

12章 降雨作用

12.1 一般

12.1.1 性能目標と降雨作用

- (1) [REQ] 当該構造物が、使用性および安全性に関する性能目標を満たしているかを照査するための、降雨作用をそれぞれ設定する。
- (2) [REQ] 使用性照査用降雨作用は、設計供用期間内に発生する可能性が高い降雨とする。
- (3) [REQ] 安全性照査用降雨作用は、当該地点で考えられる最大級の強さをもつ降雨とすることを原則とする。

【解説】

(1)について

当該構造物の降雨作用の設定にあたっては、参考文献1などを参考に設定した使用性および安全性に関する性能目標を満たしているかを照査するための降雨作用を設定する。

(2)について

使用性照査用降雨作用は、参考文献1などを参考に設定した設計供用期間内において、発生する可能性が高い降雨を対象とする。

(3)について

安全性照査用降雨作用は、利用可能な関連資料や過去の歴史的豪雨などを参考に、当該地点で考えられる最大級の強さをもつ降雨を対象とする。

12.1.2 降雨作用の設定における基本方針

- [REQ] 降雨作用は、当該地点周辺における観測所の観測記録など利用可能な関連資料を十分に活用した統計的解析に基づいて設定し、その根拠を保存公開することを原則とする。

【解説】

降雨作用は、当該地点周辺における利用可能な関連資料を最大限に活用して設定することが望ましい。設定にあたっては、統計的解析により当該地点周辺における信頼性の高い観測データを用いるものとする。公開されている観測データとしては、気象庁(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)や(財)気象業務支援センター(<http://www.jmbasc.or.jp/>)、国土交通省の水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp>)などがある。また、意志決定過程の透明性を確保する観点から、降雨作用の設定に用いたデータや評価方法、意志決定の根拠などの関連資料を保存し公開することを原則とする。

12.2 作用因子

[REC] 降雨作用の作用因子は、当該構造物の特性などを考慮して適切な降雨量を設定するものとし、必要に応じて降雨量の時刻歴で表現することとする。

【解説】

降雨作用は、要求性能や当該構造物の特性などを考慮して年最大日降雨量、年最大1時間降雨量、年最大10分間降雨量などの特性値を設定する。当該構造物の応答値の算定において、浸透流解析など降雨量の時刻歴が必要となる場合には、妥当性があらかじめ検証された方法により適切に設定するものとする。

12.3 作用モデル

[REC] 降雨作用は、特性値に関する確率降雨量か、生起確率付き時刻歴で表現することを基本とする。

【解説】

降雨作用は、参考文献1などを参考に再現期間を設定し、極値統計解析により、適切な確率分布を選定した後に確率降雨量の算定を行うことが望ましい。極値統計解析には、極値分布モデルと閾値モデルがあるが、年観測データが不足している場合は、閾値モデルが適している。極値分布モデルと閾値モデルについては、「第I編付録A-I.2 統計的手法による作用モデルの構築」による。また、降雨作用の生起確率付き時刻歴による表現は、妥当性があらかじめ検証された方法により適切に設定するものとする。

12.4 降雨作用の選定

12.4.1 使用性照査用降雨作用

[REQ] 使用性照査用降雨作用は、特性値に関する発生確率、再現期間、地域特性などを十分勘案して設定するものとする。

【解説】

使用性照査用降雨作用は、当該地点およびその周辺の観測データを参考に、参考文献1などを参考に設定した再現期間を用いて、特性値の確率降雨量の算定を実施するものとする。確率降雨量の算定にあたっては、統計的解析および降雨予測モデルなどを用いてもよいが、妥当性があらかじめ検証された解析手法とする。詳細な極値統計解析手法については、参考文献3および付属資料1による。また、降雨予測モデルの概要は参考文献3による。当該地点周辺に観測所がない場合には、付属資料1に示す再現期間100年における確率降雨量を参考に設定するものとする。

12.4.2 安全性照査用降雨作用

- (1) [REQ] 安全性照査用降雨作用は、原則として対象となる降雨（安全性照査対象降雨）を選定した上で、そのような降雨が発生した場合の降雨作用として設定する。
- (2) [REC] 安全性照査用降雨作用の選定にあたり、その降雨の発生確率に関する情報を利用することが望ましい。
- (3) [POS] 当該地点およびその周辺に観測所がない場合など、安全性照査用降雨作用が明確に選定できない場合には、再現期間などを考慮して適切に設定するものとする。

【解説】

(1)について

安全性照査用降雨作用は、利用可能な関連資料や過去の歴史的豪雨などを参考に、対象となる降雨を当該地点で考えられる最大級の強さをもつ降雨として設定するものとする。安全性照査用降雨作用の降雨強度の設定にあたっては、既往最大降雨量や可能最大降雨量などを用いてもよい。

(2)について

選定した安全性照査用降雨作用の発生確率は、関連情報がある場合には利用するものとするが、関連情報がない場合には、当該地点周辺の観測データを基に算定することが望ましい。

(3)について

当該地点およびその周辺に観測所がない場合など、安全性照査用降雨作用が明確に選定できない場合には、参考文献1などを参考に設定した適切な再現期間を用いて、統計的解析から確率降雨量を設定するものとする。なお極値統計解析については、「第I編付録A-I.2 統計的手法による作用モデルの構築」および付属資料1による。

参考文献

- 1) 包括設計コード，性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語
- 2) 水文・水資源学会：水文・水資源ハンドブック，朝倉書店，1997。

