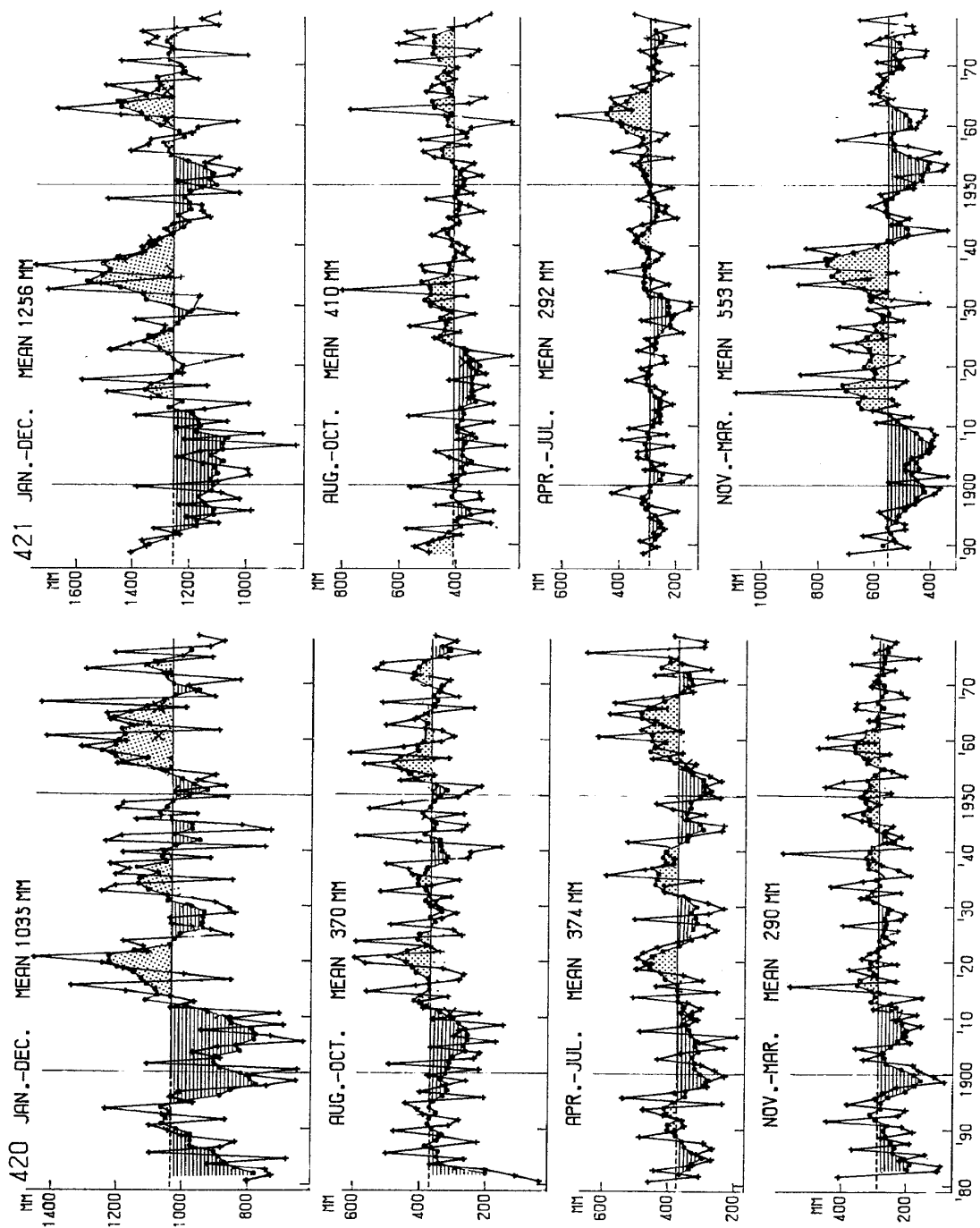
地点 番号	統計 開始年	年最大日降水量					100年確率日雨量		欠測年											
		第1位年	第2位年	第3位年	第4位年	第5位年	最大値年	最小値年												
407	1898-	184	1955	8	164	1970	8	151	1975	8	128	1898	9	127	1974	7	167	1975	126	1954
409	1896-	106	1935	8	105	1941	9	91	1968	3	83	1948	3	83	1948	3	120	1957	103	1978
412	1887-	146	1950	8	142	1975	8	141	1962	8	139	1957	9	130	1965	9	163	1978	139	1936
417	1895-	161	1948	8	170	1975	3	132	1915	10	120	1922	8	117	1962	8	158	1962	141	1942
420	1889-	143	1972	10	137	1963	8	133	1973	9	124	1919	9	121	1894	8	158	1943	146	1962
421	1888-	206	1962	8	175	1975	8	157	1961	7	154	1961	7	100	1965	9	173	1978	110	1949
430	1887-	176	1939	8	146	1887	11	136	1958	8	134	1943	9	128	1965	9	174	1975	134	1937
575	1887-	187	1935	8	155	1977	8	134	1943	9	125	1932	8	117	1964	7	168	1978	152	1942
582	1887-	186	1937	8	174	1918	8	152	1910	9	143	1957	7	138	1919	8	187	1957	168	1975
585	1891-	285	1899	10	214	1918	9	224	1911	6	221	1927	4	210	1901	10	290	1945	216	1777
584	1891-	217	1913	8	201	1938	8	177	1940	8	157	1967	8	131	1918	9	209	1951	167	1775
597	1887-	162	1959	10	152	1918	8	151	1858	10	137	1950	8	135	1807	9	171	1950	159	1766
595	1890-	164	1933	8	164	1913	8	159	1948	9	152	1961	9	151	1947	9	189	1959	178	1964
604	1887-	165	1947	8	145	1978	6	140	1958	7	137	1967	8	126	1947	6	159	1978	132	1955
605	1887-	234	1974	7	181	1974	7	178	1955	7	167	1968	8	156	1979	9	219	1975	182	1956
606	1887-	192	1914	8	187	1909	9	174	1958	7	172	1976	8	160	1964	7	191	1958	170	1773
610	1889-	112	1900	8	110	1894	7	99	1910	9	95	1911	8	92	1949	9	118	1959	108	1948
615	1891-	219	1957	8	213	1947	9	197	1941	7	178	1966	6	161	1943	10	238	1973	180	1740
616	1897-	201	1945	7	194	1962	7	185	1968	8	181	1809	9	160	1807	7	206	1946	168	1958
617	1900-	266	1910	9	220	1971	9	193	1955	6	175	1720	6	175	1911	6	231	1954	184	1970
614	1895-	155	1911	8	149	1906	8	124	1914	8	117	1945	11	114	1971	9	156	1952	129	1964
624	1897-	357	1927	9	262	1953	8	180	1958	9	164	1941	7	164	1911	8	276	1960	186	1946
626	1897-	292	1927	9	267	1966	6	255	1941	7	227	1958	9	218	1948	9	305	1978	233	1946
629	1887-	276	1928	6	227	1946	6	196	1977	9	184	1941	4	179	1947	9	260	1978	271	1946
637	1887-	324	1940	4	260	1941	6	257	1866	7	243	1974	7	226	1977	8	296	1978	210	1946
636	1891-	240	1856	6	207	1971	8	187	1940	6	176	1952	7	176	1925	9	239	1940	209	1969
637	1897-	325	1941	4	210	1946	6	202	1911	8	192	1770	6	163	1957	6	255	1978	203	1950
638	1895-	223	1948	7	222	1940	8	213	1947	9	210	1946	9	185	1935	9	252	1953	230	1944
648	1887-	311	1947	8	210	1921	8	228	1927	10	215	1972	12	211	1938	6	297	1967	235	1937
651	1890-	248	1959	8	282	1971	8	277	1974	7	269	1944	10	245	1941	6	318	1976	253	1940
654	1887-	344	1910	8	305	1911	8	301	1941	7	275	1938	8	272	1943	10	354	1946	288	1964
667	1876-	392	1958	9	270	1936	6	225	1976	6	193	1920	9	175	1929	9	313	1967	215	1928
670	1887-	287	1948	9	241	1936	6	262	1920	9	254	1946	6	213	1941	6	305	1969	261	1957
742	1887-	290	1894	8	214	1944	7	219	1918	9	213	1945	9	209	1929	9	261	1936	233	1944
755	1895-	302	1972	7	214	1954	7	224	1945	9	226	1958	7	226	1920	8	281	1975	205	1942
759	1887-	288	1959	8	281	1935	6	184	1971	9	185	1967	7	180	1940	8	269	1972	211	1950
761	1891-	526	1846	9	394	1959	9	181	1922	9	176	1945	9	160	1913	10	345	1946	179	1951
767	1887-	356	1914	6	263	1933	6	218	1954	9	207	1941	6	205	1949	8	288	1953	254	1939
765	1887-	359	1926	9	197	1943	9	187	1965	4	185	1930	8	166	1943	7	266	1955	212	1928
766	1895-	212	1947	7	205	1972	8	173	1960	7	162	1940	9	150	1905	6	212	1972	177	1956
770	1897-	319	1947	7	270	1938	7	219	1976	9	118	1971	8	114	1971	7	149	1941	150	1949
772	1887-	250	1957	6	185	1935	6	174	1896	8	167	1940	6	166	1972	7	284	1972	217	1948
777	1887-	296	1956	9	270	1945	9	253	1957	7	205	1940	6	166	1972	7	206	1977	165	1955
807	1890-	269	1941	6	320	1972	8	290	1957	6	291	1928	9	274	1935	8	284	1978	213	1937
813	1891-	366	1953	6	284	1954	9	275	1949	8	268	1941	7	207	1925	9	362	1965	330	1946
815	1887-	443	1918	8	335	1943	9	327	1893	10	304	1976	9	295	1937	9	352	1973	230	1940
817	1887-	385	1928	6	320	1945	9	311	1925	9	300	1957	7	280	1922	9	387	1957	322	1978
819	1891-	480	1947	7	411	1953	6	298	1923	7	298	1947	6	278	1928	6	470	1971	283	1946
827	1887-	305	1917	6	255	1928	6	242	1949	6	235	1936	7	217	1941	8	481	1955	281	1978
830	1887-	587	1919	10	430	1940	10	387	1966	8	361	1951	10	328	1916	9	687	1951	403	1938
887	1890-	215	1943	7	195	1943	7	150	1893	10	152	1976	9	151	1942	6	202	1957	167	1939
890	1894-	186	1919	9	184	1897	9	173	1912	9	169	1945	10	147	1942	9	203	1945	174	1975
895	1887-	524	1976	9	370	1956	9	366	1920	8	343	1925	9	337	1972	9	435	1978	350	1940
895	1892-	463	1912	10	344	1945	9	289	1894	9	273	1954	7	268	1907	8	368	1941	292	1962

