

# モンゴル国ヘルレン川の水文レジムと空間変動性

長岡技術科学大学 陸 旻皎・上米良 秀行

## 1 概要

モンゴル国北東部の半乾燥域を流下するヘルレン川を対象に流域水収支解析と河川流量の再現数値実験を行った。3つの水文観測所を基準として、流域を上流・中流・下流の3つの部分流域に分割した。この3つの部分流域について1993年から2003年の11年間の年々の5か月(5月から9月)積算水量を求めた。その結果、正味の河川流量は中流・下流の2つの部分流域ではほとんど零であった。これは、中流・下流の2つの部分流域で発生した流出量は、部分流域の河川流量の増加には寄与しないことを意味し、上流部分流域がこの河川の水源であることを示唆している。このことを確認するために、分布型水文モデルを用いた河川流量の再現数値実験を2種類設計した。ひとつは標準実験と呼ばれ、流域水は忠実に追跡され、任意地点の河川流量が得られる。もうひとつは強制実験と呼ばれ、ある地点から下流では河道への流入は与えられない。これらの実験を先の11年間について実施した結果、強制実験の結果は観測された河川流量を良く再現した。これはある年に限定されることではなく11年間について言及される。この結果から2つの可能性が示唆された。ひとつは、この流域の中流・下流では本流河道への流入はなく、部分流域に降った雨はすべて蒸発すると考えられる。あるいは、中流・下流で発生し河道に流入する流出量は、すべて河道からの水面蒸発か地下水の涵養として消費されとも考えられる。また、本研究において構築された分布型水文モデルの入力として、領域気候モデルで導出された現在気象場を与えた河川流量の再現数値実験を行った。今後、将来気象場についても同様の数値実験を実施する。

