

WRF-LETKFを用いたアンサンブル洪水 予測の開発，鬼怒川事例への適用

牛山朋来（土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター）

第9回気象庁数値モデル研究会・第45回メソ気象研究会・第2回観測システム・予測可能性研究連絡会 気象庁 2016年5月17日



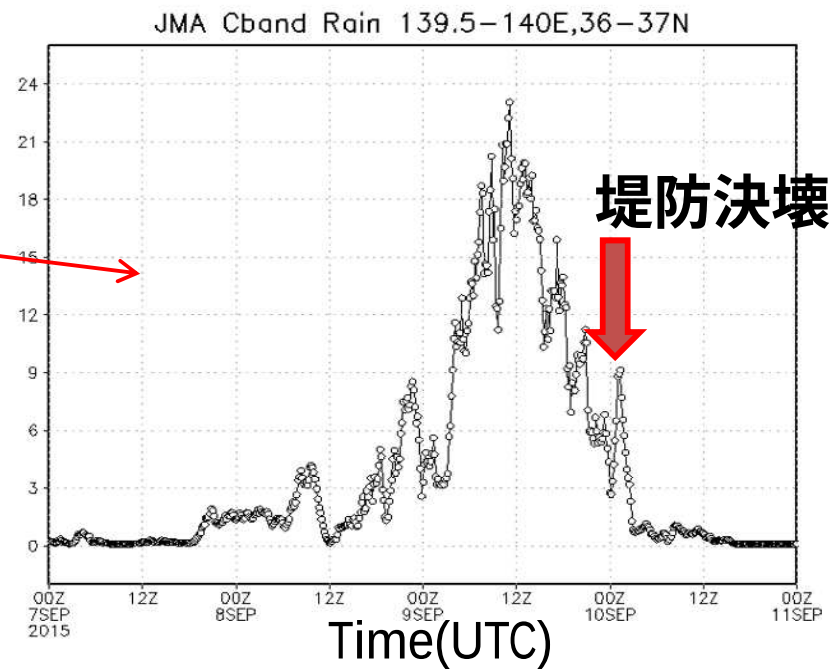
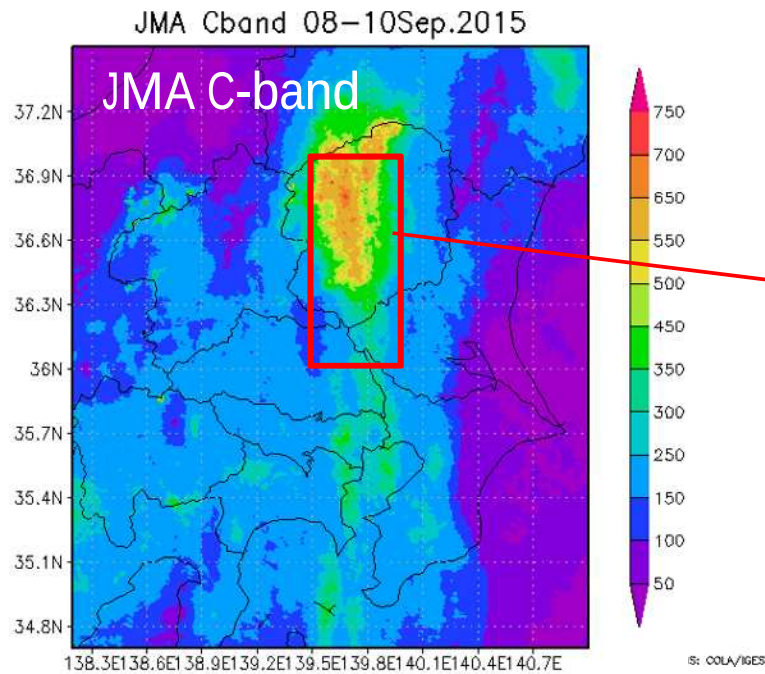
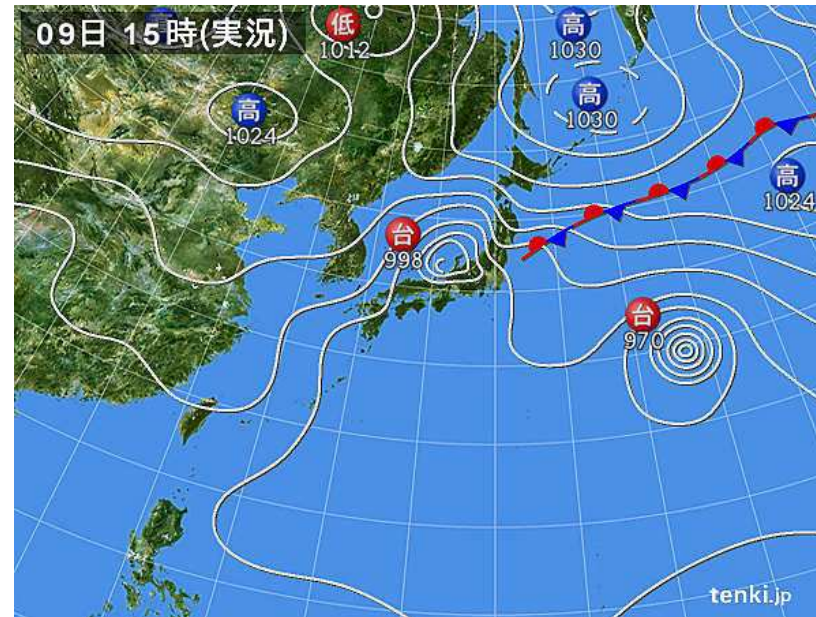
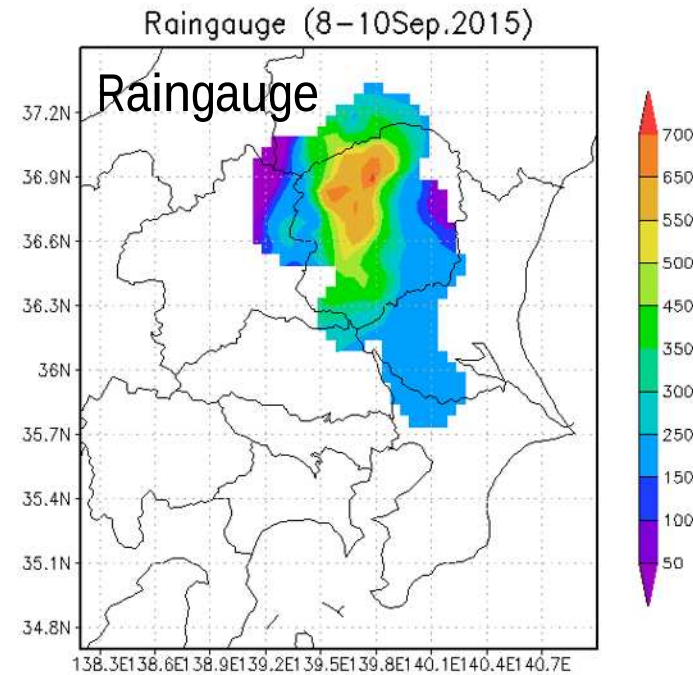
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



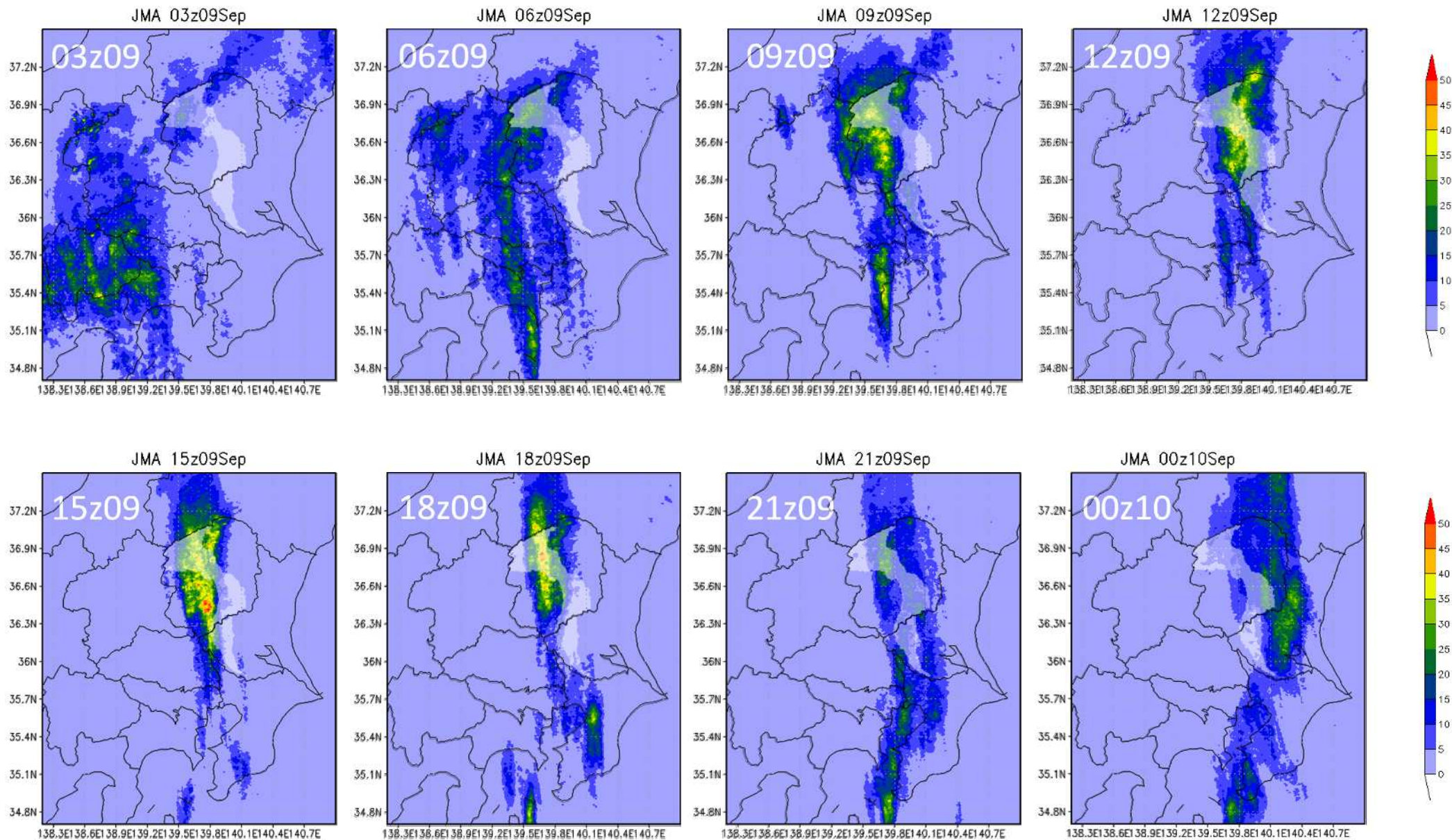
背景

- 数値予報の精度は年々向上、領域モデルによる降水量予報精度も向上
- 欧州では、数値予報による降水量を用いた洪水予測が現業化
- 日本ではまだ行われていない（流域が狭いから、予報精度が不十分？）
- 領域アンサンブル予報は、日本の狭い河川流域の洪水予測にどの程度有効か？
- 2015年9月10日鬼怒川洪水事例に適用