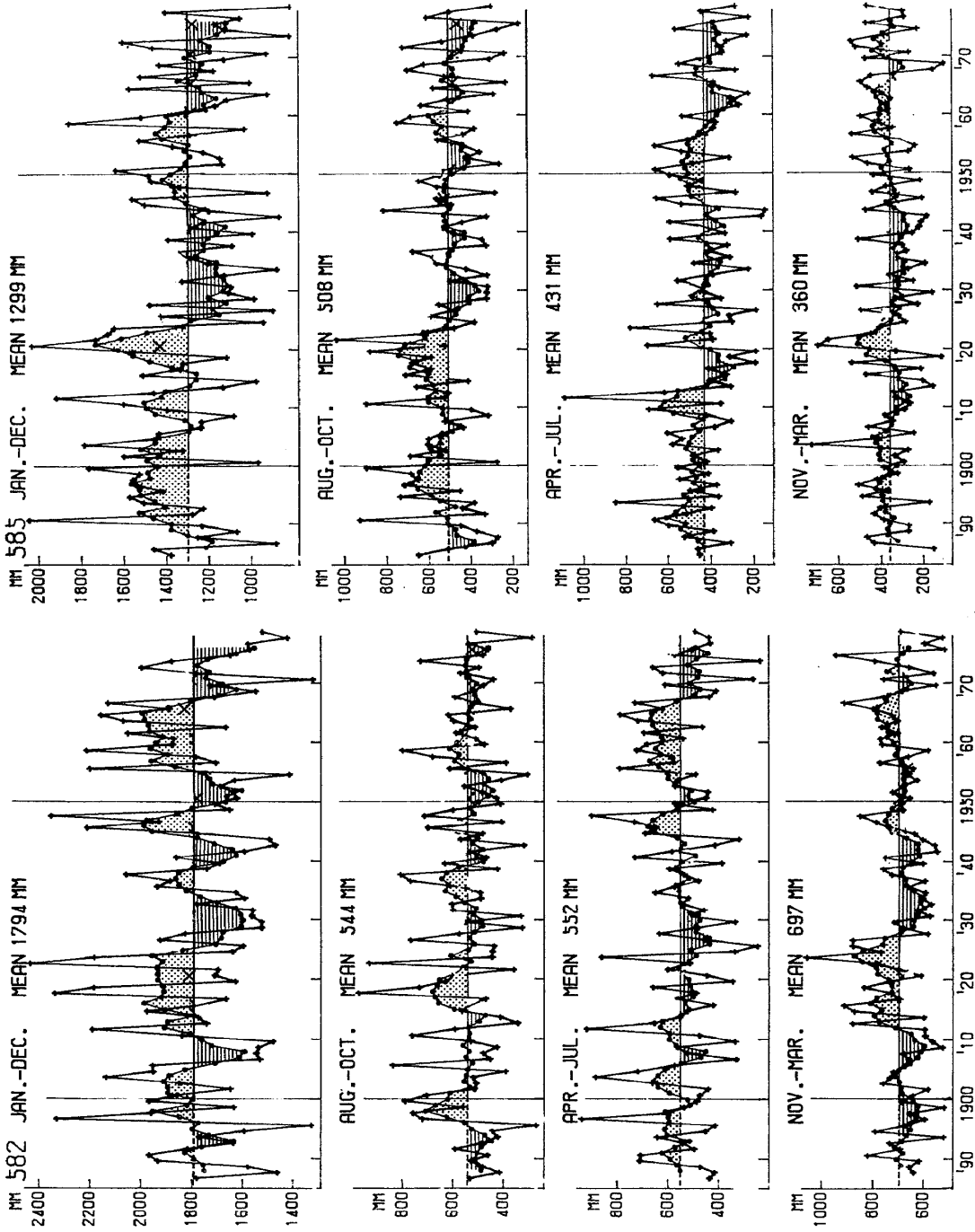
付録4 各地点の、年降水量と季節別降水量との経年変化の図。毎年の値(+印)と5年移動平均値(点)とで示した。平均値は、1900年から1978年までの値を平均したものである。また、5年移動平均値が、上記の平均値より、大きい領域には陰を施し、小さい領域には横線を入れて、変化の傾向を示した。