参考資料 極値統計解析による確率降雨量マップの作成

1. はじめに

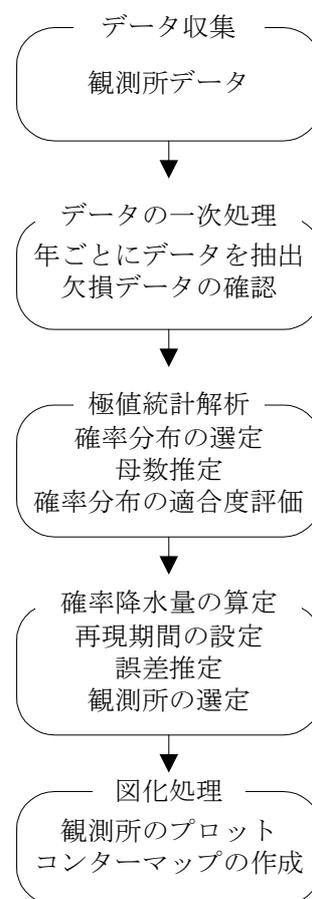
ある再現期間を基にした確率降雨量を算定するために、極値統計解析を行った。参図 1 に解析手法のフローを示す。まず、①観測データを収集し、②極値統計解析を適用するために年ごとにデータを抽出し、欠損データを確認などのデータの一次処理を行う。次に、③極値統計解析により、選定された確率分布の母数推定、適合度評価を行う。④再現期間を設定した後、確率降雨量の誤差推定を行い、許容誤差を満たす観測所における確率降雨量を抽出する。最後に、⑤日本地図上に選定された観測所のプロットを行うと同時に確率降雨量のコンターマップの作成を行う。以下にそれぞれの項目について簡単に説明する。

2. データ収集

容易に入手できる降雨量のデジタルデータには、(財) 気象事業支援センターが提供している地上気象観測所(气象台・測候所)の降雨量データ¹⁾と地域気象観測所(AMeDAS)における降雨量データ²⁾がある。地上気象観測所と地域気象観測所の地点数は、それぞれ 159 地点と 1932 地点である。地上気象観測所と地域気象観測所におけるデータは、それぞれ 1961 年からと 1976 年からのデジタルデータが提供されている。本検討で利用したデータは、統一された測定方法と観測所の多さから地域気象観測所の 1976 年から 2004 年(29 年間)のデータを用いた。また、各観測所においては、資料なし、資料不足値、準完全値、完全値の 4 種類の品質のデータが提供されているが、本検討では、準完全値と完全値を用いた。観測所の移動による統計量の変化は小さいとして、観測所の移動による補正は行わなかった。確率降雨量の算定には、年最大日降雨量(mm/day)と年最大 1 時間降雨量(mm/hour)を用いた。参図 2 に地域気象観測所の位置を示す。

3. データの一次処理

地域気象観測所から提供されているデータは、年別データ(毎年最大値)となっているため、特別に極値を抽出する処理をする必要はない。そのため、提供されているデータから必要となる測定項目のデータを容易に抽出することができる。確率統計解析を行う際には、1 つの地点につき年ごとにデータが揃っている必要があるため、提供されているデータから、所定の品質を満たすデータを抽出し、地点ごとにファイルを分け、年ごとにデータを整理する必要がある。また、データ数が極端に少ない場合には、その地点のデータは統計処理には用いないという判断も重要となる。本検討では、1 つの観測所についてデータが 10 個以上あるものを検討対象とした。



参図 1 解析方法のフロー



参図2 地域気象観測所の位置 (1932 箇所)

4. 確率統計解析

4. 1. 確率分布

本検討で用いた主な確率分布は、極値分布である Gumbel 分布と一般化極値分布を用いた。これらの分布の定義は、「第 I 編付録 A-I.2 統計的手法による作用モデルの構築」による。

4. 2. 母数推定

確率分布の母数を推定する手法には、最尤法、積率法、L 積率法、確率重みつき積率 (PWM) 法などがある³⁾。本検討では、初期値の設定を行わずに母数の推定が行える L 積率法⁴⁾を用いた。L 積率法は、「第 I 編付録 統計的手法による作用モデルの構築」による。

4. 3. 誤差推定

確率降雨量の推定誤差を考慮しないで全ての統計データを用いて確率降雨量の算定を行った場合には、得られた確率降雨量には大きな誤差を伴う可能性が高い。大きな誤差を含む確率降雨量により確率降雨量マップを作成した場合には、新しいデータを用いるごとに、異なった確率降雨量マップとなる可能性がある。許容誤差を用いた確率降雨量マップを作成することで、データが蓄積されても同様な確率降雨量マップを作成することができる。データの蓄積が確率降雨量に大きな影響を与えないように、本検討では以下のような観測所の選定基準を設けた。つまり、①Gumbel 分布と一般化極値分布を用いて母数の推定を行う⁵⁾。②得られた母数を用いて jackknife 法により推定誤

差の算定を行う。③許容誤差以下であれば、その観測所のデータを採用するが、許容誤差を超えた場合には、その観測所のデータは不採用とする。本検討では、用いた許容誤差を確率降雨量の変動係数の jackknife 推定値とした。jackknife 法は、「第 I 編付録 統計的手法による作用モデルの構築」による。事前の検討結果に基づいて、最大日降雨量と最大 1 時間降雨量の確率降雨量マップの作成における許容誤差を 0.2 とした。再現期間は 100 年で一定とした。