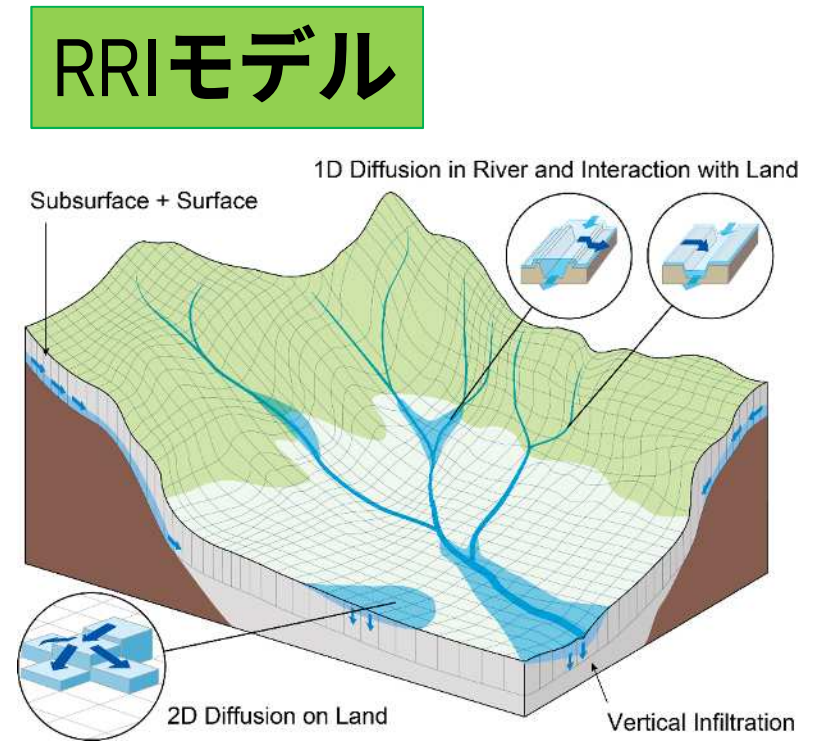
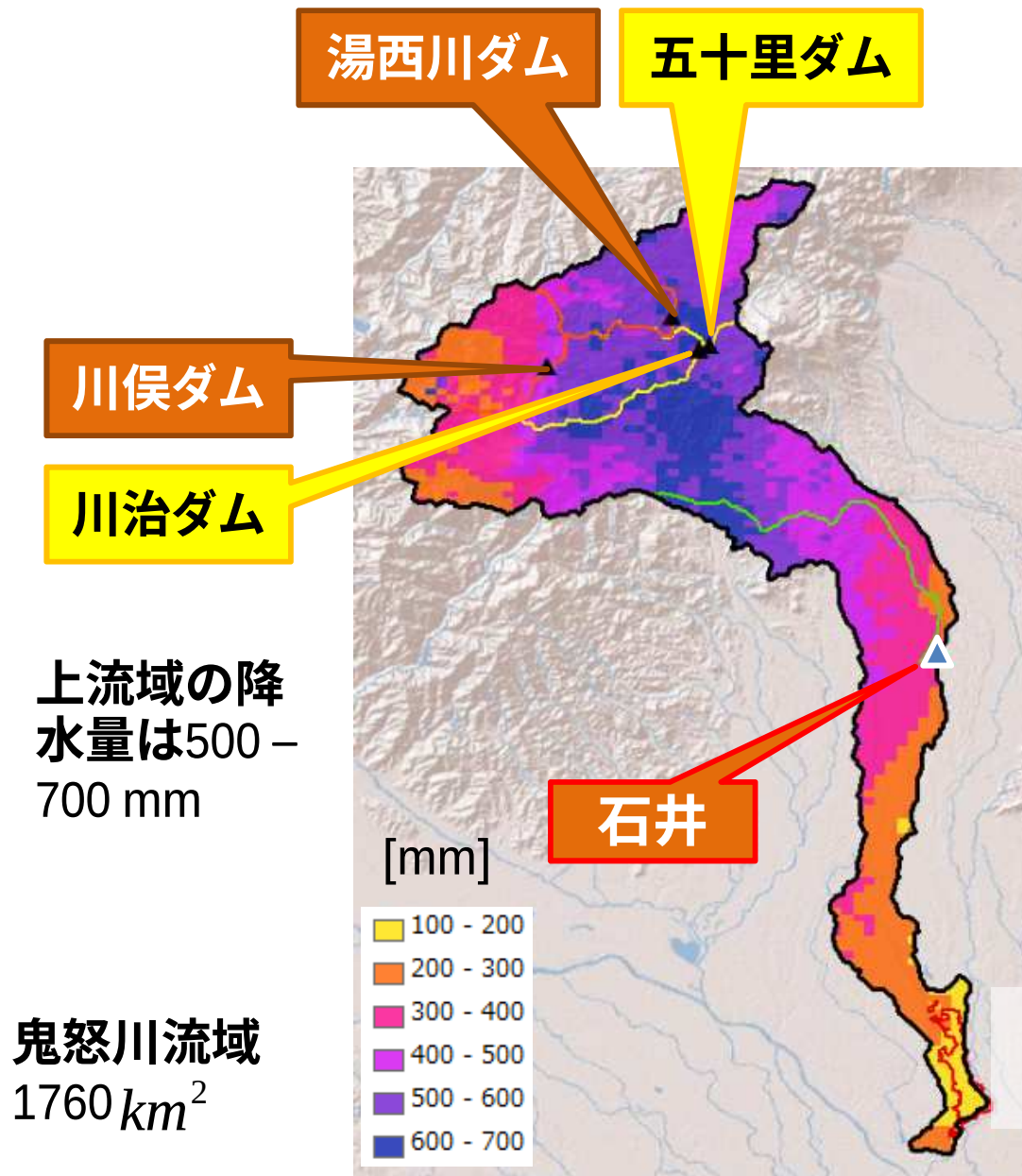
観測降水量2015年9月8日～10日



気象庁全国合成レーダー雨量



鬼怒川流域、降雨流出氾濫 (RRI) モデル



水平解像度: 100m
格子数: 811x1126

常総市の氾濫域における降水量は150 – 200 mm

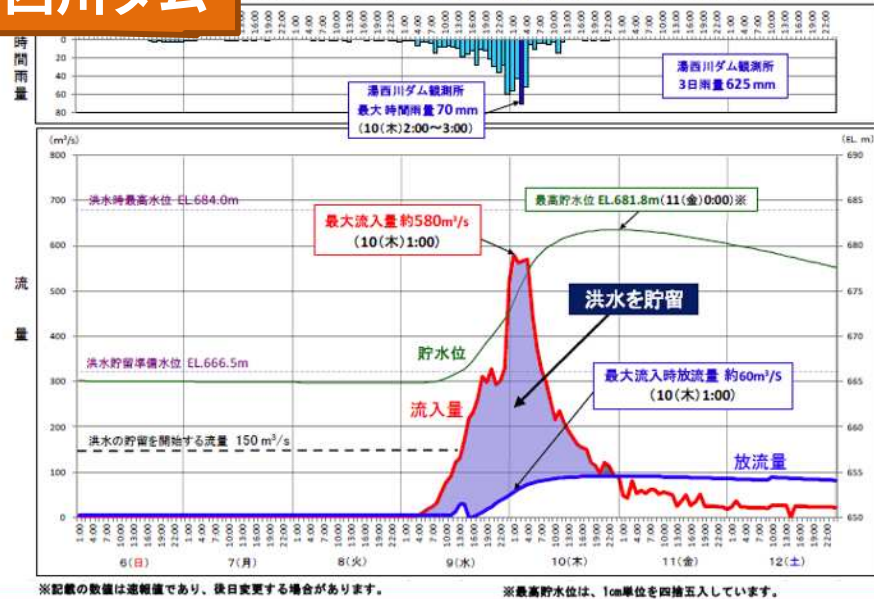
ダムの階層構造



ダム流入量と放出量 (関東地整報告より)