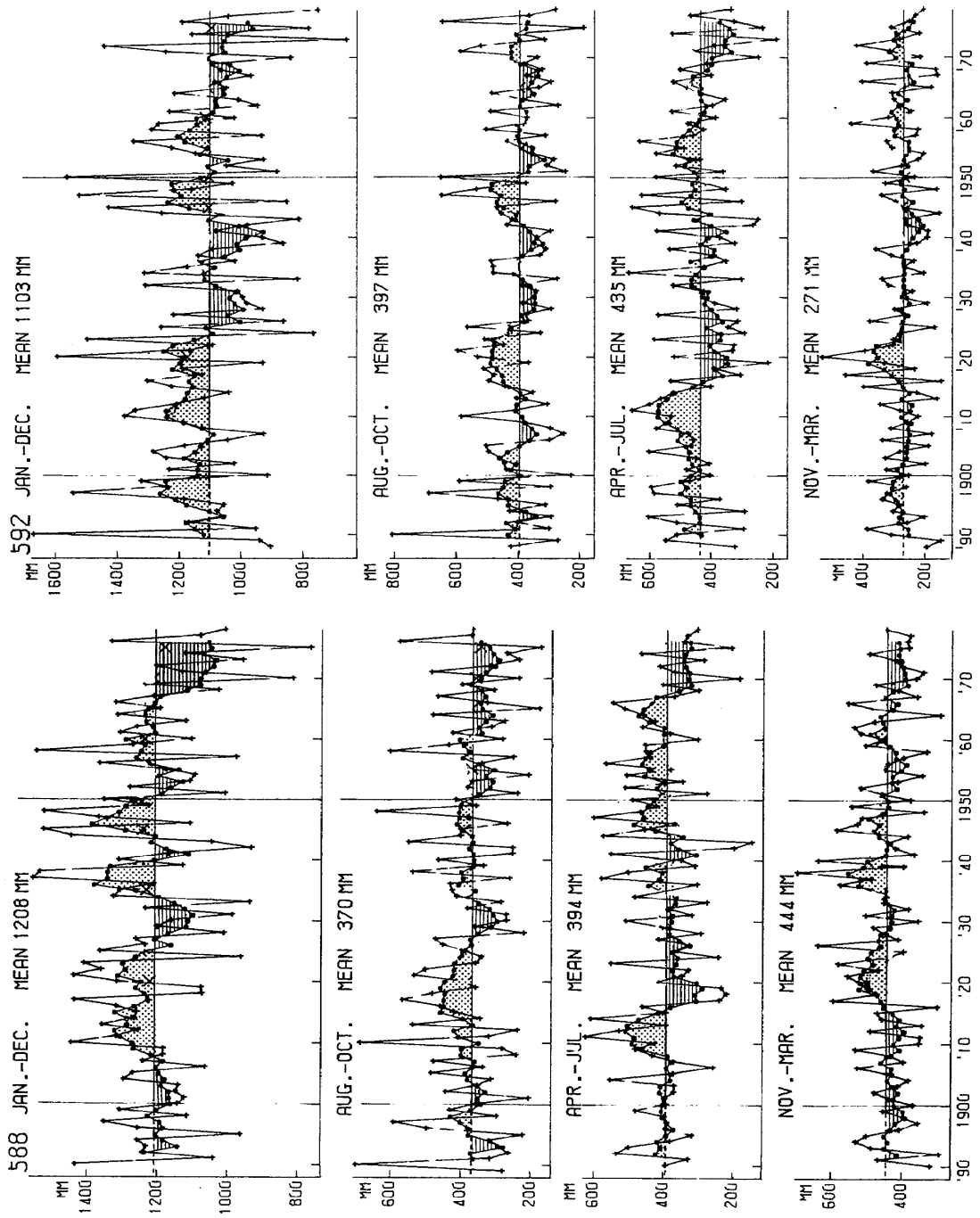


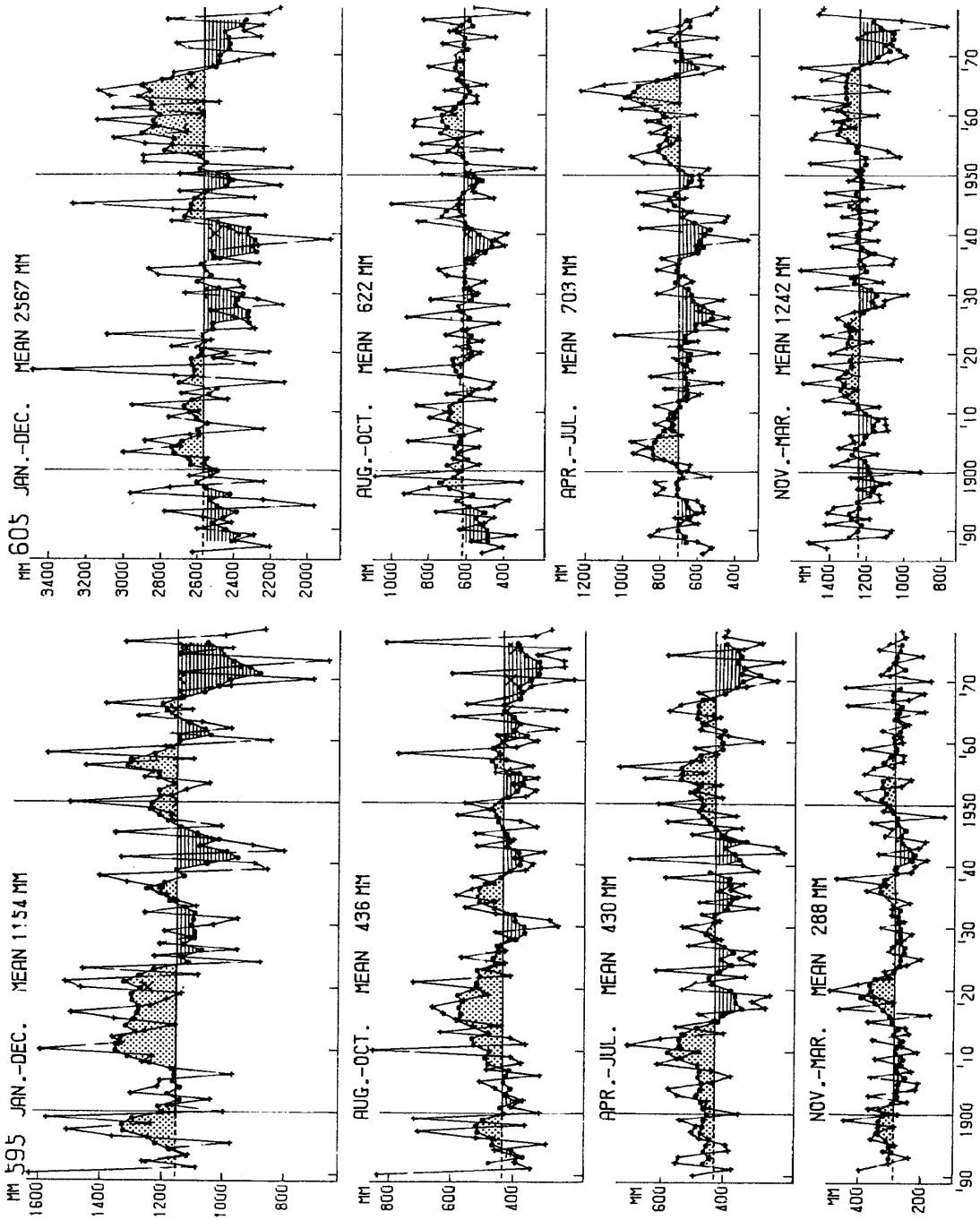
100年確率日雨量と年降水量の長期変動 - 米谷

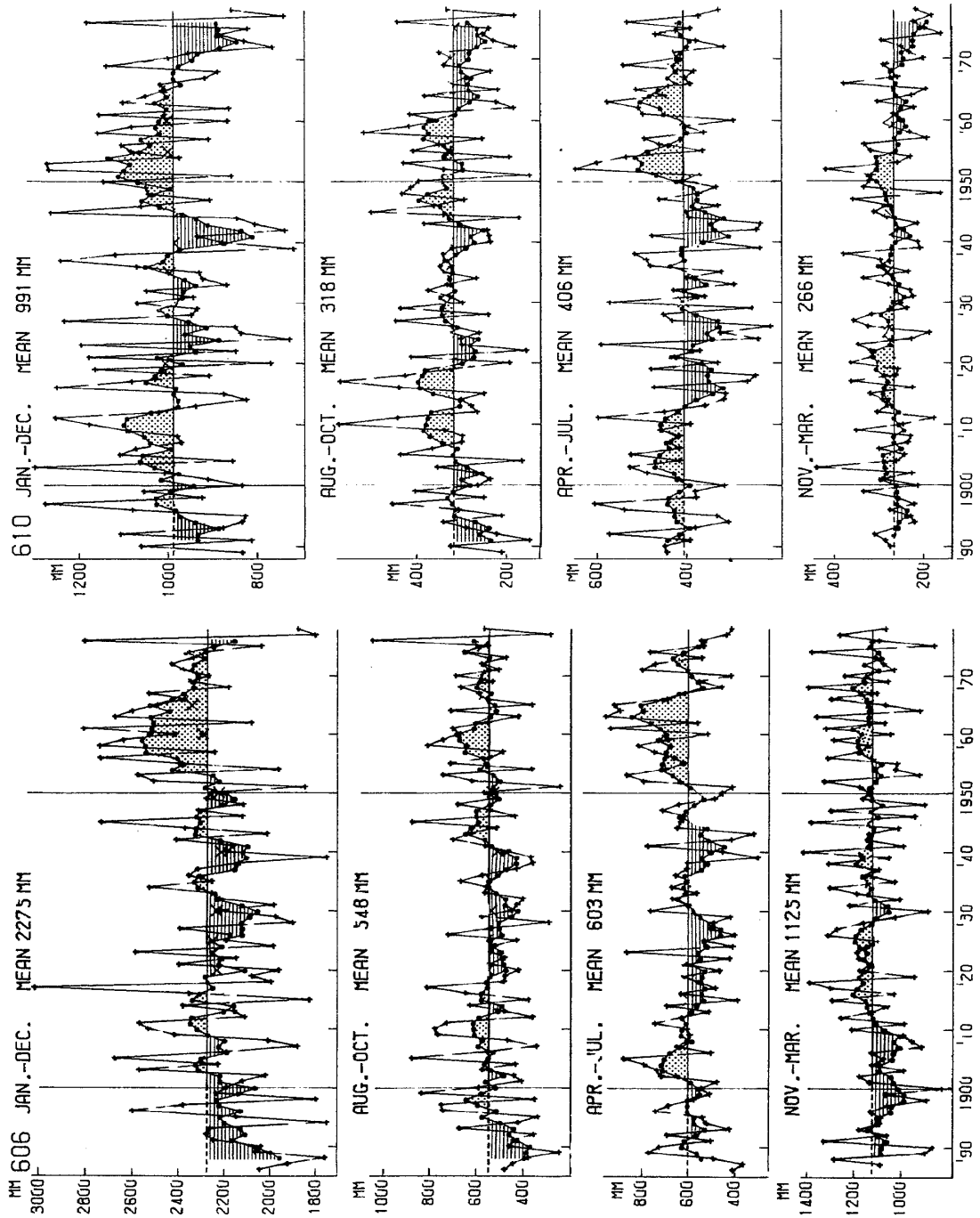


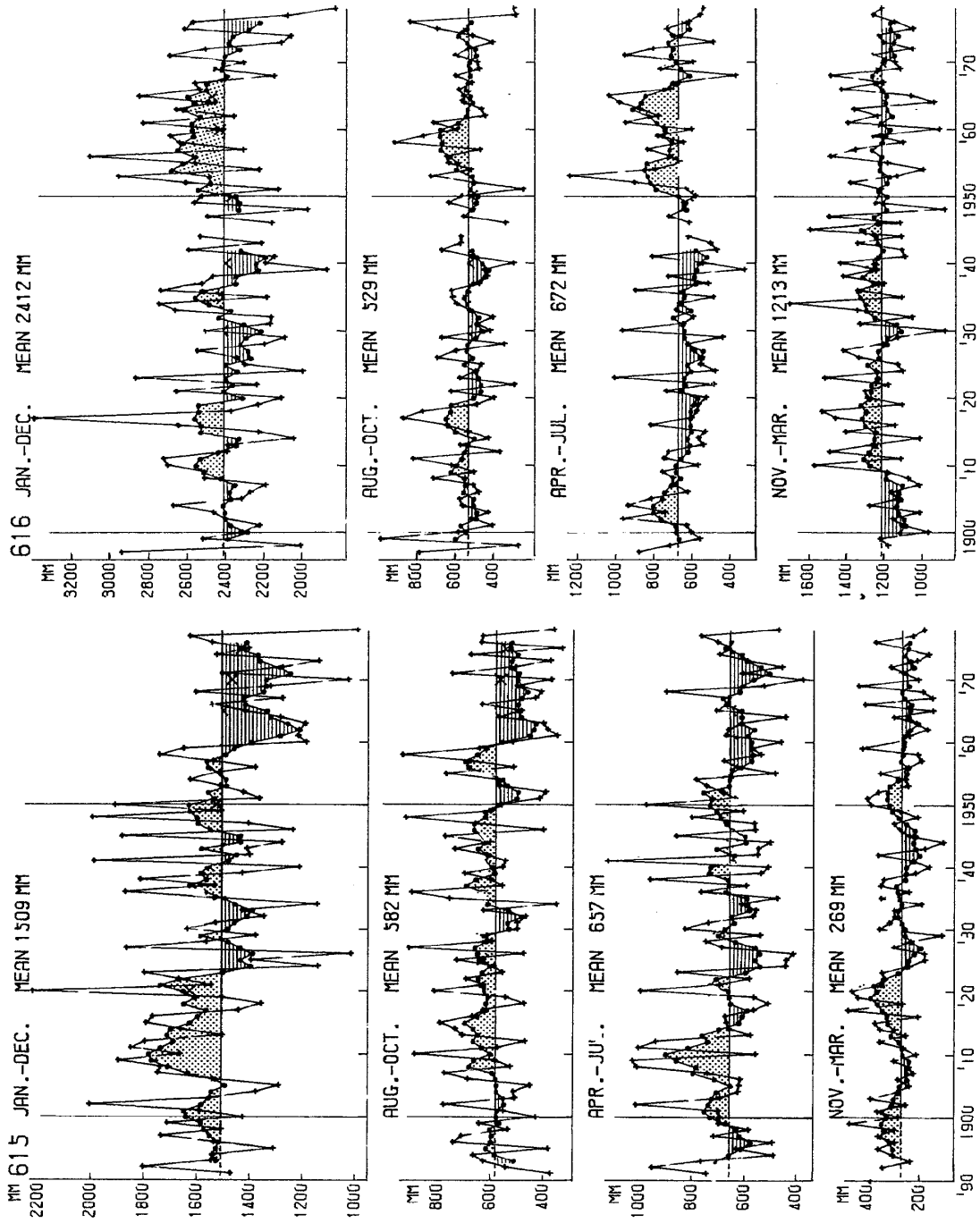