## 2 観測資料を用いた流域水収支解析

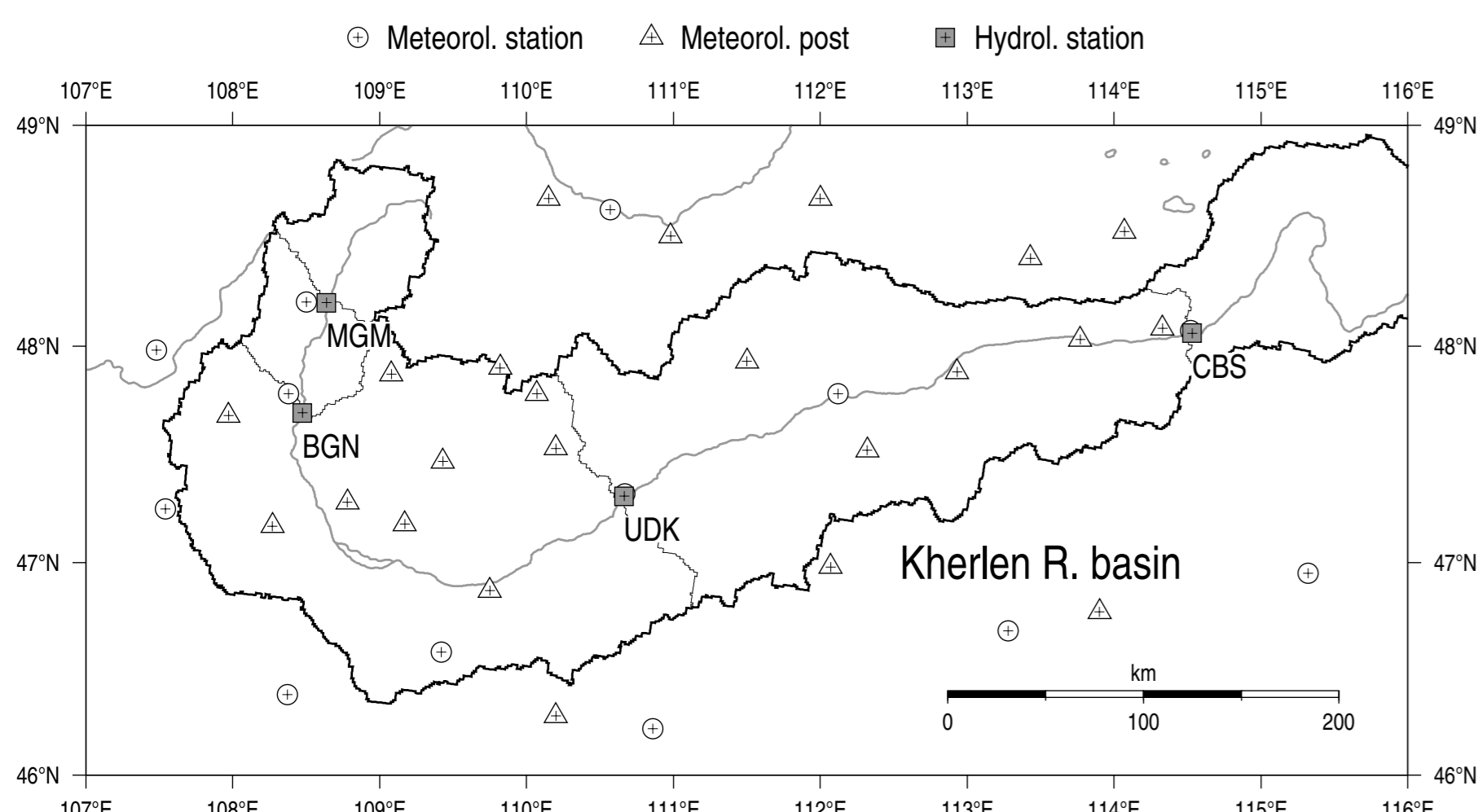


図1: ヘルレン川流域と気象・水文観測網。モンゴル国自然環境省の外局、気象水文環境気象水文研究所より貴重な観測資料の提供を受けた。

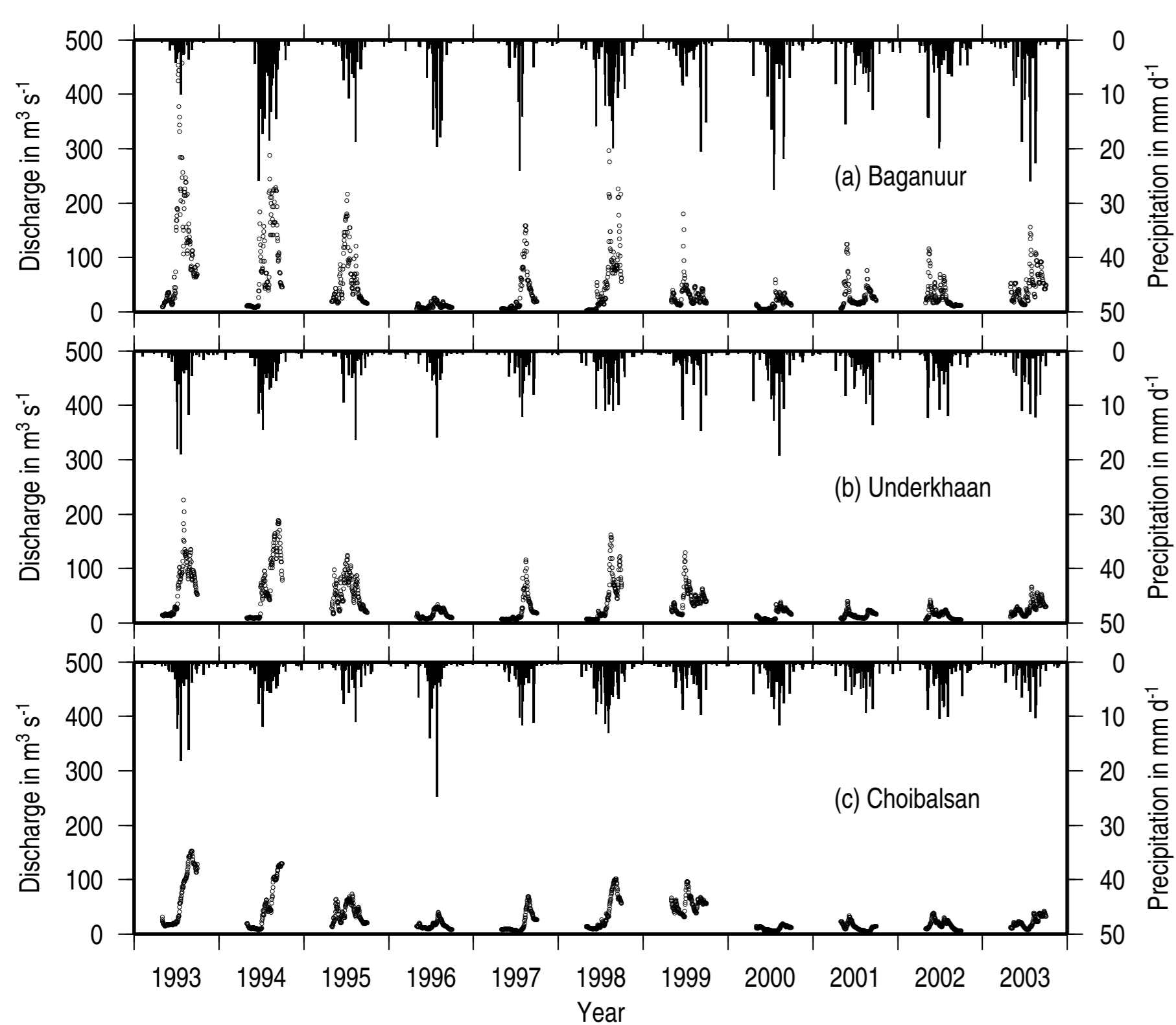


図2: ヘルレン川流域の3つの水文観測所における日単位の集水域平均降水量と河川流量の経時変化。河川が結氷するため暖候期(5月から9月)の河川水位・流量資料を利用した。

### 部分流域の水収支

流域を3つの部分流域に分割し、部分流域についてつぎの水収支式を適用した:

$$\Delta S = P - E - Q_N, \quad (1)$$

$$Q_N = Q_O - Q_I, \quad (2)$$

ここに、 $\Delta S$ は貯留量  $S$  の変化量、 $P$ は降水量、 $E$ は蒸発量、 $Q_N$ は正味の河川流量(比流量)。また、 $Q_I$ は上流からの流入量、 $Q_O$ は下流への流出量。

### 斜面域・河道域の水収支

部分流域を斜面域(hillslopes)と河道域(river system)に分けて、つぎの水収支式を適用した:

$$\Delta S_H = P - E_H - R_H + R_R \frac{A_R}{A_H}, \quad (3)$$

$$\Delta S_R = P - E_R - R_R + R_H \frac{A_H}{A_R} - Q_N \frac{A_R + A_H}{A_R}, \quad (4)$$

ここに、添え字  $H$  と  $R$  はそれぞれ、斜面域と河道域を意味する。 $\Delta S$ は貯留量  $S$  の変化量、 $A$ は面積、 $E_H$ は斜面域からの蒸発量、 $E_R$ は河道域からの水面蒸発量、 $R_H$ は斜面域から流出し河道域に流入する水量、 $R_R$ は河道域から浸出し斜面域に涵養される水量。