5. 確率降雨量マップ

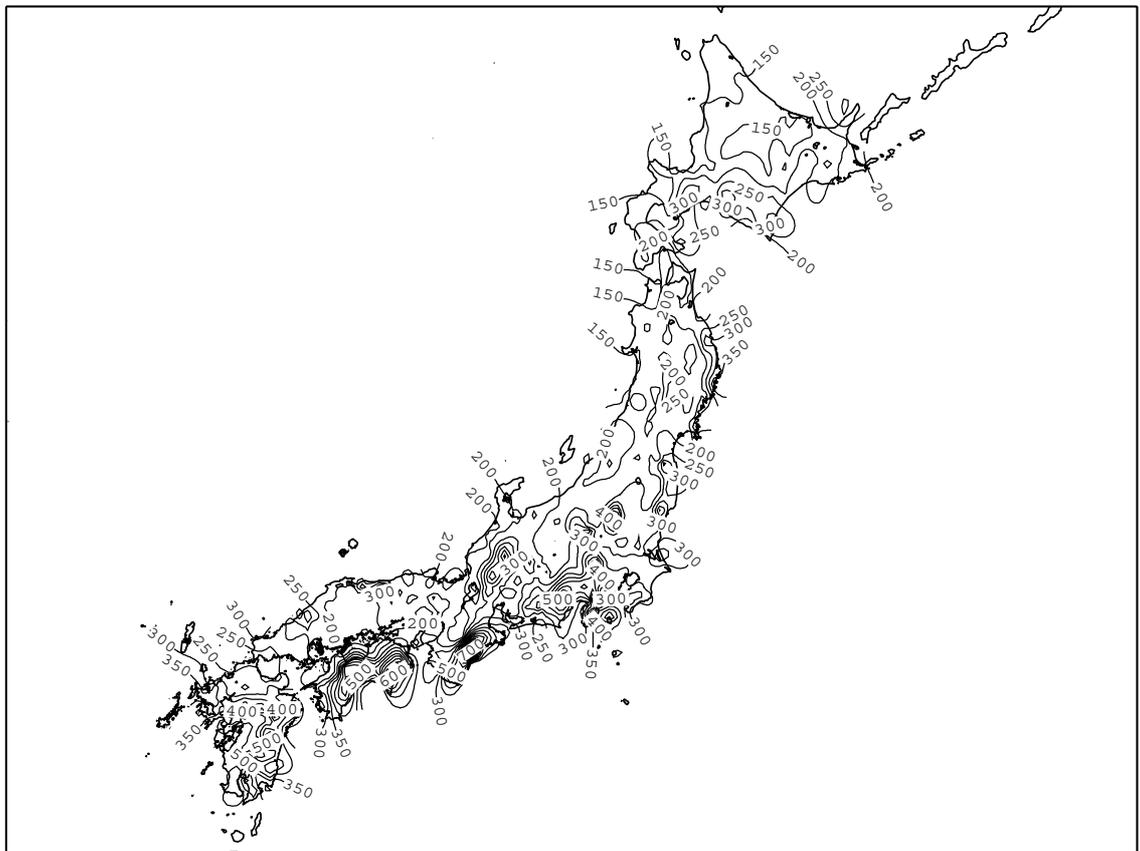
参図 3 に年最大日降雨量の確率降雨量マップ作成のために選定された地域気象観測所（1088 箇所）を示す。参図 4 から参図 8 に再現期間 100 年における各地域における年最大日降雨量の確率降雨量マップを示す。同図には、選定された地域気象観測所も同時に記載した。また、参図 9 に年最大 1 時間降雨量の確率降雨量マップ作成のために選定された地域気象観測所（1098 箇所）を示す。参図 10 から参図 14 に再現期間 100 年における各地域における年最大 1 時間降雨量の確率降雨量マップを示す。

参考文献

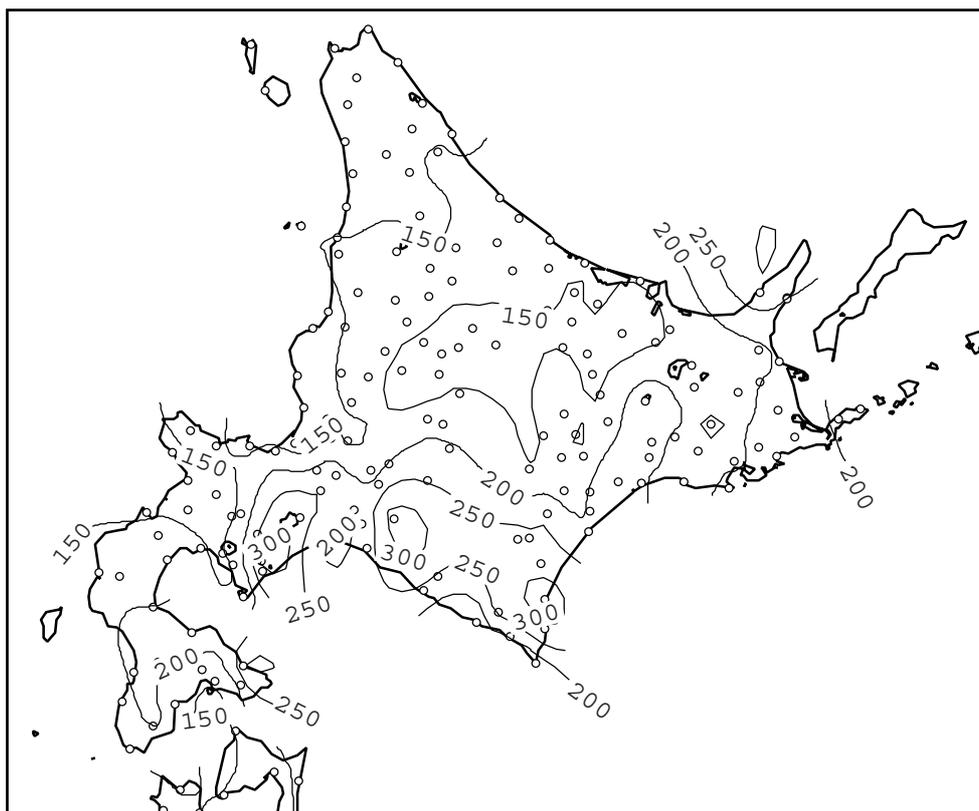
- 1) 気象庁：気象庁年報，（財）気象業務支援センター，1961-2003.
- 2) 気象庁：アメダス再統計値，（財）気象業務支援センター，1976-2004.
- 3) 水文・水資源学会：水文・水資源ハンドブック，朝倉書店，1997.
- 4) Hosking, J. R.: L-Moments; Analysis and estimation statistics. Journal of Royal Statistics Society, B, 52, 2, pp.105-124.
- 5) 宝馨，高棹琢馬：水文頻度解析における確率分布モデルの評価規準，土木学会論文集，No.393/II-9, pp.151-160, 1988.