湯西川ダム

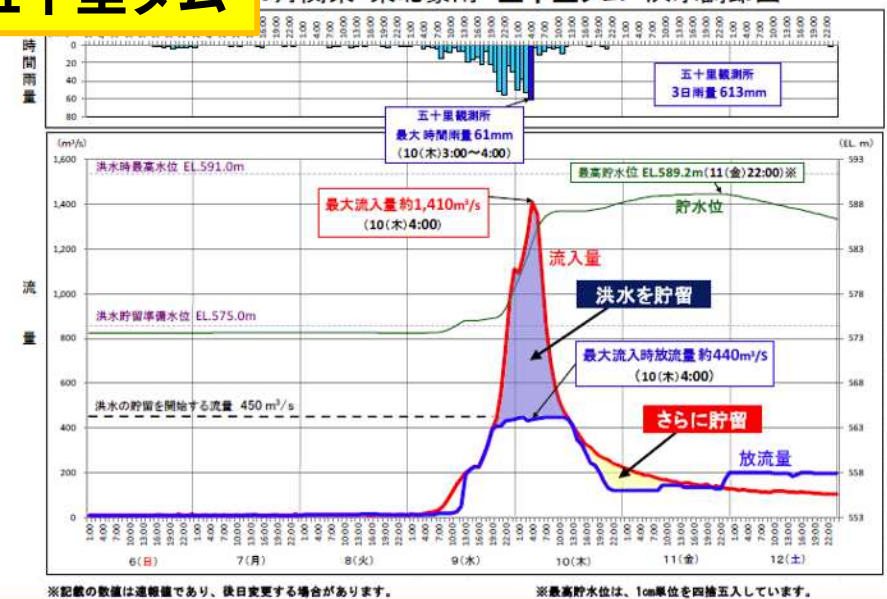
平成27年9月関東・東北豪雨 湯西川ダム 洪水調節図



35

五十里ダム

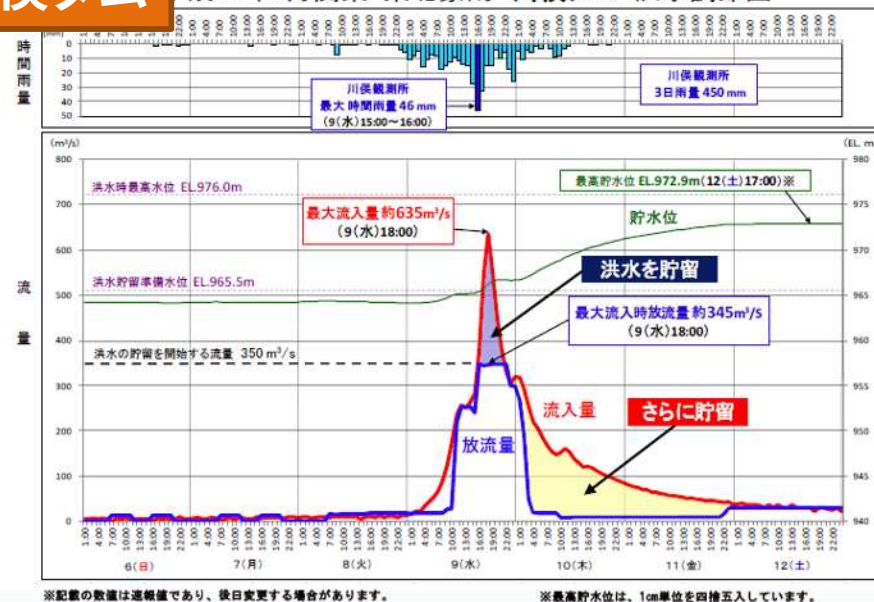
平成27年9月関東・東北豪雨 五十里ダム 洪水調節図



34

川俣ダム

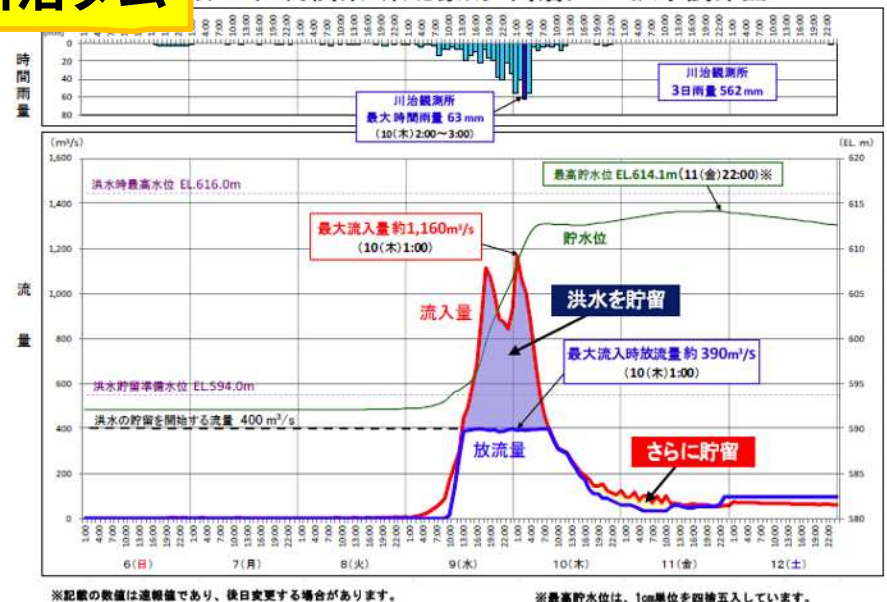
平成27年9月関東・東北豪雨 川俣ダム 洪水調節図



33

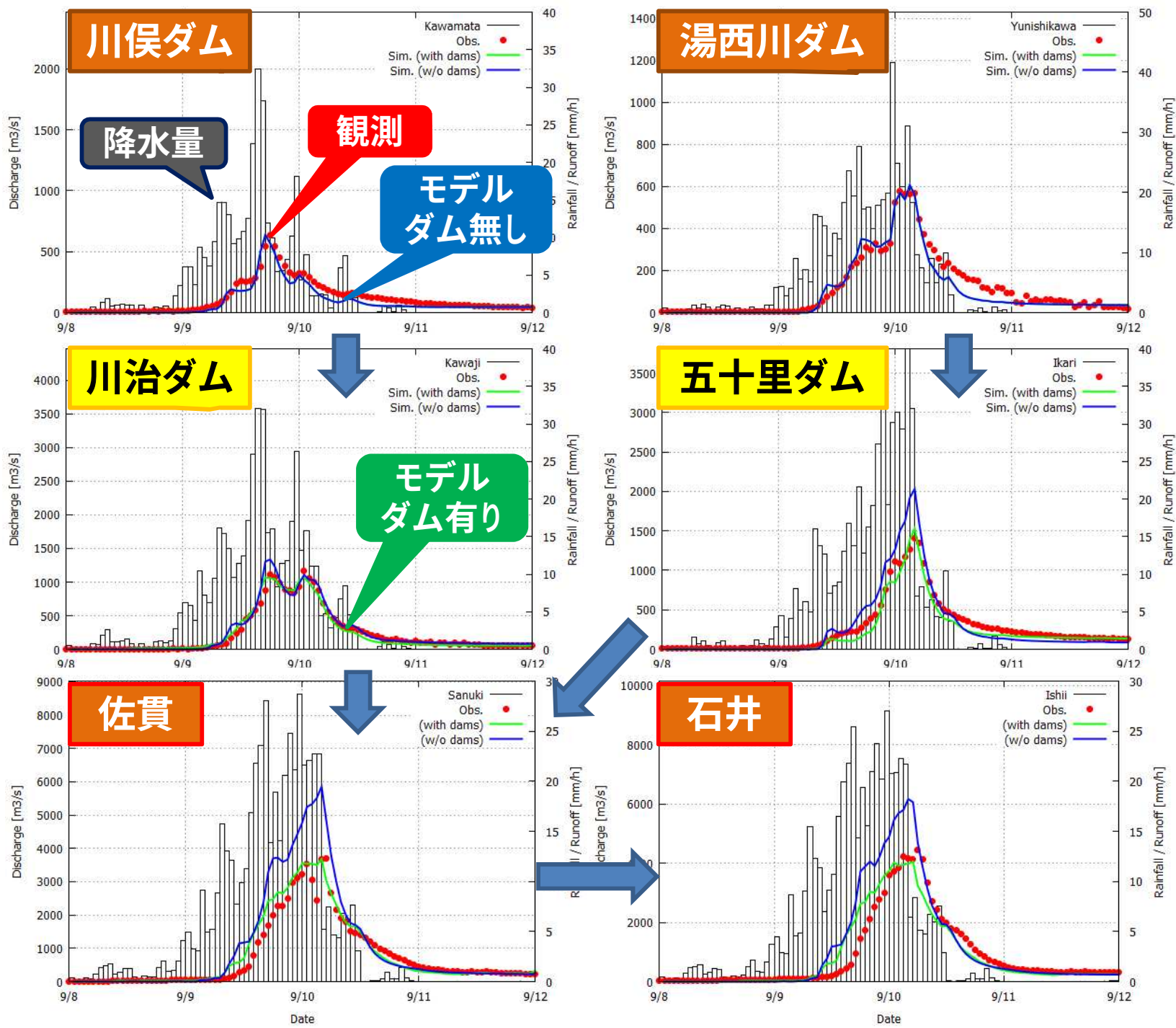
川治ダム

平成27年9月関東・東北豪雨 川治ダム 洪水調節図

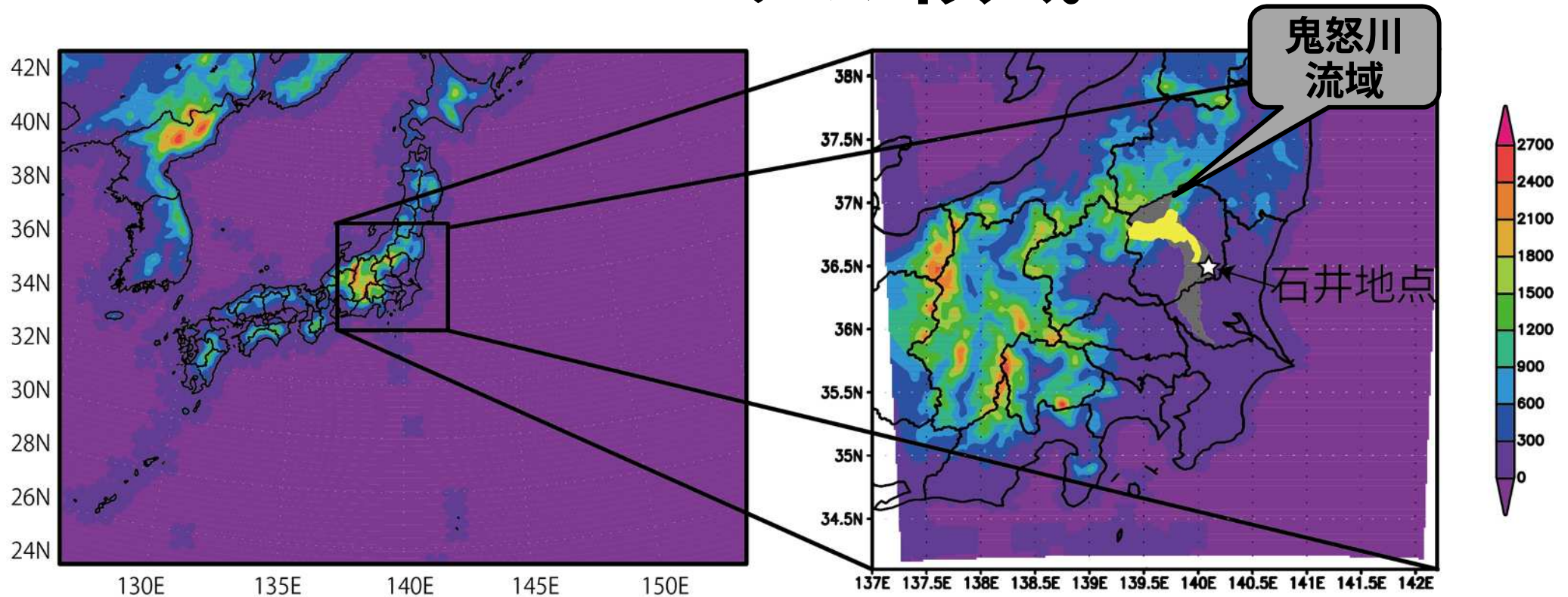


32

雨量計+RRIモデルによる流量



WRFモデル領域



外側領域:

境界条件 GSM

15km間隔, 201x151x40格子
(3000km x 2250km)

WSM3 雲物理

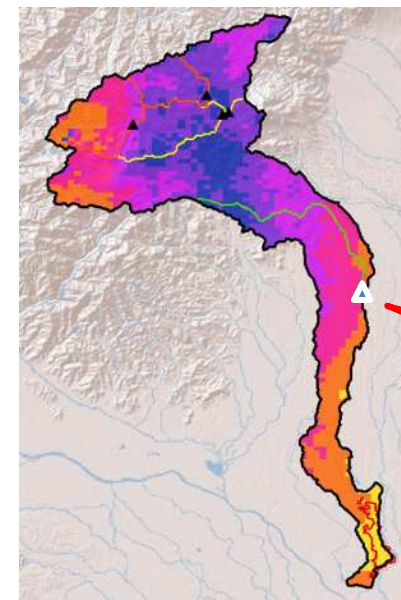
Kain&Fritsch積雲スキーム

内側領域:

3km間隔, 151x151x40 layers
(450km x 450km)