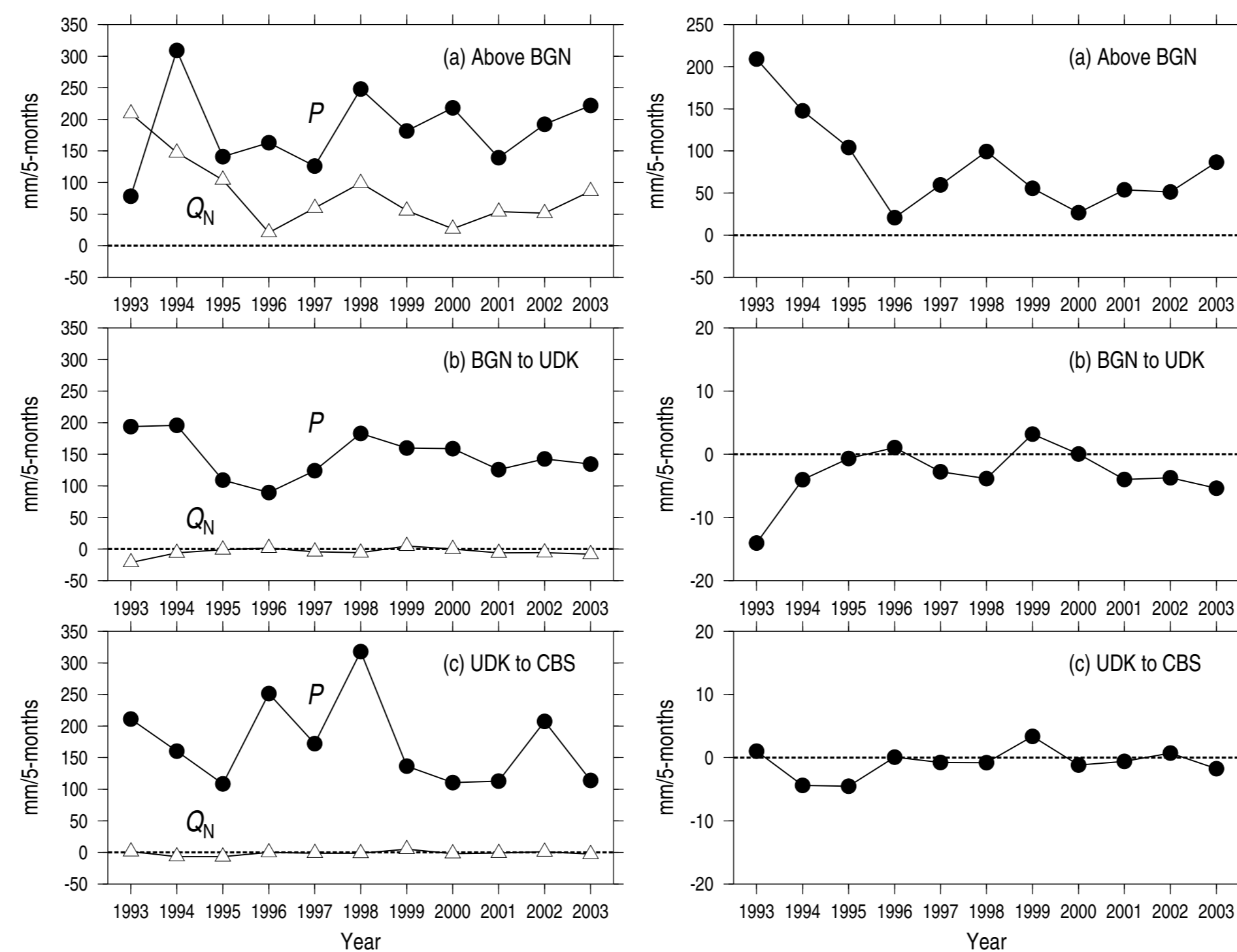


図3: 5か月積算降水量の年々変化。左図: 集水域平均降水量  $P$  と正味の河川流量(比流量)  $Q_N$  の年々変化。右図: 斜面域から河道域への正味の流入量  $R_H - R_R(A_R/A_H)$  の年々変化。