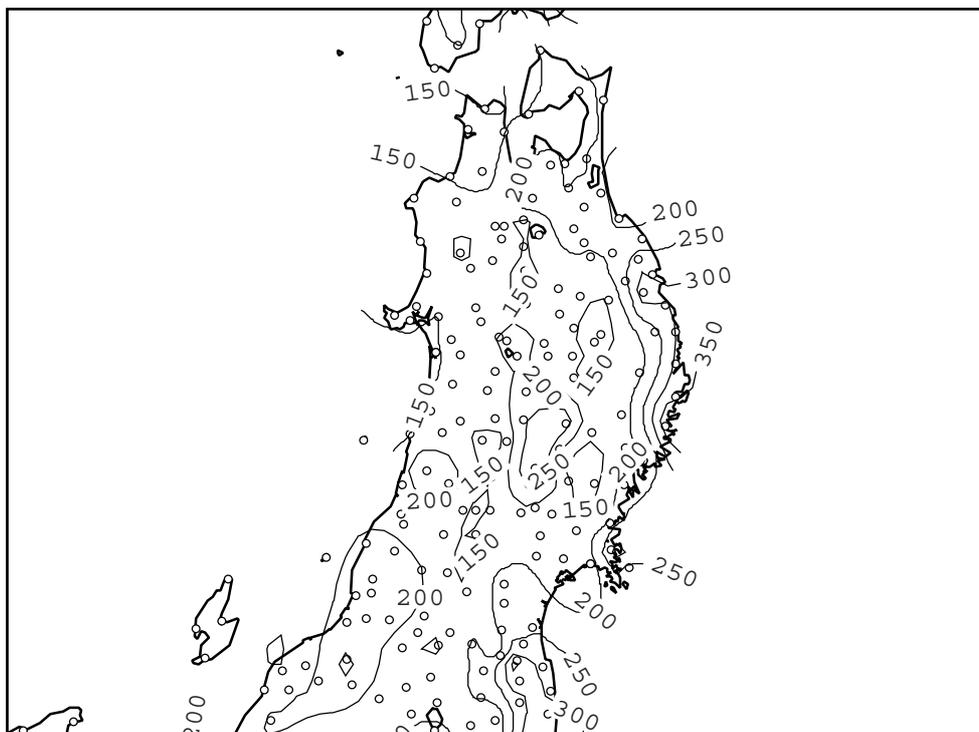
参图 3 最大日降雨量の確率降雨量マップ作成のために選定された地域気象観測所 (1088 箇所)



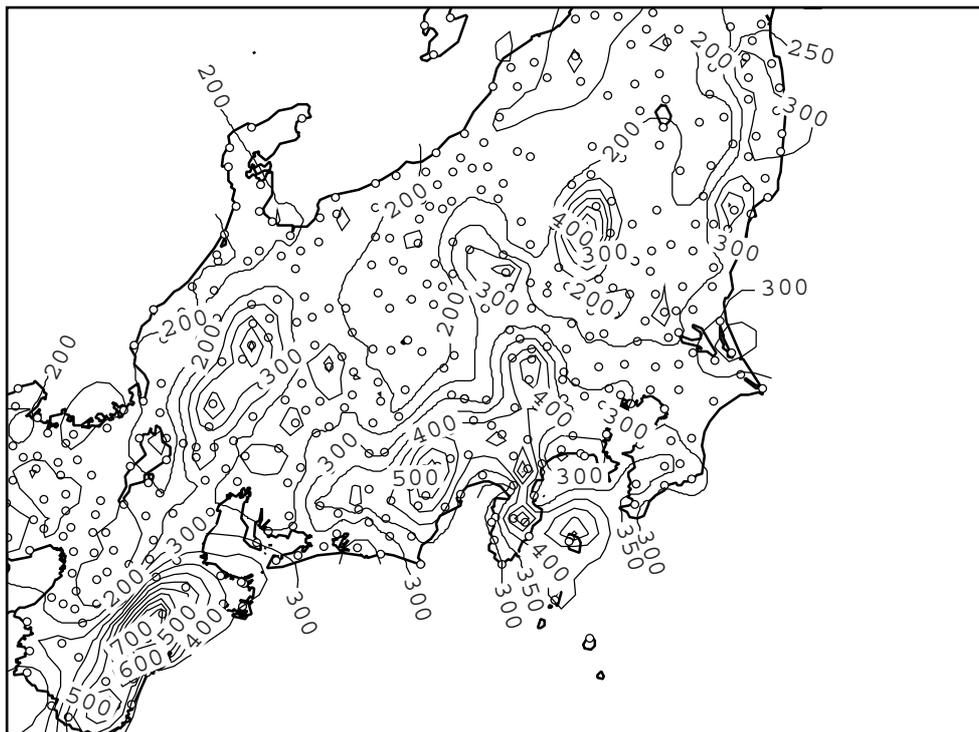
参图 4 100年確率日降雨量マップ (単位 mm/day)