Lin雲物理

積雲スキーム無し

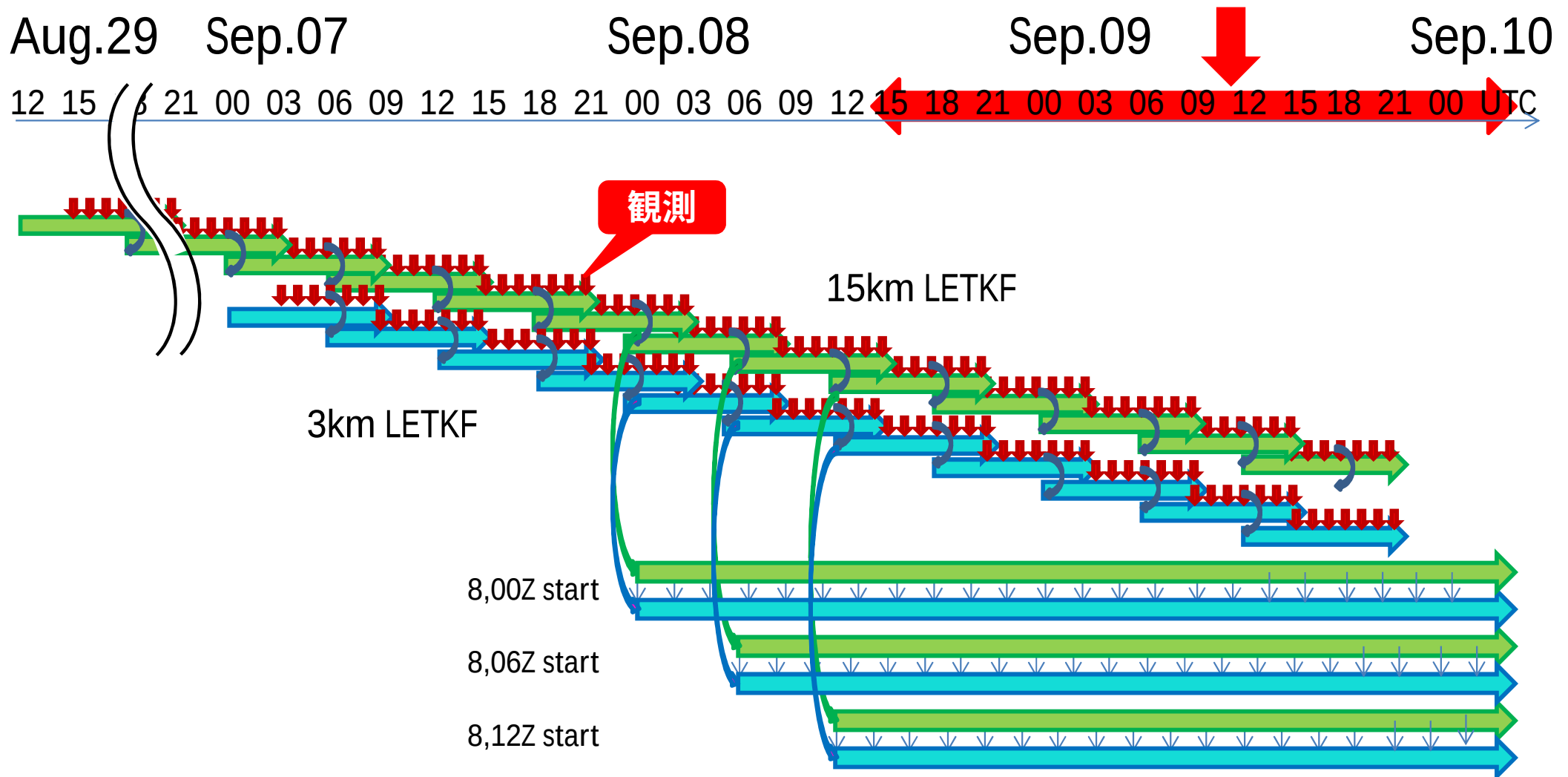


鬼怒川流域 1760 km^2

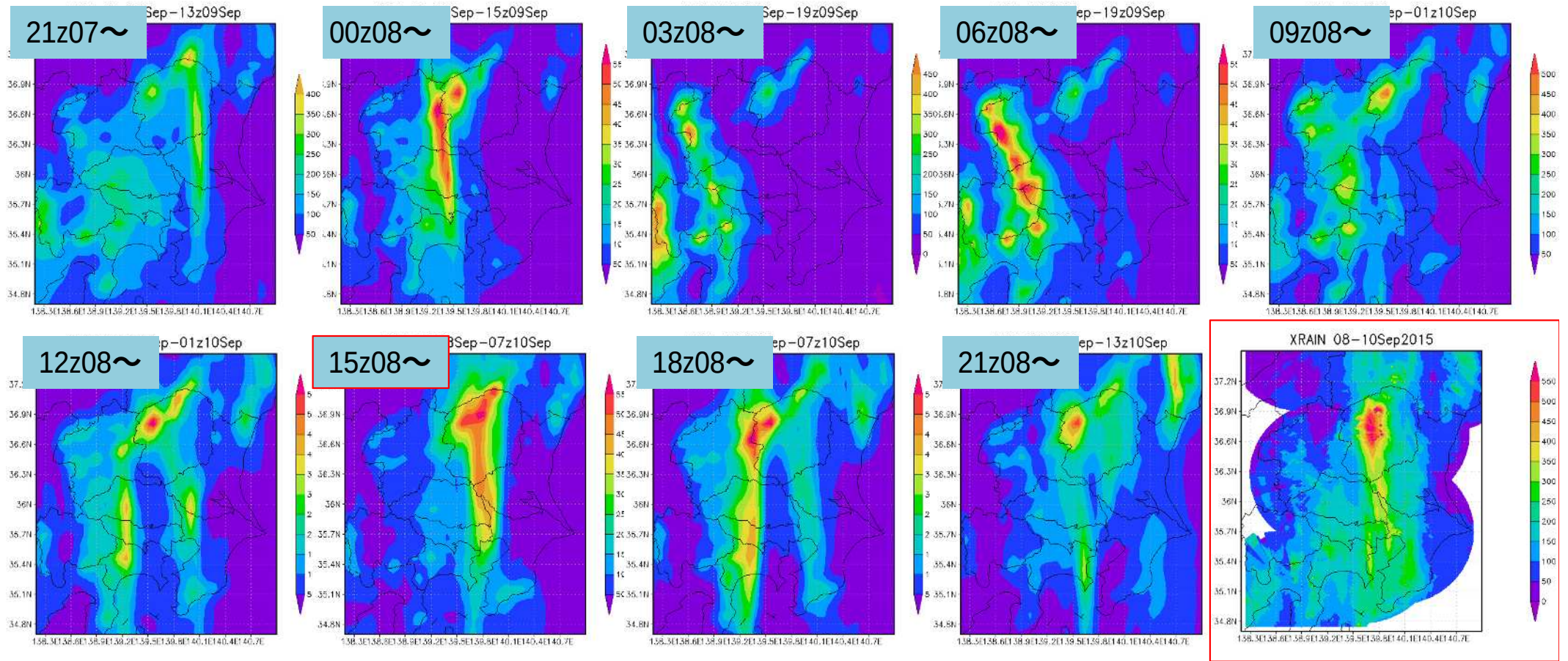
石井

WRF-LETKF解析(Miyoshi and Kunii 2012)

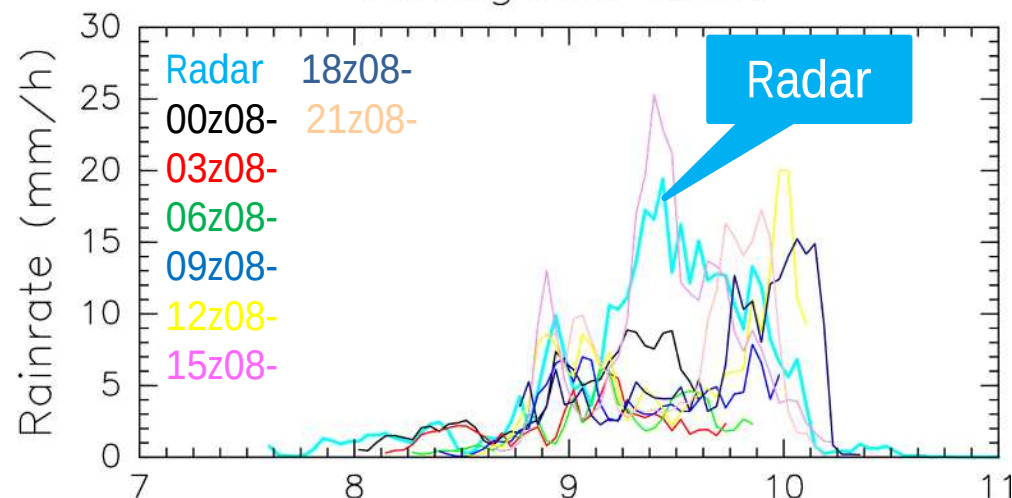
- 側面境界摂動: 気象庁週間アンサンブルをダウンスケーリングして作成
- 同化データ (15kmLETKF) : PREPBUFR(U, V, T, Q, PS)
- 同化データ (3kmLETKF) : PREPBUFR(U, V, T, Q, PS) + AMeDAS(T, U, V, RH)+GPS PWV
- 21member



MSM予報降水量(積算値)