## 3 分布型水文モデルを用いた河川流量の再現数値実験

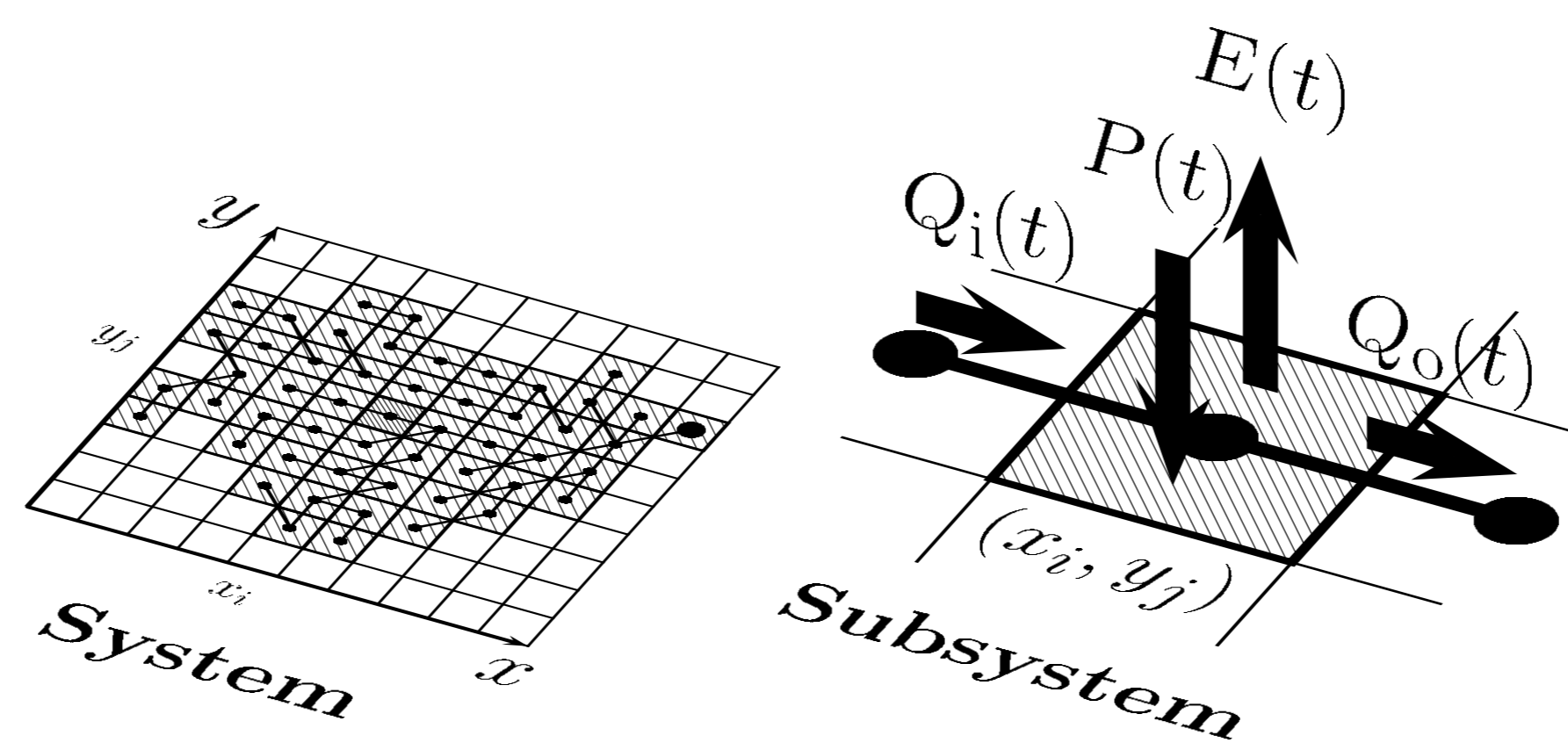


図4: 分布型水文モデルの概念図。流域全体はひとつのシステムとみなされる。流域は格子状に分割され、各格子領域は部分流域とみなされる。各部分流域はサブシステムとして機能する。