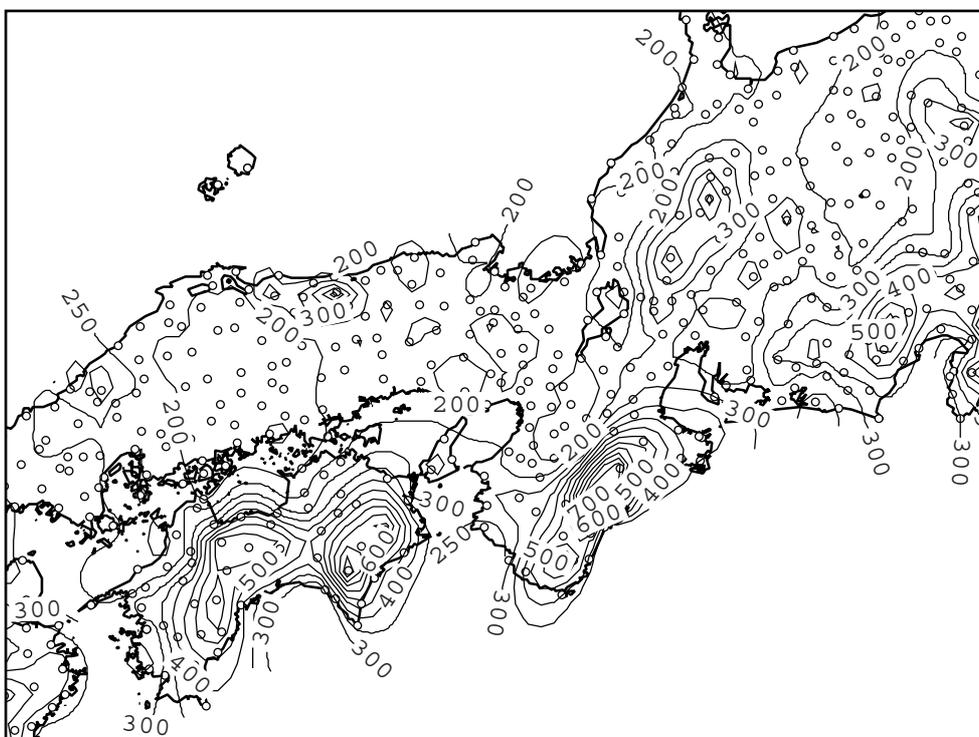
参图 5 100年確率日降雨量マップ (単位 mm/day)



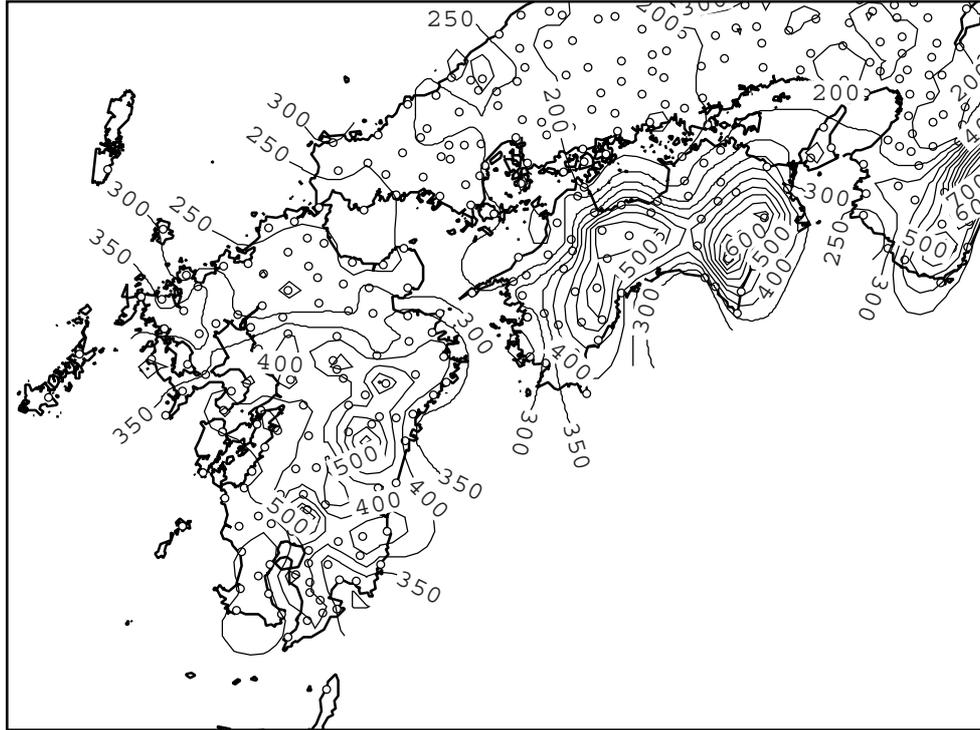
参图 6 100年確率日降雨量マップ (単位 mm/day)