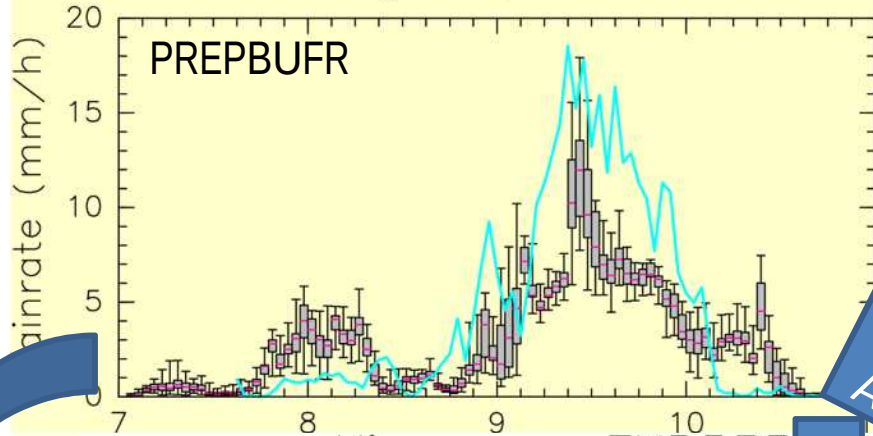


Kinugawa MSM



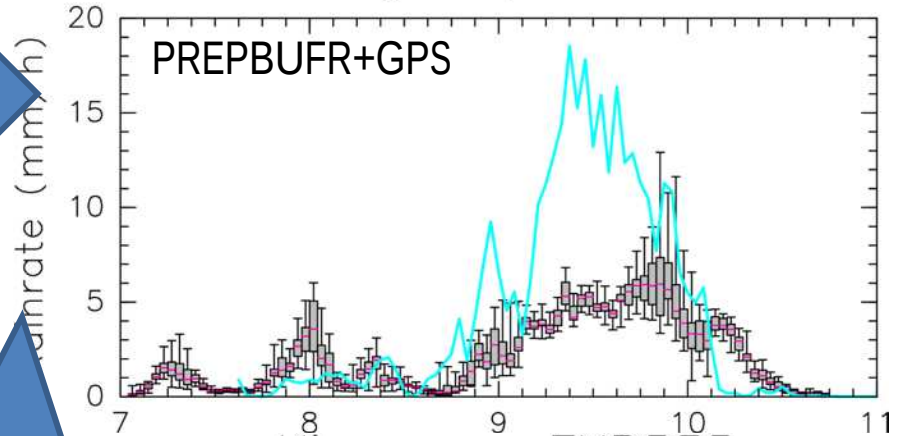
流域平均降水量 LETKF解析値15km/3km

Kinugawa, EXP530



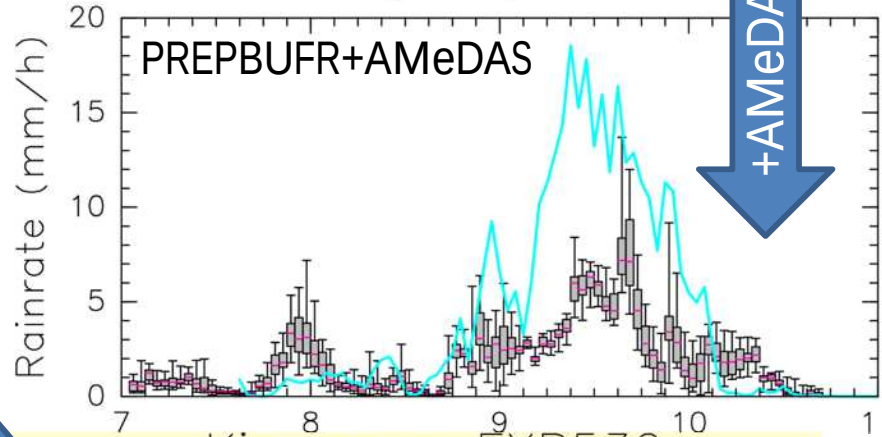
+GPS

Kinugawa, EXP534



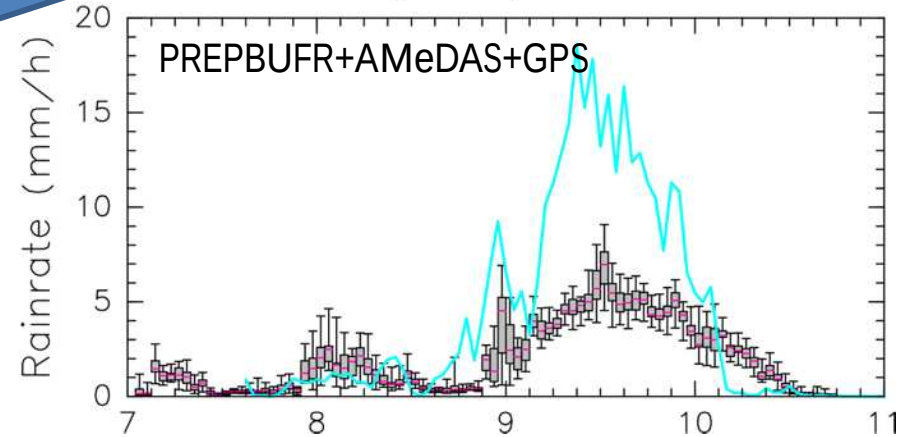
+GPS +
AMeDAS

Kinugawa, EXP533



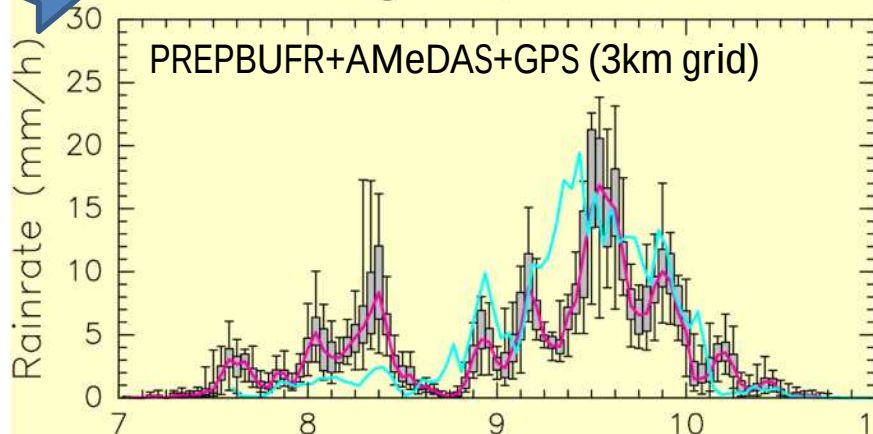
+AMeDAS

Kinugawa, EXP535



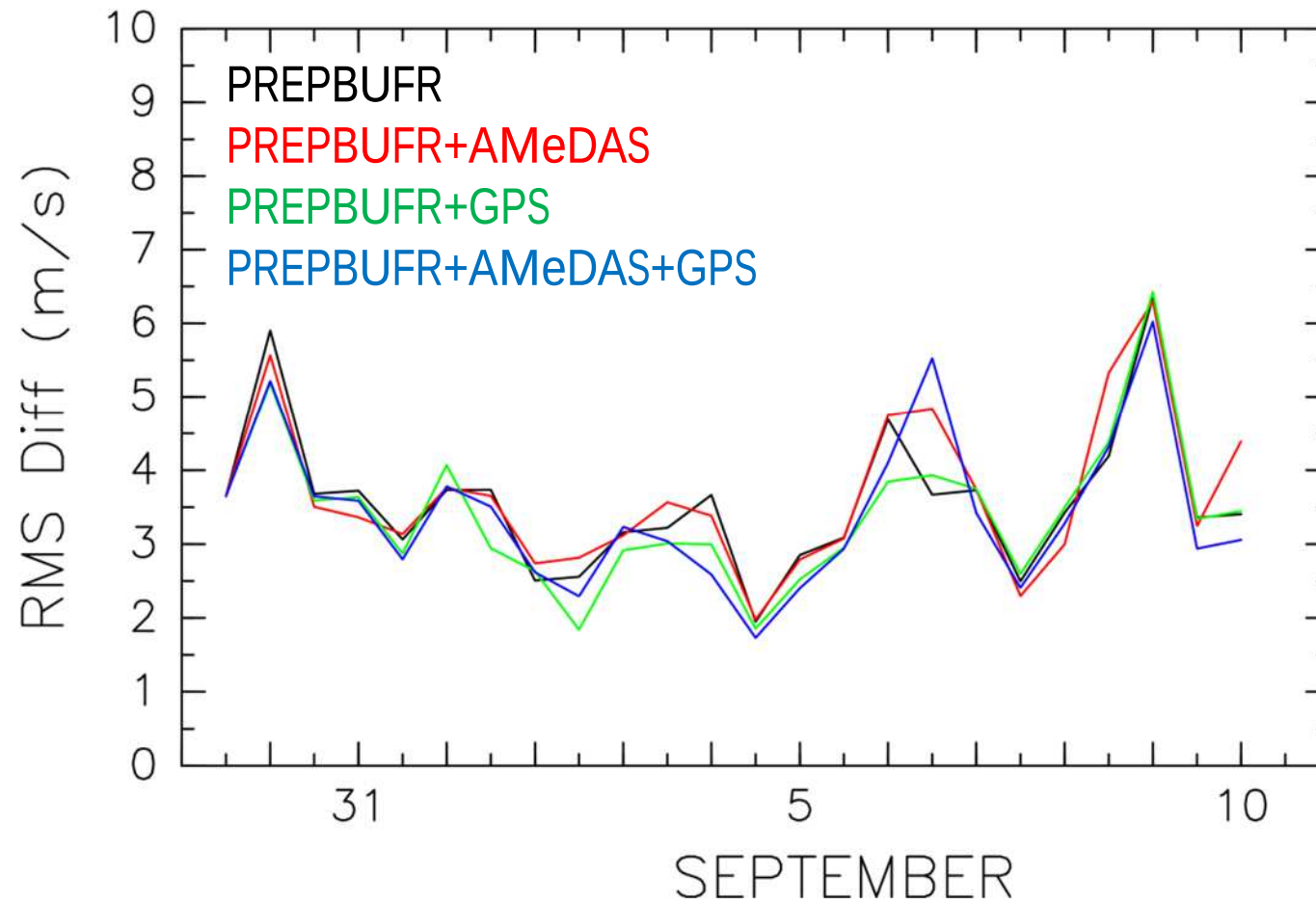
Nesting

Kinugawa, EXP532

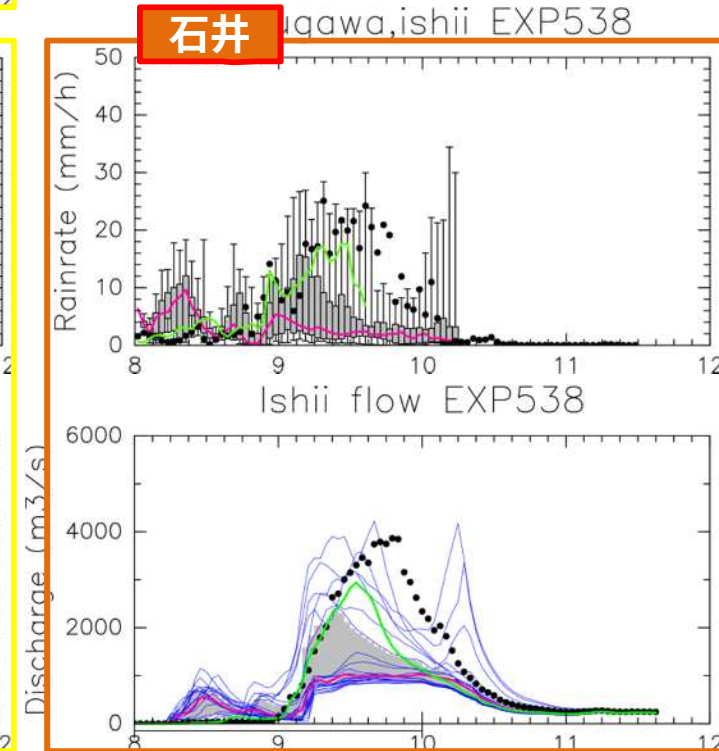
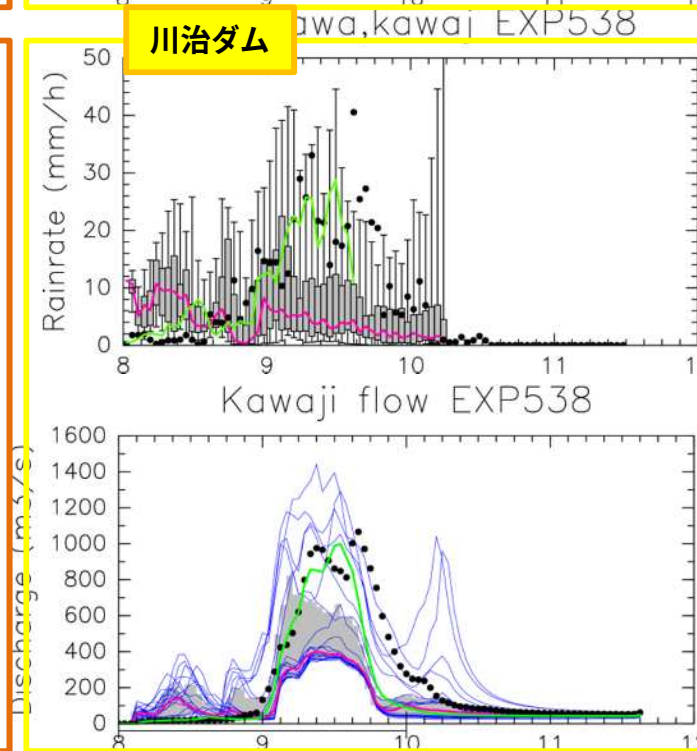
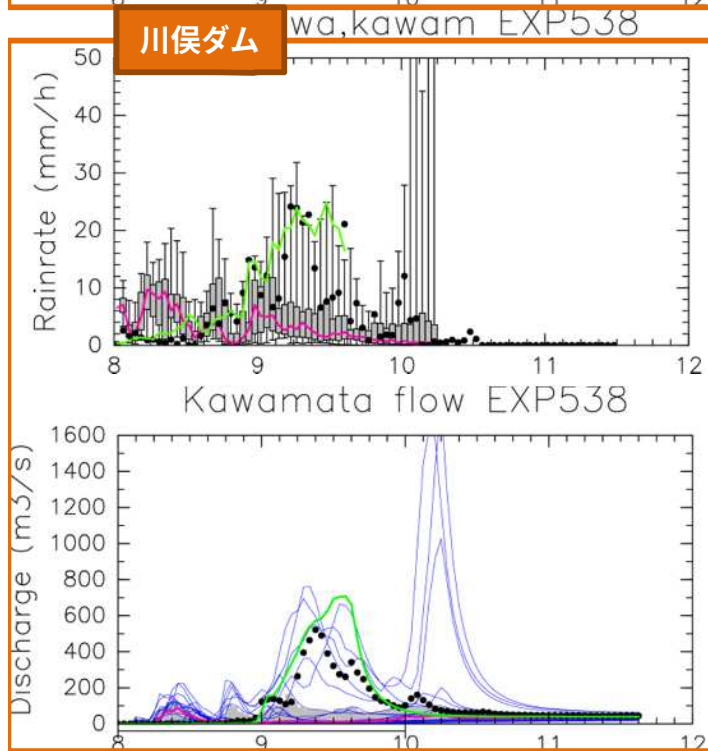
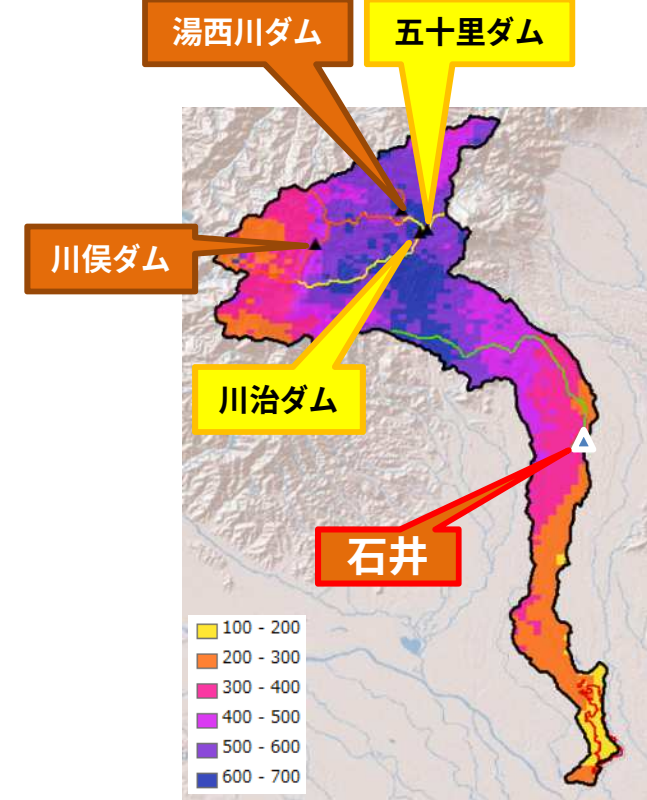
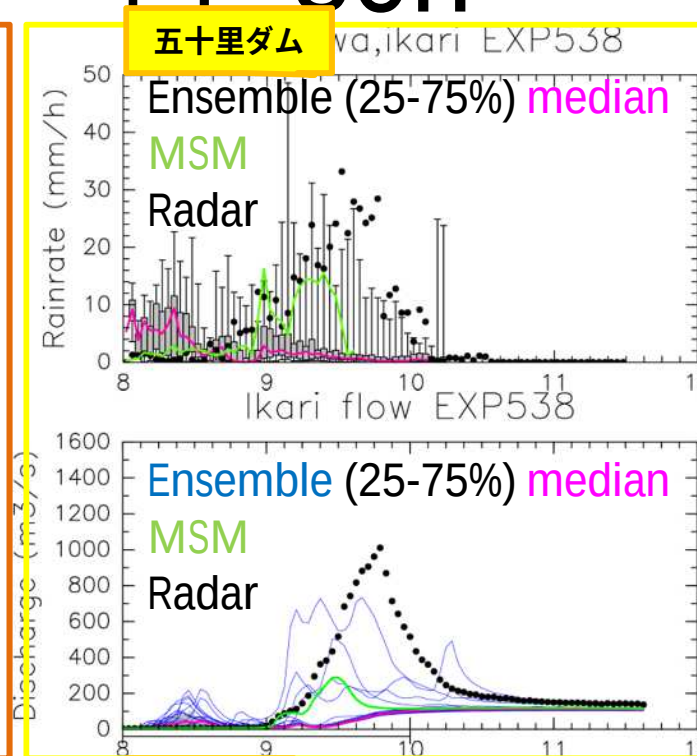
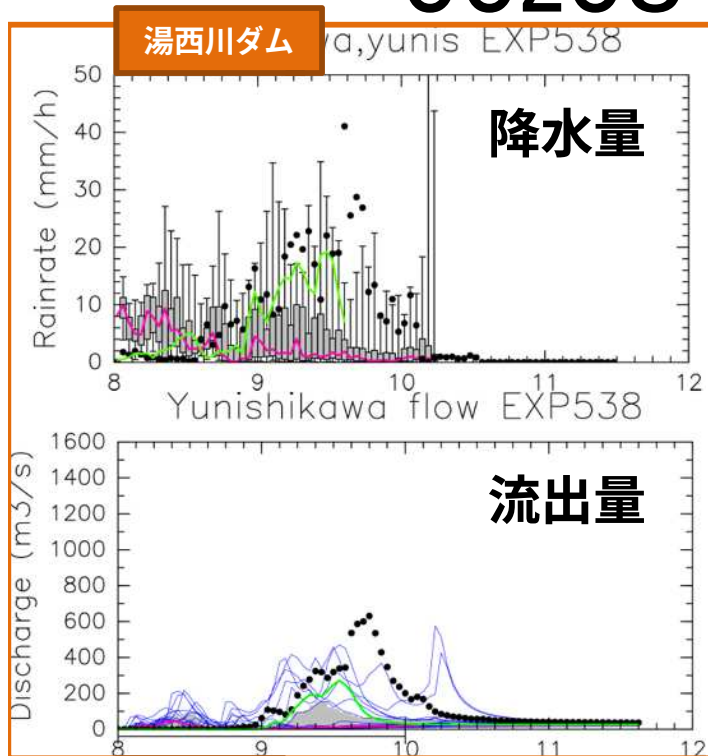