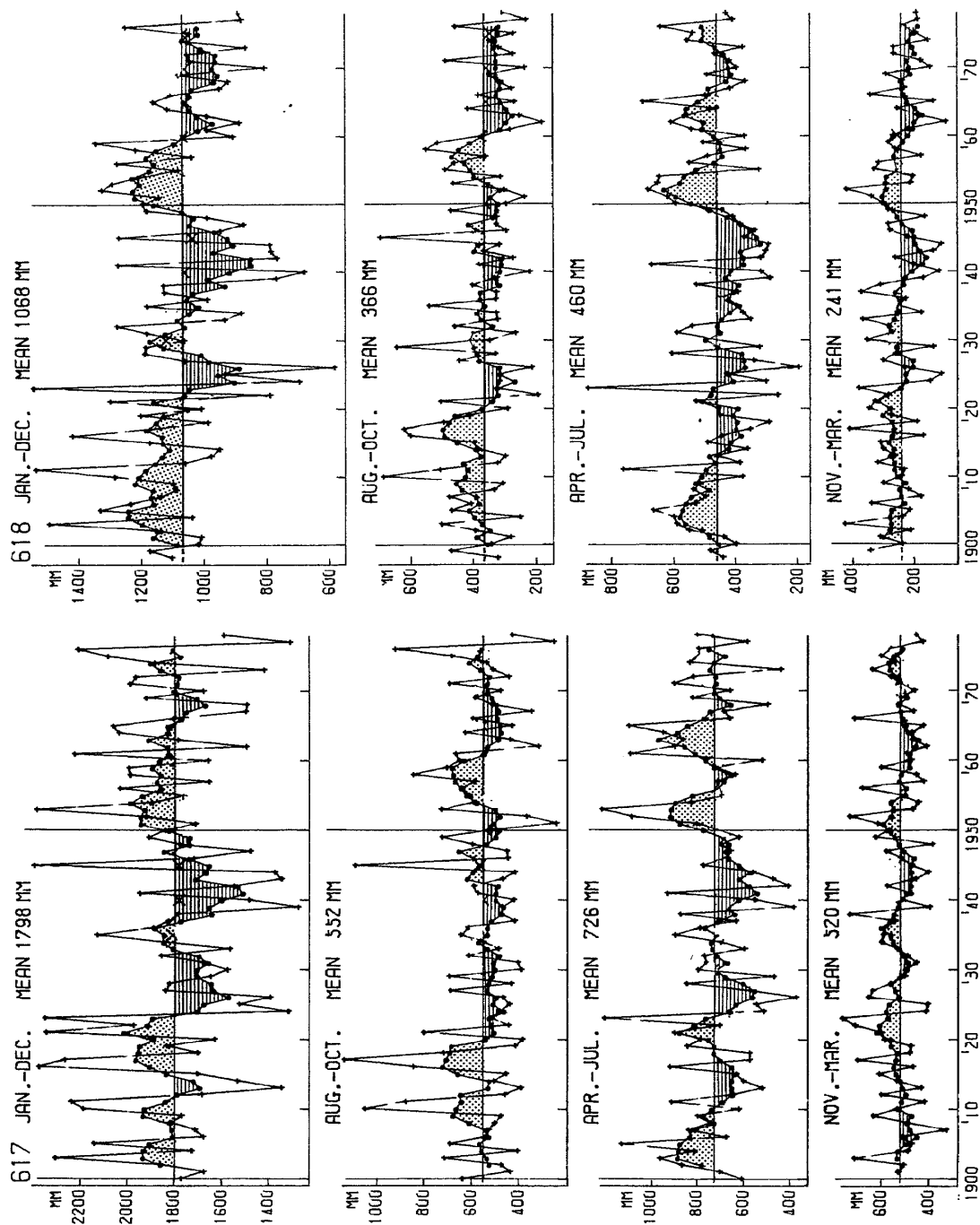
100年確率日雨量と年降水量の長期変動- 米谷

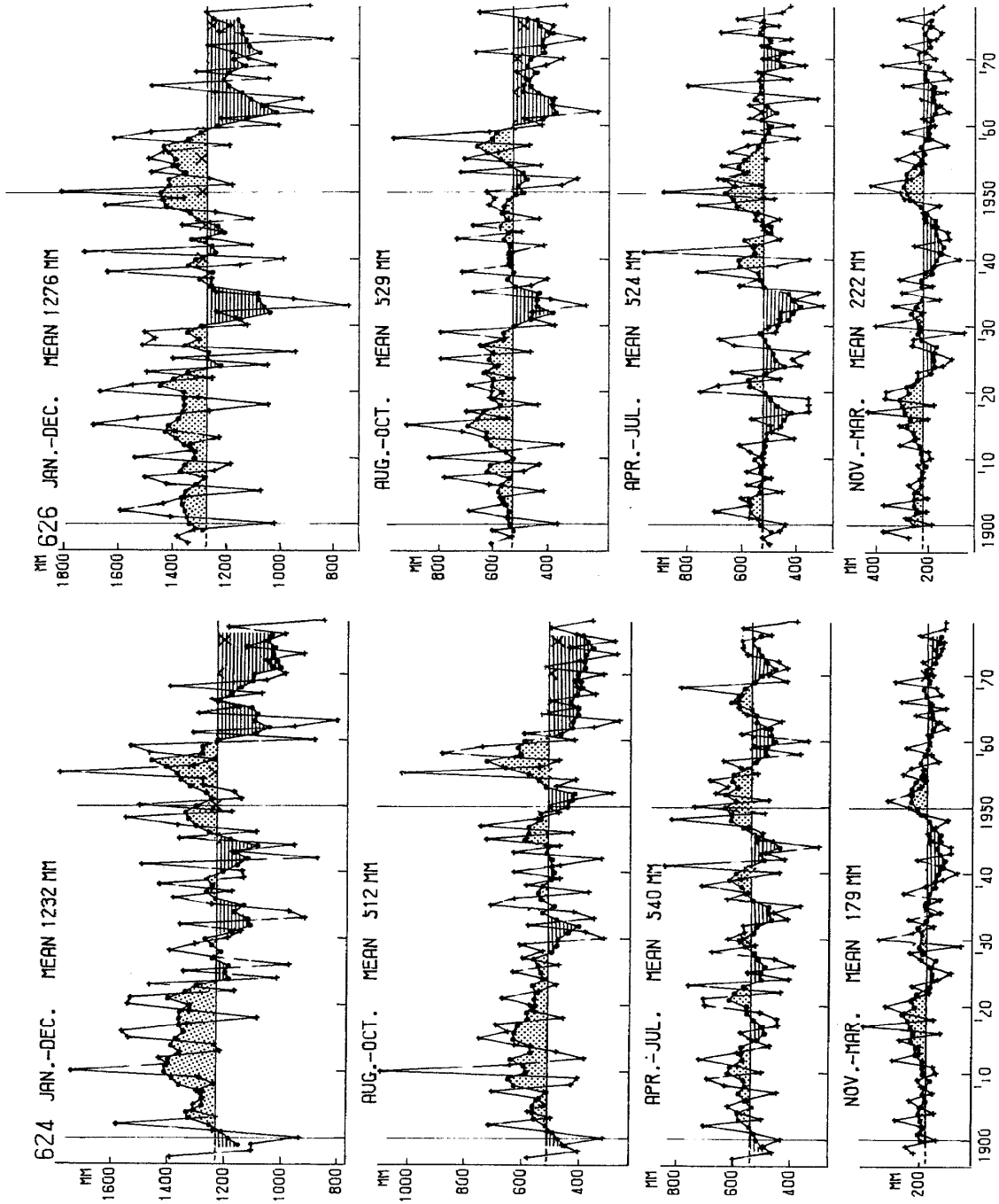




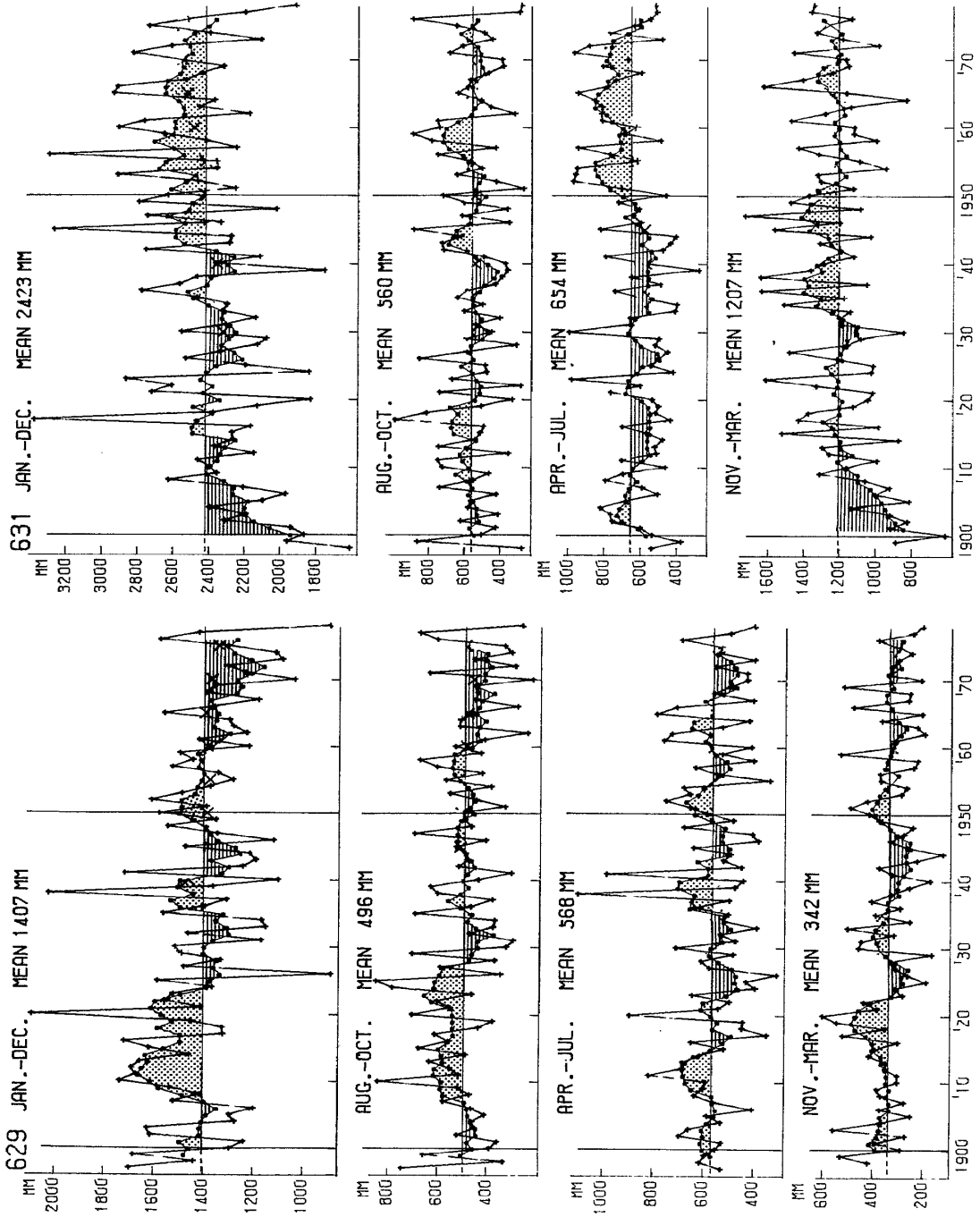