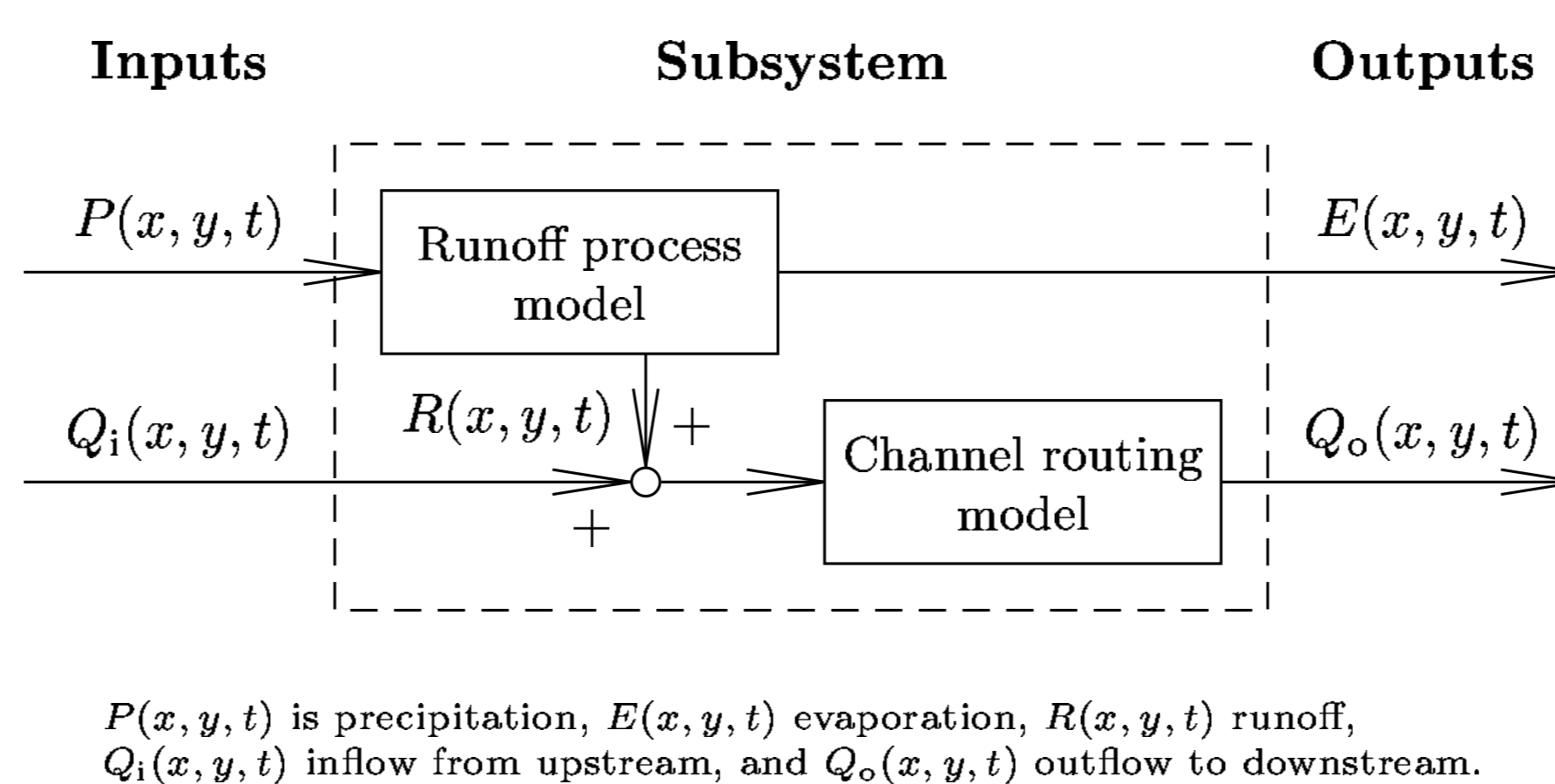


図5: 分布型水文モデルの部分流域におけるサブシステムブロック線図。サブシステムは、流出過程モデルと河道追跡モデルから構成される。流出過程モデルには単純化された新安江モデルを、河道追跡モデルには kinematic wave モデルを適用した。

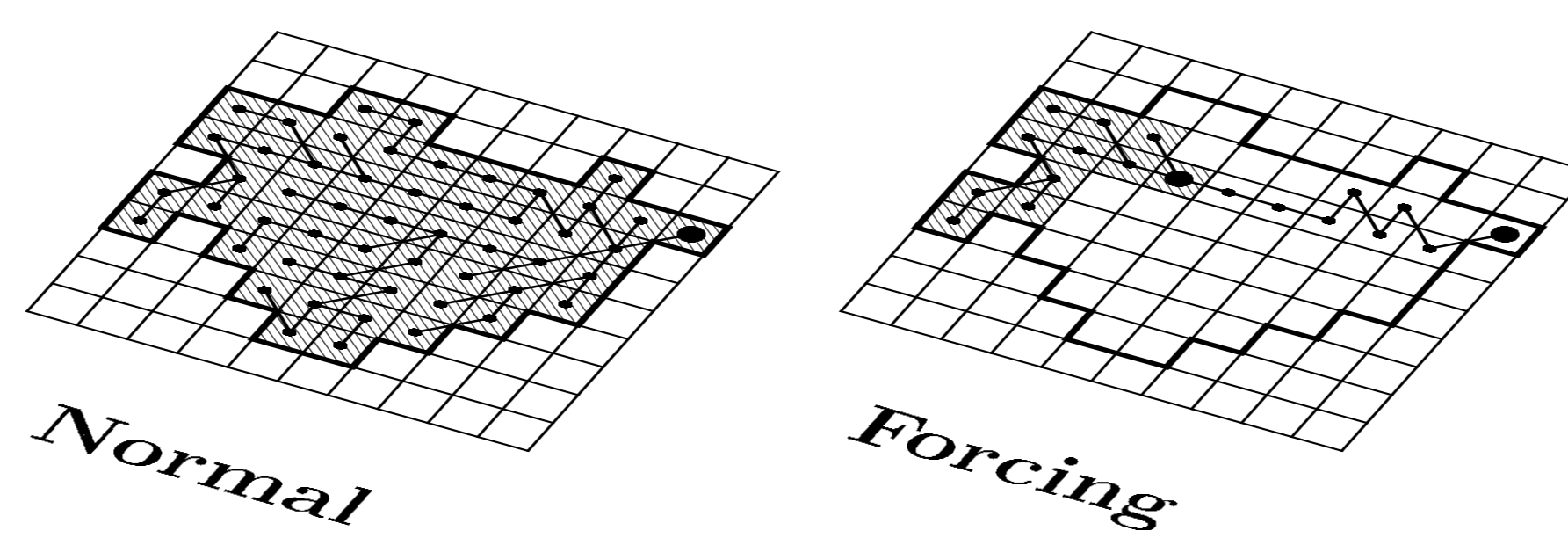


図6: 2種類の数値実験。入力、地上気象観測所の日単位観測資料を用いて導出された Thiessen 多角形型の気象場。標準実験(Normal)では、流域水を忠実に追跡し、任意地点の河川流量を求める。強制実験(Forcing)では、ある地点から下流では河道への流入を与えないで河道追跡し、任意地点の河川流量を求める。