RMSE

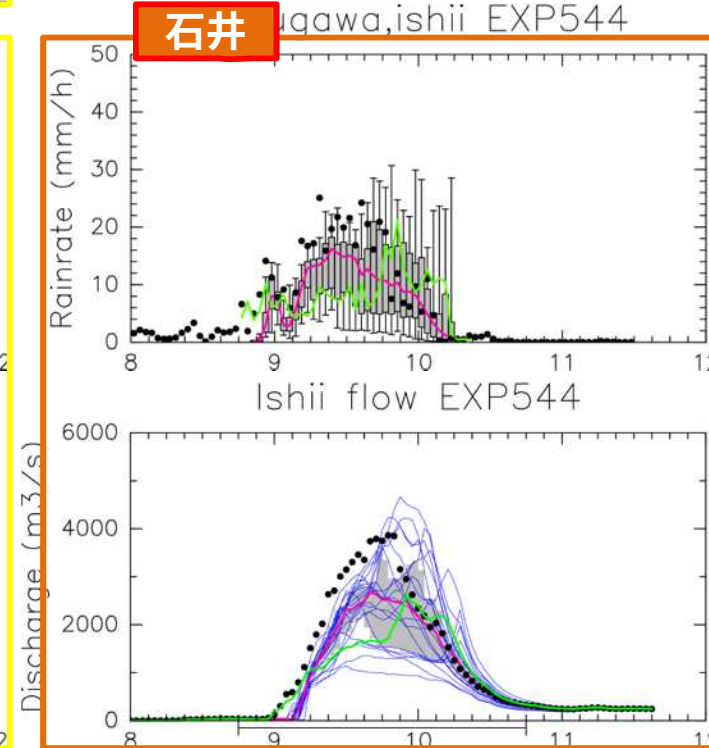
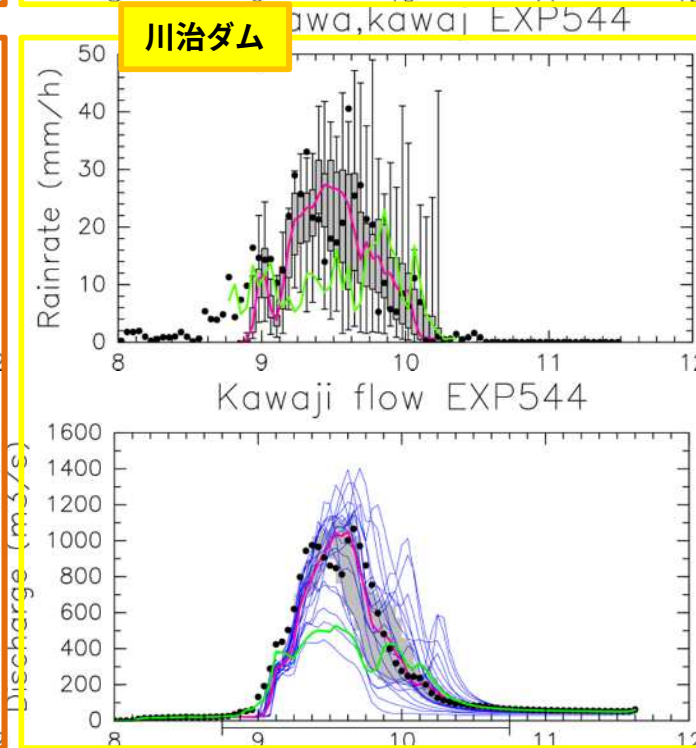
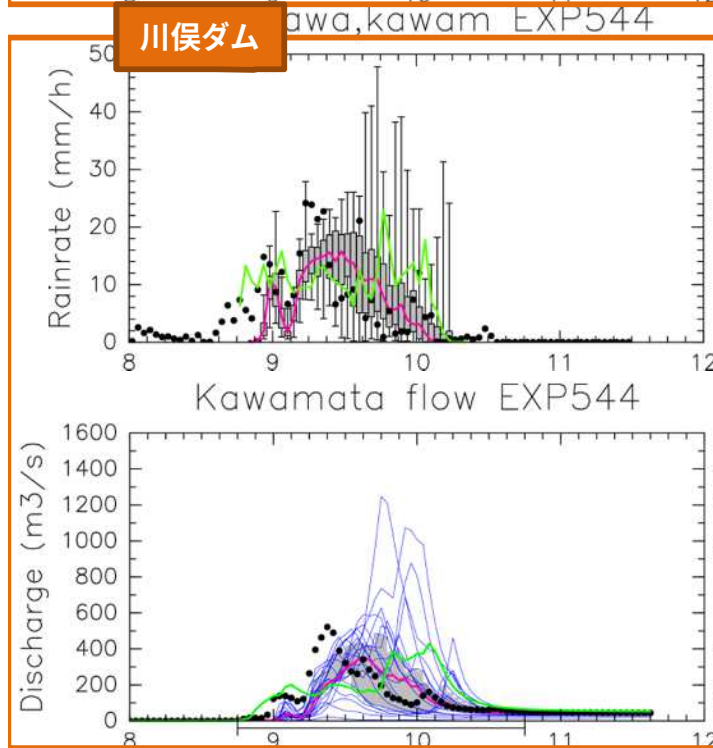
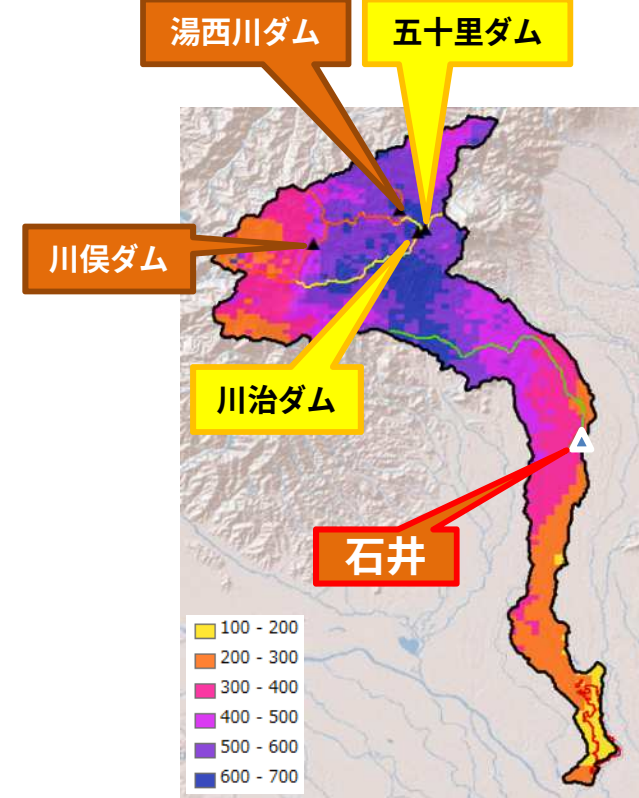
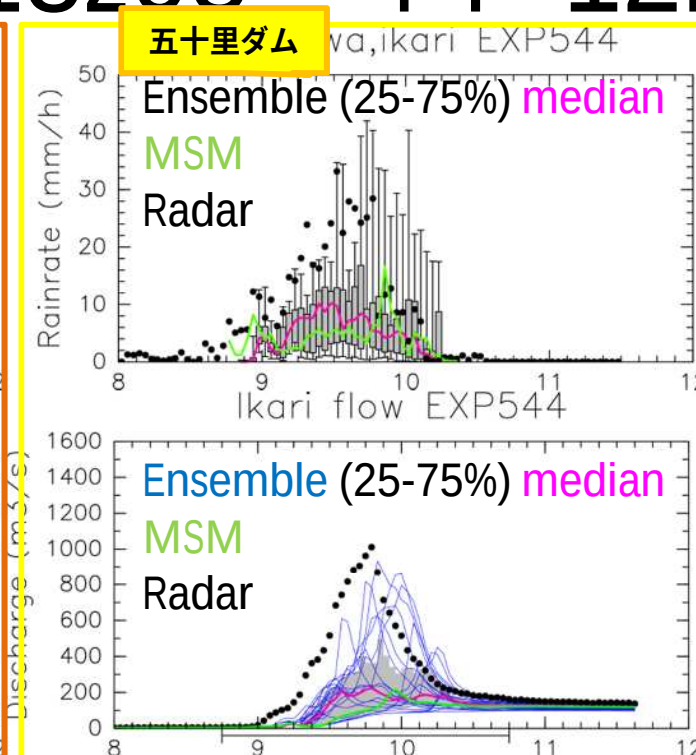
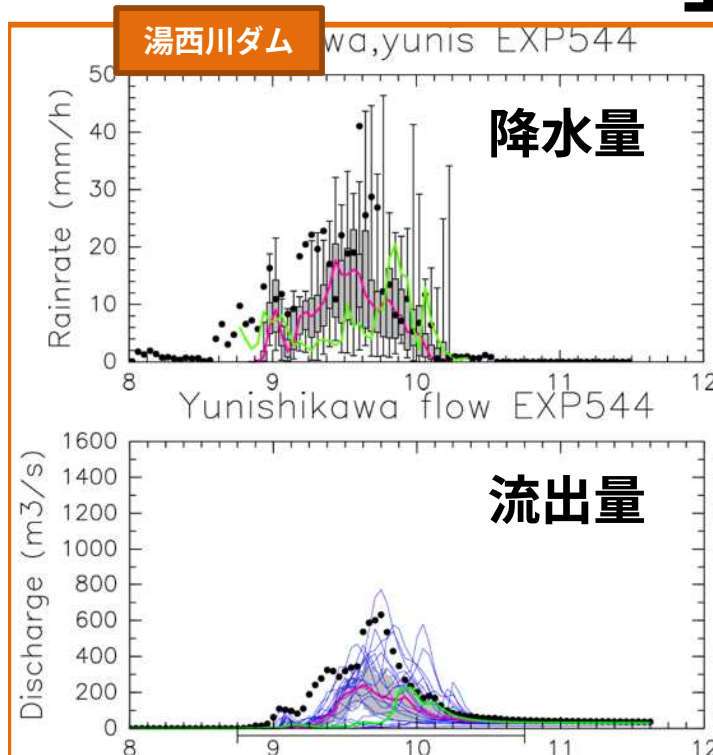
U RMSE at 850hPa