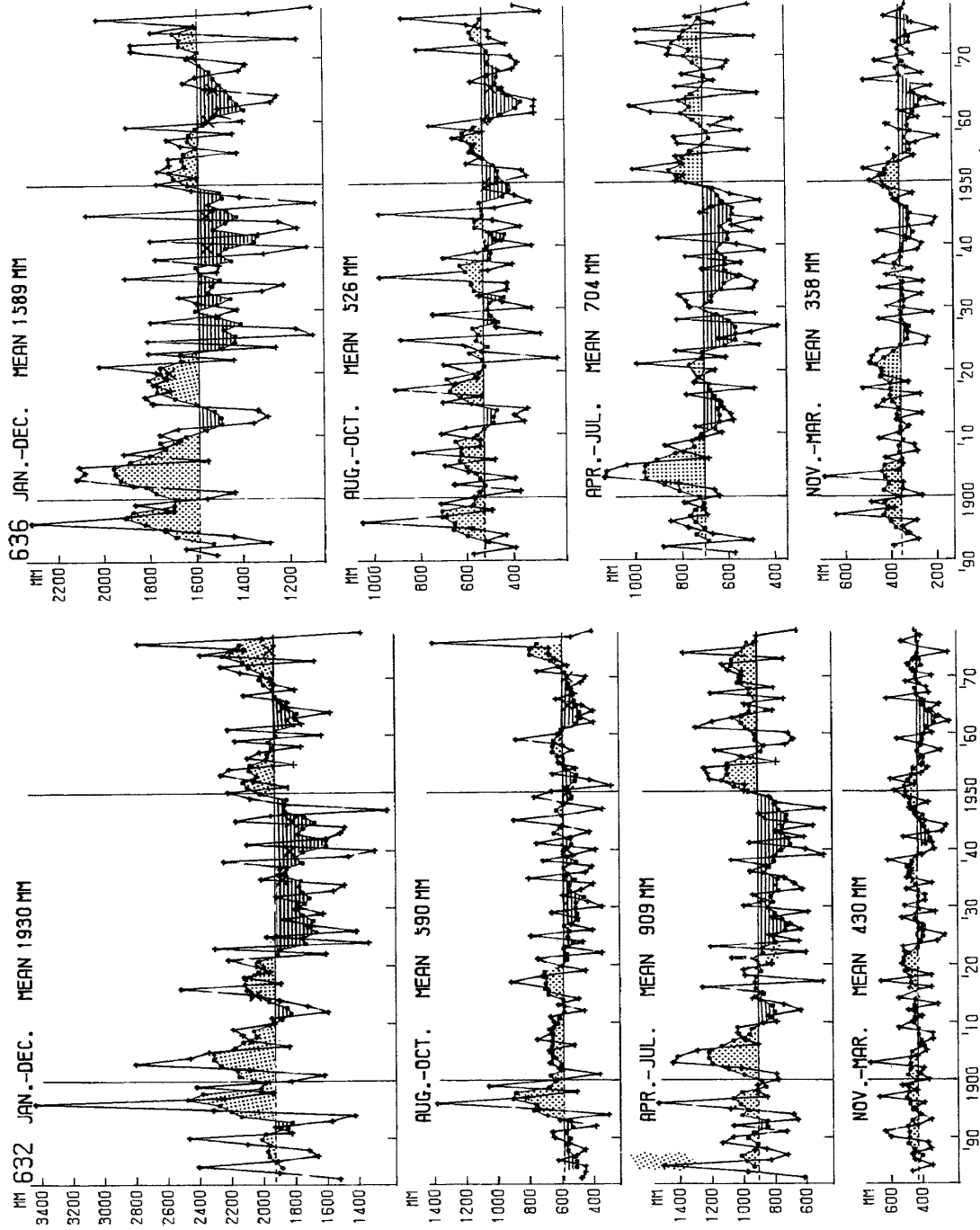




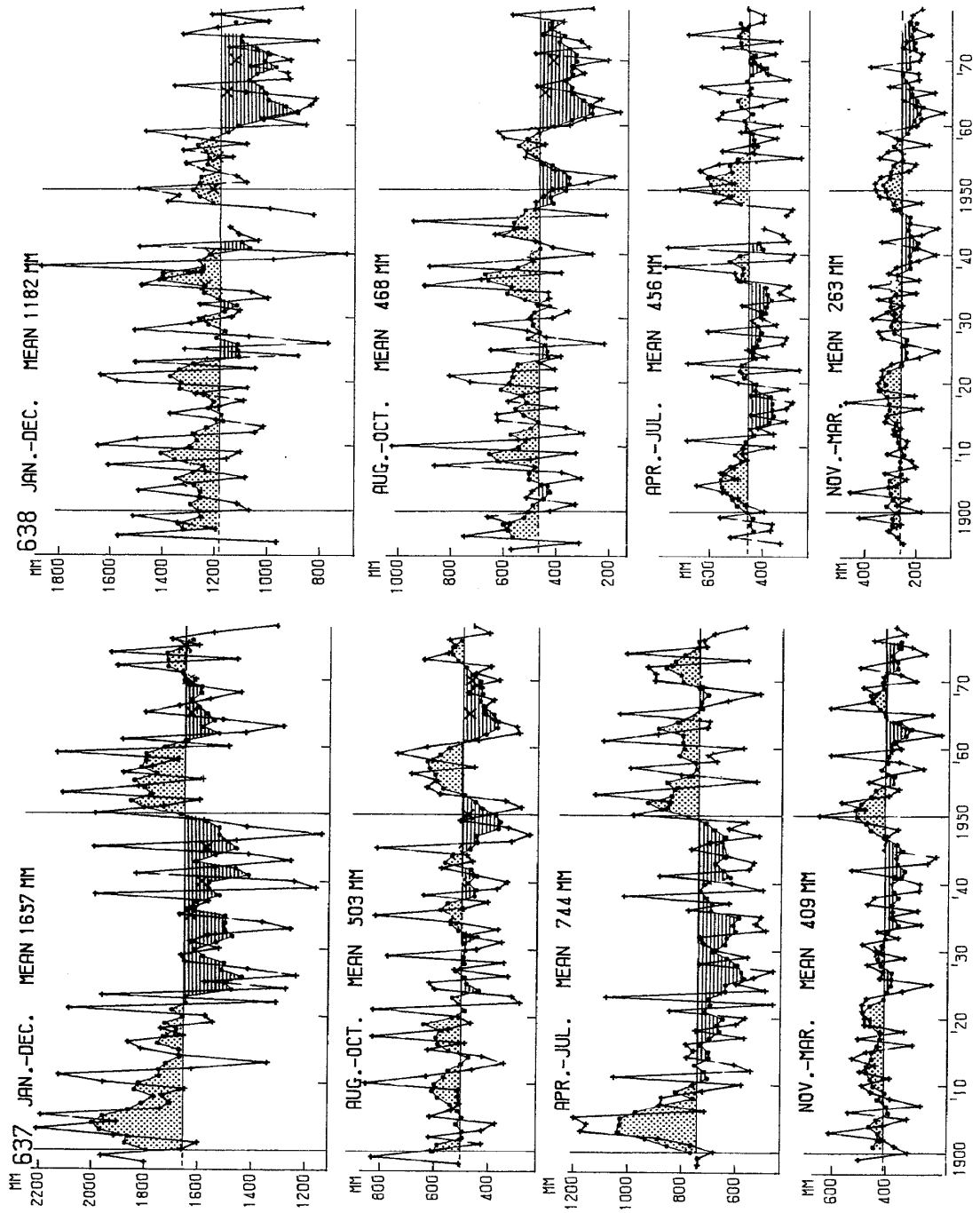


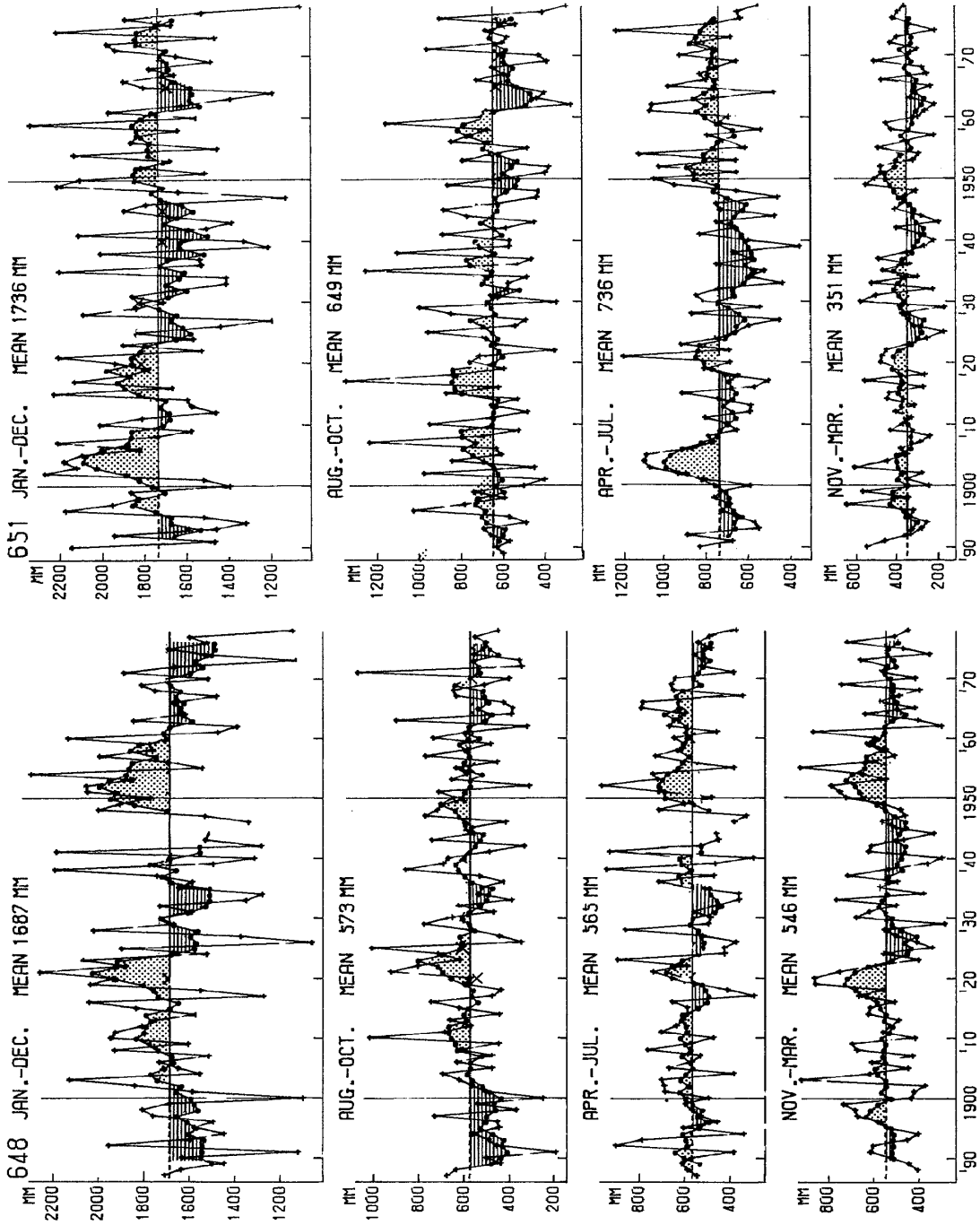
100年確率日雨量と年降水量の長期変動-米谷



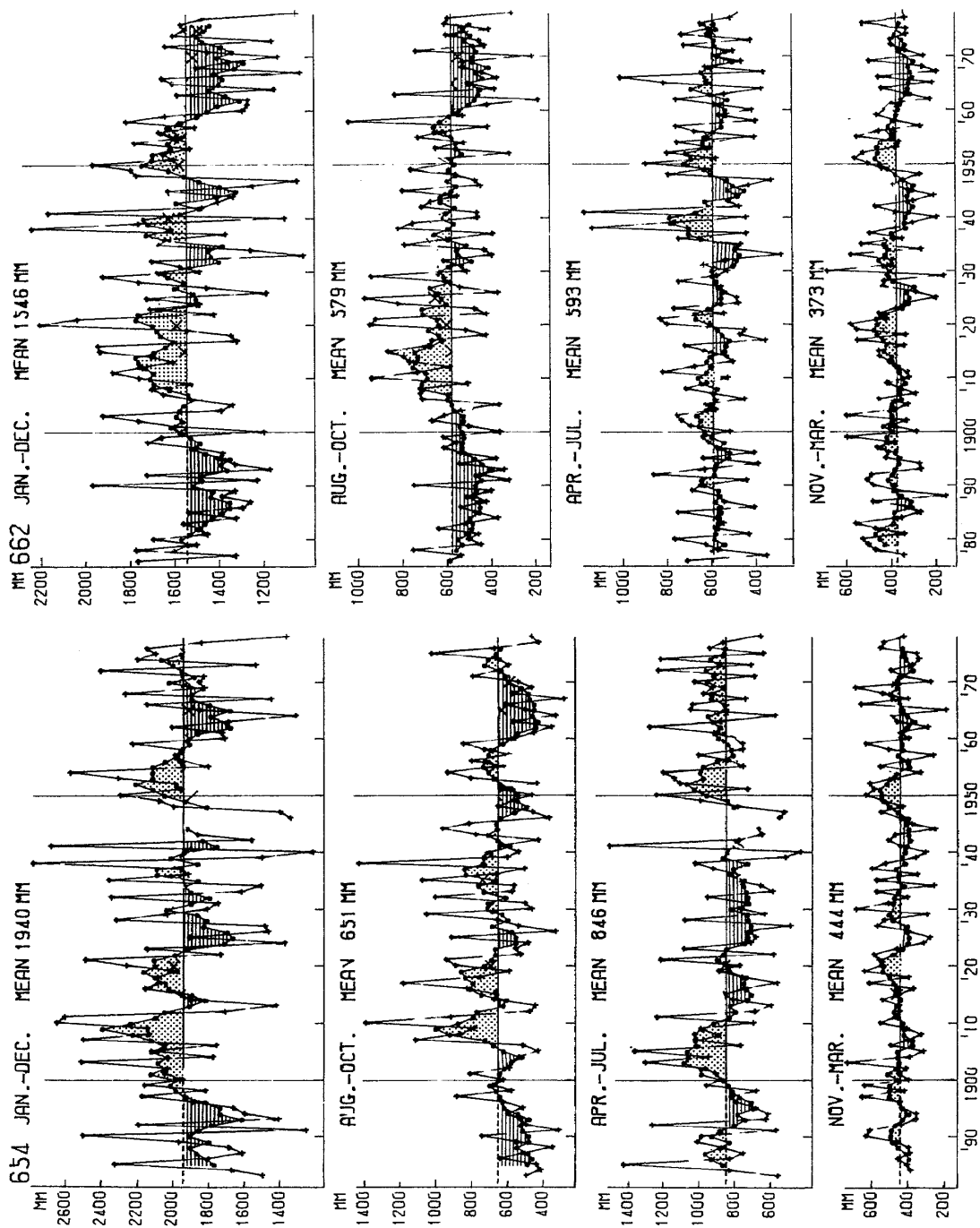