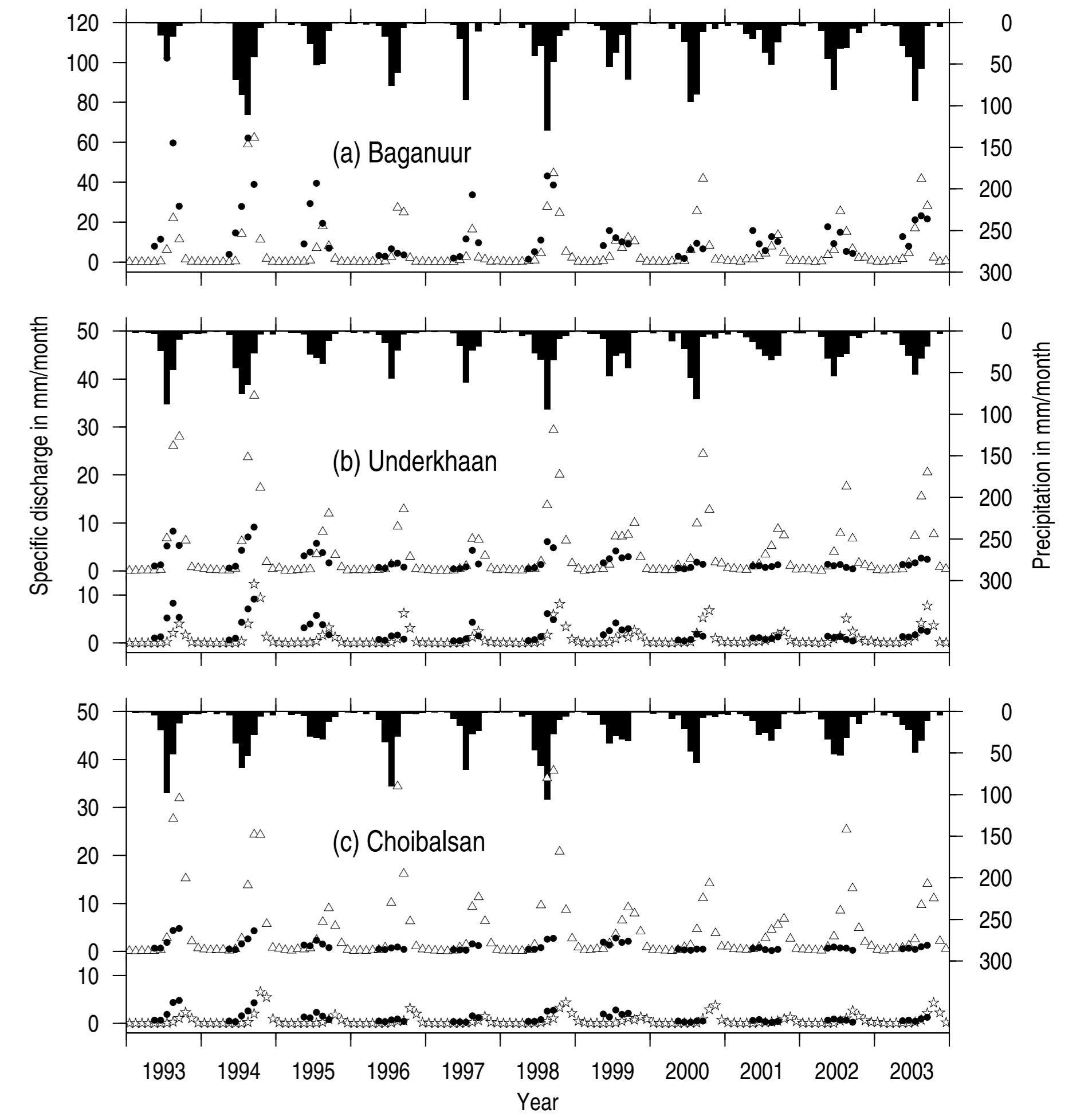


図7: 数値実験の結果。3つの水文観測所における月単位の集水域平均降水量と河川流量(比流量)の経時変化。黒丸は観測された河川流量、白三角は標準実験で得られた河川流量、白星は強制実験で得られた河川流量。強制実験の結果は、観測された河川流量を良く再現している。

## 4 領域気候モデルで導出された気象場を与えた河川流量の再現・予測数値実験

### 気象場の型

- A型 地上気象観測所の日単位観測資料を用いて導出された Thiessen 多角形型の気象場
- B型 現在気候場を力学的ダウンスケーリングした格子型の気象場
- C型 将来気候場を力学的ダウンスケーリングした格子型の気象場