00z08~ FT=30h



18z08~ FT=12h



鬼怒川流域降水量、石井地点流量

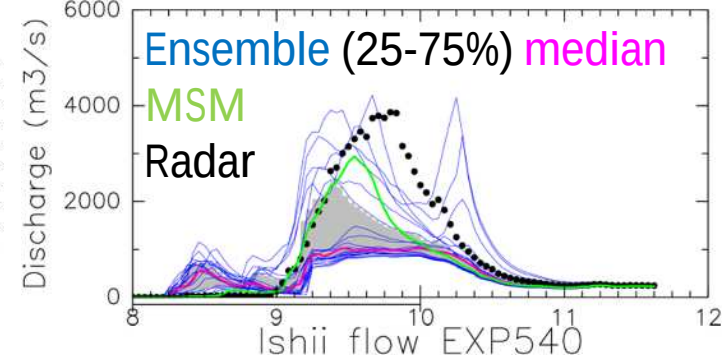
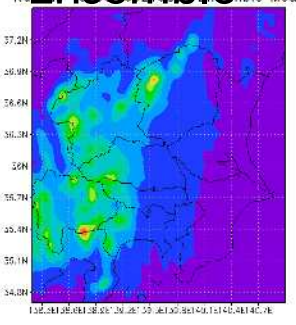
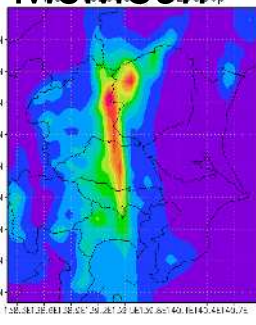
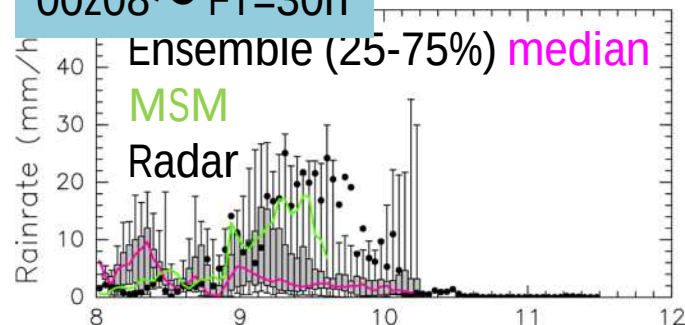
00z08~ FT=30h

Ishii EXP538

MSM39h

Ensemble

Ishii flow EXP538



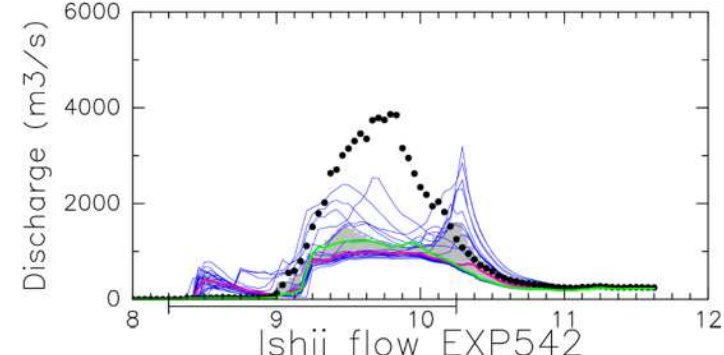
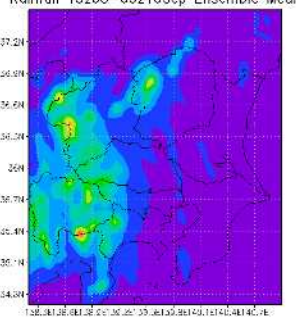
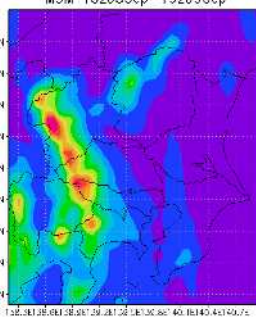
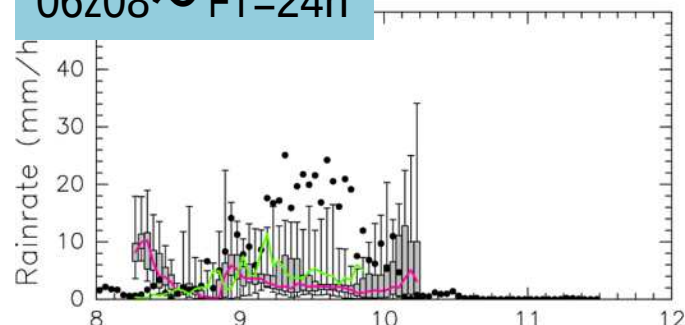
06z08~ FT=24h

Ishii EXP540

MSM 15z08Sep-19z09Sep

Rainfall 15z08-03z10Sep Ensemble Mean

Ishii flow EXP540



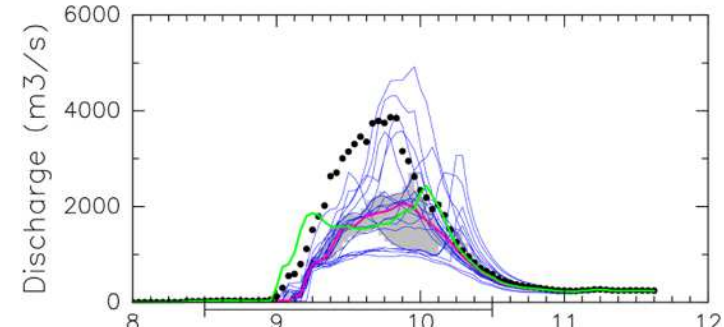
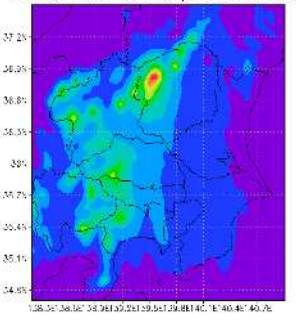
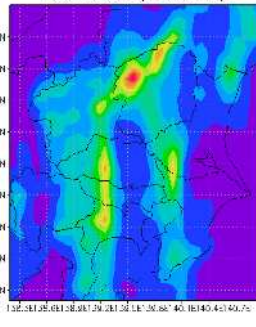
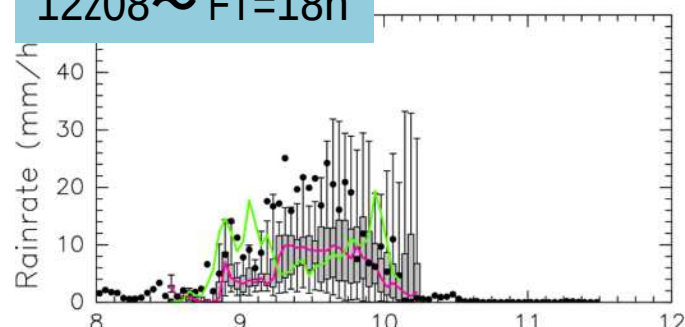
12z08~ FT=18h

Ishii EXP542

MSM 15z08Sep-01z10Sep

Rainfall 15z08-03z10Sep Ensemble Mean

Ishii flow EXP542



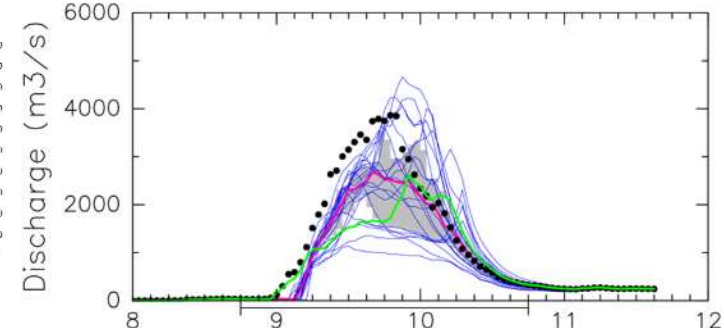
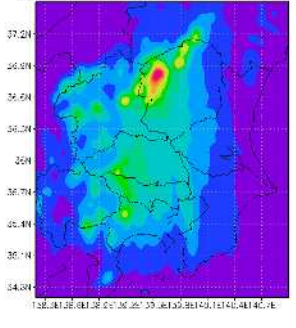
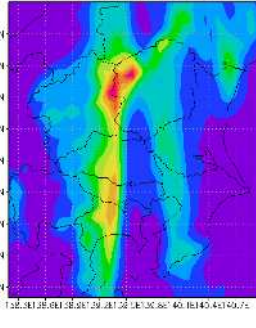
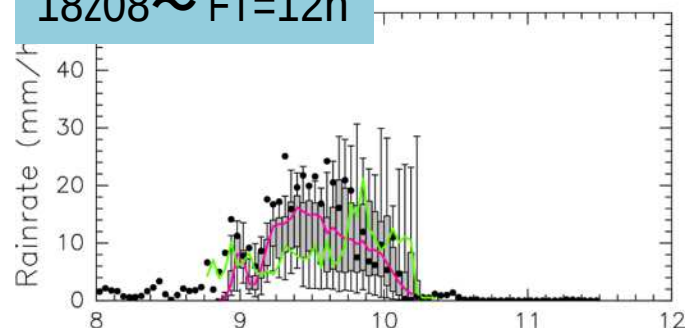
18z08~ FT=12h