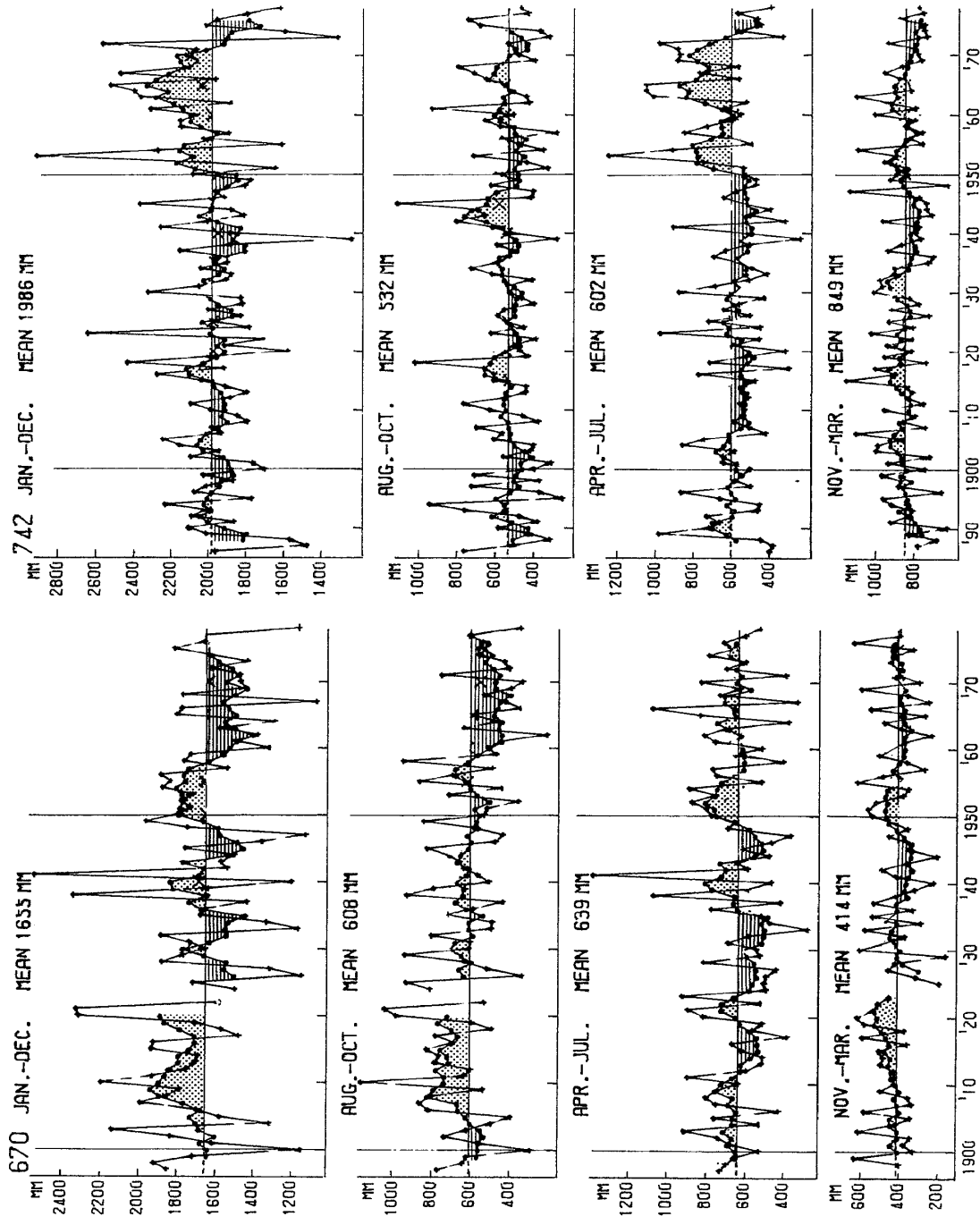
100年確率日雨量と年降水量の長期変動－米谷



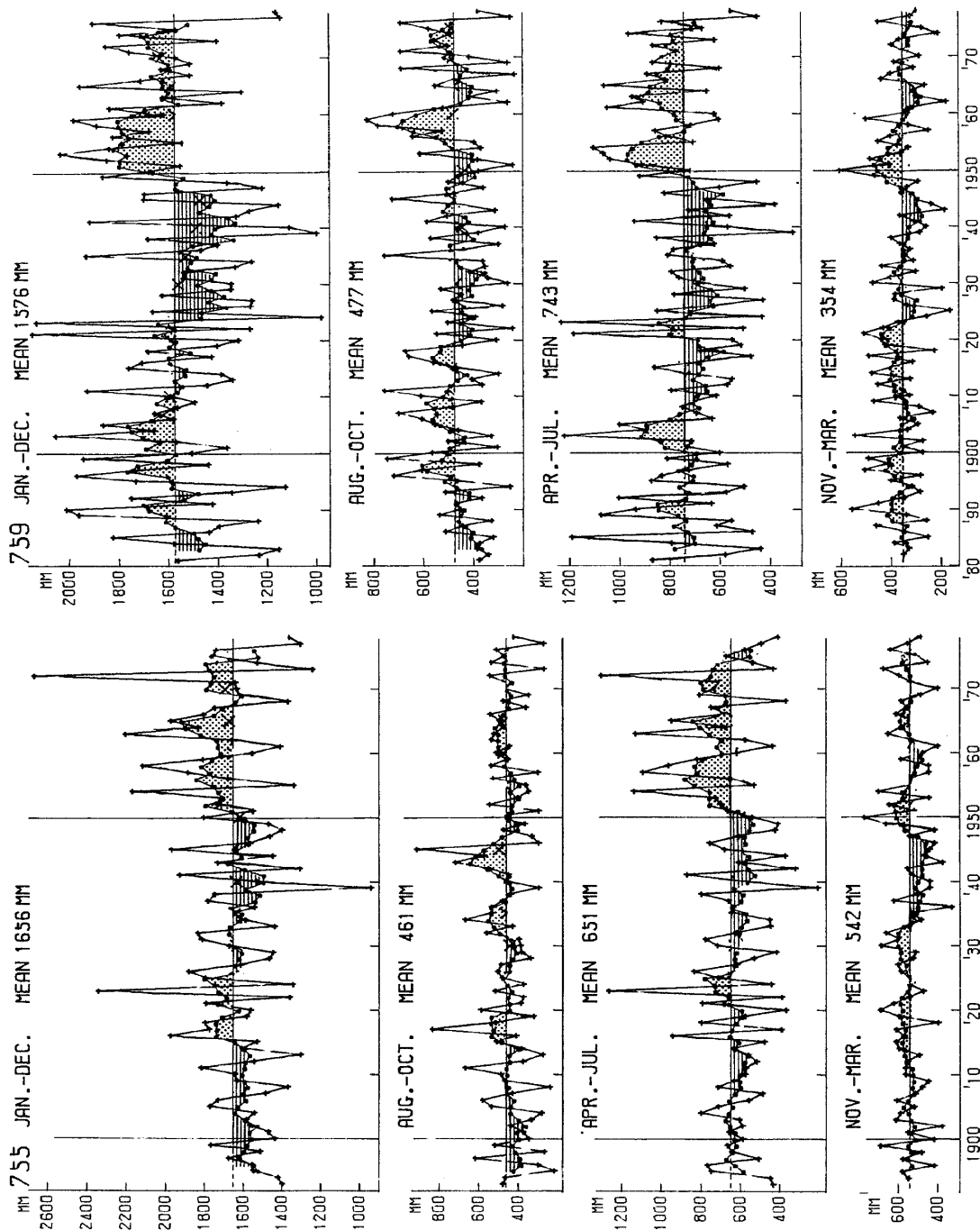


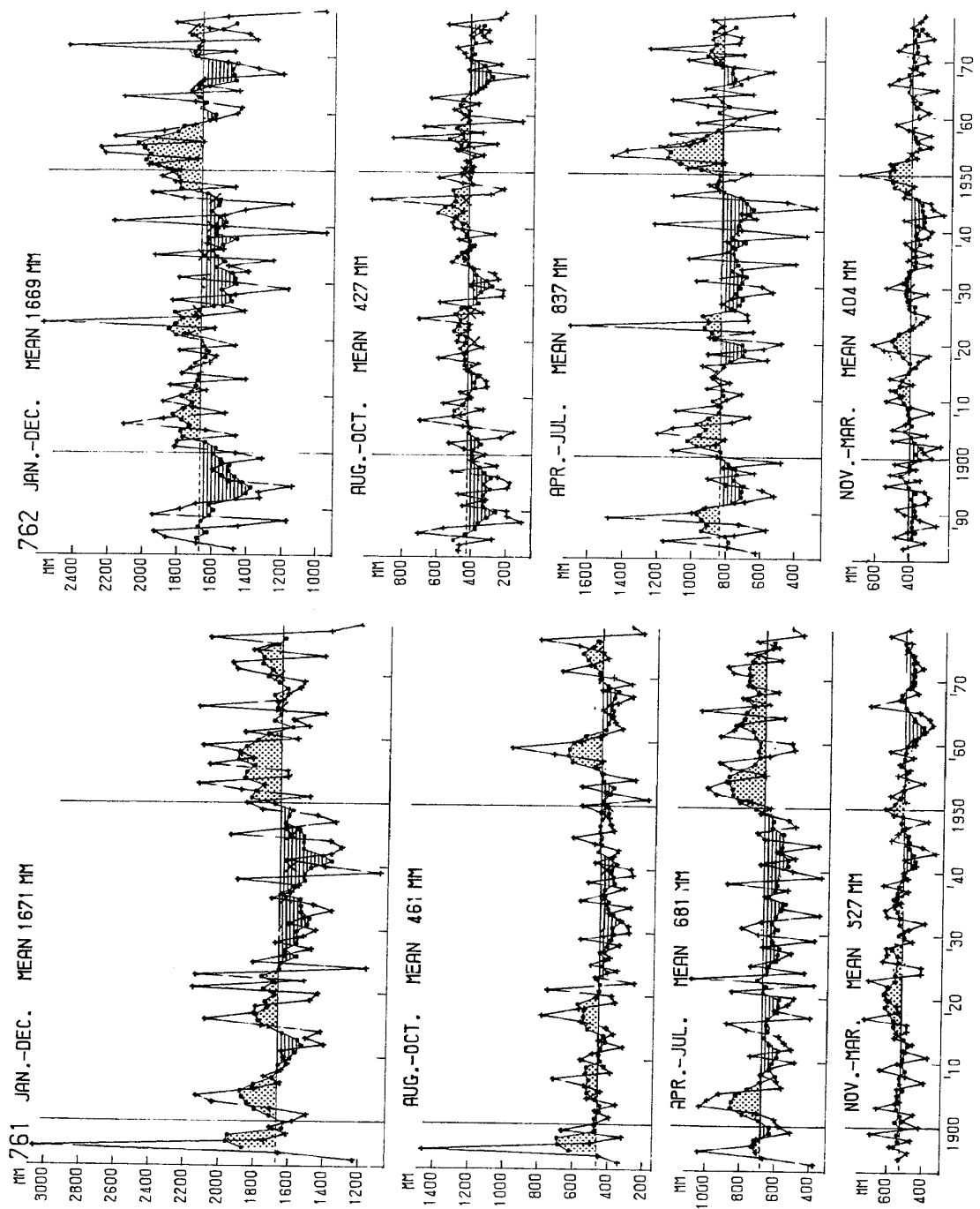
100年確率日雨量と年降水量の長期変動-米谷