力学的ダウンスケーリング: ここでは、大気大循環モデルで導出された気候場を初期条件・境界条件として、筑波大学陸域環境研究センターで開発された領域気候モデル(TERC-RAMS)を用いた2重ネスティング数値実験により、時間的・空間的に微細化された気象場を導出することをさす。

### 実施された数値実験

- A1実験 A型気象場を与えた標準実験
- A2実験 A型気象場を与えた強制実験
- B1実験 B型気象場を与えた標準実験
- B2実験 B型気象場を与えた強制実験

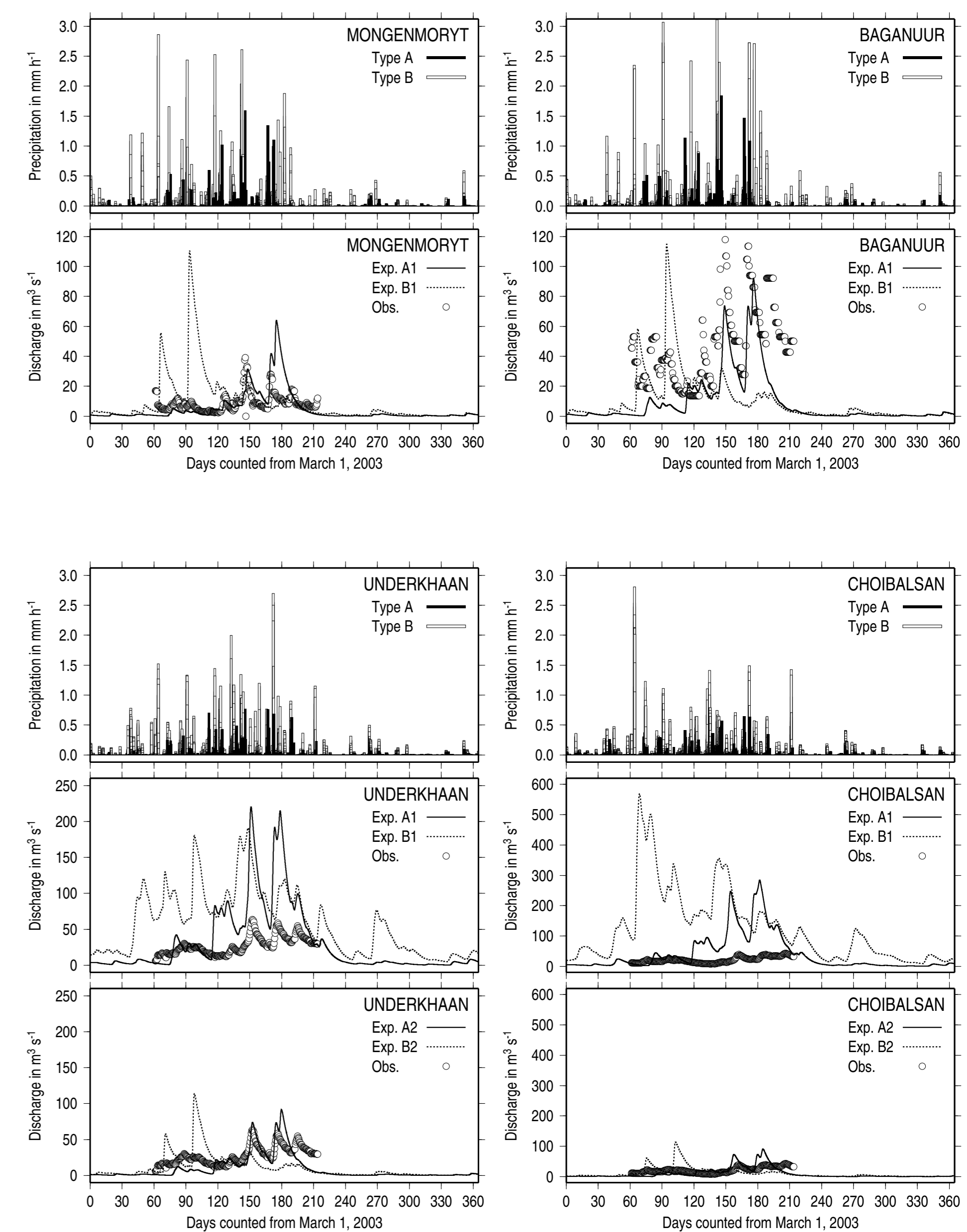


図8: 2003年3月から2004年2月の1年間について実施された数値実験の結果。