Ishii EXP544

MSM 15z08Sep-07z10Sep

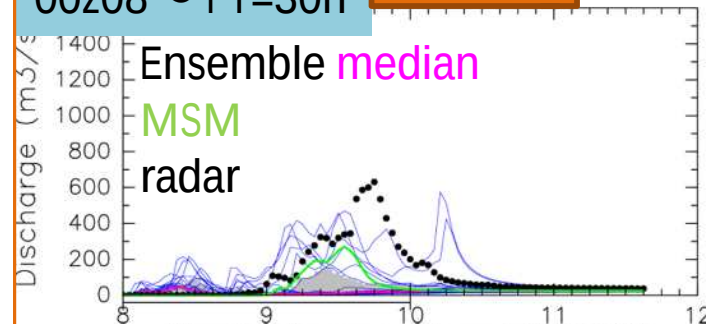
Rainfall 15z08-03z10Sep Ensemble Mean

Ishii flow EXP544

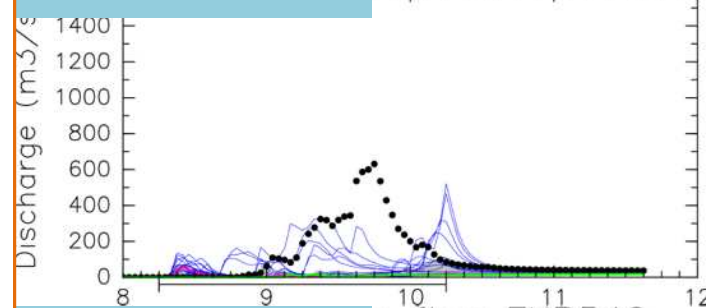


湯西川ダム、五十里ダム

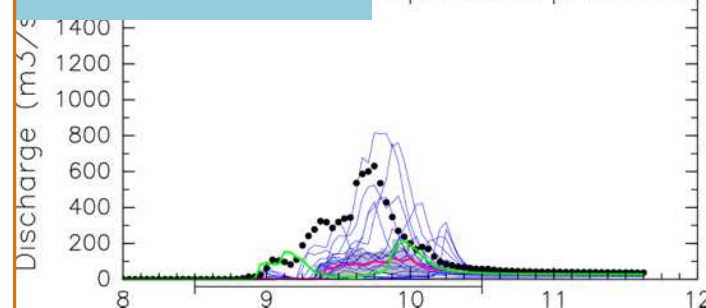
00z08～ FT=30h 湯西川ダム 538



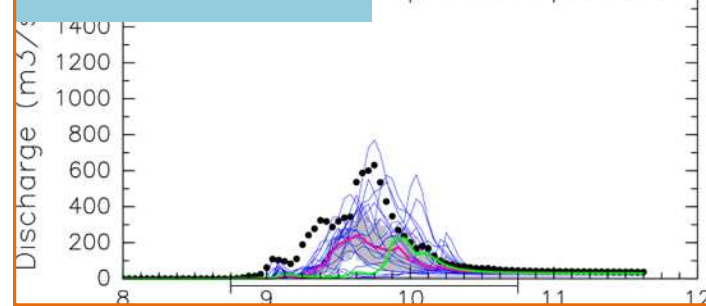
06z08～ FT=24h a flow EXP540



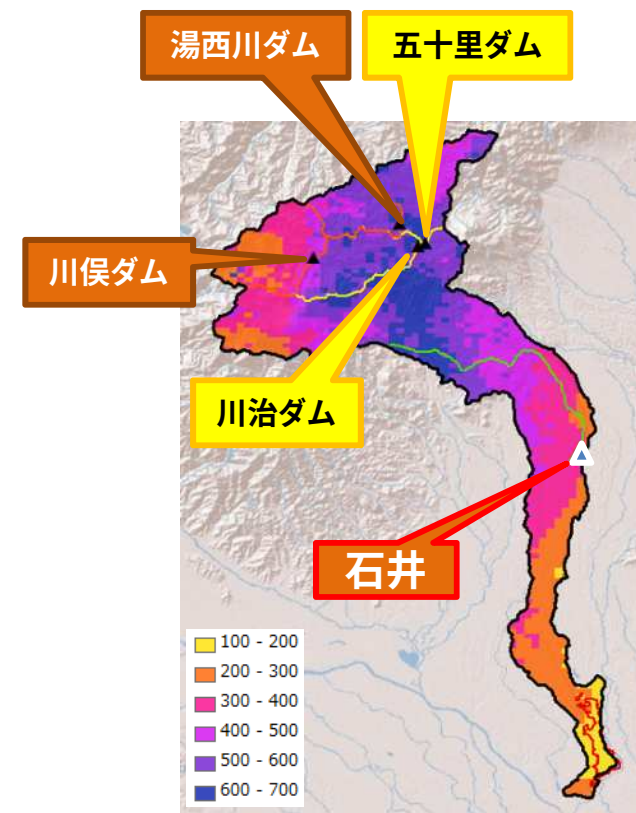
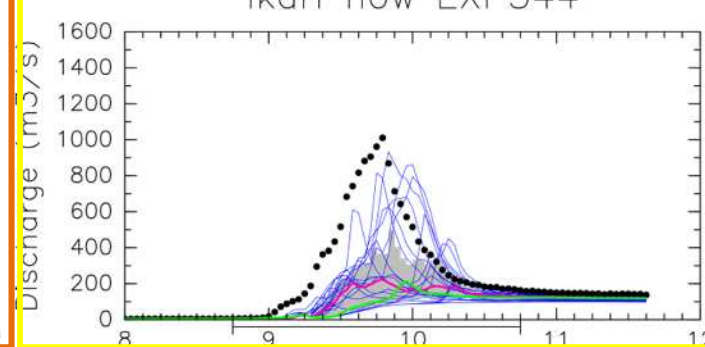
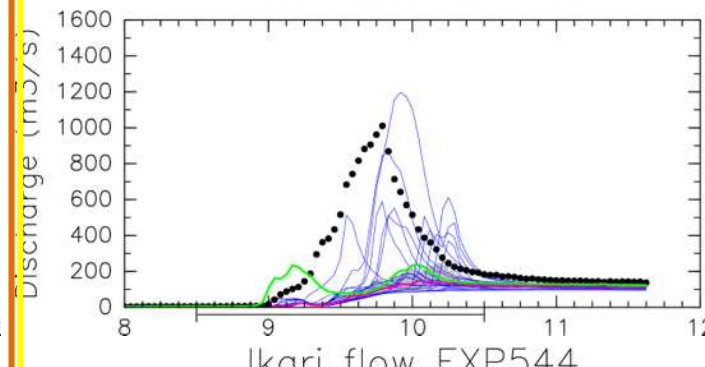
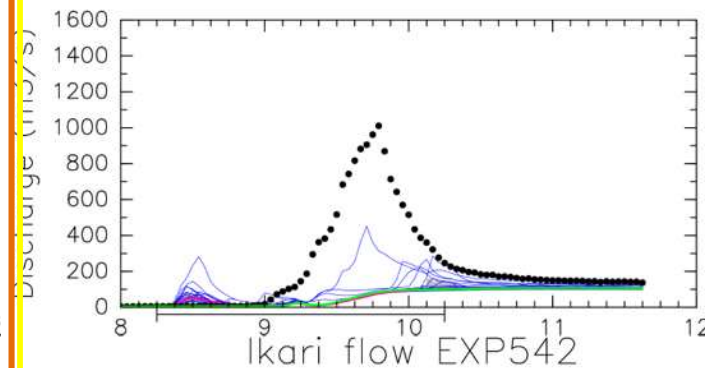
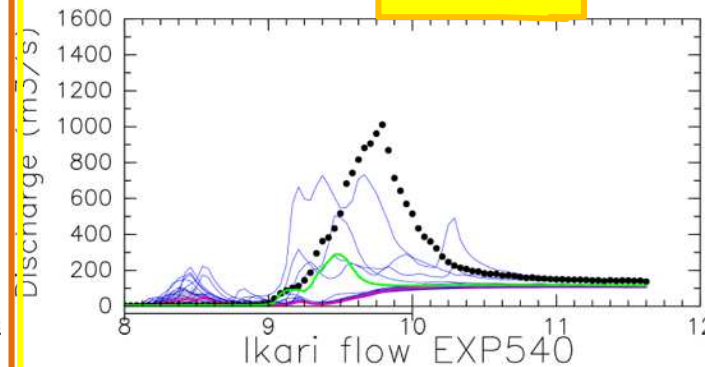
12z08～ FT=18h a flow EXP542



18z08～ FT=12h a flow EXP544



Ikari flow 五十里ダム



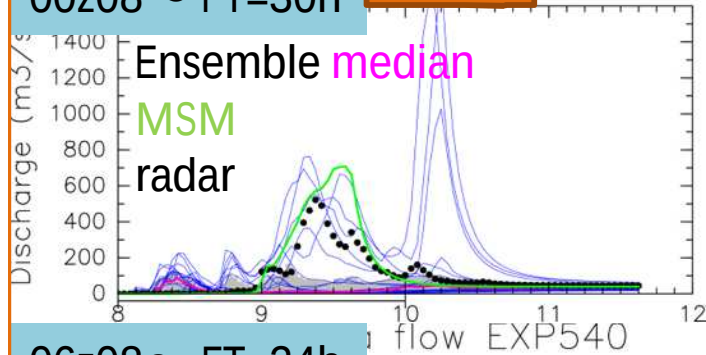
アンサンブル最大値
が観測とほぼ一致

川俣ダム、川治ダム

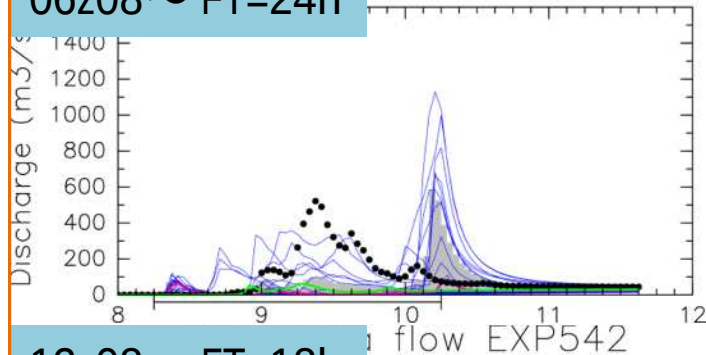
00z08～ FT=30h

川俣ダム

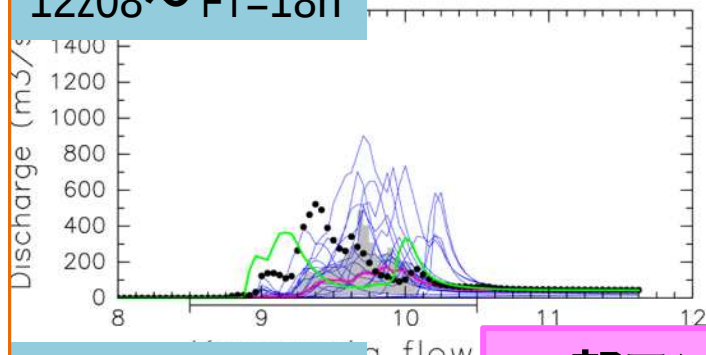
P538



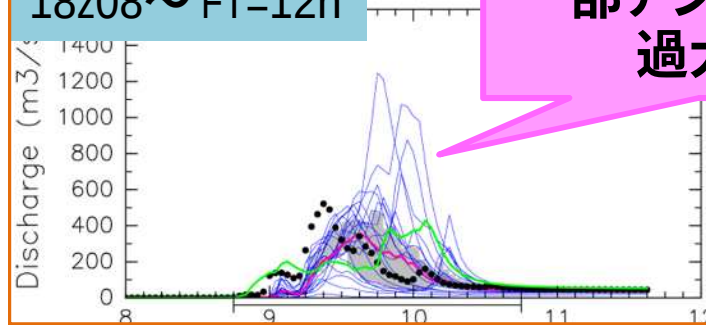
06z08～ FT=24h



12z08～ FT=18h



18z08～ FT=12h

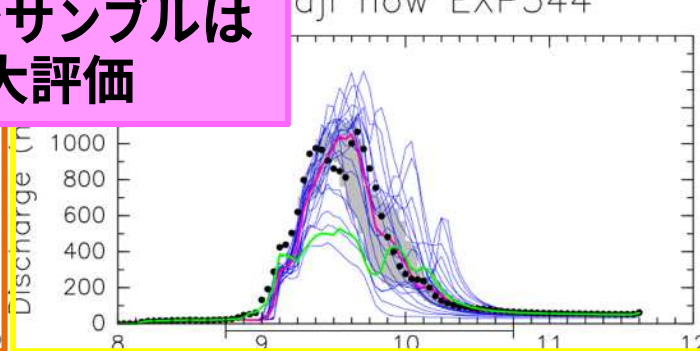
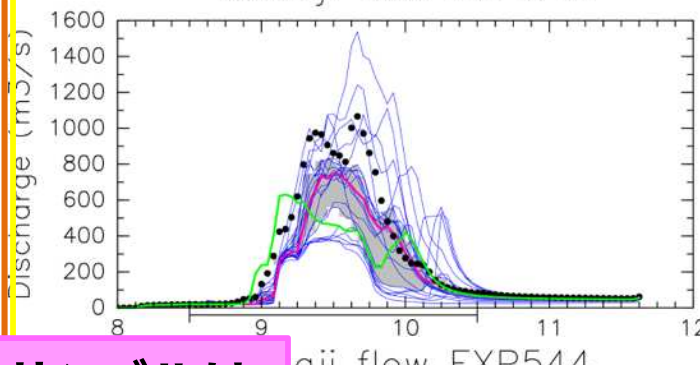
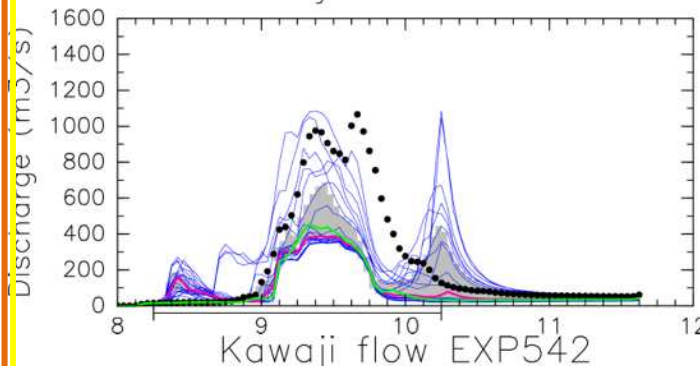
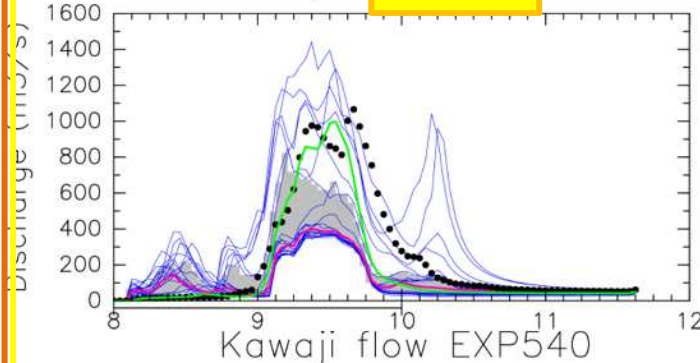


一部アンサンブルは
過大評価

Kawaji f

川治ダム

P538



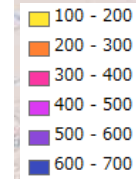
湯西川ダム

五十里ダム

川俣ダム

川治ダム

石井



アンサンブルメディアン
が観測とほぼ一致

まとめ

- WRF-LETKFによる解析と予報⇒水文流出モデル (RRI) により、アンサンブル洪水予測実験を行った。
- リードタイムが短い時は、降雨分布はアンサンブルで概ね捉えられた。予測精度は、リードタイムの減少に従って向上。
- MSMでは流量をほとんど予測できなかったのに対して、アンサンブル予測は洪水の発生可能性を示し、いくつかのメンバーは量的予測にも成功。
- アンサンブルメンバーの最大値が、リスク管理上重要。河川管理やダム管理に役立つと考えられる。

謝辞：GPS 可降水量データは気象研究所小司禎教氏より提供を受けた。ここに謝意を表します。