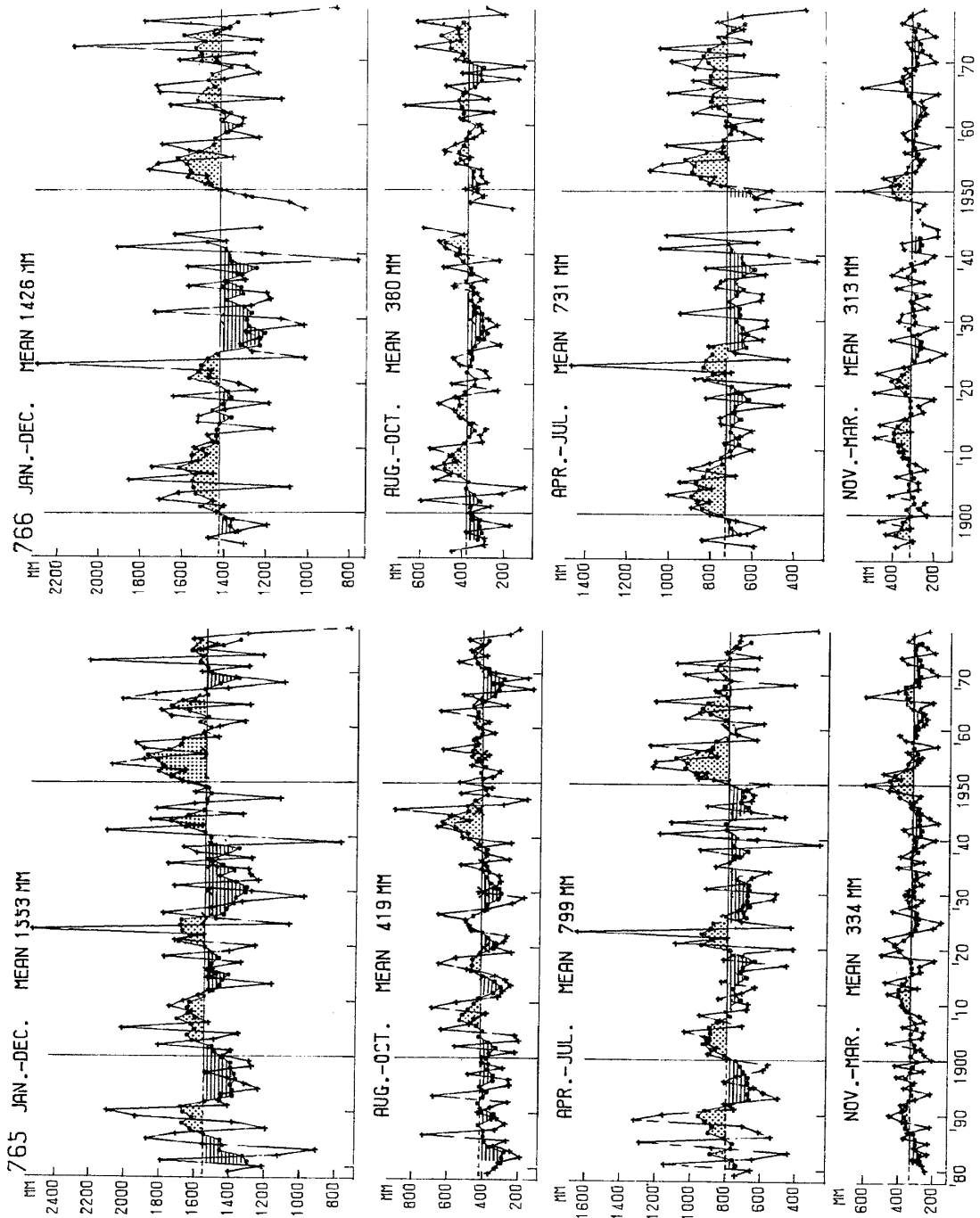


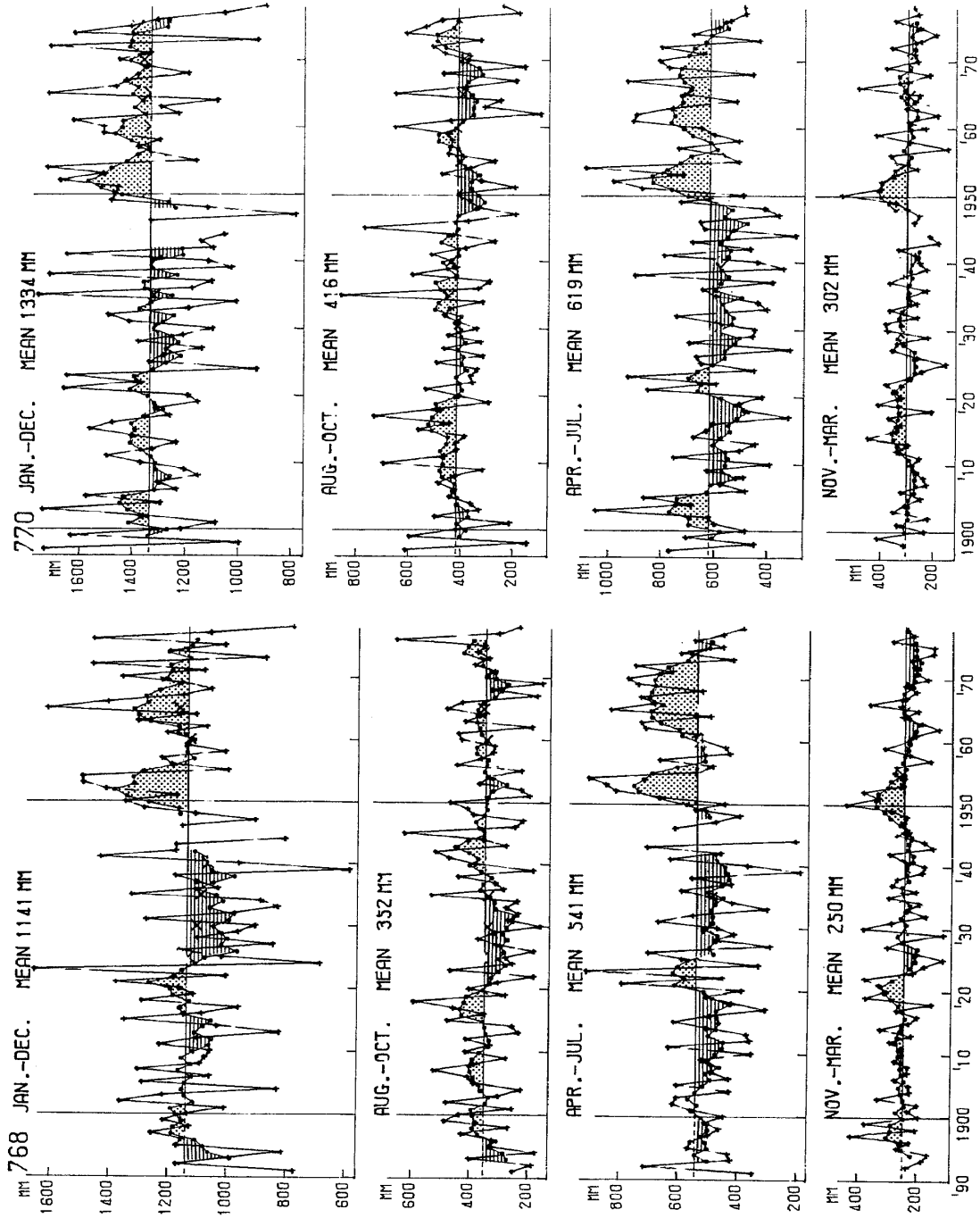
100年確率日雨量と年降水量の長期変動-米谷



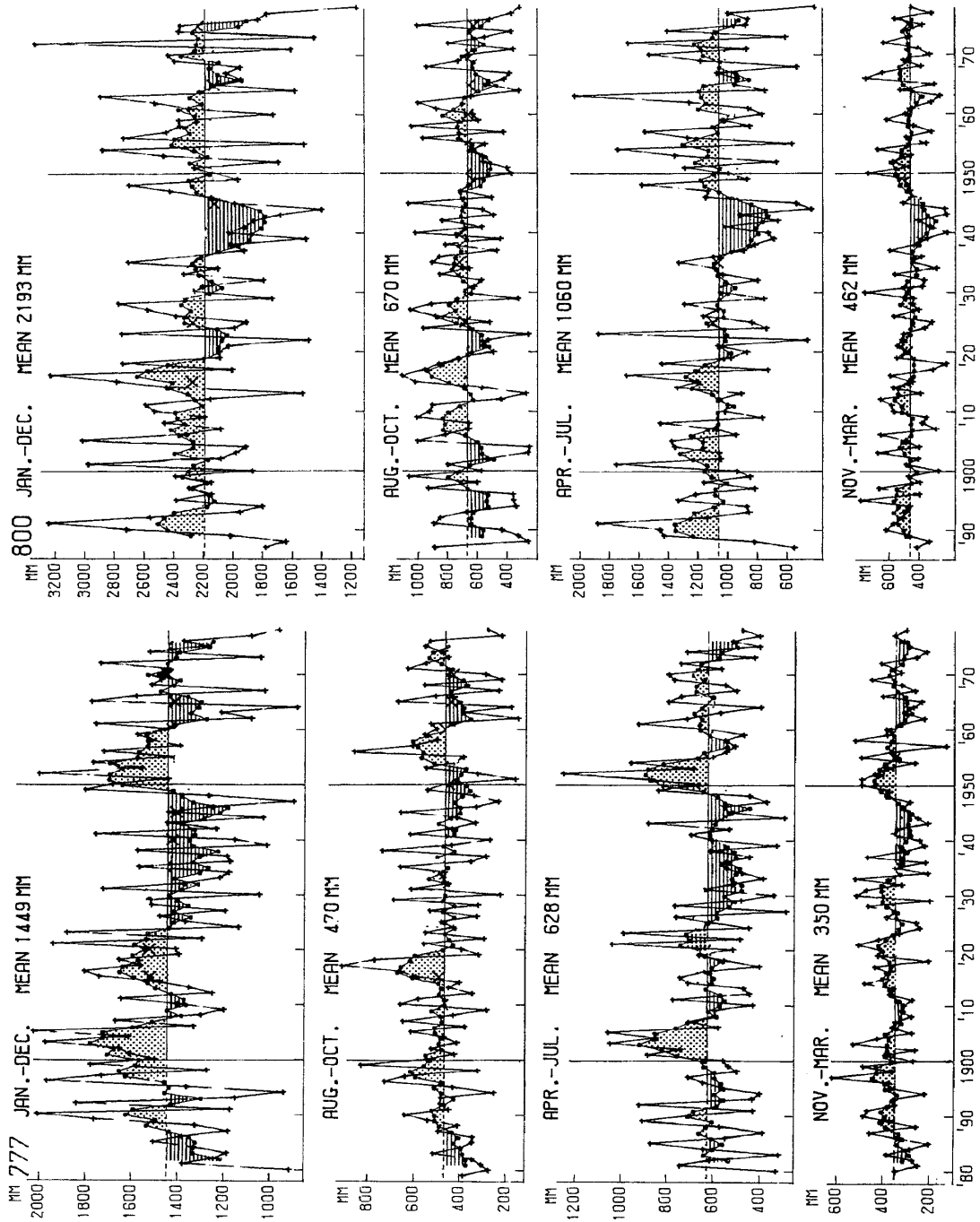


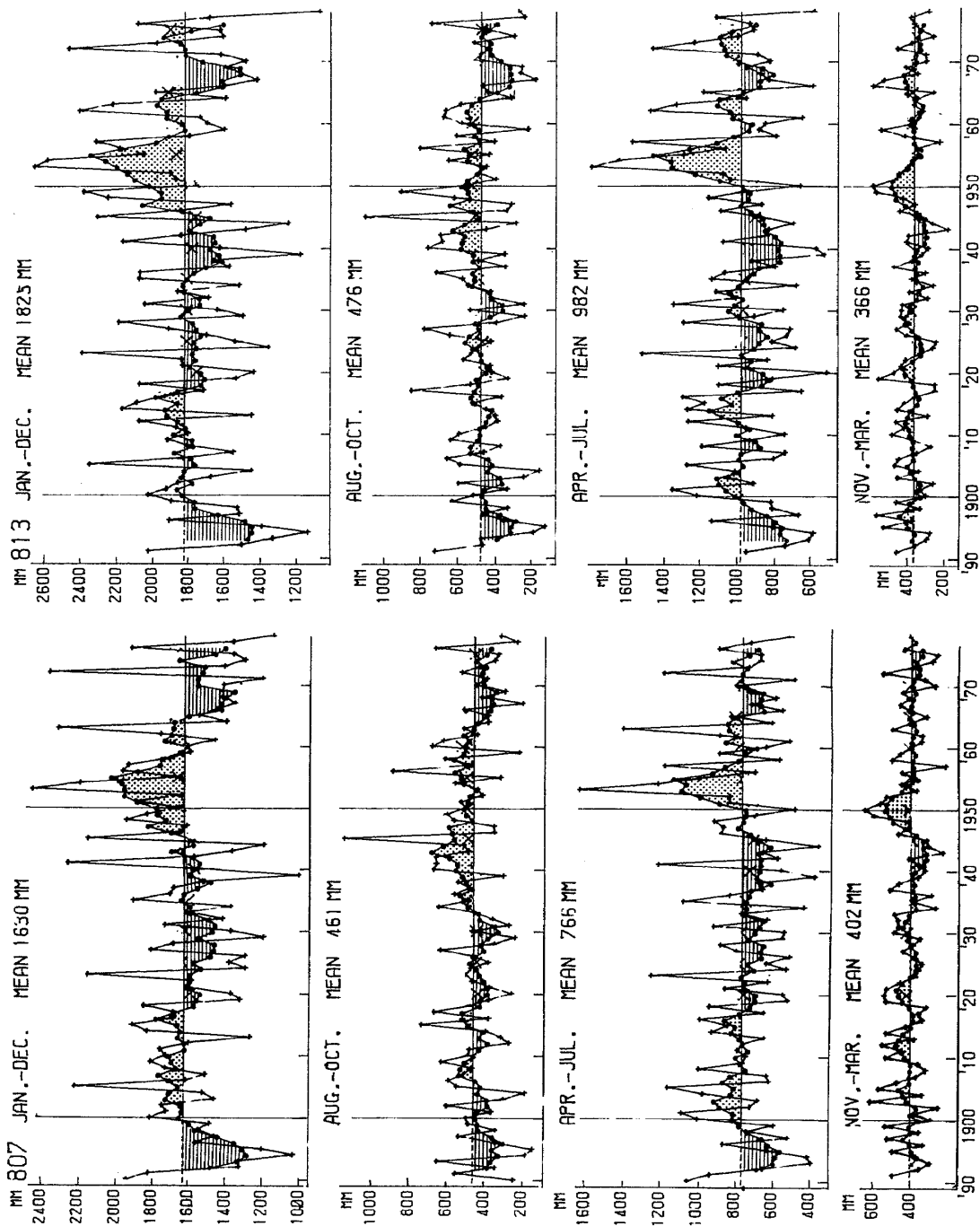