参図7 100年確率日降雨量マップ (単位 mm/day)



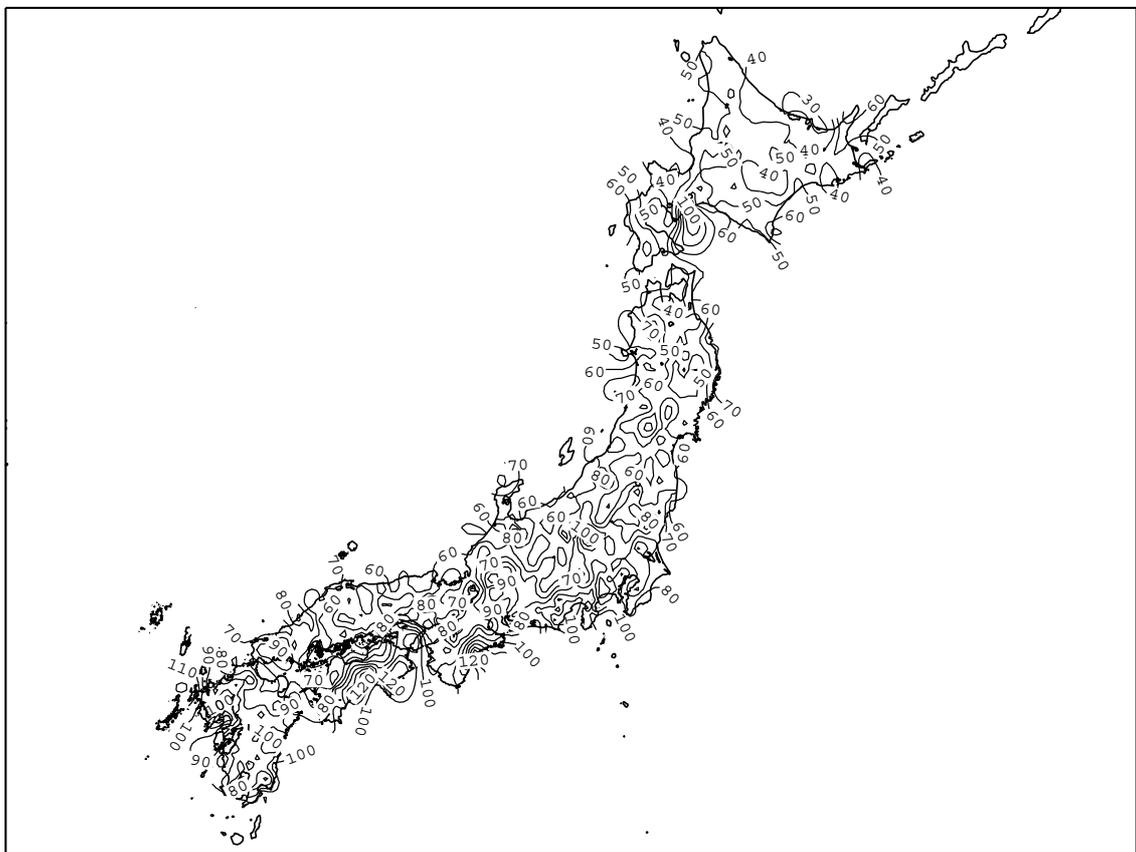
参図8 100年確率日降雨量マップ (単位 mm/day)



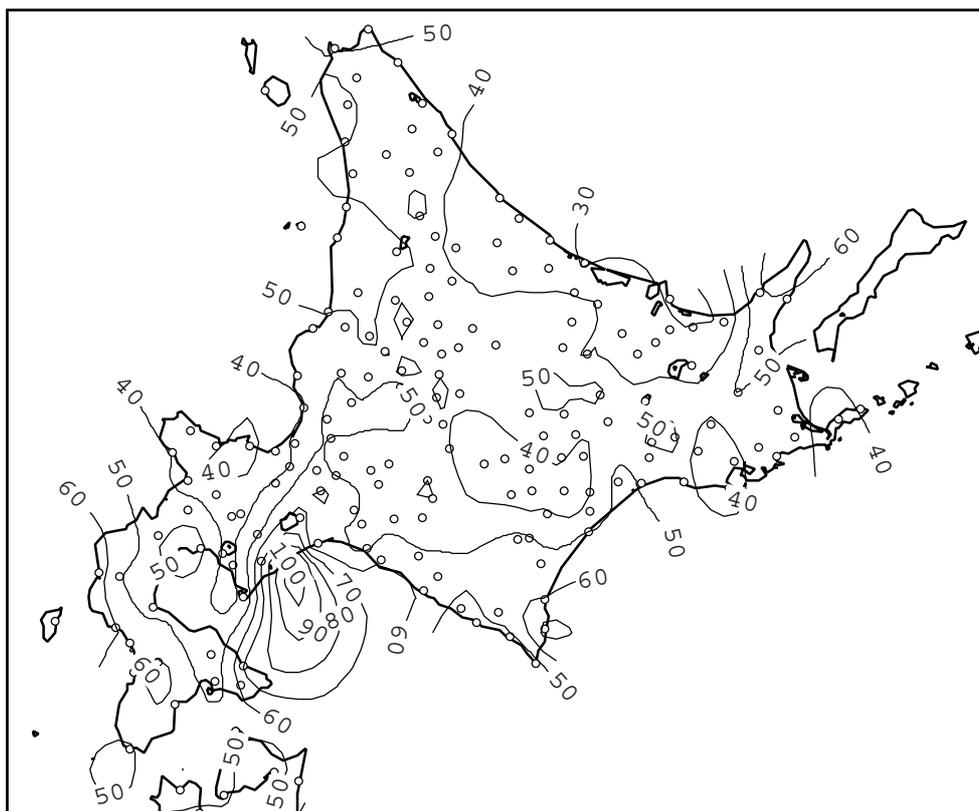
参図9 100年確率日降雨量マップ (単位 mm/day)