100年確率日雨量と年降水量の長期変動－米谷



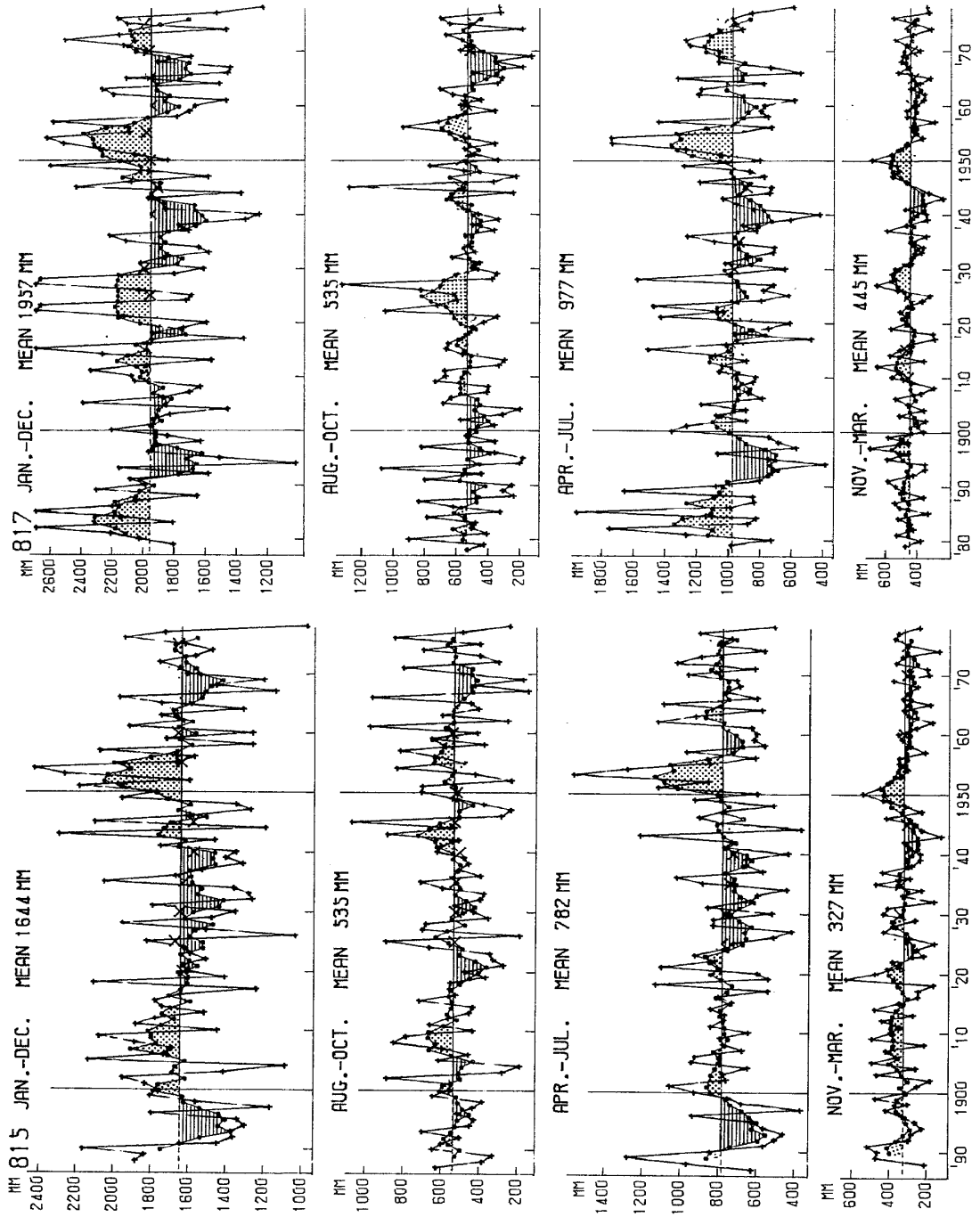


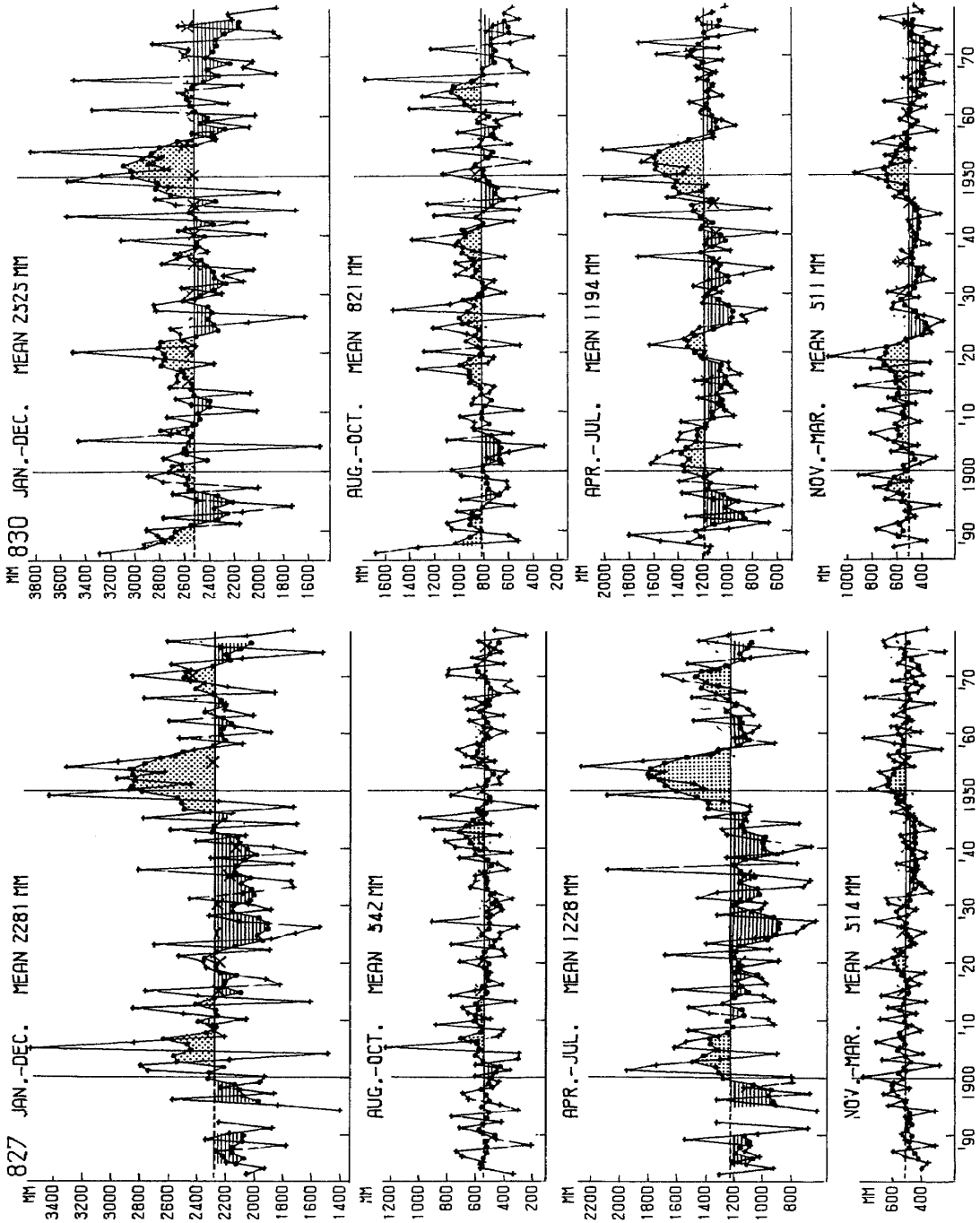
100年確率日雨量と年降水量の長期変動—米谷





100年確率日雨量と年降水量の長期変動-米谷





100年確率日雨量と年降水量の長期変動-米谷