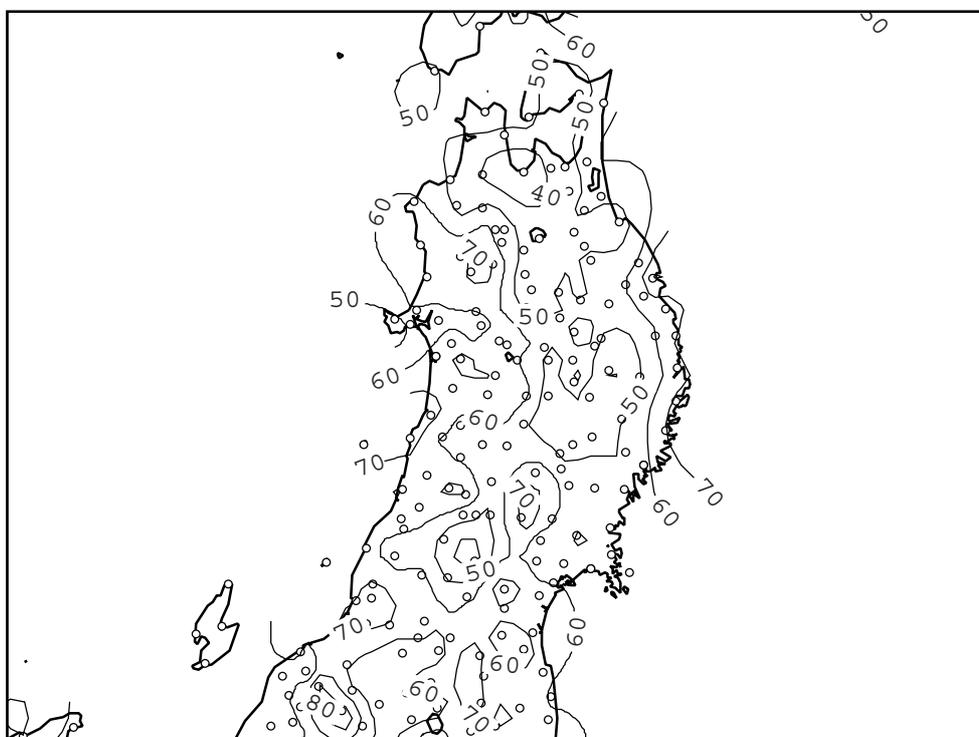
参図 10 最大 1 時間降雨量の確率降雨量マップ作成のために選定された地域気象観測所
(1098 箇所)



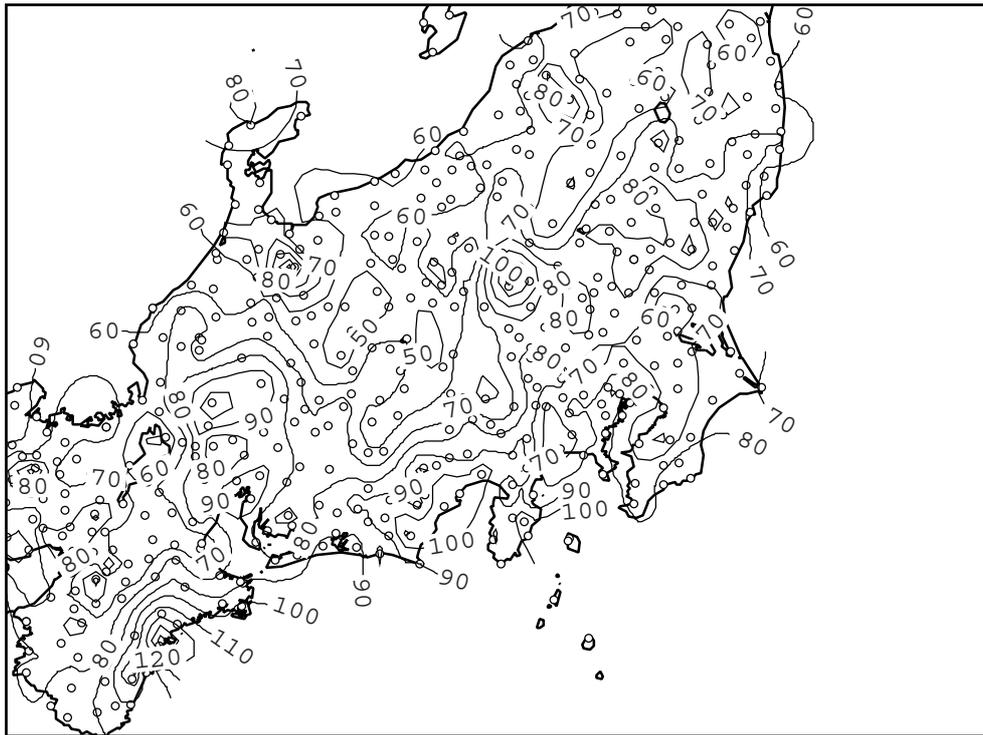
参図 11 100 年確率 1 時間降雨量マップ (単位 mm/hour)



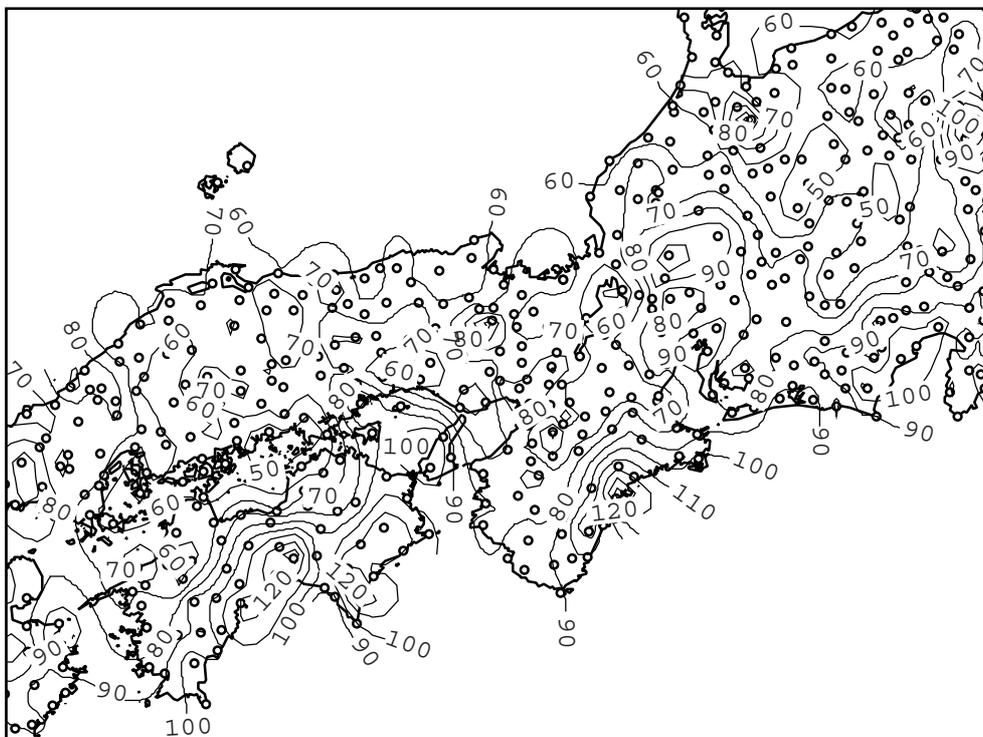
参図 12 100年確率1時間降雨量マップ (単位 mm/hour)



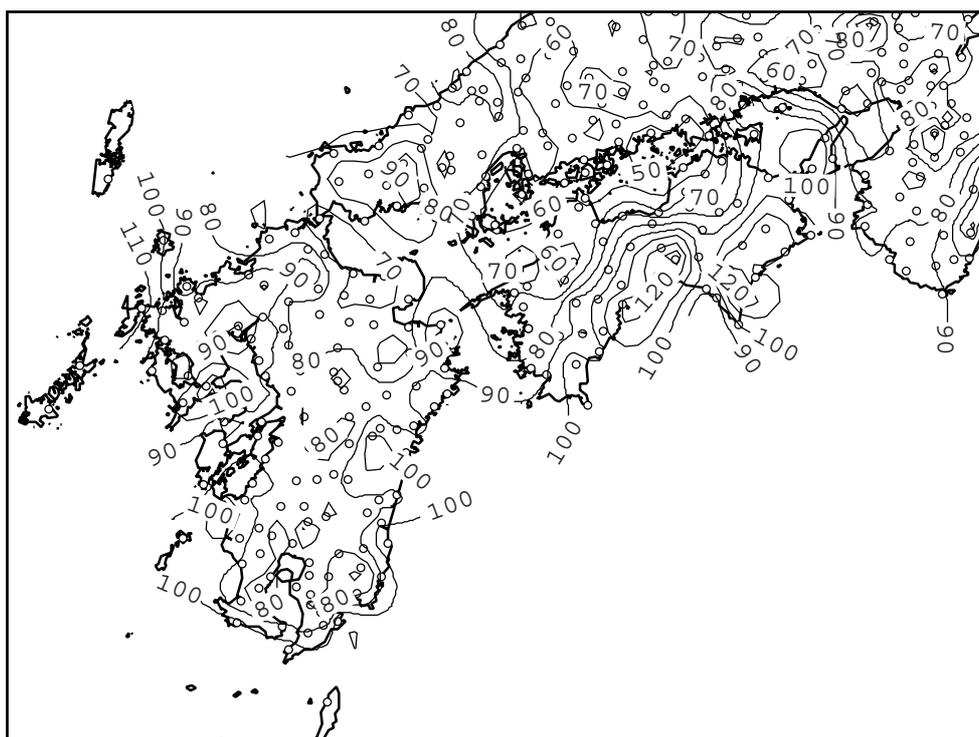
参図 13 100年確率1時間降雨量マップ (単位 mm/hour)



参図 14 100年確率1時間降雨量マップ (単位 mm/hour)



参図 15 100年確率1時間降雨量マップ (単位 mm/hour)



参図 16 100 年確率 1 時間降雨量マップ (単位 mm/hour)